

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 МОБИЛЬНЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН. ОБОСНОВАНИЕ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

Методические указания для выполнения
практической работы № 3
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2021

УДК 631.3 (076)
ББК 40.72
С 17

Самусенко, В. И. Эксплуатационные показатели мобильных сельскохозяйственных машин. Обоснование энергосберегающих режимов работы: методические указания для выполнения практической работы № 3 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. - 21 с.

Методические указания предназначены для выполнения практической работы по приобретению навыков самостоятельного выбора ресурсосберегающих режимов работы основных типов мобильных сельскохозяйственных машин с учетом агротехнических требований и 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.....	4
ПРИМЕР РАСЧЕТА АГРЕГАТА.....	17
ОТЧЕТ	18
ЛИТЕРАТУРА.....	20

Цель задания – приобретение навыков самостоятельного выбора ресурсосберегающих режимов работы основных типов мобильных сельскохозяйственных машин с учетом агротехнических требований и условий работы.

Содержание задания

1. Выписать из таблицы 3.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

2. Определить общую силу тягового сопротивления всего агрегата R_a и машины R_M и прицепной части (в расчете на одну машину).

3. Определить требуемую мощность N_M , удельные энергозатраты E_M и соответствующую номинальную мощность двигателя трактора N_H в расчете на одну машину.

4. Обосновать практические рекомендации по энергосбережению и экономии топлива.

5. Определить основные вероятностные числовые характеристики силы тягового сопротивления сельскохозяйственной машины.

Последовательность выполнения работы

Под мобильными сельскохозяйственными машинами подразумеваются такие машины, которые выполняют соответствующие технологические процессы путем перемещения по полю.

Сельскохозяйственные машины являются основными потребителями энергии в составе агрегата, поэтому одной из важнейших задач при их эксплуа-

тации является уменьшение расхода энергии при высоком качестве работы.

Силы сопротивления сельскохозяйственной машины в общем случае характеризуются тяговым сопротивлением и моментом сил сопротивления на валу отбора мощности (ВОМ).

Тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины в общем случае характеризуется рациональной формулой В. П. Горячкина, которая получена применительно к плугам в виде

$$R_M = 10^{-3} m_M \cdot g \cdot f_M + K_{II} \cdot a_M \cdot b_M + \varepsilon \cdot a_M \cdot b_M \cdot V^2 \quad (3.1)$$

где m_M – масса плуга, кг;

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

f_M – коэффициент сопротивления протаскиванию плуга в открытой борозде;

K_{II} – удельное тяговое сопротивление плуга, кН/м^2 ;

a_M, b_M – глубина обработки и ширина захвата, м;

ε – коэффициент скоростного сопротивления плуга, $(\text{кНс}^2)/\text{м}^4$;

V – скорость плуга, м/с.

Таблица 3.1

Варианты заданий

№ варианта	Вид операции	Сельскохозяйственная машина	$b_M, \text{ м}$	$V, \text{ м/с}$	$\varepsilon, \text{ кг/м}^2$	$\alpha, \text{ град}$	$m_M, \text{ кг}$
1	Вспашка тяжелых почв	ПП-8-40 (трактор класса 5)	3,2	2,50	—	1	2560
2	Вспашка средних почв	ПНИ-8-40 (трактор класса 5)	2,8-3,6	2,50	—	2	2150
3	Вспашка легких почв	ПЛН-5-35 (трактор класса 3)	1,75	2,77	—	3	800
4	Вспашка средних почв	ПНИ-5-40 (трактор класса 3)	1,75-2,25	2,22	—	0	980
5	Вспашка тяжелых почв	ПЛН-4-35 (трактор класса 3)	1,4	2,22	—	0	710
6	Вспашка средних почв	ПНИ-4-40 (трактор класса 3)	1,4-1,8	2,22	—	1	800
7	Вспашка легких почв	ПНИ-3-40 (трактор класса 1.4)	1,05-1,35	2,22	—	2	586

Продолжение таблицы

8	Вспашка средних почв	ПЛН-3-35 (трактор класса 1.4)	1,05	2,22	—	0	475
9	Междурядная культивация	КРН-4,2Б	4,2	2,22	—	3	871
10	Междурядная культивация	КРН-5,6Б	5,6	2,22	—	0	1300
11	Междурядная культивация	КРН-8,4	8,4	2,22	—	0	2142
12	Обработка почвы плоскорезами	КПШ-5 (трактор класса 3)	4,57	2,50	—	1	900
13	Обработка почвы плоскорезами	КПШ-11 (трактор класса 5)	10	2,50	—	2	2590
14	Мотыжение бороной-мотыгой игольчатой	БМШ-15 (трактор класса 3)	14	2,77	—	0	6800
15	Мотыжение бороной-мотыгой игольчатой	БМШ-20 (трактор класса 5)	20	2,77	—	3	8600
16	Лушение стерни и дискование	ЛДГ-5А	5	2,77	—	0	1200
17	Лушение стерни и дискование	ЛДГ-10А	10	2,77	—	1	2480
18	Лушение стерни и дискование	ЛДГ-20	20	2,77	—	2	5430
19	Боронование зубowymi боронами	БЗСС-1	0,95	2,50	—	0	37,5
20	Сплошная культивация	КПС-4	4	2,77	—	2	927
21	Лушение стерни и дискование	ЛДГ-15А	15	2,50	—	3	3850
22	Прикатывание	ЗККШ-6 (3 катка)	6,1	2,77	—	3	1940
23	Посев зерновых	СЗА-3,6	3,6	2,50	—	1	1380
24	Посадка картофеля	СН-4Б	2,8	1,40	0,24	2	1015
25	Посадка картофеля	СКМ-6	4,2	1,67	0,28	0	1780
26	Посадка картофеля	СКС-4	2,8	1,94	0,32	3	1450
27	Посадка картофеля	КСМ-6	4,2	1,94	0,36	0	3060
28	Комбайновая уборка картофеля	ККУ-2А	1,4	1,40	2,00	2	4520
29	Уборка силосных культур	КС-1,8	1,6	2,22	2,00	1	2400
30	Уборка силосных культур	КСС-2,6	2,6	2,22	2,50	0	3800

Слагаемые в этом равенстве, как известно, характеризуют силы сопротивления, связанные соответственно с перемещением плуга по полю, с деформацией отрезаемого пласта почвы и с сообщением частицам почвы кинетической энергии. Разделив обе части равенства (3.1) на ширину захвата b_M , получим удельное тяговое сопротивление, справедливое для всех однотипных плугов:

$$K_{Пв} = \frac{R_M}{b_M} = 10^{-3} \cdot m_{МУ} \cdot g \cdot f_M + K_{П} \cdot a_M + \varepsilon \cdot a_M \cdot v^2, \quad (3.2)$$

где $m_{МУ}$ – средняя удельная масса плугов данного типа, кг/м.

Входящие в равенства (3.1), (3.2) общие и удельные составляющие сил сопротивления, связанные с обработкой сельскохозяйственных технологических материалов, справедливы практически для всех типов сельскохозяйственных машин и соответственно позволяют наметить общие направления как энергосбережения, так и ресурсосбережения.

К таким направлениям относятся: создание облегченных конструкций машин из более качественных материалов; разработка оптимальных геометрических форм рабочих органов сельскохозяйственных машин, обеспечивающих минимальный расход энергии на обработку соответствующих технологических материалов при высоком качестве работы (это выражается в уменьшении значений f_M , $K_{П}$ и ε); оптимальная настройка рабочих органов и всей машины на требуемый режим работы; хорошая подготовка полей, включая удаление камней и пожнивных остатков, выравнивание полей; обработка технологических материалов в таком состоянии, когда силы сопротивления наименьшие (например, для почвы это соответствует состоянию механической спелости при влажности примерно 18-20%) с учетом агротехнических требований; поддержание рабочих органов и машин в целом в хорошем техническом состоянии при высоком уровне качества технического обслуживания (например, при затупленных лемехах тяговое сопротивление плуга возрастает до 20-25%); создание благоприятных условий для работы людей на сельскохозяйственных машинах и др.

Из указанного множества направлений ресурсосбережения в пределах данного задания рассматриваются методы количественной оценки тягового сопротивления сельскохозяйственных машин и соответствующих энергозатрат для последующего составления ресурсосберегающих агрегатов.

Несмотря на универсальный характер формул (3.1), (3.2), их практическое

применение затруднено из-за отсутствия достаточно надежных значений f_M , K_{II} и ϵ применительно к различным типам машин.

Исходя из этого, тяговое сопротивление рабочих машин определяют на основании обобщенных опытных данных по упрощенной формуле:

$$R_M = K_{va} \cdot b_M \quad (3.3)$$

где K_{va} – среднее удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины данного типа с учетом влияния скорости и угла склона, кН/м.

Из формулы (3.2) видно влияние скорости на тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, которое выражается параболической зависимостью, показанной на рисунке 3.1. Рабочие скорости современных сельскохозяйственных машин в большинстве случаев выбирают в диапазоне от $V_0 > 1,4$ м/с (5 км/ч) до $V < 3,33$ м/с (12 км/ч), в пределах которых зависимость $K_v = f(v)$ с достаточной для эксплуатационных расчетов точностью может быть принята в виде прямой cd .

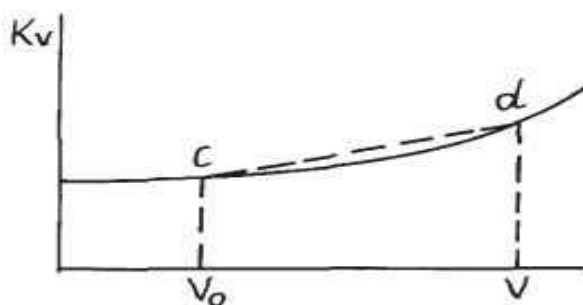


Рис. 3.1
Зависимость удельного тягового сопротивления рабочей машины от скорости

При этом удельное тяговое сопротивление машины в функции скорости имеет вид:

$$K_v = a_M K_0 [1 + \Delta K \cdot (V - V_0)] \text{ – для плугов;} \quad (3.4)$$

$$K_v = K \cdot [1 + \Delta K \cdot (V - V_0)] \text{ – для других машин,} \quad (3.5)$$

где V – рабочая скорость машины, м/с, $V_0 = 1,4$ м/с;

a_M – глубина вспашки, м;

K_0 – удельное сопротивление плуга при скорости $V = V_0$, кН/м²;

K – удельное тяговое сопротивление других машин при $V = V_0$, кН/м;

ΔK – относительное приращение удельного тягового сопротивления при увеличении скорости на 1 м/с (при $V < V_0$ следует принять $\Delta K = 0$).

Численные значения K_0 , K и ΔK для соответствующих операций приведены в таблице 3.2.

В условиях неровного рельефа следует учесть также удельное тяговое сопротивление сельскохозяйственной машины, связанное с преодолением подъема в соответствии с равенством

$$K_{va} = K_v + 10^{-3} m_{MY} \cdot g \cdot \sin \alpha, \quad (3.6)$$

где α – угол склона, град.

Для случая спуска перед $\sin \alpha$ следует принять знак «-», однако расчеты в данном случае следует вести для наиболее тяжелого случая – подъема.

Значение m_{MY} для соответствующих типов машин также приведены в таблице (3.2).

На основании формул (3.2)-(3.6) общее тяговое сопротивление тяговых сельскохозяйственных машин получим в виде

$$R_M = K_{va} \cdot b_M = (K_v + 10^{-3} m_{MY} \cdot g \cdot \sin \alpha) \cdot b_M. \quad (3.7)$$

Таблица 3.2

Удельные тяговые сопротивления и массы сельскохозяйственных машин

Вид операции	К₀, кН/м²	К, кН/м	ΔК	m_{му}, кг/м	m_{су}, кг/м
Вспашка целины, залежи, пласта многолетних трав и стерни озимых на тяжелых почвах	63	—	0,216	616	—
Вспашка средних почв	52	—	0,180	616	—
Вспашка легких почв	42	—	0,108	616	—
Противоэрозионная обработка почвы плоскорезами	—	5,00	0,144	258	—
Мотыжение вращающимися мотыгами	—	0,60	0,072	451	—
Лущение стерни и дискование	—	1,60	0,108	254	—
Боронование зубowymi боронами	—	0,50	0,072	40	60
Сплошная культивация	—	1,90	0,144	202	110
Междурядная культивация	—	1,60	0,108	234	—
Прикатывание	—	0,70	0,072	243	50
Посев зерновых	—	1,60	0,100	500	89
Посадка картофеля СН-4Б, СКМ-6	—	2,60	0,090	400	—
Посадка картофеля СКС-4	—	2,80	0,09	600	—
Посадка картофеля КСМ-6	—	3,20	0,09	728	—
Культивация междурядная	—	1,60	0,108	231	—
Комбайновая уборка картофеля	—	11,00	0,100	2900	—
Уборка силосных культур прицепными комбайнами	—	1,60	0,072	1390	—

Общее тяговое сопротивление прицепной части всего агрегата в расчете на одну машину **R_a** определяется с учетом тягового сопротивления сцепки

$$\mathbf{R_a = K_a \cdot b_M,} \quad (3.8)$$

где **K_a** – общее удельное тяговое сопротивление рабочих машин и сцепки, кН/м.

Значение **K_a** рассчитывается по формуле

$$\mathbf{K_a = K_{VA} + 10^{-3} \cdot m_{cy} \cdot g \cdot (f_c \cdot \cos \alpha + \sin \alpha),} \quad (3.9)$$

где **m_{cy}** – средняя удельная масса сцепки, кг/м;

f_C – коэффициент сопротивления качению сцепки (усредненно можно принять $f_C = 0,16$).

Средние значения удельных масс сцепок в расчете на 1 м ширины захвата агрегата m_{cy} приведены в таблице 3.2. Для одномашинных агрегатов соответственно следует в (3.9) принять $m_{cy} = 0$.

Подставив значение K_a в формулу (3.8), получим общее тяговое сопротивление агрегата в расчете на одну сельскохозяйственную машину.

Для тягово-приводных машин (посадка и уборка картофеля, уборка силосных культур) определяется по аналогии с (3.7) условное тяговое сопротивление

$$R_{MB} = (K_{VA} + K_B) \cdot b_M, \quad (3.10)$$

где K_B – условное удельное сопротивление на валу отбора мощности, кН/м.

Значение K_B можно рассчитать по формуле

$$K_B = \frac{P_B}{b_M}, \quad (3.11)$$

Под P_B при этом подразумевается условное тяговое сопротивление на ВОМ, определяемое из равенства

$$P_B = \frac{N_B \cdot \eta_{TP}}{\eta_B \cdot v_T} = \frac{N_B \cdot \eta_{TP} \cdot (1 - \delta_B)}{\eta_B \cdot v}, \quad (3.12)$$

где N_B – мощность на ВОМ, кВт;

$\eta_{\text{ТР}}, \eta_{\text{В}}$ – КПД трансмиссий соответственно ходовой части трактора и привода ВОМ;

V_{T}, V – соответственно теоретическая и рабочая скорости машины (агрегата), м/с;

$\delta_{\text{В}}$ – буксование движителей трактора с учетом мощности на ВОМ.

Значение $N_{\text{В}}$ в практических расчетах приближенно принимают пропорциональной секундной подаче технологического материала:

$$N_{\text{В}} = a_{\text{N}} \cdot q = a_{\text{N}} \cdot b_{\text{М}} \cdot v \cdot u, \quad (3.13)$$

где q – секундная подача, кг/с;

a_{N} – удельная мощность на единицу подачи, кВт/(кг/с);

u – удельное количество технологического материала в расчете на единицу площади, кг/м².

На основании (3.11)-(3.13) условное удельное сопротивление на ВОМ получим в виде

$$K_{\text{В}} = \frac{a_{\text{N}} \cdot u \cdot \eta_{\text{ТР}} \cdot (1 - \delta_{\text{В}})}{\eta_{\text{В}}}. \quad (3.14)$$

Подставив в (3.10) значение $K_{\text{ва}}$ из (3.6) и $K_{\text{В}}$ из (3.14), получим условное тяговое сопротивление тягово-приводной машины.

Значения u приведены в таблице 3.1, а для $\eta_{\text{ТР}}, \eta_{\text{В}}, \delta_{\text{В}}$ можно принять приближенные значения $\eta_{\text{ТР}} = 0,88, \eta_{\text{В}} = 0,95, \delta_{\text{В}} = 0,85$ д.

Для a_{N} можно воспользоваться усредненными опытными значениями:

- $a_{\text{N}} = 2,25$ кВт/(кг/с) – посадка картофеля;
- $a_{\text{N}} = 4,00$ кВт/(кг/с) – комбайновая уборка картофеля;
- $a_{\text{N}} = 2,81$ кВт/(кг/с) – уборка силосных культур.

Потребная для работы сельскохозяйственной машины в составе агрегата мощность на валу двигателя определяется с учетом (3.8), (3.13) в виде суммы

$$N_M = N_T + N_B = \frac{R_a \cdot v}{\eta_T} + \frac{N_B}{\eta_B} = b_M \cdot v \cdot \left(\frac{K_a}{\eta_T} + \frac{a_N \cdot u}{\eta_B} \right), \quad (3.15)$$

где N_T , N_B – мощности, потребляемые на тяговые процессы и на ВОМ, кВт.

Для тягового КПД трактора η_T принимаем усредненные значения $\eta_T = 0,70$ – на стерне и $\eta_T = 0,60$ – на поле, подготовленном под посев. Почвенный фон стерни соответствует вспашке, лушению стерни и уборочным работам, а для остальных видов работ принимается поле, подготовленное под посев.

Соответствующие удельные энергозатраты в расчете на единицу площади выполненной работы E_M получим в виде

$$E_M = \frac{N_M}{b_M \cdot v} = \frac{K_a}{\eta_T} + \frac{a_N \cdot u}{\eta_B}, \quad \text{кДж/м}^2. \quad (3.16)$$

Значения $E_{MT} = K_a$ и $E_{MB} = a_N$ и соответствуют удельному расходу энергии непосредственно самой машиной на тяговые процессы и на привод рабочих органов через ВОМ. Пропорционально энергозатратам будет изменяться и расход топлива. Номинальная мощность двигателя трактора в расчете на одну машину N_{HM} с учетом формулы (3.15) определяется из равенства

$$N_{HM} = \frac{N_M}{\epsilon_N}. \quad (3.17)$$

При этом для коэффициента загрузки двигателя приближенно можно принять значение $\epsilon_N = 0,90$.

Практические рекомендации по энергосбережению и экономии топлива следует обосновать с учетом формулы (3.16) и показателей, изложенных после формулы (3.2).

Необходимость учета вероятностного характера изменения сил сопротивления, действующих на рабочие органы машины, наглядно видна из таблицы 1.2 первого задания для обоснования оптимального режима загрузки двигателя.

Вероятностный характер изменения сил сопротивления, действующих на сельскохозяйственные машины, обусловлен изменчивостью действующих внешних факторов, в частности физико-механических свойств почвы, и обрабатываемых материалов, рельефа и других факторов.

Методику определения основных вероятностных числовых характеристик рассмотрим на примере тягового сопротивления отдельной сельскохозяйственной машины примерный характер изменения которого показан на рисунке 3.2.

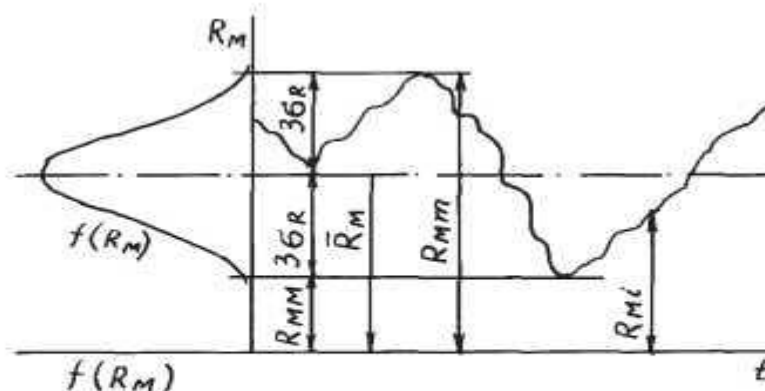


Рис. 3.2
Изменение тягового сопротивления машины во времени

Многочисленными экспериментальными исследованиями установлено, что плотность распределения тягового сопротивления R_M как показано на рисунке 3.2, с достаточной точностью подчиняется нормальному закону.

$$f(R_M) = \frac{1}{\zeta_R \cdot \sqrt{2\pi}} \cdot e^{-\frac{(R_{Mi} - \bar{R}_M)^2}{2\zeta_R^2}}, \quad (3.18)$$

где R_{Mj} – значение R_M в i -й момент времени, кН;

R_M – математическое ожидание, кН;

ζ_R – среднее квадратическое отклонение, кН.

В качестве основных числовых характеристик определяются: математическое ожидание R_M , среднее квадратическое отклонение ζ_R , дисперсия $D_R = \zeta_R^2$, степень неравномерности δ_R и коэффициент вариации v_R , рассчитываемые по формулам:

$$\bar{R}_M = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n R_{Mi}; \quad (3.19)$$

$$\zeta_R = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_{Mi} - \bar{R}_M)^2}{n-1}}, \quad D_R = \zeta_R^2; \quad (3.20)$$

$$v_R = \frac{\zeta_R}{R_M}; \quad (3.21)$$

$$\delta_R = \frac{R_{Mm} - R_{MM}}{\bar{R}_M} = \frac{6\zeta_R}{\bar{R}} = 6v_R, \quad (3.22)$$

где n – число опытных значений R_{Mi} .

Численные значения R_M , ζ_R , D_R , v_R , δ_R определяются по формулам (3.19)-(3.22) после статистической обработки полученных по результатам полевых испытаний осциллограмм типа, представленного на рисунке 3.2.

При отсутствии таких данных и ограниченного времени занятия предлагается упрощенный вариант решения.

В качестве математического ожидания тягового сопротивления $R_M = R_M$ принимается значение, полученное в формуле (3.7) для соответствующей машины.

Далее воспользуемся известными из литературных источников усреднен-

ными значениями коэффициента вариации тягового сопротивления v_R для соответствующих операций, которые приведены в таблице 3.3.

По значению v_R с учетом (3.20)-(3.22) рассчитываются

$$\zeta_R = v_R R_M, D_R = \zeta_R^2, \delta_R = 6v_R. \quad (3.23)$$

Таблица 3.3

Значения коэффициента вариации тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Наименование операций	Коэффициент вариации тягового сопротивления v_R
Вспашка легких почв	0,08
Вспашка средних почв	0,11
Вспашка тяжелых почв	0,15
Боронование (зубовыми боронами)	0,03
Лущение и дискование	0,02
Сплошная культивация	0,07
Плоскорезная обработка	0,09
Прикатывание	0,04
Мотыжение	0,06
Посев зерновых	0,05
Посадка картофеля	0,06
Культивация междурядная	0,06
Уборка картофеля (комбайном)	0,10
Уборка силосных культур	0,12

Для оценки максимальной перегрузки двигателя можно определить также наибольшее значение тягового сопротивления машины

$$R_{Mm} = R_M + 3\zeta_R. \quad (3.24)$$

Аналогичные зависимости можно получить и для момента сил сопротивления на ВОМ.

При выполнении задания на ПЭВМ следует получить многовариантные решения соответствующих задач для всего диапазона изменения действующих параметров и внешних факторов.

Пример расчета агрегата для посадки картофеля

1. Выписываем из таблицы 3.1 исходные данные по варианту №27

№ варианта	Вид операции	Сельскохозяйственная машина	b , м	V , м/с	c , кг/м ²	α , град	m_M , кг
27	Посадка картофеля	КСМ-6	4,2	1,94	0,36	0	3060

2. Определяем удельное тяговое сопротивление машины в функции скорости по формуле (3.5). Необходимые значения принимаем из таблиц (3.1) и (3.2).

$$K_v = 3,2 \cdot [1 + 0,09 \cdot (1,94 - 1,4)] = 3,2 \cdot [1 + 0,09 \cdot 0,54] = 3,2 \cdot [1 + 0,05] = 3,2 \cdot 1,05 = 3,36 \text{ кН/м}$$

3. Определяем удельное тяговое сопротивление, связанное с преодолением подъема по формуле (3.6). Так как в нашем варианте $\alpha = 0^\circ$, то

$$K_{v_A} = K_v = 3,36 \text{ кН/м}$$

4. По формуле (3.14), так как у нас машина тягово-приводная, определяем условное удельное сопротивление на ВОМ.

$$\delta_B = 0,85 \delta = 0,85 \cdot 0,15 = 0,13$$

$$K_B = \frac{2,25 \cdot 0,36 \cdot (1 - 0,13)}{0,95} = \frac{0,81 \cdot 0,87}{0,95} = \frac{0,7}{0,95} = 0,74 \text{ кН/м}$$

5. Подставив полученное значение K_B в формулу (3.10), определяем условное тяговое сопротивление для тягово-приводных машин

$$R_{MB} = (3,36 + 0,74) \cdot 4,2 = 4,1 \cdot 4,2 = 17,22 \text{ кН}$$

6. Определяем по формуле (3.15) потребную для работы с/х машины в составе агрегата мощность на валу двигателя

$$N_M = 4,2 \cdot 1,94 \cdot \left(\frac{3,36}{0,6} + \frac{2,25 \cdot 0,36}{0,13} \right) = 8,15 \cdot (5,6 + 6,2) = 8,15 \cdot 11,8 = 96,17 \text{ кВт}$$

7. Удельные энергозатраты в расчете на единицу площади выполненной работы определяем по формуле (3.16)

$$E_M = \frac{3,36}{0,6} + \frac{2,25 \cdot 0,36}{0,13} = 5,6 + 6,2 = 11,8 \text{ кВт} / \text{га}$$

8. Определяем номинальную мощность двигателя трактора по формуле (3.17)

$$N_{HM} = 96,17 / 0,9 = 106,8 \text{ кВт}$$

9. Определяем по формуле (3.23) среднее квадратическое отклонение ζ_R , дисперсию D_R и степень неравномерности δ_R

$$\zeta_R = 0,06 \cdot 17,22 = 1,03; \quad D_R = 1,03^2 = 1,06; \quad \delta_R = 6 \cdot 0,06 = 0,36.$$

10. Определяем наибольшее значение тягового сопротивления машины для оценки максимальной перегрузки двигателя

$$R_{Mm} = 17,22 + 3 \cdot 1,03 = 17,22 + 3,09 = 20,31 \text{ кН}$$

Отчет

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

Таблица 3.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Вид операции	Посадка картофеля
2	Сельскохозяйственная машина	КСМ-6
3	Ширина захвата, b_M	4,2м
4	Рабочая скорость, V	1,94 м/с
5	Норма высева, u	0,36 кг/м ²
6	Угол склона, α	0 град.
7	Масса машины, m_M	3060 кг.
8	Удельное тяговое сопротивление, K	3,2 кН/м
9	Приращение удельного тягового сопротивления с ростом скорости, ΔK	0,09
10	Удельная масса машины, m_{Mu}	728 кг/м
11	Удельное тяговое сопротивление в функции скорости, K_v	3,36 кН/м
12	Удельное тяговое сопротивление, связанное с преодолением подъема, K_{vA}	3,36 кН/м
13	Условное удельное сопротивление на ВОМ, K_B	0,74 кН/м
14	Условное тяговое сопротивление, R_{MB}	17,22 кН
15	Потребная мощность на валу двигателя, N_M	96,17 кВт
16	Удельные энергозатраты, E_M	11,8 кДж/м ²
17	Номинальная мощность, N_{HM}	106,8 кВт
18	Среднее квадратическое отклонение, ζ_R	1,03
19	Дисперсия, D_R	1,06
20	Степень неравномерности, δ_R	0,36
21	Наибольшее значение тягового сопротивления машины, R_{Mm}	20,31 кН

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 МОБИЛЬНЫХ
СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН. ОБОСНОВАНИЕ
ЭНЕРГОСБЕРЕГАЮЩИХ РЕЖИМОВ РАБОТЫ**

Методические указания для выполнения
практической работы № 3
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 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,22. Тираж 25 экз. Изд. № 6880.

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