

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
И ПРОДОВОЛЬСТВИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

Учреждение образования
«БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Т. А. Непарко, Д. А. Жданко, И. Н. Шило

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА.
ПРАКТИКУМ**

*Допущено Министерством образования Республики Беларусь
в качестве учебного пособия для студентов
учреждений высшего образования по специальности
«Ремонтно-обслуживающее производство в сельском хозяйстве»*

Под редакцией Т. А. Непарко

Минск
БГАТУ
2021

УДК 631.3(07)
ББК 40.72я7
Н53

Рецензенты:

кафедра сельскохозяйственных машин
УО «Белорусская государственная орденов Октябрьской Революции
и Трудового Красного Знамени сельскохозяйственная академия»
(кандидат технических наук, доцент,
заведующий кафедрой *О. В. Гордеенко*);
кандидат технических наук, доцент,
ученый секретарь РУП «НПЦ НАН Беларуси
по механизации сельского хозяйства» *Ю. Л. Салатура*

Непарко, Т. А.

Н53 Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка.
Практикум : учебное пособие / Т. А. Непарко, Д. А. Жданко,
И. Н. Шило ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2021. – 192 с.
ISBN 978-985-25-0079-1.

Представлены эксплуатационные показатели современных тракторов и сельскохозяйственных машин. Приведены варианты заданий, примеры и методики расчета машинно-тракторных агрегатов и выбора рациональных скоростных режимов их работы, разработки операционно-технологической карты выполнения сельскохозяйственной работы и технологической карты возделывания сельскохозяйственной культуры, расчета состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия.

Для студентов учреждений высшего образования, учащихся учреждений среднего специального образования.

УДК 631.3(07)
ББК 40.72я7

ISBN 978-985-25-0079-1

© БГАТУ, 2021

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА	
Задание 1.1. Эксплуатационные режимы работы тракторных двигателей	5
Задание 1.2. Движущая и тяговая силы МТА	9
Задание 1.3. Определение тяговой мощности трактора и сопротивления агрегата	22
Задание 1.4. Выбор рабочих передач трактора.....	33
Задание 1.5. Определение производительности МТА.....	41
Задание 1.6. Определение расхода топлива на единицу работы	55
2. ПЛАНИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА	
Задание 2.1. Проектирование операционной технологической карты выполнения сельскохозяйственной работы	60
Задание 2.2. Проектирование технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур. Итоговые показатели технологических карт	77
Задание 2.3. Определение состава машинно-тракторного парка нормативным методом по укрупненным показателям	87
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	101
ПРИЛОЖЕНИЯ	103

ВВЕДЕНИЕ

Важным этапом в подготовке специалистов технического профиля для сельскохозяйственного производства является изучение дисциплины «Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка». Качество изучения во многом зависит от выполнения студентами большого количества разнообразных заданий с использованием значительного объема информационного материала.

Разработка учебного пособия обусловлена тем, что систематизированных справочных данных технического плана, необходимых для учебных целей, недостаточно. Их наличие в разрозненном виде не решает существующих проблем.

В учебном пособии представлены обширные сведения как по техническим данным используемых в растениеводстве тракторов и сложных сельскохозяйственных машин, так и по их эксплуатационным свойствам. Справочные сведения расположены в порядке, соответствующем последовательности изучения дисциплины «Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка».

Цель учебного пособия – закрепление студентами знаний, полученных в результате изучения дисциплины, путем решения практических задач по теории эксплуатации машинно-тракторных агрегатов, проектированию операционных технологий выполнения механизированных работ и технологий возделывания сельскохозяйственных культур, расчету состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия нормативным методом.

Представленный в учебном пособии материал накоплен коллективом кафедры эксплуатации машинно-тракторного парка УО «Белорусский государственный аграрный технический университет» и апробирован в образовательном процессе.

1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОИЗВОДСТВЕННОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Задание 1.1. Эксплуатационные режимы работы тракторных двигателей

Цель задания: изучить скоростную характеристику тракторных двигателей при работе на номинальном и частичном режимах и научиться определять оптимальный режим работы, обеспечивающий наибольшую экономичность при различной степени загрузки.

Исходные данные: марка двигателя, частота вращения коленчатого вала при работе двигателя на холостом ходу на частичном режиме.

Таблица 1.1

Вариант	Марка двигателя	n_{ϕ} , c^{-1}	Вариант	Марка двигателя	n_{ϕ} , c^{-1}
1	Д-243	35,5	16	Д-260.1С2	31,5
2	Д-243	34,6	17	Д-260.1С2	30,0
3	Д-243	32,1	18	Д-260.1С2	27,0
4	Д-245.5	24,0	19	Д-260.4	32,3
5	Д-245.5	23,0	20	Д-260.4	30,5
6	Д-245.5	22,0	21	Д-260.4	28,4
7	Д-245	35,5	22	Д-260.4	26,3
8	Д-245	33,0	23	Д-260.7	32,0
9	Д-245	32,0	24	Д-260.7	31,2
10	Д-245	31,1	25	Д-260.7	29,4
11	Д-260.2	33,5	26	Д-260.7	27,2
12	Д-260.2	32,0	27	Д-260.16	33,0
13	Д-260.2	30,5	28	Д-260.16	32,5
14	Д-260.2	28,0	29	Д-260.16	29,1
15	Д-260.1С2	32,5	30	Д-260.16	27,2

Методика выполнения

Для построения скоростной характеристики тракторного двигателя согласно заданному варианту с учетом прилож. 1 составляется табл. 1.2.

По данным табл. 1.2 строится скоростная характеристика тракторного двигателя в прямоугольных осях координат: по оси абсцисс откладывается частота вращения коленчатого вала n , а по оси ординат – крутящий момент M_e , эффективная мощность двигателя N_e , часовой расход топлива G_T и удельный расход топлива g_e (рис. 1.1).

Таблица 1.2

Результаты тормозных испытаний тракторного двигателя _____
 марка двигателя _____

n, c^{-1}							
$M_e, кНм$							
$N_e, кВт$							
$G_T, кг/ч$							
$g_e, г/кВтч$							

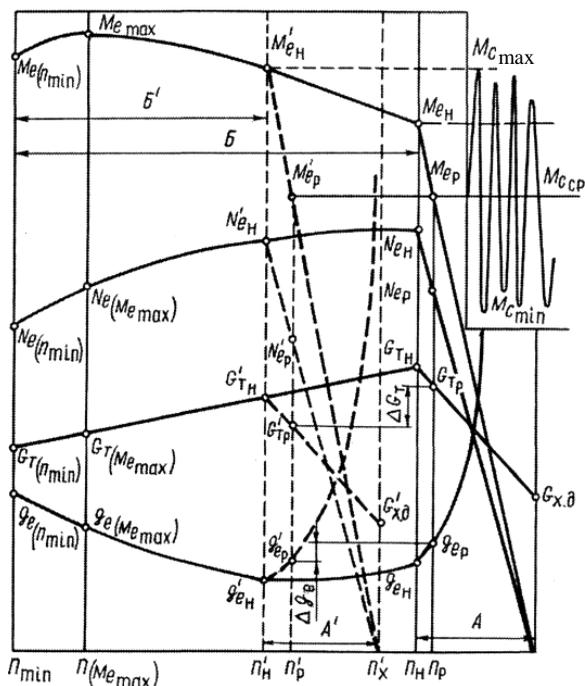


Рис. 1.1. Типовая скоростная характеристика тракторного двигателя:
 А, А' – регуляторная часть характеристики при основном и частичном режимах;
 Б, Б' – безрегуляторная (перегрузочная) часть характеристики при тех же режимах

В процессе эксплуатации агрегата режимы работы двигателя характеризуются соответствующими динамическими и экономическими показателями (см. рис. 1.1):

- работа двигателя на холостом ходу при максимальной частоте вращения коленчатого вала ($n_x, G_{x.д}$);
- при номинальном (расчетном) режиме ($n_n, N_{ен}, M_{ен}, g_{ен}, G_{т.н}$);
- при максимальном моменте ($M_{e\max}, n_{(M_{e\max})}, N_{e(M_{e\max})}, g_{e(M_{e\max})}, G_{т(M_{e\max})}$);
- при минимальной угловой скорости под нагрузкой ($n_{\min}, N_{e(n_{\min})}, M_{e(n_{\min})}, g_{e(n_{\min})}, G_{т(n_{\min})}$);
- при рабочем ходе агрегата, т. е. при выполнении технологической операции ($n_p, N_{ep}, M_{ep}, g_{ep}, G_{т.p}$).

На графике скоростной характеристики отмечается зона работы двигателя с регулятором (рабочая) и зона перегрузки при полной подаче топлива.

При помощи всережимного регулятора двигателя можно изменить основные параметры двигателя, приспособив их к конкретной (частичной) нагрузке. Этот процесс изображается на скоростной характеристике путем построения частичного режима работы двигателя.

Чтобы построить на графике скоростной характеристики кривые изменения основных параметров двигателя при работе на частичном режиме, вначале необходимо согласно заданному варианту отметить на оси абсцисс соответствующее значение холостых оборотов на частичном режиме n_{ϕ} . Затем определяется номинальная частота вращения n_{ϕ} на частичном режиме по уравнению Б. Н. Антоновского

$$n_{\phi} = n_n - \psi(n_x - n_{\phi}), \quad (1.1)$$

где n_n – номинальная частота вращения при полной подаче топлива, c^{-1} ;

ψ – коэффициент, учитывающий отклонение частоты вращения на частичном режиме ($\psi = 1,0-1,09$);

n_x – максимальная частота вращения коленчатого вала при работе двигателя на холостом ходу и полной подаче топлива, c^{-1} ;

n_{ϕ} – частота вращения коленчатого вала при работе двигателя на холостом ходу на частичном режиме (по заданному варианту), c^{-1} .

Полученная частота вращения n_{ϕ} наносится на ось абсцисс. К этой точке восстанавливается перпендикуляр до пересечения со всеми линиями основного режима при полной подаче топлива. Данные точки пересечения соответствуют номинальным значениям M_{ϕ_n} , N_{ϕ_n} , G_{ϕ_n} , g_{ϕ_n} на частичном режиме. Точки M_{ϕ_n} , N_{ϕ_n} соединяются с точкой n_{ϕ} штриховыми линиями.

Значение часового расхода топлива при холостом режиме работы двигателя на частичном режиме находится по уравнению

$$G_{\phi_x} = G_{т. х} \frac{n_{\phi}}{n_x}. \quad (1.2)$$

Полученное значение G_{ϕ_x} наносится на перпендикуляр, восстановленный к точке n_{ϕ} , который соединяется с точкой G_{ϕ_x} .

По данным скоростной характеристики составляется табл. 1.3 и анализируются параметры двигателя при работе на основном и частичном режимах.

Таблица 1.3

Параметры двигателя при работе с полной подачей топлива и на частичном режиме

Параметр двигателя	Работа двигателя	
	при полной подаче топлива	на частичном режиме
Номинальная эффективная мощность, кВт		
Крутящий момент, кНм		
Часовой расход топлива, кг/ч		
Удельный расход топлива, г/кВт·ч		
Частота вращения, с ⁻¹ : – на холостом ходу; – при номинальной мощности; – при максимальном крутящем моменте		

Строится график изменения удельного расхода топлива в зависимости от степени загрузки двигателя.

Для определения зависимости расхода топлива (в процентах к удельному расходу топлива) от степени загрузки двигателя составляется табл. 1.4.

Таблица 1.4

Изменение удельного расхода топлива
в зависимости от степени загрузки двигателя

Степень загрузки двигателя	Мощность двигателя, кВт	Расход топлива	
		г/кВт·ч	% к расходу при $N_{ен}$
1	2	3	4
1,0			100
0,8			
0,6			
0,4			
0,2			

По данным (гр. 1) табл. 1.4 рассчитываются значения мощности, соответствующие степени загрузки (гр. 2). Удельный расход топлива (гр. 3) определяется по скоростной характеристике при полной подаче топлива соответственно развиваемой мощности. Найденные значения удельного расхода топлива выражаются в процентах, удельный расход топлива при номинальной мощности принимается за 100 %.

По данным гр. 1, 4 строится график изменения удельного расхода топлива в зависимости от степени загрузки двигателя: по оси абсцисс в масштабе откладывается степень загрузки двигателя, %, а по оси ординат – удельный расход топлива, начиная со 100 %.

Задание 1.2. Движущая и тяговая силы МТА

Цель задания: научиться определять механизм образования движущей силы, значения движущей силы в различных почвенных условиях, а также предельное значение тягового усилия.

Исходные данные: марка трактора, передача, угол уклона местности.

Таблица 1.5

Вариант	Исходные данные	Вариант	Исходные данные
1	МТЗ-80.2; 2; $\alpha = 2^\circ$	16	Беларус-1523; II.5; $\alpha = 4^\circ$
2	МТЗ-80.2; 4; $\alpha = 3^\circ$	17	Беларус-1523; II.7; $\alpha = 1^\circ$
3	МТЗ-80.2; 6; $\alpha = 1^\circ$	18	Беларус-2022; I.2; $\alpha = 2^\circ$
4	Беларус-920; 1.II.H; $\alpha = 2^\circ$	19	Беларус-2022; I.4; $\alpha = 3^\circ$

Вариант	Исходные данные	Вариант	Исходные данные
5	Беларус-920; 2.І.В; $\alpha = 3^\circ$	20	Беларус-2022; І.6; $\alpha = 1,5^\circ$
6	Беларус-920; 3.ІІ.Н; $\alpha = 2,5^\circ$	21	Беларус-2022; ІІ.8; $\alpha = 2,5^\circ$
7	Беларус-1025; І.2; $\alpha = 3^\circ$	22	*Беларус-2522; І.2; $\alpha = 1^\circ$
8	Беларус-1025; І.4; $\alpha = 1^\circ$	23	*Беларус-2522; І.4; $\alpha = 2^\circ$
9	Беларус-1025; ІІ.5; $\alpha = 2^\circ$	24	*Беларус-2522; І.6; $\alpha = 3^\circ$
10	Беларус-1221; І.2; $\alpha = 4^\circ$	25	*Беларус-2522; ІІ.7; $\alpha = 2,5^\circ$
11	Беларус-1221; І.4; $\alpha = 2,5^\circ$	26	*Беларус-2822; І.1; $\alpha = 2^\circ$
12	Беларус-1221; ІІ.5; $\alpha = 3^\circ$	27	*Беларус-2822; І.3; $\alpha = 1^\circ$
13	Беларус-1221; ІІ.8; $\alpha = 3,5^\circ$	28	*Беларус-2822; І.5; $\alpha = 3^\circ$
14	Беларус-1523; І.2; $\alpha = 2^\circ$	29	*Беларус-2822; ІІ.8; $\alpha = 4^\circ$
15	Беларус-1523; І.4; $\alpha = 3^\circ$	30	Беларус-1025; І.1; $\alpha = 3^\circ$

* Без ходоуменьшителя.

При выполнении задания следует иметь в виду, что:

1) расчеты проводятся для следующих почвенных условий:
1 – поле, подготовленное под посев; 2 – залежь;

2) трактор используется без дополнительных грузов при равномерном движении и отключенном ВОМ;

3) в расчетах принимаются средние значения показателей (коэффициент сцепления движителей с почвой, коэффициент сопротивления качению тракторов и др.);

4) используются колесные тракторы с задними ведущими колесами без включения ходоуменьшителей и редукторов. При отсутствии справочных данных расстояние от центра тяжести до вертикальной плоскости, проходящей через геометрическую ось качения задних колес, принимается равным $\frac{1}{3}$ продольной базы трактора.

Методика выполнения

Определение движущей силы

1. *Уравнение движения агрегата.* Машинно-тракторный агрегат является динамической системой твердых тел с жесткими и упругими связями между ними. Движение агрегата происходит при определенном соотношении сил, действующих на него.

При рассмотрении общей динамики машинно-тракторного агрегата все силы, действующие на агрегат, можно разделить на две группы:

1) $P_{\text{дв}}$ – сила, вызывающая движение агрегата;

2) $(\Sigma P_c + R_m)$ – силы сопротивления движению трактора и рабочей машины.

Уравнение движения агрегата раскрывает зависимость между силами, действующими на агрегат, и скоростью его движения. Такое уравнение может быть получено на основании закона о сохранении кинетической энергии, из которого следует, что изменение кинетической энергии равно работе сил, действующих на агрегат при движении.

Элементарная работа dA сил на пути dS :

$$dA = (P_{\text{дв}} - \Sigma P_c - R_m) dS, \quad (1.3)$$

где $P_{\text{дв}}$ – внешняя сила, приложенная к трактору и вызывающая его движение (движущая сила), кН;

ΣP_c – сумма сил сопротивления движению трактора, кН;

R_m – тяговое сопротивление машины, кН.

Кинетическая энергия агрегата

$$E = (M_1 + M_2) \frac{v^2}{2}, \quad (1.4)$$

где M_1, M_2 – масса трактора и масса рабочей машины, приведенные к осям ведущих колес трактора соответственно, кг;

v – скорость движения агрегата, м/с.

Приращение кинетической энергии агрегата dE ведет к увеличению работы dA . Величина dE определяется дифференцированием уравнения (1.4) по скорости движения:

$$dE = (M_1 + M_2) v dv. \quad (1.5)$$

Приравняем уравнения (1.3) и (1.5). С учетом того, что скорость движения v – первая производная от пути dS по времени dt , т. е.

$v = \frac{dS}{dt}$, получим уравнение движения агрегата в общем виде:

$$\frac{dv}{dt} = \frac{P_{\text{дв}} - SP_c - R_m}{M_1 + M_2}. \quad (1.6)$$

Левая дифференциальная часть уравнения (1.6) представляет собой ускорение поступательно движущегося агрегата: $\frac{dv}{dt} = \pm j$. Знакопеременное значение ускорения соответствует ускоренному (знак «+») или замедленному (знак «-») движению. Знак и значение ускорения зависят от соотношения действующих сил и величины приведенных масс агрегата.

Если агрегат движется с ускорением или замедлением, то такой режим принято называть *неустановившимся*. В данном случае уравнение движения примет следующий вид:

$$\pm j(M_1 + M_2) = P_{\text{дв}} - SP_c - R_m. \quad (1.7)$$

Произведение $\pm j(M_1 + M_2) = P_j$ – сила инерции движущегося агрегата, откуда

$$\pm P_j = P_{\text{дв}} - SP_c - R_m.$$

Из уравнения (1.7) следует, что величина приведенных масс существенно влияет на динамику движения агрегата при неустановившемся движении. Наличие силы инерции приводит к саморегулированию баланса между движущей силой $P_{\text{дв}}$ и постоянно изменяющимися силами сопротивления P_c и R_m . При ускоренном движении агрегата сила инерции P_j направлена против движения и является силой сопротивления, при замедлении – направлена по ходу движения и является движущей силой. Следовательно, чем больше величина приведенных масс агрегата, тем устойчивее его движение.

Однако саморегулирование вследствие названных причин возможно лишь до тех пор, пока запас кинетической энергии агрегата при переменной скорости его движения достаточен для преодоления временно возросшего сопротивления движению. При дальнейшем увеличении сопротивления оно будет преодолевать за счет запаса крутящего момента двигателя (работа корректора регулятора) или перехода на пониженную передачу. В обоих случаях это приводит к увеличению движущей силы $P_{\text{дв}}$.

При движении агрегата с постоянной скоростью $v = \text{const}$ ускорение $j = 0$, тогда уравнение движения (1.7) принимает вид:

$$P_{\text{дв}} - SP_{\text{с}} - R_{\text{м}} = 0. \quad (1.8)$$

Такой режим движения называется *установившимся*, а уравнение (1.8) – *уравнением установившегося движения агрегата*.

2. *Движущая сила агрегата*. В двигателе энергия сгоревшего топлива преобразуется в механическую и снимается с коленчатого вала в виде крутящего момента M_e . Указанный момент через трансмиссию трактора с передаточным отношением $i_{\text{тр}}$ подводится к ведущим колесам ходового аппарата и имеет значение

$$M_{\text{к}} = M_e i_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}}, \quad (1.9)$$

где $i_{\text{тр}}$ – передаточное число трансмиссии на данной передаче;
 $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии трактора.

Крутящие моменты M_e и $M_{\text{к}}$ являются внутренними силовыми факторами и не могут вызвать движение агрегата, тогда как возникновение движущей силы должно быть обусловлено внешним силовым фактором.

Рассмотрим механизм возникновения движущей силы на ведущем колесе трактора (рис. 1.2). Для этого примем следующие допущения: радиус колеса равен динамическому силовому радиусу $r_{\text{к}}$; опорная поверхность является жесткой, т. е. качение происходит без образования следа от прохода колеса.

Из рис. 1.2 следует, что на колесо действуют часть веса трактора $G_{\text{сц}}$, называемая *цепным весом*, и вертикальная реакция почвы R .

Крутящий момент $M_{\text{к}}$ ведущего колеса можно заменить парой сил с плечом $r_{\text{к}}$, т. е. $M_{\text{к}} = P_{\text{к}} r_{\text{к}}$.

Силу $P_{\text{к}}$, действующую на плече $r_{\text{к}}$, принято называть *касательной силой тяги колеса*. Приложенная к колесу сила $P_{\text{к}}$ за счет трения и сцепления в контакте с опорной поверхностью уравнивается равной ей по величине, но противоположно направленной равнодействующей реакции почвы силой сцепления $F_{\text{с}}$. Следовательно, $P_{\text{к}} = F_{\text{с}}$. Однако сила $P_{\text{к}}$ является внутренней, а сила $F_{\text{с}}$ – внешней по отношению к трактору, способной вызвать движение трактора и агрегата.

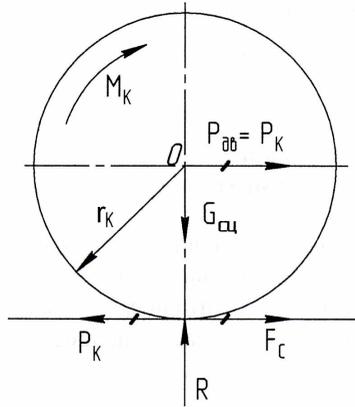


Рис. 1.2. Схема сил, действующих на ведущее колесо

Из схемы (рис. 1.2) следует, что касательная сила $P_k = F_c = P_{дв}$, приложенная в центре колеса и направленная в сторону движения, и есть движущая сила. Таким образом, *движущей силой трактора* является внешняя сила, которая приложена к оси ведущего колеса (звездочки гусеничного трактора), направлена в сторону движения и обусловлена работой двигателя, а также наличием сцепления ходового аппарата с почвой.

3. *Пределы движущей силы.* После установления пределов изменения движущей силы необходимо рассмотреть соотношение касательной силы P_k и силы сцепления F_c . Если в данных условиях движения $P_k \leq F_c$, то говорят о достаточном сцеплении ведущих колес с почвой, если $P_k > F_c$ – о недостаточном сцеплении.

При достаточном сцеплении верхним пределом касательной и движущей сил являются их номинальные значения, при этом от двигателя к ведущим колесам через трансмиссию подводится номинальный крутящий момент двигателя:

$$P_{дв. н} = P_{к. н} = \frac{M_{к. н}}{r_k} = \frac{M_{ен} i_{тр} \eta_{тр}}{r_k}. \quad (1.10)$$

С учетом номинальной мощности двигателя $N_{ен} = 6,28 M_{ен} n_{ен}$ подставим значение номинального крутящего момента двигателя $M_{ен}$, кН·м, в уравнение (1.10) и получим:

$$P_{\text{дв. н}} = P_{\text{к. н}} = \frac{0,159 N_{\text{ен}} i_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}}}{r_{\text{к}} n_{\text{н}}}, \quad (1.11)$$

где $N_{\text{ен}}$ – номинальная (максимальная) мощность двигателя, кВт;
 $r_{\text{к}}$ – динамический (силовой) радиус (начальной окружности ведущей звездочки гусеничного трактора) ведущего колеса, м;
 $n_{\text{н}}$ – номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя, с^{-1} .

Все необходимые для расчета $P_{\text{к. н}}$ значения исходных данных $N_{\text{ен}}$, $n_{\text{н}}$, $i_{\text{тр}}$ принимаются по техническим характеристикам тракторов из прилож. 2–4.

Если часть мощности двигателя реализуется на привод рабочих органов машины через вал отбора мощности (ВОМ), то значение касательной силы тяги рассчитывается по формуле

$$P_{\text{к. н}} = \frac{0,159 \frac{\text{æ}}{\text{ç}} N_{\text{ен}} - \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}} \frac{\text{ö}}{\text{ø}} i_{\text{тр}} \eta_{\text{тр}}}{r_{\text{к}} n_{\text{н}}}, \quad (1.12)$$

где $N_{\text{ВОМ}}$ – мощность, затрачиваемая на привод рабочих органов машины через ВОМ, кВт;

$\eta_{\text{ВОМ}}$ – КПД ВОМ (в расчетах принимается среднее значение $\eta_{\text{ВОМ}} \approx 0,95$).

У современных колесных сельскохозяйственных тракторов трансмиссия конструктивно выполнена с шестернями наружного зацепления (цилиндрические и конические). В ряде случаев бортовые передачи заднего моста оснащаются планетарными редукторами (редуктор Джемса). Для расчета КПД таких трансмиссий принимают основные потери, которые имеют место в зацеплении каждой зубчатой пары. С учетом КПД планетарного редуктора (табл. 1.6) механический КПД трансмиссии колесного трактора

$$\eta_{\text{тр.к}} = \eta_{\text{цил}}^{\alpha} \eta_{\text{кон}}^{\beta} \eta_{\text{пл}}^n, \quad (1.13)$$

КПД гусеничного трактора с механической коробкой перемены передач

$$\eta_{\text{тр.гус}} = \eta_{\text{цил}}^{\alpha} \eta_{\text{кон}}^{\beta} \eta_{\text{гус}}, \quad (1.14)$$

КПД тракторов и самоходных машин, в трансмиссии которых наряду с механическими передачами встроен гидропривод (гидродинамические или гидрообъемные передачи):

$$\eta_{\text{тр}} = \eta_{\text{мех}} \eta_{\text{гп}}, \quad (1.15)$$

где $\eta_{\text{цил}}$, $\eta_{\text{кон}}$, $\eta_{\text{пл}}$ – КПД одной пары цилиндрических и конических зубчатых колес и планетарного редуктора трансмиссии трактора;

α , β , n – соответственно количество пар цилиндрических и конических зубчатых колес, находящихся в зацеплении на данной передаче, и количество бортовых редукторов;

$\eta_{\text{гус}}$ – КПД гусеничного обвода (ориентировочно в расчетах принимается $\eta_{\text{гус}} = 0,95-0,97$);

$\eta_{\text{мех}}$ – общий КПД механической части трансмиссии;

$\eta_{\text{гп}}$ – КПД гидравлической части трансмиссии (гидропривода).

Динамический (силовой) радиус r_k для гусеничных тракторов равен радиусу начальной окружности r_0 ведущих зубчатых звездочек.

Таблица 1.6

Значения КПД для различных передач

Тип передачи	Механический КПД	Тип передачи	Механический КПД
Клиноременная	0,90–0,98	Зубчатая (одна пара шестерен): – цилиндрическая; – коническая	0,98–0,99
Цепная	0,70–0,80		
Червячная	0,83–0,87		
Объемный гидропривод	0,78–0,80	– коническая	0,97–0,98
Планетарный редуктор	0,95–0,97	Гидротрансформатор*	0,85–0,90

* При оптимальном нагрузочном и скоростном режимах работы.

Для колесных тракторов на пневматических шинах радиус качения определяется по формуле

$$r_k = r_o + k_{ш} h_{ш}, \quad (1.16)$$

где r_o – радиус посадочной окружности стального обода (см. прилож. 2);

$k_{ш}$ – коэффициент радиальной деформации шины (табл. 1.7);

$h_{ш}$ – высота профиля шины (см. прилож. 2).

Для тракторов «Беларус» с основной комплектацией шин динамический (силовой) радиус ведущего колеса принимается равным r_k (см. прилож. 2).

Таблица 1.7

Значения коэффициента радиальной деформации пневматических шин $k_{ш}$

Тип опорного основания	Значение $k_{ш}$
Твердый грунт	0,70
Стерня (залежь)	0,75
Вспаханное поле	0,80

При недостаточном сцеплении верхним пределом движущей силы является номинальная сила сцепления ведущих колес трактора с почвой:

$$P_{дв} = F_{с. н} = \mu G_{сц}, \quad (1.17)$$

где $F_{с. н}$ – горизонтальная составляющая реакций почвы при допустимом буксовании колес (гусениц) трактора, кН (допустимое буксование для гусеничных тракторов составляет 7 %, для колесных – 15 % согласно ГОСТ 7051- 81);

μ – коэффициент сцепления ведущих колес (гусениц) трактора с почвой, зависящий от типа почвы и ее состояния, а также типа движителя трактора (прилож. 5).

Сцепной вес $G_{сц}$ для колесных тракторов со всеми ведущими колесами (4´4) и гусеничных тракторов на горизонтальном участке равен весу трактора G , т. е.

$$G_{сц} = G, \quad (1.18)$$

на уклоне с углом α

$$G_{сц} = G \cos \alpha. \quad (1.19)$$

Аналогично сила сцепления $F_{с.н} = G\mu$ на горизонтальном участке, $F_{с.н} = \mu G \cos \alpha$ на уклоне с углом α .

Для колесного трактора с одним ведущим мостом на уклоне с углом α

$$G_{сц} = \frac{G \cos \alpha (L - a) + M_{к}}{L}. \quad (1.20)$$

Сила сцепления

$$F_{с.н} = \frac{G \cos \alpha (L - a) \mu}{L - \mu r_{к}}, \quad (1.21)$$

где G – эксплуатационный вес трактора (см. прилож. 2), кН;

a – расстояние от вертикальной плоскости, проходящей через ось задних ведущих колес, до центра тяжести трактора (см. прилож. 2), м;

L – продольная база трактора, м.

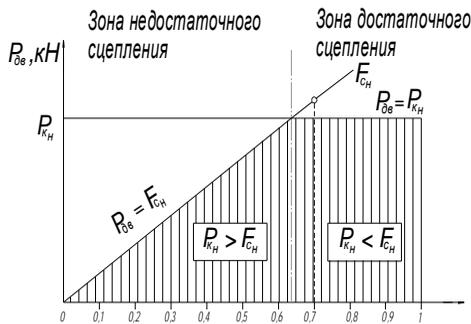
Определив значения $P_{к.н}$ и $F_{с.н}$ для двух заданных фонов, указать значение $P_{дв}$ для поля, подготовленного под посев и залежи. Сделать заключение, когда движущая сила ограничивается силой сцепления ходового аппарата трактора с почвой, а когда – касательной силой тяги.

Построить графики изменения движущей силы в зависимости от почвенных условий и указать зоны достаточного и недостаточного сцепления (рис. 1.3).

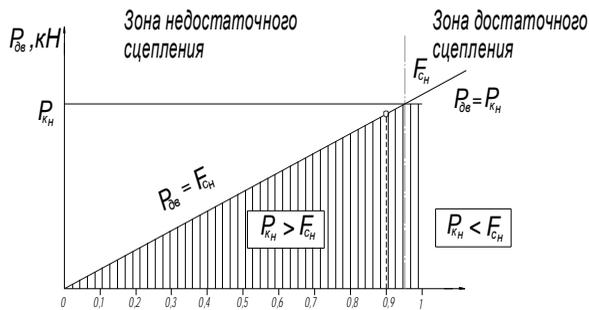
Определение силы тяги трактора

1. *Тяговый баланс агрегата.* Большинство практических расчетов по определению состава агрегатов и их работы проводится с использованием опытных данных, полученных при установившемся движении, когда $dv/dt = 0$ и скорость $v = \text{const}$. В этом случае из уравнения (1.8) следует, что

$$P_{дв} = SP_{с} + R_{м}. \quad (1.22)$$



а



б

Рис. 1.3. График зависимости движущей силы колесного трактора от коэффициента сцепления в разных условиях движения:
а – поле, подготовленное под посев; б – залежь

Сумма сил сопротивления P_c состоит из силы сопротивления качению трактора P_f , силы сопротивления при движении трактора на подъем (спуск) $\pm P_\alpha$ и силы лобового сопротивления воздушной среды P_w :

$$SP_c = P_f \pm P_\alpha + P_w.$$

Подставив это выражение в уравнение (1.22), получим:

$$P_{дв} = P_f \pm P_\alpha + P_w + R_M.$$

При скоростях движения современных машинно-тракторных агрегатов сопротивлением воздушной среды можно пренебречь ($P_w = 0$), тогда в окончательном виде

$$P_{\text{дв}} = P_f \pm P_\alpha + R_M. \quad (1.23)$$

Уравнение (1.23) является *уравнением тягового баланса агрегата при его установившемся движении*. Из уравнения следует, что движущей силой агрегата преодолеваются силы сопротивления движению трактора и сопротивление машины.

В практических расчетах силу P_f принимают пропорциональной весу трактора G . При движении по горизонтальной поверхности

$$P_f = f_T G,$$

где f_T – коэффициент пропорциональности, зависящий от типа и состояния почвы, типа движителя трактора; в теории трактора его называют *коэффициентом сопротивления качению* (прилож. 5).

Составляющие сопротивления движению трактора P_f и $\pm P_\alpha$ при установившемся движении на подъем с углом склона α определяются в соответствии со схемой (рис. 1.4).

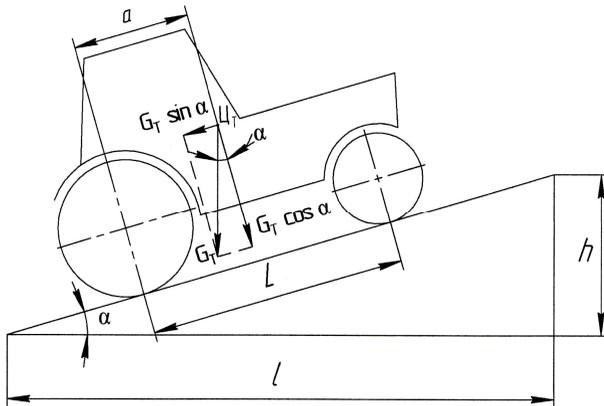


Рис. 1.4. Схема сил сопротивления при движении трактора на подъем:
Ц_т – центр тяжести

Из рис. 1.4 следует, что сила сопротивления качению трактора при движении на подъем

$$P_f = f_T G \cos \alpha . \quad (1.24)$$

Сила сопротивления движению трактора на подъем

$$P_\alpha = \pm G \sin \alpha . \quad (1.25)$$

Согласно принятым на рис. 1.4 обозначениям отношение $h / l = \operatorname{tg} \alpha = i$, которое при расчетах представляется либо дробным числом, либо в процентах, называется *подъемом (спуском) рабочего участка поля*.

Поскольку углы подъема (спуска) на территории Беларуси не превышают $5-6^\circ$, а при этих значениях $\operatorname{tg} \alpha$; $\sin \alpha$, то уравнение (1.25) можно записать как

$$P_\alpha = \pm G \operatorname{tg} \alpha \approx \pm G i \approx \pm G \frac{i}{100} . \quad (1.26)$$

После преобразований уравнение (1.23) тягового баланса агрегата при движении на подъем (спуск) примет вид:

$$P_{\text{дв}} = \frac{\alpha}{\epsilon} f_T G \cos \alpha \pm G \frac{i}{100} \frac{\ddot{\alpha}}{\varnothing} + R_M . \quad (1.27)$$

2. *Сила тяги трактора*. Если двигатель работает при номинальном режиме в условиях недостаточного сцепления, имеет место недоиспользование касательной силы тяги $P_{\text{н. с}}$, кН, и ограничение движущей силы на величину

$$P_{\text{н. с}} = P_{\text{к. н}} - F_{\text{с. н}} . \quad (1.28)$$

При работе агрегатов, если тяговое сопротивление машины R_M значительно меньше тягового усилия $P_{\text{т. н}}$, часть касательной силы тяги не используется. Сила $P_{\text{н. с}}$, кН, не используемая по условиям загрузки трактора и по тяговому усилию:

$$P_{н.з} = P_{т.н\alpha} - R_M, \quad (1.29)$$

где $P_{т.н\alpha}$ – номинальное тяговое усилие трактора при движении на заданной передаче, кН.

Из уравнения тягового баланса (1.23) видно, что номинальная сила тяги трактора будет равна:

– при достаточном сцеплении:

$$P_{т.н\alpha} = P_{к.н} - P_f \pm P_\alpha; \quad (1.30)$$

– при недостаточном сцеплении:

$$P_{т.н\alpha} = F_{с.н} - P_f \pm P_\alpha. \quad (1.31)$$

При работе тягово-приводного агрегата часть мощности двигателя затрачивается на привод механизмов от ВОМ и в создании касательной силы тяги не используется. Номинальное тяговое усилие трактора при достаточном сцеплении в этом случае

$$P_{т.н\alpha}^{\phi} = P_{к.н}^{\phi} - P_f \pm P_\alpha, \quad (1.32)$$

где $P_{к.н}^{\phi}$ – касательная сила тяги, рассчитываемая по формуле (1.12), кН.

При недостаточном сцеплении ($P_{к.н}^{\phi} > F_{с.н}$) расчет проводится по формуле (1.31).

Задание 1.3. Определение тяговой мощности трактора и сопротивления агрегата

Цель задания: изучить порядок расчета тяговой мощности трактора, рабочего и холостого сопротивления агрегата с использованием табличных данных тяговых характеристик тракторов для расчетов машинно-тракторных агрегатов.

Исходные данные: наименование технологической операции, состав и рабочая скорость движения машинно-тракторного агрегата, уклон местности, буксование движителей.

Таблица 1.8

Вариант	Исходные данные
1	Вспашка стерни нормальной влажности: Беларус-1523+ПНГ-(4+1)-4; $v_p = 1,67$ м/с; $i = 1,5$ %; $\delta = 12$ %
2	Подъем льнотресты с прессованием в рулоны: Беларус-820+ППЛ-1; $v_p = 2,7$ м/с; $i = 1,5$ %; $\delta = 9$ %
3	Посадка картофеля: Беларус-800+Л-202; $v_p = 1,94$ м/с; $i = 3,2$ %; $\delta = 13$ %
4	Посев озимой ржи: Беларус-900+СПУ-6; $v_p = 3,05$ м/с; $i = 3,0$ %; $\delta = 13,5$ %
5	Уборка картофеля на каменистых почвах: Беларус-820+Л-601; $v_p = 1,3$ м/с; $i = 1,1$ %; $\delta = 25$ %
6	Уборка кукурузы на силос: Беларус-1523+КДП-3000 «Полесье»; $v_p = 2,7$ м/с; $i = 1,2$ %; $\delta = 6$ %
7	Безотвальная обработка пахотного слоя: Беларус-3022+АБТ-4; $v_p = 2,36$ м/с; $i = 1,1$ %; $\delta = 13,6$ %
8	Предпосевная обработка почвы: Беларус-800+АК-3,6; $v_p = 1,85$ м/с; $i = 3,1$ %; $\delta = 8,1$ %
9	Вспашка старопахотных почв: Беларус-1221+Л-110-3/4; $v_p = 2,23$ м/с; $i = 2,4$ %; $\delta = 16$ %
10	Посев овса: Беларус-820+СПУ-4; $v_p = 2,8$ м/с; $i = 1,7$ %; $\delta = 12,8$ %
11	Междурядная обработка сахарной свеклы: Беларус-1221+КМС-5,4-01; $v_p = 1,7$ м/с; $i = 2,3$ %; $\delta = 24,5$ %
12	Уборка естественных трав: Беларус-80.1+КИП-1,5; $v_p = 2,1$ м/с; $i = 1,4$ %; $\delta = 9,1$ %
13	Ворошение трав: Беларус-923+ГВР-6; $v_p = 2,6$ м/с; $i = 2,3$ %; $\delta = 10,2$ %
14	Подбор валков сена с прессованием в рулоны: Беларус-1221+ПР-Ф-750; $v_p = 2,0$ м/с; $i = 3,2$ %; $\delta = 12$ %
15	Внесение гербицидов: Беларус-800+ОТМ2-3; $v_p = 2,45$ м/с; $i = 2,3$ %; $\delta = 11,3$ %

Вариант	Исходные данные
16	Лушение стерни нормальной влажности: Беларус-1523+БПД-5MW; $v_p = 2,64$ м/с; $i = 2,3$ %; $\delta = 8,2$ %
17	Уборка картофеля на легких почвах: Беларус-800+Л-605; $v_p = 1,4$ м/с; $i = 1,8$ %; $\delta = 26$ %
18	Уборка сеяных трав: Беларус-820+«Полесье 1500»; $v_p = 2,22$ м/с; $i = 2,1$ %; $\delta = 11$ %
19	Внесение аммиачной селитры: Беларус-800+РУ-1000; $v_p = 3,3$ м/с; $i = 1,6$ %; $\delta = 9,9$ %
20	Предпосевная обработка почвы: Беларус-1523+АКШ-7,2; $v_p = 2,0$ м/с; $i = 1,7$ %; $\delta = 12,5$ %
21	Вспашка влажной стерни: Беларус-3022+ППП-7-40; $v_p = 2,9$ м/с; $i = 2,1$ %; $\delta = 11$ %
22	Внесение органических удобрений: Беларус-820+ПРТ-7А; $v_p = 2,9$ м/с; $i = 1,9$ %; $\delta = 8,2$ %
23	Лушение влажной стерни: Беларус-820+Л-111; $v_p = 2,08$ м/с; $i = 4,1$ %; $\delta = 14,5$ %
24	Сгребание трав в валки: Беларус-320+Л-503; $v_p = 1,38$ м/с; $i = 1,8$ %; $\delta = 10,5$ %
25	Окучивание картофеля: Беларус-800+КОР-4; $v_p = 3,1$ м/с; $i = 1,0$ %; $\delta = 7,2$ %
26	Вспашка стерни нормальной влажности: Беларус-2102+ПД-3-35; $v_p = 1,9$ м/с; $i = 1,3$ %; $\delta = 3,4$ %
27	Разделка пласта многолетних трав: Беларус-1523+КЧ-5,1М; $v_p = 2,32$ м/с; $i = 2,9$ %; $\delta = 12,8$ %
28	Внесение органических удобрений: Беларус-1523+ПРТ-11; $v_p = 2,45$ м/с; $i = 3,3$ %; $\delta = 16,5$ %
29	Уборка ботвы кормовой свеклы: Беларус-800+МБУ-2,8; $v_p = 1,74$ м/с; $i = 2,6$ %; $\delta = 24$ %
30	Нарезка гребней под картофель: Беларус-820+КФН-75-4; $v_p = 1,98$ м/с; $i = 1,8$ %; $\delta = 14$ %

Методика выполнения

Определение тяговой мощности трактора

Мощность двигателя трактора или самоходной машины расходуется как на совершение полезной работы, так и на преодоление

внешних и внутренних сил сопротивления перемещению машинно-тракторного агрегата по рабочему участку. О распределении эффективной мощности N_e судят по балансу мощности при работе трактора или самоходной машины (установившийся режим):

$$N_e = N_M + N_f + N_\delta + N_{e\text{ВОМ}} + N_T \pm N_\alpha. \quad (1.33)$$

Потери мощности в трансмиссии N_M , кВт, связанные с преодолением сил трения в подшипниках, шестернях, механизмах гусеничной цепи, определяются по формуле

$$N_M = N_e (1 - \eta_{\text{тр}}), \quad (1.34)$$

где $\eta_{\text{тр}}$ – КПД трансмиссии.

Затраты мощности на качение трактора N_f , кВт, связаны с образованием колеи ходовым аппаратом, а также с деформацией шин, преодолением сил трения в подшипниках колес (гусениц) и др. Эти потери зависят от скорости движения агрегата и находятся по формуле

$$N_f = P_f v_p = Gf_{\text{т}} v_p, \quad (1.35)$$

где $P_f = Gf_{\text{т}}$ – сила сопротивления качению трактора, кН;
 v_p – рабочая скорость движения агрегата, м/с.

Затраты мощности на буксование N_δ , кВт, обусловленные недостаточным сцеплением ходового аппарата с почвой и снижением поступательной скорости движения трактора, рассчитываются по формуле

$$N_\delta = N_e \eta_{\text{тр}} \frac{\delta}{100}, \quad (1.36)$$

где δ – буксование движителей, %.

Затраты мощности на преодоление подъема (знак «+») и при движении на спуске (знак «-») N_α , кВт, определяются по формуле

$$N_\alpha = \pm P_\alpha v_p = \pm G \frac{i}{100} v_p, \quad (1.37)$$

где $P_\alpha = G \sin \alpha \approx G \frac{i}{100}$ – сила сопротивления движению трактора на местности с углом склона α , кН.

Мощность $N_{e\text{ВОМ}}$, кВт, затрачиваемая двигателем на привод механизмов рабочих машин, рассчитывается по формуле

$$N_{e\text{ВОМ}} = \frac{N_{\text{ВОМ}}}{\eta_{\text{ВОМ}}}, \quad (1.38)$$

где $N_{\text{ВОМ}}$ – мощность, затрачиваемая на привод рабочих органов машины через ВОМ, кВт (в расчетах принимается $N_{\text{ВОМ}} \approx (0,05-0,10)N_e$);

$\eta_{\text{ВОМ}}$ – КПД ВОМ (в расчетах принимается $\eta_{\text{ВОМ}} = 0,93-0,96$).

Полезная (тяговая) мощность N_T , кВт, трактора исходя из уравнения баланса мощности МТА (1.33) определяется по формуле

$$N_T = N_e - N_M - N_{f_t} - N_\delta - N_{e\text{ВОМ}} \pm N_\alpha. \quad (1.39)$$

Условия и степень использования мощности трактора характеризуют его тяговый КПД. При работе тягово-приводного агрегата необходимо найти общий (полный) КПД трактора:

$$\eta_T = \frac{N_T + N_{\text{ВОМ}}}{N_e}. \quad (1.40)$$

При работе тягового агрегата $N_{\text{ВОМ}} = 0$, поэтому

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e}. \quad (1.41)$$

Определение сопротивления агрегата

Для тягового сопротивления рабочей машины с учетом угла склона применяется выражение

$$R_M = k_0 b \pm G_M \frac{i}{100}, \quad (1.42)$$

где k_0 – удельное тяговое сопротивление машины (прилож. 6), кН/м;
 b – конструктивная ширина захвата машины, м;
 G_m – вес машины, кН.

Формула (1.42) служит и для нахождения рабочего сопротивления всех почвообрабатывающих машин, культиваторов для между-рядной обработки, картофеле- и корнеуборочных машин и т. п. Величина k_0 учитывает все виды внешнего сопротивления перемещению работающей машины по полю.

Общее сопротивление тягово-приводных агрегатов, кН, у которых часть мощности тратится на привод рабочих органов через ВОМ (сажалки, прицепные комбайны и др.), определяется по формуле

$$R_{m. пр} = R_m + R_{ВОМ}, \quad (1.43)$$

где $R_{ВОМ}$ – дополнительное условное сопротивление, эквивалентное мощности, передаваемой через ВОМ, кН:

$$R_{ВОМ} = \frac{0,159 N_{ВОМ} \eta_{тр} i_{тр}}{r_k n_n \eta_{ВОМ}}.$$

При определении сопротивления зерноуборочных комбайнов, машин для внесения удобрений и ядохимикатов, т. е. машин, имеющих технологические емкости, на рабочем ходу следует учитывать полный вес груза в бункере или емкости:

$$R_{m. п. тех} = (G_m + G_{гр}) \frac{\alpha}{\xi} f_m \pm \frac{i}{100} \frac{\ddot{\phi}}{\phi}. \quad (1.44)$$

где $G_{гр}$ – вес груза в технологической емкости (бункере, кузове), кН ($G_{гр} = 9,81 V \gamma \lambda$, где V – объем технологической емкости, м³; γ – объемная масса груза, т/м³ (прилож. 7); λ – коэффициент использования объема технологической емкости (табл. 1.9));

f_m – коэффициент сопротивления качению ходовых колес машины (прилож. 8).

Тяговое сопротивление тракторного транспортного агрегата, состоящего в общем случае из нескольких прицепов или полуприцепов, определяется по уравнению

$$R_{\text{м. тр}} = n_{\text{пр}} G_{\text{пр. гр}} \frac{\partial}{\partial} f_{\text{пр}} \pm \frac{i}{100} \ddot{\partial} \quad (1.45)$$

где $n_{\text{пр}}$ – количество прицепов в тракторном транспортном агрегате;
 $f_{\text{пр}}$ – коэффициент сопротивления качению прицепа (табл. 1.10).

Таблица 1.9

Нормативные значения коэффициентов
использования объема технологических емкостей λ

Сельскохозяйственные машины	Значение λ
Зерноуборочные комбайны	0,95
Сеялки	0,75–0,85
Картофелесажалки	0,75

Таблица 1.10

Значения коэффициента сопротивления качению $f_{\text{пр}}$
в различных условиях движения

Группа дорог	Характеристика дорог	Значение $f_{\text{пр}}$
I	С твердым покрытием; обычные грунтовые, сухие, в хорошем состоянии, снежные укатанные дороги, грунтовые улучшенные	0,05
II	Гравийные; щебенчатые разбитые; песчаные проселочные; грунтовые, разъезженные после дождя; стерня зерновых; задернелая почва в твердом состоянии зимой и летом	0,08
III	Разбитые, с глубокой колеей, оттаявшие после длительных оттепелей, гребнистые дороги; пашня нормальной влажности и замерзшая; поле после уборки корнеклубнеплодов, переувлажненное; бездорожье в весеннюю распутицу; снежная целина	0,15

Общий вес прицепа с грузом

$$G_{\text{пр. гр}} = G_{\text{пр}} + G_{\text{гр}} \quad (1.46)$$

где $G_{\text{пр}}$ – конструктивный вес прицепа, кН.

Для транспортных тягово-приводных агрегатов (машины для внесения удобрений и др.) общее сопротивление, кН, рассчитывается по формуле

$$R_{\text{м. пр. тр}} = R_{\text{м. тр}} + R_{\text{ВОМ}} \cdot \quad (1.47)$$

Тяговое сопротивление, кН, пахотных агрегатов (плугов) рассчитывается по формуле

$$R_{\text{м. пл}} = k_{\text{пл}} ab_k n_k + cG_{\text{пл}} \frac{i}{100}, \quad (1.48)$$

где $k_{\text{пл}}$ – удельное сопротивление почв при вспашке (табл. 1.11), кН/м²;

a – глубина вспашки, м;

b_k – ширина захвата одного корпуса плуга, м;

n_k – количество корпусов;

c – коэффициент, учитывающий вес почвы на корпусах плуга;

$G_{\text{пл}}$ – эксплуатационный вес плуга, кН.

Таблица 1.11

Средние значения $k_{\text{пл}}$ сопротивления различных типов почв при вспашке, кН/м² (кПа)

Почва	Агрофон	Почвы			
		глинистые	тяжело-суглинистые	средне-суглинистые	супеси и легко-суглинистые
Чернозем	Стерня озимых	68	49	35	25
	Пласт многолетних трав	86	57	45	31
	Целина, залежь	90	71	52	39
Дерново-подзолистая	Стерня озимых	66	47	34	26
	Пласт многолетних трав	74	56	43	30
	Целина, залежь	92	71	50	40
Каштановая	Стерня озимых	69	47	36	22
	Целина, залежь	98	68	55	29
Засоленная	Стерня озимых	-	82	73	65

В зависимости от глубины вспашки коэффициент c изменяется от 1,1 до 1,4 (при $a = 0,22-0,25$ м он приблизительно равен 1,2).

При движении прицепных машин без выполнения технологических операций, например на поворотах или при переезде с одного участка на другой, тяговое сопротивление равно сопротивлению качения ходовых колес машины по почве. В этом случае

$$R_{\text{м. х. п}} = G_{\text{м. п}} \frac{\alpha}{c} f_{\text{м}} \pm \frac{i}{100} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} \quad (1.49)$$

Если машина навесная, то в транспортном положении ее вес полностью передается на ходовые колеса трактора, увеличивая его вес и сопротивление качению, поэтому:

$$R_{\text{м. х. н}} = G_{\text{м. н}} \frac{\alpha}{c} f_{\text{т}} \pm \frac{i}{100} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} \quad (1.50)$$

Эксплуатационный вес машин, имеющих технологические емкости, при наполнении (опорожнении) бункера или емкости будет изменяться. С учетом этого среднее сопротивление, кН, таких машин на холостом ходу (поворотах) определяется по формуле

$$R_{\text{м. х. тех}} = \frac{\alpha}{c} G_{\text{м}} + \frac{1}{2} G_{\text{гр}} \frac{\alpha}{c} f_{\text{м}} \pm \frac{i}{100} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} \quad (1.51)$$

Тяговая мощность трактора, кВт, т. е. мощность, которая расходуется на тягу рабочих машин, рассчитывается по формулам:

– при рабочем движении:

тяговых и тягово-приводных агрегатов:

$$N_{\text{т}} = R_{\text{м}} v_{\text{п}}; \quad (1.52)$$

транспортных агрегатов:

$$N_{\text{т}} = R_{\text{м. тр}} v_{\text{п}}; \quad (1.53)$$

– при холостом движении:
тяговых и тягово-приводных агрегатов:

$$N_{т. х} = R_{м. х} v_x ; \quad (1.54)$$

транспортных агрегатов:

$$N_{т. х} = R_{м. х. тр} v_x , \quad (1.55)$$

где v_p , v_x – скорость движения агрегата соответственно на рабочем и холостом ходу (принять $v_x \approx v_p$), м/с.

Пример. Рассчитать тяговое сопротивление агрегата, тяговую мощность и тяговый КПД трактора на рабочем и холостом ходу для агрегата «Беларус-800+КПС-4,0» при сплошной предпосевной обработке минеральных почв, если рабочая скорость движения машинно-тракторного агрегата $v_p = 3,08$ м/с, уклон местности $i = 2$ %, буксование движителей $\delta = 9,5$ %.

Решение. Потери мощности в трансмиссии

$$N_m = N_e (1 - \eta_{тр}) = 58,9(1 - 0,91) = 5,3 \text{ кВт},$$

где $\eta_{тр} = 0,90$ – $0,92$ – КПД трансмиссии для колесного трактора «Беларус-800». Для расчета принимаем $\eta_{тр} = 0,91$.

Затраты мощности на качение трактора

$$N_f = P_f v_p = G f_T v_p = 32,4 \cdot 0,18 \cdot 3,08 = 17,96 \text{ кВт},$$

где $f_T = 0,16$ – $0,20$ – коэффициент сопротивления качению трактора при сплошной предпосевной обработке минеральных почв (прилож. 5). Для расчета принимаем $f_T = 0,18$.

Затраты мощности на буксование

$$N_\delta = N_e \eta_{тр} \frac{\delta}{100} = 58,9 \cdot 0,91 \cdot \frac{9,5}{100} = 5,09 \text{ кВт}.$$

Затраты мощности на преодоление подъема

$$N_{\alpha} = P_{\alpha} v_p = G \frac{i}{100} v_p = 32,4 \cdot \frac{2}{100} \cdot 3,08 = 2,0 \text{ кВт.}$$

Для тягового агрегата мощность, затрачиваемая двигателем на привод механизмов рабочих машин, $N_{e\text{ВОМ}} = 0$ кВт.

Исходя из уравнения баланса мощности МТА полезная (тяговая) мощность трактора

$$\begin{aligned} N_T &= N_e - N_M - N_f - N_{\delta} - N_{e\text{ВОМ}} - N_{\alpha} = \\ &= 58,9 - 5,3 - 17,96 - 5,09 - 0 - 2,0 = 28,55 \text{ кВт.} \end{aligned}$$

Тяговый КПД трактора при работе тягового агрегата

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e} = \frac{28,55}{58,9} = 0,49.$$

Рабочее тяговое сопротивление агрегата «Беларус-800+КПС-4,0» при предпосевной обработке почвы

$$R_M = k_0 b + G_M \frac{i}{100} = 2,26 \cdot 4,0 + 12,0 \cdot \frac{2}{100} = 9,28 \text{ кН,}$$

где $k_0 = 1,6\text{--}2,6$ кН/м – удельное тяговое сопротивление культиватора КПС-4,0 (прилож. б). Для расчета принимаем $k_0 = 2,26$ кН/м.

При движении прицепного культиватора КПС-4,0 без выполнения технологической операции тяговое сопротивление

$$R_{M. \text{ х. п}} = G_{M. \text{ п}} \left(f_M \pm \frac{i}{100} \right) = 12,0 \left(0,17 + \frac{2}{100} \right) = 2,28 \text{ кН,}$$

где $f_M = 0,14\text{--}0,20$ – коэффициент сопротивления качению ходовых колес машины (прилож. 8). Для расчета принимаем $f_M = 0,17$.

Тяговая мощность трактора:

– при рабочем движении агрегата:

$$N_T = R_{м.р} v_p = 9,28 \cdot 3,08 = 28,58 \text{ кВт};$$

– при холостом движении агрегата:

$$N_{Т.х} = R_{м.х} v_x = 2,28 \cdot 3,08 = 7,02 \text{ кВт}.$$

Тяговый КПД трактора:

– при рабочем движении агрегата:

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_e} = \frac{28,58}{58,9} = 0,49;$$

– при холостом движении агрегата:

$$\eta_{Т.х} = \frac{N_{Т.х}}{N_e} = \frac{7,02}{58,9} = 0,12.$$

Задание 1.4. Выбор рабочих передач трактора

Цель задания: изучить тяговую и потенциальную тяговую характеристики трактора, построить их графики по табличным данным и использовать при выборе рационального режима работы агрегата.

Исходные данные: агрофон, состав машинно-тракторного агрегата, уклон местности, удельное сопротивление (исходя из названия производственной операции), глубина обработки (при вспашке).

Таблица 1.12

Вариант	Исходные данные
1	Стерня; Беларус-1523+ППП-4-40Б2; $i = 2,0 \%$; $a = 0,22 \text{ м}$
2	Почва, подготовленная под посев; Беларус-80.1+АПП-3; $i = 3,5 \%$
3	Стерня; Беларус-1523+КЧ-5,1; $i = 2,9 \%$
4	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1523+АКШ-6; $i = 3,1 \%$

Вариант	Исходные данные
5	Стерня; Беларус-1025+АВУ-0,7; $i = 1,9 \%$
6	Стерня; Беларус-1523+КНС-6,3; $i = 1,5 \%$
7	Стерня; Беларус-320+Л-101; $i = 2,5 \%$; $a = 0,20$ м
8	Стерня; Беларус-1025+ФН-1,8; $i = 0,9 \%$
9	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1221+БПД-3MW; $i = 0,5 \%$
10	Почва, подготовленная под посев; Беларус-80.1+БДН-2,0; $i = 0,6 \%$
11	Стерня; Беларус-80.2+Л-111; $i = 2,5 \%$
12	Почва, подготовленная под посев; Беларус-922+АКШ-3,6; $i = 3,1 \%$
13	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1025+КМС-5,4-0,1; $i = 1,6 \%$
14	Почва, подготовленная под посев; Беларус-922+БСН-4; $i = 2,2 \%$
15	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1523+КН-6,3; $i = 1,6 \%$
16	Стерня; Беларус-80.2+Л-107; $i = 1,9 \%$; $a = 0,22$ м
17	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1523+АПВ-4,5; $i = 2,7 \%$
18	Стерня; Беларус-3022+ППШ-10-35; $i = 1,0 \%$; $a = 0,23$ м
19	Почва, подготовленная под посев; Беларус-80.1+ОКГ-4; $i = 2,7 \%$
20	Стерня; Беларус-2522+ПГП-7-40; $i = 1,2 \%$; $a = 0,25$ м
21	Почва, подготовленная под посев; Беларус-922+Л-202; $i = 1,4 \%$
22	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1025+КП-4; $i = 3,1 \%$
23	Почва, подготовленная под посев; Беларус-1523+КСО-6; $i = 1,8 \%$
24	Стерня; Беларус-80.1+ППП-3-35Б2; $i = 2,4 \%$; $a = 0,20$ м
25	Стерня; Беларус-1523+МТД-3; $i = 2,3 \%$
26	Почва, подготовленная под посев; Беларус-2522+БПД-7MW; $i = 1,7 \%$
27	Почва, подготовленная под посев; Беларус-80.1+АК-3; $i = 2,8 \%$
28	Стерня; Беларус-1523+ПКМ-5-35В; $i = 0 \%$; $a = 0,20$ м
29	Почва, подготовленная под посев; Беларус-80.2+АБ-5; $i = 0,5 \%$
30	Стерня; Беларус-1523+АЧУ-2,8; $i = 2,3 \%$

Методика выполнения

Потенциальная тяговая характеристика представляет собой огибающие кривые, на которых расположены значения максимальной тяговой мощности $N_{T \max}$ и рабочей скорости $v_{p.н.}$, соответствующие номинальным силам тяги $P_{T.н}$ на рабочих передачах трактора (рис. 1.5). График потенциальной тяговой характеристики трактора при его работе на соответствующем почвенном фоне строится в соответствии с данными тяговых характеристик (прилож. 9).

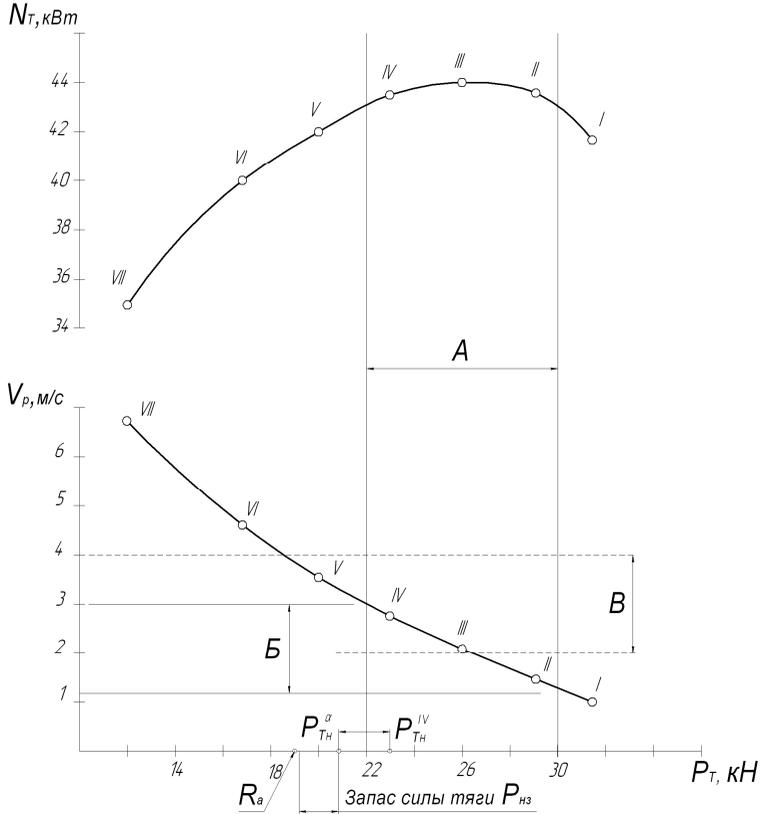


Рис. 1.5. График потенциальной тяговой характеристики трактора при выборе передач и режима работы агрегата:

А – зона рациональной тяговой загрузки трактора;

Б – интервал рациональных по загрузке рабочих скоростей; В – интервал технологически допустимых для сельскохозяйственной машины скоростей

Оптимальный скоростной режим работы агрегата устанавливается исходя из агротехнических требований к заданной технологической операции путем выбора двух-трех передач трактора в пределах максимально допустимой скорости (прилож. 10). Для этого с помощью графика потенциальной тяговой характеристики трактора определяются зона А, интервалы Б и В (см. рис. 1.5).

Если агротехнически допустимая скорость позволяет работать на различных передачах, то выбираются те из них, где тяговая мощность трактора имеет наибольшее значение или близка к ней, т. е. $N_T = N_{T \max}$.

Как видно из графика (рис. 1.5), наиболее рациональными по использованию тяговой мощности являются передачи 2–4. Однако передача 2 находится за пределами интервала рациональных технологических скоростей. В то же время агротехнические требования позволяют работать и на передаче 5. С учетом этого расчет следует вести для передач 3–5 трактора.

На выбранных передачах по тяговой характеристике определяются номинальное тяговое усилие трактора, кН, с учетом угла склона и почвенных условий.

Поскольку тяговые характеристики снимаются на горизонтальных участках, то следует ввести корректировку на угол склона:

$$P_{T.н\alpha} = P_{T.н} - G \frac{i}{100}, \quad (1.56)$$

где $P_{T.н}$ – номинальное тяговое усилие трактора на данной передаче (см. прилож. 9), кН.

Загрузка трактора при работе агрегата на каждой из передач определяется при движении МТА на подъем. Оценка правильности выбора рабочей передачи трактора выполняется по коэффициентам использования тягового усилия и тяговой мощности трактора.

Коэффициент использования тягового усилия трактора

$$\eta_{p.т} = \frac{R_M}{P_{T.н\alpha}}, \quad (1.57)$$

где R_M – тяговое сопротивление рабочей машины при движении на подъем, кН (см. п. «Определение сопротивления агрегата» в задании 1.3).

За основную необходимо принять ту передачу, для которой значение $\eta_{p,т}$ ближе к значению коэффициента, приведенного в табл. 1.13, но не превышает его.

Таблица 1.13

Оптимальные значения коэффициента использования тягового усилия трактора $\eta_{p,т}$

Вид работы	Значения $\eta_{p,т}$
Вспашка легких и средних почв ($k_{пл} \leq 55$ кПа)	0,92- 0,95
Вспашка тяжелых почв ($k_{пл} > 55$ кПа)	0,88- 0,90
Вспашка уплотненных пересохших и каменистых почв	0,80- 0,92
Культивация сплошная	0,92- 0,94
Боронование	0,93- 0,95
Обработка плоскорезами	0,90- 0,93
Лушение дисковыми луцильниками	0,94- 0,96
Посев дисковыми сеялками	0,95- 0,97

Коэффициент использования тяговой мощности трактора

$$\eta_{N_{т}} = \frac{N_{т,р}}{N_{т\max} - N_{\alpha}}, \quad (1.58)$$

где $N_{т,р} = R_{м}v_{р}$ – тяговая мощность на рабочем режиме, кВт;

$N_{т\max}$ – максимальная тяговая мощность трактора, кВт;

$N_{\alpha} = v_{р}G \frac{i}{100}$ – мощность, затрачиваемая при движении трактора на подъем, кВт.

Максимальная тяговая мощность трактора принимается по тяговой характеристике или рассчитывается по выражению

$$N_{т\max} = P_{т,н}v_{р,н}. \quad (1.59)$$

Если расчеты выполнены правильно, то $\eta_{N_{т}} > \eta_{p,т}$.

Запас силы тяги трактора на основной (выбранной) передаче при движении агрегата на подъем, т. е. силы, не используемой по условиям загрузки трактора, определяется по формуле (1.29).

Найденное значение запаса силы тяги отражается на графике (см. рис. 1.5). Запас может быть использован для преодоления возможных увеличений тягового сопротивления агрегата без перехода на пониженную передачу.

Фактическую скорость движения агрегата на выбранной передаче необходимо устанавливать по таблице тяговых характеристик (см. прилож. 9), где содержатся тяговые показатели тракторов на основном скоростном режиме (т. е. при полной подаче топлива) при различной степени загрузки двигателя $(0,8N_{T \max}; 0,9N_{T \max}; N_{T \max})$.

По таблицам тяговых характеристик выбираются значения тягового усилия P_{T1} и P_{T2} с таким условием, чтобы значение сопротивления агрегата R_m ($R_{m, \text{пр}}$) находилось между ними: $P_{T1} < R_m < P_{T2}$.

Фактическая (рабочая) скорость определяется по формуле

$$v_p = v_{p1} - \frac{(v_{p1} - v_{p2})(R_m - P_{T1})}{P_{T2} - P_{T1}}, \quad (1.60)$$

где v_{p1} , v_{p2} – значения скорости трактора при соответствующих режимах P_{T1} и P_{T2} .

Пример. По потенциальной тяговой характеристике трактора определить основную передачу и режим работы агрегата «Беларус-80.2+Л-111» при работе на почве, подготовленной под посев, с уклоном местности $i = 2 \%$.

Решение. График потенциальной тяговой характеристики трактора «Беларус-80.2» при его работе на почве, подготовленной под посев (рис. 1.6), построим по данным тяговой характеристики на соответствующем фоне (прилож. 9, табл. 3).

На графике потенциальной тяговой характеристики трактора «Беларус-80.2» обозначим зону рациональной тяговой загрузки (зона А); интервал рациональных по загрузке рабочих скоростей (интервал Б); интервал технологически допустимых скоростей (интервал В).

Агротехнически допустимую скорость $v_{\text{ар}} = 1,7-2,8 \text{ м/с} = 6-10 \text{ км/ч}$ определим по технической характеристике дисковой бороны Л-111 и рекомендуемой скорости движения МТА на дисковании почвы (прилож. 10).

Агротехнически допустимая скорость позволяет работать на различных передачах, поэтому выбираем те из них, у которых

тяговая мощность трактора имеет наибольшее значение или близка к нему, т. е. $N_T = N_{T \max}$.

Как видно из графика (рис. 1.6), наиболее рациональными по использованию тяговой мощности являются передачи 5–7. Однако передача 7 находится за пределами интервала рациональных технологических скоростей. В то же время агротехнические требования позволяют работать и на передаче 4, поэтому расчет следует вести для передач 4–6 трактора.

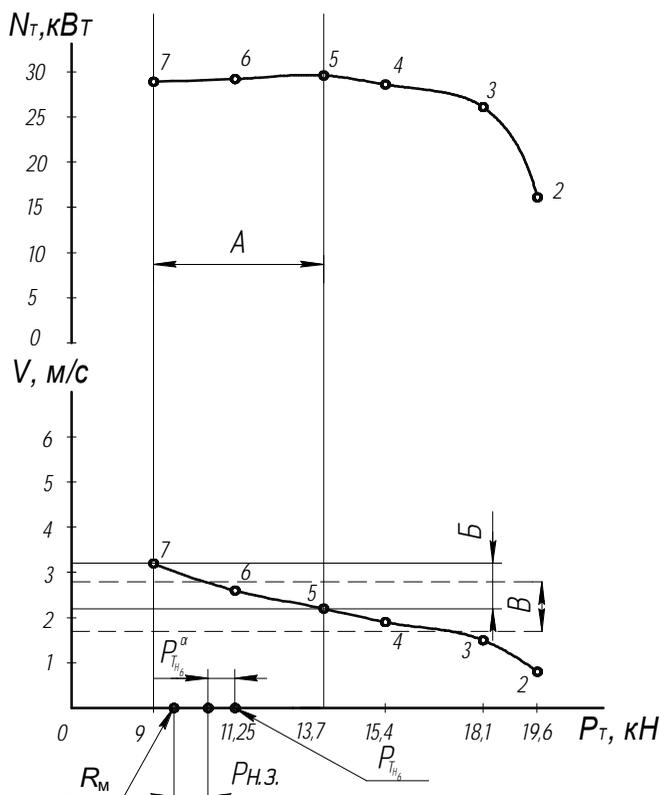


Рис. 1.6. Выбор передач и режима работы агрегата «Беларус-80.2+Л-111» по потенциальной тяговой характеристике трактора «Беларус-80.2»:

- А – зона рациональной тяговой загрузки трактора (передачи 5–7);
- Б – интервал рациональных по загрузке рабочих скоростей ($v_p = 2,2$ – $3,2$ м/с);
- В – интервал технологически допустимых скоростей для машины ($v_{арп} = 1,7$ – $2,8$ м/с)

Рассчитаем для выбранных передач номинальное тяговое усилие трактора с учетом угла склона и почвенных условий:

$$P_{\text{т. н } \alpha 6} = P_{\text{т. н } 6} - G \frac{i}{100} = 11,25 - 37 \cdot \frac{2}{100} = 10,51 \text{ кН};$$

$$P_{\text{т. н } \alpha 5} = P_{\text{т. н } 5} - G \frac{i}{100} = 13,7 - 37 \cdot \frac{2}{100} = 12,96 \text{ кН};$$

$$P_{\text{т. н } \alpha 4} = P_{\text{т. н } 4} - G \frac{i}{100} = 15,4 - 37 \cdot \frac{2}{100} = 14,66 \text{ кН}.$$

Определим рабочее тяговое сопротивление агрегата:

$$R_{\text{м}} = k_0 b + G_{\text{м}} \frac{i}{100} = 2,6 \cdot 3,6 + 10,0 \cdot \frac{2}{100} = 9,56 \text{ кН},$$

где $k_0 = 1,2-2,6$ кН/м – удельное тяговое сопротивление машины (прилож. 6). Для расчетов принимаем $k_0 = 2,6$ кН/м.

Загрузку трактора при работе агрегата на каждой передаче найдем по коэффициенту использования номинальной силы тяги трактора $\eta_{\text{р. т}}$ (при движении машинно-тракторного агрегата на подъем):

$$\eta_{\text{р. т}6} = \frac{R_{\text{м}}}{P_{\text{т. н } \alpha 6}} = \frac{9,56}{10,51} = 0,91;$$

$$\eta_{\text{р. т}5} = \frac{R_{\text{м}}}{P_{\text{т. н } \alpha 5}} = \frac{9,56}{12,96} = 0,74;$$

$$\eta_{\text{р. т}4} = \frac{R_{\text{м}}}{P_{\text{т. н } \alpha 4}} = \frac{9,56}{14,66} = 0,65.$$

За основную примем передачу 6, для которой значение $\eta_{\text{р. т}}$ ближе к значению коэффициента, приведенного в табл. 1.13, но не превышает его.

Найдем запас силы тяги трактора на выбранной передаче 6 при движении агрегата на подъем, т. е. силу, не используемую по условиям загрузки трактора:

$$P_{н.з} = P_{т.наб} - R_M = 10,51 - 9,56 = 0,95 \text{ кН.}$$

Найденный запас силы тяги покажем на графике.

Определим фактическую скорость движения агрегата по формуле (1.60). Для рассматриваемого примера выберем из прилож. 9 (табл. 3) для передачи 6 значения $P_{т1} = 0$, $v_{p1} = 13,05$ км/ч, $P_{т1} = 11,25$ кН, $v_{p2} = 9,35$ км/ч.

Тогда

$$v_{p1} = 13,05 - \frac{(13,05 - 9,35)(9,56 - 0)}{11,25 - 0} = 9,91 \text{ км/ч} = 2,75 \text{ м/с.}$$

Коэффициент использования тяговой мощности

$$\eta_{N_t} = \frac{N_{T_p}}{N_{T_{\max}} - N_{\alpha}} = \frac{26,29}{29,1 - 2,04} = 0,97,$$

где $N_{T_p} = R_M v_p = 9,56 \times 2,75 = 26,29$ кВт;

$$N_{\alpha} = v_p G \frac{i}{100} = 2,75 \times 37 \times \frac{2}{100} = 2,04 \text{ кВт.}$$

Согласно тяговой характеристике трактора (см. прилож. 9, табл. 3) на передаче 6 значение $N_{T_{\max}} = 29,1$ кВт.

Коэффициент использования тяговой мощности $\eta_{N_t} = 0,97$ больше коэффициента использования тягового усилия $\eta_{p.t} = 0,91$. Значит, расчеты правильны.

Задание 1.5. Определение производительности МТА

Цель задания: изучить порядок расчета производительности МТА по ширине захвата и скорости движения и коэффициентов использования времени смены, работоспособности агрегата и тяговой мощности трактора и освоить его методику.

Исходные данные: состав машинно-тракторного агрегата, теоретическая и рабочая скорости движения агрегата, условия работы.

Таблица 1.14

Вариант	Исходные данные
1	Беларус-1523+ППП-4-40Б2; $i = 2,0 \%$; $a = 0,22$ м; 820' 590 м; $v_T = 2,44$ м/с; $v_p = 2,22$ м/с
2	Беларус-80.1+АПП-3; $i = 3,5 \%$; 770' 380 м; $v_T = 2,77$ м/с; $v_p = 2,49$ м/с
3	Беларус-1523+КЧ-5,1; $i = 2,9 \%$; 560' 340 м; $v_T = 2,48$ м/с; $v_p = 2,25$ м/с
4	Беларус-1523+АКШ-6; $i = 3,1 \%$; 680' 440 м; $v_T = 2,90$ м/с; $v_p = 2,64$ м/с
5	Беларус-1025+АВУ-0,7; $i = 1,9 \%$; 460' 330 м; $v_T = 3,29$ м/с; $v_p = 3,08$ м/с
6	Беларус-1523+КНС-6,3; $i = 1,5 \%$; 1050' 690 м; $v_T = 2,73$ м/с; $v_p = 2,48$ м/с
7	Беларус-320+Л-101; $i = 2,5 \%$; $a = 0,20$ м; 310' 240 м; $v_T = 1,46$ м/с; $v_p = 1,33$ м/с
8	Беларус-1025+ФН-1,8; $i = 0,9 \%$; 950' 480 м; $v_T = 2,50$ м/с; $v_p = 2,24$ м/с
9	Беларус-1221+БПД-3МW; $i = 0,5 \%$; 840' 320 м; $v_T = 1,84$ м/с; $v_p = 1,67$ м/с
10	Беларус-80.1+БДН-2,0; $i = 0,6 \%$; 475' 380 м; $v_T = 2,50$ м/с; $v_p = 2,25$ м/с
11	Беларус-80.2+Л-111; $i = 2,5 \%$; 940' 320 м; $v_T = 2,62$ м/с; $v_p = 2,38$ м/с
12	Беларус-922+АКШ-3,6; $i = 3,1 \%$; 510' 465 м; $v_T = 2,39$ м/с; $v_p = 2,17$ м/с
13	Беларус-1025+КМС-5,4-01; $i = 1,6 \%$; 660' 290 м; $v_T = 2,80$ м/с; $v_p = 2,52$ м/с
14	Беларус-922+БСН-4; $i = 2,2 \%$; 325' 285 м; $v_T = 3,15$ м/с; $v_p = 2,84$ м/с
15	Беларус-1523+КН-6,3; $i = 1,6 \%$; 1200' 600 м; $v_T = 2,44$ м/с; $v_p = 2,21$ м/с
16	Беларус-80.2+Л-107; $i = 1,9 \%$; $a = 0,22$ м; 450' 220 м; $v_T = 1,52$ м/с; $v_p = 1,39$ м/с
17	Беларус-1523+АПВ-4,5; $i = 2,7 \%$; 1150' 780 м; $v_T = 2,82$ м/с; $v_p = 2,54$ м/с

Вариант	Исходные данные
18	Беларус-3022+ППШ-10-35; $i = 1,0 \%$; $a = 0,23$ м; $1200' 820$ м; $v_T = 3,28$ м/с; $v_p = 2,95$ м/с
19	Беларус-80.1+ОКГ-4; $i = 2,7 \%$; $520' 450$ м; $v_T = 2,51$ м/с; $v_p = 2,26$ м/с
20	Беларус-2522+ППП-7-40; $i = 1,2 \%$; $a = 0,25$ м; $880' 530$ м; $v_T = 2,29$ м/с; $v_p = 2,08$ м/с
21	Беларус-922+Л-202; $i = 1,4 \%$; $480' 250$ м; $v_T = 2,78$ м/с; $v_p = 2,52$ м/с
22	Беларус-1025+КП-1,4; $i = 3,1 \%$; $920' 770$ м; $v_T = 3,11$ м/с; $v_p = 2,80$ м/с
23	Беларус-1523+КСО-6; $i = 1,8 \%$; $1250' 830$ м; $v_T = 1,93$ м/с; $v_p = 1,74$ м/с
24	Беларус-80.1+ППП-3-35Б2; $i = 2,4 \%$; $a = 0,20$ м; $630' 550$ м; $v_T = 2,13$ м/с; $v_p = 1,94$ м/с
25	Беларус-1523+МТД-3; $i = 2,3 \%$; $890' 710$ м; $v_T = 2,23$ м/с; $v_p = 2,02$ м/с
26	Беларус-2522+БПД-7МW; $i = 1,7 \%$; $1350' 610$ м; $v_T = 2,43$ м/с; $v_p = 2,21$ м/с
27	Беларус-80.1+АК-3; $i = 2,8 \%$; $730' 640$ м; $v_T = 3,28$ м/с; $v_p = 2,95$ м/с
28	Беларус-1523+ПКМ-5-35В; $i = 0 \%$; $a = 0,20$ м; $1110' 885$ м; $v_T = 3,33$ м/с; $v_p = 3,01$ м/с
29	Беларус-80.2+АБ-5; $i = 0,5 \%$; $990' 660$ м; $v_T = 2,22$ м/с; $v_p = 1,99$ м/с
30	Беларус-1523+АЧУ-2,8; $i = 2,3 \%$; $590' 445$ м; $v_T = 2,26$ м/с; $v_p = 2,05$ м/с

Методика выполнения

Производительность агрегата – это объем работ в установленных единицах (га, т, т·км) и определенного качества, выполненный агрегатом за единицу времени (час, смену, сутки, сезон).

Теоретическая производительность имеет место при полном использовании конструктивной ширины захвата b , теоретической скорости движения v_T и времени T . Теоретическая производительность агрегата, га, за час и за смену определяется по формулам

$$W_{\text{ч. Т}} = 0,36bv_{\text{Т}}; \quad (1.61)$$

$$W_{\text{см. Т}} = 0,36bv_{\text{Т}}T_{\text{см}}, \quad (1.62)$$

где $v_{\text{Т}}$ – теоретическая скорость движения, м/с;

$T_{\text{см}}$ – нормативное время смены (7 ч – при полевых работах, 6 ч – при работе с ядохимикатами), ч.

Техническая (нормативная) производительность, га, рассчитывается при технически, технологически и организационно возможном использовании ширины захвата, скорости движения и времени за час и за смену:

$$W_{\text{ч. Н}} = 0,36b\beta v_{\text{Т}}\varepsilon\tau = 0,36b_{\text{р}}v_{\text{р}}\tau; \quad (1.63)$$

$$W_{\text{см. Н}} = 0,36b\beta v_{\text{Т}}\varepsilon T_{\text{см}}\tau = 0,36b_{\text{р}}v_{\text{р}}T_{\text{р}}, \quad (1.64)$$

где $\beta = b_{\text{р}} / b$ – коэффициент использования конструктивной ширины захвата (табл. 1.15);

$\varepsilon = v_{\text{р}} / v_{\text{Т}}$ – коэффициент использования скорости движения;

$\tau = T_{\text{р}} / T_{\text{см}}$ – коэффициент использования времени смены;

$b_{\text{р}}$, $v_{\text{р}}$, $T_{\text{р}}$ – нормативные значения ширины захвата (м), скорости движения (м/с) и основного времени работы агрегата (ч) соответственно.

Таблица 1.15

Предельно допустимые значения коэффициента β использования конструктивной ширины захвата агрегата

Сельскохозяйственные машины	Значение β
Плуги:	
– 10-корпусные;	1,02
– 8-корпусные;	1,05
– 5-корпусные;	1,09
– 4-корпусные	1,10
Бороны:	
– зубовые прицепные;	0,98
– дисковые	0,96

Сельскохозяйственные машины	Значение β
Культиваторы:	
– паровые;	0,96
– пропашные	1,00
Культиваторы-плоскорезы	0,96
Луцильники:	
– дисковые;	0,96
– лемешные	1,10
Сеялки зерновые	1,00
Катки	0,96–0,98
Комбайны:	
– зерновые;	0,96
– свекло- и картофелеуборочные;	1,00
– кукурузно- и силосоуборочные	1,00–1,16
Жатки, косилки	0,93–0,95
Ботвоуборочные машины	1,00
Льнотеребилки	0,96
Грабли	0,96–0,97

Значение τ зависит от коэффициента рабочих ходов φ :

$$\tau = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_5 + \tau_6 - 3)\varphi \quad (1.65)$$

и коэффициентов, учитывающих затраты времени смены:

- на технологическое обслуживание: $\tau_1 = (T_{\text{см}} - t_1) / T_{\text{см}}$;
- на техническое обслуживание: $\tau_2 = (T_{\text{см}} - t_2) / T_{\text{см}}$;
- на отдых и личные надобности: $\tau_5 = (T_{\text{см}} - t_5) / T_{\text{см}}$;
- на ежедневное техническое обслуживание, переезды, сдачу работы: $\tau_6 = (T_{\text{см}} - t_6) / T_{\text{см}}$.

Способ движения принимается исходя из особенностей технологического процесса и конструкции машин. Из возможных способов движения выбирается тот, который обеспечит высокое качество работы, максимальную производительность, удобство обслуживания, безопасность работы.

Важнейшей характеристикой выбранного способа движения, влияющей на производительность агрегата, является коэффициент

рабочих ходов φ . Чем больше коэффициент, тем меньше доля холостого пути агрегата и выше его производительность. Величина φ зависит не только от выбранного способа движения, но и от вида поворота (радиуса R_0), состава агрегата (ширины захвата b), размеров участка (ширины участка C , рабочей длины гона L_p). В связи с этим для загонных способов движения (всвал, вразвал, комбинированный и др.) существует оптимальная ширина загона, при которой коэффициент φ будет иметь максимальное значение (прилож. 11).

С увеличением радиуса поворота R_0 коэффициент рабочих ходов уменьшается, т. к. рост R_0 приводит к увеличению длины холостого поворота. По этой же причине при петлевых поворотах агрегата значение φ будет меньше, чем при беспетлевых. Однако с увеличением длины гона это влияние заметно уменьшается.

Главное условие выбора поворота – улучшение качества и технико-эксплуатационных показателей работы агрегата. Для уменьшения затрат времени на холостые ходы необходимо стремиться к тому, чтобы радиус поворота был минимальным. Величина минимального радиуса поворота зависит от состава агрегата, его маневренности и скорости движения. В практических эксплуатационных расчетах сельскохозяйственных мобильных агрегатов различного типа для определения наименьшего допустимого радиуса поворота R_0 можно воспользоваться данными прилож. 12.

Опыт показывает, что при работе навесных агрегатов с тракторами класса 1,4 радиус R_0 составляет 5–6 м, класса 3 – 7–8 м и класса 5 – 8–9 м. Для гусеничных тракторов класса 3 в зависимости от способа осуществления поворота и скорости движения радиус R_0 находится в пределах от 5 до 13 м.

При работе прицепных тягово-приводных агрегатов с карданным приводом механизмов машины от ВОМ трактора радиус поворота может ограничиваться допустимым углом излома карданного вала. Для таких агрегатов с тракторами класса 1,4 радиус $R_0 \geq 7-8$ м, класса 3 – $R_0 \geq 9-11$ м, класса 5 – $R_0 \geq 10-13$ м.

Для зерноуборочных комбайнов радиус поворота составляет 8–10 м. При работе самоходных кормо- и корнеуборочных комбайнов $R_0 \approx 6-8$ м.

Ориентировочно можно принять, что для широкозахватных агрегатов (при b не менее 8–10 м) радиус поворота $R_0 \approx b$, для агрегатов с большой кинематической длиной $R_0 \approx l_k$.

Радиус поворота R_0 – расстояние между центрами агрегата и поворота. Он является одной из важнейших кинематических характеристик, определяющих длину поворота и ширину поворотной полосы.

В действительности радиус поворота агрегата является переменной величиной. Для упрощения эксплуатационных расчетов допускается принимать его постоянным, но подбирается длина дуги окружности, равная фактической длине поворота.

При загонных способах движения большое значение имеет разбивка поля на загоны. До разбивки поля на загоны выбирают не только способ, но и направление движения агрегата, а также определяют границы (контрольные линии) поворотных полос, т. е. устанавливают радиус поворота агрегата R_0 , длину его выезда e , ширину поворотной полосы $E_{\text{опт}}$, рабочую длину гона L_p , ширину загона $C_{\text{опт}}$ и коэффициент рабочих ходов ϕ .

Длина выезда агрегата e – путь, пройденный агрегатом с момента выключения (включения) рабочих органов машины до их полного выхода (входа) при поворотах агрегата. Для прицепных агрегатов длину выезда принимают $e = (0,25-0,75)l_k$, для навесных $e = (0-0,1)l_k$, для агрегатов с передней фронтальной навеской машин $e = -l_k$.

Кинематическая длина агрегата l_k – проекция расстояния от центра агрегата до линии расположения последних рабочих органов. При наличии сцепки в агрегате

$$l_k = l_T + l_{\text{сц}} + l_M, \quad (1.66)$$

где l_T , $l_{\text{сц}}$, l_M – кинематическая длина соответственно трактора, сцепки и машины (прилож. 13, 14), м.

Для машин, не приведенных в прилож. 14, кинематическую длину допускается принимать равной габаритной длине машины в рабочем положении ($l_M = l_{\text{габ}}$), учитывая расположение ее рабочих органов относительно кинематического центра.

В соответствии с выбранными способом движения и видом поворота по формулам прилож. 15 определяется ширина поворотной полосы $E_{\text{мин}}$. Действительная ширина поворотной полосы $E_{\text{опт}}$ выбирается таким образом, чтобы она была не менее $E_{\text{мин}}$ и кратна рабочей ширине захвата b_p агрегата, который будет осуществлять работу на поворотной полосе.

Рабочая длина гона

$$L_p = L - 2E_{\text{онт}}, \quad (1.67)$$

где L – длина гона, м.

Ширина загона $C_{\text{мин}}$ определяется по формулам (см. прилож. 11). Действительную ширину загона $C_{\text{онт}}$ выбирают таким образом, чтобы она была не менее $C_{\text{мин}}$ и кратна удвоенной ширине захвата агрегата $2b_p$.

Коэффициент рабочих ходов ϕ определяется по формулам прилож. 11.

Находится время цикла агрегата в зависимости от вида выполняемой производственной операции:

– кинематический цикл (выполнение одного круга для таких операций, как пахота, культивация, скашивание хлебов или трав в валки и т. д.):

$$t_{\text{ц. к}} = \frac{10^{-3} \phi L_p}{3,6 \phi v_p} + \frac{2l_x}{v_x} + 60t_{\text{оп}} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} \quad (1.68)$$

где l_x – длина поворота (холостого хода), м;

v_p, v_x – скорость движения агрегата на рабочем и холостом ходу соответственно (принимают $v_x \approx v_p$), м/с;

$t_{\text{оп}}$ – время остановок на технологические отказы (очистка рабочих органов и т. п.), мин;

– технологический цикл (от одного технологического обслуживания до другого, связанного с опорожнением или наполнением емкостей, при выполнении работ по внесению удобрений, посеву или уборке сельскохозяйственных культур):

$$t_{\text{ц. т}} = \frac{10^{-3} \phi l_{\text{ост}}}{3,6 \phi v_p \phi} + 60t_{\text{от}} \frac{\ddot{\phi}}{\phi} \quad (1.69)$$

где $l_{\text{ост}}$ – путь между технологическими остановками (наполнение бункера зерноуборочного комбайна, освобождение емкости разбрасывателя и т. п.), м;

$t_{\text{от}}$ – технологическое обслуживание агрегата (засыпка семян, погрузка удобрений, разгрузка бункера и т. п.), приходящееся на один круг, мин.

Длина холостого хода l_x рассчитывается по прилож. 15 или по формулам:

– для кинематического цикла (длина поворота):

$$l_x = \frac{L_p}{\varphi} - L_p; \quad (1.70)$$

– для технологического цикла:

$$l_x = \frac{l_{\text{ост}}(1 - \varphi)}{\varphi}. \quad (1.71)$$

Путь между двумя технологическими остановками определяется по формуле

$$l_{\text{ост}} = \frac{10^4 V \gamma \lambda}{b_p h}, \quad (1.72)$$

где h – норма расхода материала (урожайность), т/га.

Соответствующее количество рабочих ходов агрегата в зависимости от длины гона:

$$n_p = \frac{l_{\text{ост}}}{L_p}. \quad (1.73)$$

Длину $l_{\text{ост}}$ в соответствии с этим равенством следует выбирать так, чтобы значение n_p было целым числом: четным, если технологическое обслуживание агрегата осуществляют с одной стороны загона, и нечетным при двустороннем технологическом обслуживании.

Количество циклов работы агрегата за смену

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{см}} - t_2 - t_5 - t_6}{t_{\text{ц}}}. \quad (1.74)$$

Время на техническое обслуживание агрегата в течение смены $t_2 = 0,17-0,50$ ч (в зависимости от сложности агрегата). Время регламентированных перерывов на отдых и личные надобности обслуживающего персонала $t_5 = 0,42-0,64$ ч.

Подготовительно-заключительное время t_6 определяется по формуле

$$t_6 = T_{\text{ЕТО}} + T_{\text{п. п}} + T_{\text{п. н. к}} + T_{\text{п. н}}, \quad (1.75)$$

где $T_{\text{ЕТО}}$ – время на проведение ежесменного технического обслуживания машинно-тракторного агрегата (прилож. 16–18), ч;

$T_{\text{п. п}} \approx 0,06–0,80$ ч – время на подготовку агрегата к переезду, ч;

$T_{\text{п. н. к}}$ – время на переезды в начале и конце смены, ч (при нормировании принимается 0,2–0,5 ч, а для конкретного случая, если известно расстояние переезда, рассчитывается);

$T_{\text{п. н}} \approx 0,07–0,11$ ч – время на получение наряда и сдачу работы, ч.

Действительное время смены по циклам работ и по элементам соответственно, ч:

$$T_{\text{см. д}} = t_{\text{ц}} n_{\text{ц}} + t_2 + t_5 + t_6; \quad (1.76)$$

$$T_{\text{см. д}} = T_{\text{р}} + t_{\text{х}} + t_1 + t_2 + t_5 + t_6,$$

где $T_{\text{р}}$ – основное время работы за смену, ч ($T_{\text{р}} = 2L_{\text{р}} n_{\text{ц}} / (3600v_{\text{р}})$ для кинематического цикла; $T_{\text{р}} = l_{\text{ост}} n_{\text{ц}} / (3600v_{\text{р}})$ – для технологического);

$t_{\text{х}}$ – время холостых поворотов за смену, ч ($t_{\text{х}} = 2l_{\text{х}} n_{\text{ц}} / (3600v_{\text{х}})$ – для кинематического цикла; $t_{\text{х}} = l_{\text{х}} n_{\text{ц}} / (3600v_{\text{х}})$ – для технологического).

Время остановок за смену для технологического обслуживания для кинематического и технологического циклов соответственно, ч:

$$t_1 = t_{\text{оп}} n_{\text{ц}}; \quad (1.77)$$

$$t_1 = t_{\text{о1}} n_{\text{ц}}.$$

Коэффициент использования работоспособности агрегата σ определяется как отношение эксплуатационной (фактической) производительности W к теоретической $W_{\text{т}}$:

$$\sigma = \frac{W}{W_T} = \frac{\frac{0,36N_{т.р}\beta T_p}{k_0}}{\frac{0,36N_{т.макс}T_{см}}{k_0}} = \eta_{N_T}\beta\tau, \quad (1.78)$$

где η_{N_T} – коэффициент использования тяговой мощности трактора:

$$\eta_{N_T} = \frac{N_{т.р}}{N_{т.макс}}, \quad (1.79)$$

где $N_{т.р} = R_m v_p$ – мощность, используемая для агрегатирования, кВт;

$N_{т.макс} = P_{т.н} v_H$ – максимальная тяговая мощность, которую может развить трактор, кВт.

Значение R_m рассчитывается в соответствии с заданием 1.3, $N_{т.макс}$ определяется по тяговой характеристике трактора на выбранной передаче (см. прилож. 9).

Пример. Определить производительность агрегата «Беларус-80.2+Л-111» по ширине захвата и скорости движения и коэффициенты использования времени смены, работоспособности агрегата и тяговой мощности трактора, если теоретическая скорость $v_t = 2,92$ м/с, рабочая скорость $v_p = 2,67$ м/с, уклон местности $i = 2$ %, длина гона 600 м, ширина 500 м.

Решение. Рассчитаем теоретическую производительность агрегата, га, за 1 ч и за смену:

$$W_{ч.т} = 0,36bv_t = 0,36 \cdot 3,6 \cdot 2,92 = 3,79 \text{ га/ч};$$

$$W_{см.т} = 0,36bv_t T_{см} = 0,36 \cdot 3,6 \cdot 2,92 \cdot 7 = 26,5 \text{ га}.$$

Определим коэффициент использования времени смены исходя из условий работы агрегата.

При разделке пласта после вспашки агрегатом «Беларус-80.2+Л-111» выбираем челночный способ движения с петлевыми грушевидными поворотами.

Радиус поворота R_0 для навесного агрегата при заданной скорости v_p принимаем с учетом коэффициента изменения R_0 в зависимости от скорости движения (прилож. 12): $R_0 = 1,32 \times 5 = 6,6$ м.

Длина выезда для навесного агрегата равна $e \gg (0 - 0,1)l_k = 0$.

В соответствии с выбранным способом движения и видом поворота рассчитаем ширину поворотной полосы E_{\min} (прилож. 15):

$$E_{\min} = 2,8R_0 + 0,5d_k + e = 2,8 \times 6,6 + 0,5 \times 4,2 + 0 = 20,58 \text{ м.}$$

Действительная ширина поворотной полосы $E_{\text{отт}}$ должна быть не менее E_{\min} и кратна рабочей ширине захвата b_p агрегата, т. е. поворотная полоса обрабатывается агрегатом «Беларус-80.2+Л-111» за шесть проходов, что соответствует ширине поворотной полосы $E_{\text{отт}} = 21,6$ м.

Найдем рабочую длину гона:

$$L_p = L - 2E_{\text{отт}} = 600 - 2 \times 21,6 = 556,8 \text{ м.}$$

Определим коэффициент рабочих ходов φ (прилож. 11):

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R_0 + 2e} = \frac{556,8}{556,8 + 6 \times 6,6 + 0} = 0,93.$$

Рассчитаем время кинематического цикла агрегата:

$$\begin{aligned} t_{\text{ц.к}} &= \frac{10^{-3} \times L_p}{3,6 \times v_p} + \frac{2l_x}{v_x} + 60t_{\text{отт}} \frac{\ddot{\varphi}}{\varphi} \\ &= \frac{10^{-3} \times 556,8}{3,6 \times 2,67} + \frac{2 \times 41,9}{2,67} + 60 \times 1 \frac{\ddot{\varphi}}{\varphi} = 0,14 \text{ ч.} \end{aligned}$$

Длина холостого хода l_x для кинематического цикла

$$l_x = \frac{L_p}{\varphi} - L_p = \frac{556,8}{0,93} - 556,8 = 41,9 \text{ м.}$$

Определим количество циклов работы агрегата за смену:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{см}} - t_2 - t_5 - t_6}{t_{\text{ц}}} = \frac{7 - 0,17 - 0,42 - 0,83}{0,14} = 39,9.$$

Принимаем $n_{\text{ц}} = 40$ циклов.

Принимаем время на техническое обслуживание агрегата в течение смены $t_2 = 0,17$ ч, время регламентированных перерывов на отдых и личные надобности обслуживающего персонала $t_5 = 0,42$ ч.

Рассчитаем подготовительно-заключительное время t_6 . Для расчета принимаем время на проведение ежесменного технического обслуживания трактора и сельскохозяйственной машины $T_{\text{ЕТО}} = 0,5$ ч (прилож. 16–18); время на подготовку агрегата к переезду $T_{\text{п.п}} = 0,06$ ч; время на получение наряда и сдачу работы $T_{\text{п.н}} = 0,07$ ч; время на переезды в начале и в конце смены $T_{\text{п.н.к}} = 0,2$ ч:

$$t_6 = T_{\text{ЕТО}} + T_{\text{п.п}} + T_{\text{п.н.к}} + T_{\text{п.н}} = 0,5 + 0,06 + 0,2 + 0,07 = 0,83 \text{ ч.}$$

Определим действительное время смены:

$$\begin{aligned} T_{\text{см}}^{\text{д}} &= T_{\text{р}} + t_{\text{х}} + t_1 + t_2 + t_5 + t_6 = \\ &= 4,64 + 0,35 + 0,67 + 0,17 + 0,42 + 0,83 = 7,08 \text{ ч,} \end{aligned}$$

где время основной работы за смену

$$T_{\text{р}} = \frac{2L_{\text{р}}n_{\text{ц}}}{3600v_{\text{р}}} = \frac{2 \times 556,8 \times 40}{3600 \times 2,67} = 4,64 \text{ ч;}$$

время холостых поворотов за смену

$$t_{\text{х}} = \frac{2l_{\text{х}}n_{\text{ц}}}{3600v_{\text{х}}} = \frac{2 \times 41,9 \times 40}{3600 \times 2,67} = 0,35 \text{ ч;}$$

время остановок за смену для технологического обслуживания

$$t_1 = t_{\text{оп}}n_{\text{ц}} = \frac{1}{60} \times 40 = 0,67 \text{ ч.}$$

Рассчитаем коэффициент использования времени смены как отношение основного рабочего времени смены к действительному

$$\tau = \frac{T_{\text{р}}}{T_{\text{см.д}}} = \frac{4,64}{7,08} = 0,66$$

или по зависимости τ от коэффициента рабочих ходов φ

$$\tau = (\tau_1 + \tau_2 + \tau_5 + \tau_6 - 3)\varphi = (0,91 + 0,98 + 0,94 + 0,88 - 3) \times 0,93 = 0,66,$$

определив частные коэффициенты, учитывающие затраты времени смены:

– на технологическое обслуживание:

$$\tau_1 = \frac{T_{\text{см}} - t_1}{T_{\text{см}}} = \frac{7 - 0,67}{7} = 0,91;$$

– на техническое обслуживание:

$$\tau_2 = \frac{T_{\text{см}} - t_2}{T_{\text{см}}} = \frac{7 - 0,17}{7} = 0,98;$$

– на отдых и личные надобности:

$$\tau_5 = \frac{T_{\text{см}} - t_5}{T_{\text{см}}} = \frac{7 - 0,42}{7} = 0,94;$$

– на ежесменное техническое обслуживание, переезды, сдачу работы:

$$\tau_6 = \frac{T_{\text{см}} - t_6}{T_{\text{см}}} = \frac{7 - 0,83}{7} = 0,88.$$

Найдем техническую производительность агрегата, га, за 1 ч и за смену:

$$W_{\text{ч. н}} = 0,36\beta b v_p \tau = 0,36 \times 0,96 \times 3,6 \times 2,67 \times 0,66 = 2,21 \text{ га/ч};$$

$$W_{\text{см. н}} = 0,36 b_p v_p T_p = 0,36 \times 3,46 \times 2,67 \times 4,64 = 15,43 \text{ га},$$

где $\beta = 0,96$ – коэффициент использования ширины захвата (табл. 1.15).

Определим коэффициенты использования:

– работоспособности агрегата:

$$\sigma = \eta_{N_T} \beta \tau = 0,86 \times 0,66 \times 0,96 = 0,55;$$

– тяговой мощности трактора:

$$\eta_{N_T} = \frac{N_T}{N_{T \max}} = \frac{25,53}{29,1} = 0,88.$$

Мощность, используемая для агрегатирования:

$$N_{T.p} = R_M v_p = 9,56 \times 2,67 = 25,53 \text{ кВт.}$$

Значение R_M рассчитано в соответствии с заданием 1.3, значение $N_{T \max}$ принято по тяговой характеристике трактора на передаче 6 (прилож. 9, табл. 3).

Задание 1.6. Определение расхода топлива на единицу работы

Цель задания: изучить порядок расчета расхода топлива на единицу работы, загрузки двигателя трактора при выполнении технологической операции, энергетического КПД агрегата и освоить их методику.

Исходные данные: КПД буксования движителей. Состав машинно-тракторного агрегата, условия и режим работы агрегата принять в соответствии с заданием 1.5. Принять $v_x \gg v_p$.

Таблица 1.16

Вариант	Значение КПД буксования η_δ	Вариант	Значение КПД буксования η_δ
1	0,91	16	0,90
2	0,89	17	0,98
3	0,88	18	0,90
4	0,92	19	0,88
5	0,83	20	0,84
6	0,99	21	0,89
7	0,85	22	0,90
8	0,87	23	0,95
9	0,84	24	0,77
10	0,78	25	0,87
11	0,88	26	0,87
12	0,85	27	0,83
13	0,89	28	0,86
14	0,87	29	0,78
15	0,86	30	0,91

Методика выполнения

Расход топлива на единицу выполненной работы Θ , кг/га, т, т·км, определяется по формуле

$$Q = \frac{G}{W_{\text{см}}} = \frac{G_{\text{т.р}}T_{\text{р}} + G_{\text{т.х}}t_{\text{х}} + G_{\text{т.о}}T_{\text{о}}}{W_{\text{см}}}, \quad (1.80)$$

где G – расход топлива за время смены, кг;

$G_{\text{т.р}}$, $G_{\text{т.х}}$, $G_{\text{т.о}}$ – часовой расход топлива при рабочем ходе агрегата, при холостом ходе и на остановках, кг/ч;

$T_{\text{р}}$, $t_{\text{х}}$, $T_{\text{о}}$ – основное время работы, время холостых поворотов и заездов, время остановок с работающим двигателем в течение смены, ч.

Продолжительность остановок в течение смены, ч, рассчитывается по формуле

$$T_{\text{о}} = t_1 + t_5 + 0,5t_6. \quad (1.81)$$

Методика расчета значений t_1 , t_5 и t_6 приведена в задании 1.5.

Поскольку часовой расход топлива на различных режимах работы пропорционален нагрузке двигателя, на любом режиме его можно определить по следующим зависимостям:

$$G_{\text{т.р}} = G_{\text{х.д}} + (G_{\text{т.н}} - G_{\text{х.д}}) \frac{N_{\text{ер}}}{N_{\text{ен}}} = G_{\text{х.д}} + (G_{\text{т.н}} - G_{\text{х.д}}) \eta_{N_{\text{ер}}}, \quad (1.82)$$

$$G_{\text{т.х}} = G_{\text{х.д}} + (G_{\text{т.н}} - G_{\text{х.д}}) \frac{N_{\text{ех}}}{N_{\text{ен}}} = G_{\text{х.д}} + (G_{\text{т.н}} - G_{\text{х.д}}) \eta_{N_{\text{ех}}}. \quad (1.83)$$

где $G_{\text{х.д}}$, $G_{\text{т.н}}$ – максимальный часовой расход топлива на холостом ходу двигателя и при номинальном режиме, кг/ч;

$N_{\text{ер}}$, $N_{\text{ех}}$ – мощность, на которую загружен двигатель на рабочем и холостом ходу агрегата, кВт;

$\eta_{N_{\text{ер}}}$, $\eta_{N_{\text{ех}}}$ – коэффициенты загрузки двигателя по мощности на рабочем и холостом ходу агрегата.

Значения расхода топлива $G_{x.d}$ и $G_{т.н}$ принимаются по прилож. 1 при $N_e = 0$ и $N_e = N_{e \max}$ соответственно. Номинальный (максимальный) часовой расход топлива $G_{т.н}$, кг/ч, определяется по формуле

$$G_{т.н} = \frac{g_{ен} N_{ен}}{1000}, \quad (1.84)$$

где $g_{ен}$ – удельный эффективный расход топлива при номинальном режиме, г/кВтж (см. прилож. 1). Для большинства тракторных двигателей его значения равны 240–260 г/кВтж.

Расход топлива на холостом ходу двигателя при частоте вращения коленчатого вала:

– максимальной:

$$G_{x.d} \approx (0,27-0,30)G_{т.н}; \quad (1.85)$$

– минимальной:

$$G_{т.о} = (0,12-0,15)G_{т.н}. \quad (1.86)$$

Загрузка двигателя:

– на рабочем ходу агрегата:

$$N_{ep} = \frac{(R_M + P_f + P_a) v_p}{\eta_{тр} \eta_{\delta}} + \frac{N_{ВОМ}}{\eta_{ВОМ}}; \quad (1.87)$$

– на холостом ходу агрегата:

$$N_{ex} = \frac{(R_{м.х} + P_f + P_a) v_x}{\eta_{тр} \eta_{\delta}}. \quad (1.88)$$

Значение КПД трансмиссии трактора $\eta_{тр}$ для колесных тракторов принимается равным 0,90–0,92, для гусеничных – 0,86–0,88.

Энергетический КПД агрегата

$$\eta_{а.э} = \frac{A}{A_{п}}, \quad (1.89)$$

где $A = \frac{N_{т.р} T_p}{W_{см}}$ – полезная удельная энергоемкость, кВт·ч/га;

$A_{п} = 11,6Q$ – полная удельная энергоемкость, кВт·ч/га.

Пример. Определить расход топлива на единицу работы, загрузку двигателя трактора при выполнении технологической операции, энергетический КПД агрегата «Беларус-80.2+Л-111», если КПД буксования $\eta_{\delta} = 0,9$.

Решение. Рассчитаем загрузку двигателя на рабочем ходу тягового агрегата:

$$N_{ep} = \frac{(R_{м.р} + P_f + P_{\alpha}) v_p}{\eta_{тп} \eta_{\delta}} = \frac{(9,56 + 0,74 + 6,66) \times 2,67}{0,93 \times 0,9} = 54,1 \text{ кВт.}$$

Определим сопротивление движению трактора на подъем:

$$P_{\alpha} = G \frac{i}{100} = 37 \cdot \frac{2}{100} = 0,74 \text{ кН.}$$

При коэффициенте сопротивления качению трактора $f_t = 0,16-0,20$ (прилож. 5) сопротивление качению трактора

$$P_f = G f_t = 37 \cdot 0,18 = 6,66 \text{ кН.}$$

Найдем загрузку двигателя на холостом ходу агрегата:

$$N_{ex} = \frac{(R_{м.х} + P_f + P_{\alpha}) v_x}{\eta_{тп} \eta_{\delta}} = \frac{(2 + 0,74 + 6,66) \times 2,67}{0,93 \times 0,9} = 29,99 \text{ кВт.}$$

Рассчитаем тяговое сопротивление на холостом ходу навесного агрегата:

$$R_{м.х} = G_m \left(f_t + \frac{i}{100} \right) = 10,0 \left(0,18 + \frac{2}{100} \right) = 2 \text{ кН.}$$

Часовой расход топлива, кг/ч, при различных режимах работы двигателя составит:

$$G_{т.р} = G_{х.д} + (G_{т.н} - G_{х.д}) \frac{N_{ep}}{N_{ен}} = 3,8 + (14,8 - 3,8) \frac{54,1}{58,9} = 13,92 \text{ кг/ч};$$

$$G_{т.х} = G_{х.д} + (G_{т.н} - G_{х.д}) \frac{N_{ex}}{N_{ен}} = 3,8 + (14,8 - 3,8) \frac{29,99}{58,9} = 9,4 \text{ кг/ч};$$

$$G_{т.о} = (0,12 - 0,15) G_{т.н} = 0,14 \times 14,8 = 2,07 \text{ кг/ч}.$$

Максимальный часовой расход топлива на холостом ходу двигателя $G_{х.д} = 3,8$ г/кВт·ч, при номинальном режиме $G_{т.н} = 14,8$ г/кВт·ч (см. прилож. 1).

Рассчитаем расход топлива на единицу выполненной работы:

$$\begin{aligned} Q &= \frac{Q}{W_{см}} = \frac{G_{т.р} T_p + G_{т.х} t_x + G_{т.о} T_o}{W_{см}} = \\ &= \frac{13,92 \times 4,64 + 9,4 \times 0,35 + 2,07 \times 1,51}{15,43} = 4,6 \text{ кг/га}. \end{aligned}$$

Рассчитаем продолжительность остановок в течение смены:

$$T_o = t_1 + t_5 + 0,5 t_6 = 0,67 + 0,42 + 0,5 \times 0,83 = 1,51 \text{ ч}.$$

Определим энергетический КПД агрегата:

$$\eta_{а.э} = \frac{A}{A_{п}} = \frac{7,68}{53,36} = 0,14.$$

Найдем полезную удельную энергоёмкость:

$$A = \frac{N_{т.р} T_p}{W_{см}} = \frac{25,53 \times 4,64}{15,43} = 7,68 \text{ кВт·ч/га}.$$

Найдем полную удельную энергоёмкость:

$$A_{п} = 11,6 Q = 11,6 \times 4,6 = 53,36 \text{ кВт·ч/га}.$$

2. ПЛАНИРОВАНИЕ И АНАЛИЗ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА

Задание 2.1. Проектирование операционной технологической карты выполнения сельскохозяйственной работы

Цель задания: изучить порядок расчета операционно-технологической карты выполнения сельскохозяйственной работы и освоить его методику.

Методика выполнения

Операционную технологию обычно представляют в виде операционно-технологической карты.

Операционно-технологическая карта (табл. 2.1) для соответствующих видов полевых механизированных работ в заданных условиях (длина гона, площадь поля, урожайность и др.) содержит следующие основные сведения: условия работы, агротехнические требования к выполнению данной операции, указания по рациональному комплектованию и подготовке агрегатов к работе, подготовке поля, работе агрегата на загоне, контролю качества выполняемой работы, охране труда, технике безопасности, противопожарным мероприятиям. В карте приводятся схемы наиболее важных технологических регулировок машин, движения агрегатов на рабочем участке, размещения техники на стационарном пункте первичной обработки продукции, проведения замеров при контроле качества работы. Если на рабочем участке одновременно выполняются 2–3 работы (например, погрузка, транспортировка и внесение минеральных удобрений), то составляется график цикличности (согласованности) работы основного и вспомогательного агрегатов.

Условия работы (исходная информация)

В операционно-технологической карте указываются основные показатели условий работы для конкретной операции: длина гона, размер поля, уклон местности, каменистость и др.

В агротехнических требованиях отражаются номинальные значения и допустимые отклонения показателей качества, дополнительные условия и рекомендации по выполнению заданной операции

в конкретных условиях с учетом следующих факторов: внешних условий работы (физико-механический состав почвы, состояние обрабатываемого материала), технических возможностей машин и их состояния и факторов, связанных с организацией использования техники.

Например, для уборки зерновых культур прямым комбайнированием необходимо отразить сроки и продолжительность уборки, урожайность зерна, отношение зерна к соломе (соломистость), влажность зерна, высоту среза, потери зерна жаткой, потери зерна молотилкой, дробление зерна, засоренность зерна в бункере и др.

Определение состава агрегата и его подготовка к работе

Определение состава агрегата предусматривает сбор и обобщение исходных данных об условиях использования агрегата при выполнении заданной сельскохозяйственной работы, подбор трактора и рабочих машин, выбор основной и резервных рабочих передач трактора, определение количества машин и фронта сцепки (при необходимости), оценку правильности расчета состава агрегата по загрузке двигателя.

К исходным данным относят агротехнические показатели качества выполняемой работы, характеристики обрабатываемого материала и рабочего участка, агрофон и тип почвы, интервал технологически допустимых рабочих скоростей, удельное тяговое сопротивление машин и эксплуатационные показатели тракторов применительно к конкретным условиям.

Подбор трактора и машин в состав агрегата зависит от вида выполняемой работы, особенностей зоны расположения сельскохозяйственного предприятия и применяемой технологии. Выбранные для агрегатирования средства механизации должны входить в состав рациональных технологических комплексов, рекомендованных системой машин для механизации растениеводства в зоне деятельности предприятия.

После выбора основного агрегата определяют состав вспомогательных (транспортных, погрузочных и др.) агрегатов, руководствуясь следующими принципами: непрерывностью работы машин (поточностью производства), пропорциональностью, согласованностью и ритмичностью процессов, достижением наиболее рациональной загрузки машин при минимуме перемещений обслуживающего персонала, техники и обрабатываемого материала по рабочим местам и участкам.

Операционно-технологическая карта выполнения _____
(вид сельскохозяйственной работы)

Показатели и параметры	Значение показателей	Схемы	Исполнители
<p>1. Условия работы (исходные данные):</p> <ul style="list-style-type: none"> – площадь поля, га; – длина гона, м; – тип почвы; – удельное сопротивление, кН/м (кН/м²); – средний уклон местности, %; – засоренность полей камнями; – агрофон; – урожайность, т/га; – дальность транспортировки грузов, км, – и т. д. 			
<p>2. Агротехнические нормативы и показатели качества:</p> <ul style="list-style-type: none"> – сроки и продолжительность работы; – технологические параметры, характеризующие качество сельскохозяйственных операций (глубина пахоты (м), высота среза (м), влажность почвы (%) и др.); – показатели, определяющие расход материалов (норма высева (т/га), норма внесения удобрений (т/га), соотношение зерна и соломы в продукте урожая и т. п.) и потери продукта (допустимые потери зерна (%), дробление зерна (%) и др.) – и т. д. 			

Показатели и параметры	Значение показателей	Схемы	Исполнители
<p>3. Состав и подготовка агрегата: составление агрегата в натуре для устойчивой и качественной работы его в поле; – <i>состав основного агрегата:</i> ширина захвата, м; длина выезда, м; радиус поворота, м; подготовка сельскохозяйственной машины к работе; основные регулировки; – <i>состав вспомогательного агрегата:</i> грузоподъемность, т; теоретическая производительность, т/ч</p>		<p>Схема комплектования агрегатов</p>	
<p>4. Скорость движения (режим работы агрегата): – агротехнически допустимая, м/с; – предельная скорость по пропускной способности, м/с (км/ч); – максимально возможная скорость по загрузке двигателя, м/с (км/ч); – рабочая скорость движения основного агрегата, м/с (км/ч); – рабочая скорость движения транспортного агрегата (скорость движения с грузом), м/с (км/ч); – скорость холостого хода транспортного агрегата (скорость движения без груза), м/с (км/ч);</p>			

Показатели и параметры	Значение показателей	Схемы	Исполнители
<ul style="list-style-type: none"> – рабочая передача основного (частичного) скоростного режима работы агрегата: <ul style="list-style-type: none"> технологического; транспортного; – коэффициент загрузки двигателя: <ul style="list-style-type: none"> при рабочем ходе агрегата; при холостом ходе агрегата 			
<p>5. Подготовка поля, отбивка контрольных линий, поворотных полос:</p> <ul style="list-style-type: none"> – оптимальная ширина загона, м; – ширина поворотной полосы, м; – количество загонов на поле; – выбор направления движения 		<p>Схема подготовки поля к работе и обработки поворотных полос</p>	
<p>6. Способ движения агрегата:</p> <ul style="list-style-type: none"> – коэффициент рабочих ходов 		<p>Схема движения агрегата на поле</p>	
<p>7. Показатели организации процесса:</p> <p>7.1. Показатели работы на поле:</p> <ul style="list-style-type: none"> – <i>основного агрегата:</i> <ul style="list-style-type: none"> продолжительность цикла, ч; количество циклов за смену; выработка за цикл, га/цикл; 		<p>Схема поточной технологической линии</p>	

Показатели и параметры	Значение показателей	Схемы	Исполнители
<p>– <i>вспомогательного агрегата</i>: продолжительность рейса, ч; количество рейсов за смену; выработка за рейс, т</p> <p>7.2. Итоговые показатели работы:</p> <p>– <i>основного агрегата</i>: составляющие баланса времени смены, ч; коэффициент использования времени смены; выработка за час времени смены, га/ч; расход топлива при различных режимах работы, кг/ч; гектарный расход топлива, кг/га;</p> <p>– <i>вспомогательного агрегата</i>: коэффициент использования времени смены; выработка за час времени смены, га/ч; расход топлива, кг/т</p>		<p>Схема поточной организации работы основного и вспомогательного агрегатов (график цикличности и взаимодействия основного и вспомогательного агрегатов)</p>	
<p>8. Контроль качества: – методика контроля качества; – применяемые приборы; – объем измерений (количество контрольных проверок)</p>		<p>Схема проведения замеров при контроле качества на поле</p>	

Подготовка агрегата к работе включает: основные регулировки машин (установка на глубину пахоты, высоту среза, норму высева, глубину заделки семян и т. д.); составление агрегата (направление силы тяги в горизонтальной и вертикальной плоскости плуга, размещение машины вдоль бруса сцепки, составление комбинированного агрегата и т. д.); дооборудование агрегатов дополнительными устройствами (маркерами, следоуказателями, подборщиками или измельчителями соломы и т. д.); выбор способа и маршрута движения транспортного агрегата.

Скоростной режим агрегата устанавливают с учетом загрузки двигателя, пропускной способности машины и качества выполняемой работы (агротехнически допустимой скорости). Выбирая рабочие передачи, при необходимости дополнительно учитывают ограничения на скорость, например по сцеплению и опрокидыванию.

Наиболее экономичный режим работы трактора обычно соответствует тем передачам, для которых тяговая мощность имеет наибольшее значение. Эти передачи целесообразно принимать в качестве рабочих. Однако при выборе передач трактора учитывают не только эффективность использования его тяговых возможностей, но и интервал агротехнически допустимых скоростей ($v_{p, \text{ agr min}} - v_{p, \text{ agr max}}$) рабочей машины (прилож. 10). При выборе передачи для уборочных и ряда других машин учитывают пропускную способность агрегата (основных рабочих органов), а также агротехнические требования.

Таким образом, рабочую скорость движения агрегата выбирают на основании следующих условий:

$$v_{p q \text{ max}} \leq v_p \leq v_{p Ne \text{ max}}; v_{p, \text{ agr min}} \leq v_p \leq v_{p, \text{ agr max}}, \quad (2.1)$$

где $v_{p q \text{ max}}$ – скорость движения, ограниченная пропускной способностью рабочих органов машины, м/с;

$v_{p Ne \text{ max}}$ – максимально возможная скорость по нагрузке двигателя, м/с.

Способ движения агрегата устанавливают исходя из требований агротехники и состояния поля. Из возможных способов движения выбирают тот, который обеспечивает наибольший коэффициент рабочих ходов при высоком качестве работы.

Подготовка поля заключается в его осмотре и устранении препятствий, которые могут ухудшить качество работы машин или создать для нее неблагоприятные условия.

При загонных способах движения большое значение имеет разбивка поля на загоны. Работа на плохо размеченных или плохо выделенных загонах приводит к появлению огрехов, при исправлении которых затрачивается много времени и дополнительно уплотняется почва. До разбивки поля на загоны выбирают не только способ, но и направление движения агрегатов. Наилучшим по биологическим условиям является, как правило, движение с севера на юг. Учитывают также направление предыдущей обработки, конфигурацию поля и необходимость защиты от водной эрозии.

Работа на загонах, размеченных без провешивания линии первого прохода агрегата и границ (контрольных линий) поворотных полос, приводит к искажению прямолинейности рабочих ходов, а следовательно, к снижению выработки, перерасходу топлива и ухудшению качества работы.

Таким образом, подготовка поля заключается в определении количества загонов на участке, разбивке участка на загоны, отбивке поворотных полос, разметке линии первого прохода агрегата, указании мест технологического обслуживания агрегатов (загрузки семян, выгрузки зерна из бункера и т. д.), проведении обкосов и прокосов и других подготовительных мероприятий. При работе на загоне агрегат выполняет рабочие (технологические) ходы, развороты (холостой ход), проводится его техническое и технологическое обслуживание. Контроль (самоконтроль) количества выполняемой в течение смены работы осуществляется по таким показателям, как время цикла $t_{ц}$, количество циклов за смену $n_{ц}$, производительность за цикл $W_{ц}$, га/цикл.

При внесении удобрений, посеве и посадке сельскохозяйственных культур необходимо согласовать длину гона с вместимостью технологической емкости. На уборочных работах при больших размерах полей целесообразна прокладка разгрузочных магистралей для сокращения потерь времени, связанных с технологическим обслуживанием агрегатов.

Для согласования длины гона с вместимостью технологической емкости пользуются равенством

$$\frac{l_{огг} b_p h}{10^4} = V \gamma \lambda, \quad (2.2)$$

где $l_{\text{ост}}$ – путь между технологическими остановками (наполнение бункера зерноуборочного комбайна, освобождение емкости разбрасывателя или сеялки и т. п.), м;

b_p – рабочая ширина захвата агрегата, м;

h – норма внесения удобрений (высева семян), урожайность и др., т/га;

V – объем технологической емкости (семенного ящика, бункера и т. п.), м³;

γ – объемная масса соответствующего материала (прилож. 7), т/м³;

λ – наибольший коэффициент использования объема (табл. 1.9).

Значение λ отражает как заполнение, так и опорожнение технологической емкости. Например, при посеве семян для обеспечения равномерности высева не допускается полное опорожнение семенного бункера (ящика).

На основании равенства (2.2) путь между двумя технологическими остановками определяется по формуле (1.72), соответствующее количество рабочих ходов агрегата в зависимости от длины гона – по формуле (1.73).

По формуле (1.72) при уборке сельскохозяйственных культур можно рассчитать расстояние между разгрузочными магистралями, на которых технологический материал из бункера комбайна выгружается в кузов транспортного средства. При этом объем V соответствует вместимости бункера комбайна, а h – урожайности убираемой сельскохозяйственной культуры.

Если работа агрегата возможна без разбивки поля на загоны (например, при челночном или круговом способе движения), то соответствующим образом подготавливаются края обрабатываемого участка и поворотные полосы.

Показатели организации процесса

Движение машинных агрегатов на загоне в большинстве случаев характеризуется определенной цикличностью. Время цикла включает продолжительность рабочего и холостого движения агрегата, а также технологических остановок.

Время кинематического цикла (время на выполнение одного круга для таких операций, как пахота, культивация, скашивание хлебов или трав в валки и т. п.) определяется по формуле (1.68).

Время технологического цикла (время от одного технологического обслуживания до другого, связанного с опорожнением или

наполнением емкостей, при выполнении работ по внесению удобрений, посеву или уборке сельскохозяйственных культур) устанавливается по формуле (1.69).

В зависимости от сложности сельскохозяйственных машин затраты времени на их регулировку в течение смены составляют 5–15 мин, а на очистку рабочих органов – 4–22 мин. Контроль качества работы проводится в течение 5–10 мин. Замена прицепа с ботвой у свеклоуборочного комбайна занимает 1,6 мин, а прицепа с корнями – 1,6–1,8 мин; на одну заправку опрыскивателей готовыми растворами затрачивается 11–15 мин; продолжительность разгрузки бункера картофелеуборочного комбайна составляет около 1,6 мин; время на выгрузку зерна из бункера комбайна составляет примерно 3–4 мин.

Более точное определение времени, ч, механизированной разгрузки бункера зерноуборочного комбайна:

– при выгрузке на остановках:

$$t_{м.т} = \frac{V\gamma\lambda}{3,6W_{ш}}; \quad (2.3)$$

– при выгрузке на ходу:

$$t_{м.п} = \frac{V\gamma\lambda}{3,6W_{ш}} \frac{\varphi}{\epsilon} + \frac{v_p b_p h_3 \ddot{o}}{10W_{ш} \ddot{o}} \quad (2.4)$$

где V – объем технологической емкости (бункера), $м^3$;

γ – объемная масса зерна (см. прилож. 7), $т/м^3$;

λ – наибольший коэффициент использования бункера (табл. 1.9);

v_p – рабочая скорость движения комбайна, $м/с$;

h_3 – урожайность зерна, $т/га$;

$W_{ш}$ – производительность выгрузного шнека, $кг/с$.

Количество циклов работы агрегата за смену определяется по формуле (1.74), действительное время смены $T_{см.д}$, ч, – по формулам (1.76).

Коэффициент использования времени смены

$$t = \frac{T_p}{T_{см.д}}. \quad (2.5)$$

Производительность агрегата, га/цикл:

– за кинематический цикл:

$$W_{ц.к} = \frac{2b_p L_p}{10^4}; \quad (2.6)$$

– за технологический цикл:

$$W_{ц.т} = \frac{l_{ост} b_p}{10^4}; \quad (2.7)$$

– за час:

$$W_{ч} = 0,36b_p v_p t; \quad (2.8)$$

– за действительное время смены:

$$W_{см.д} = W_{ц} n_{ц} = 0,36b_p v_p T_p; \quad (2.9)$$

– за смену:

$$W_{см} = W_{ч} T_{см}. \quad (2.10)$$

Расход топлива основным агрегатом на единицу выполненной работы рассчитывают по формулам (1.80–1.88) задания 1.6 «Определение расхода топлива на единицу работы».

Расчет дополнительных операций

Сложная производственная операция (сельскохозяйственная работа), как правило, состоит из нескольких операций. Режимом работы основного агрегата обусловлен режим работы вспомогательных агрегатов.

Например, при уборке кукурузы на силос количество транспортных средств и режим их работы определяется условиями и режимом работы силосоуборочных агрегатов. При внесении органических удобрений разбрасывателем работа погрузчика зависит от организации и режима работы навозоразбрасывателей.

В большинстве случаев дополнительные операции являются транспортными и/или погрузочно-разгрузочными. Расчет дополнительных операций заключается в выборе агрегатов для выполнения этих операций и определении их необходимого количества.

Транспортный агрегат. Необходимое количество транспортных средств для обслуживания основного агрегата (зерно-, силосо-, картофелеуборочного комбайнов и других агрегатов) определяется по формуле

$$m_x = \frac{t_{ц. тр}}{t_{ост}}, \quad (2.11)$$

где $t_{ц. тр}$ – время цикла (рейса) транспортного средства, ч;

$t_{ост}$ – период времени между двумя технологическими обслуживаниями основного агрегата, ч.

Например, для силосоуборочного комбайна показатель $t_{ост}$ будет временем заполнения кузова (прицепа), для зерноуборочного комбайна – заполнения бункера, для посевного агрегата – опорожнения семенных ящиков и т. д. Значение $t_{ост}$ находится по формуле

$$t_{ост} = \frac{l_{ост}}{3600v_{pj}}. \quad (2.12)$$

Время цикла (рейса) транспортного средства $t_{ц. тр}$ рассчитывается по формуле

$$t_{ц. тр} = t_{рс} = t_{дв} + t_{п} + t_{р} + t_{доп}, \quad (2.13)$$

где $t_{п}$, $t_{р}$ – время на погрузку и разгрузку транспортного агрегата, ч;

$t_{доп}$ – дополнительное время (взвешивание груза, маневрирование при погрузке–разгрузке и др.), ч;

$t_{дв}$ – время движения транспортного средства:

$$t_{дв} = t_{гр} + t_{х. х} = \frac{l_{гр}}{v_{р. тр}} + \frac{l_{х. х}}{v_{х. тр}},$$

где $l_{гр}$, $l_{хх}$ – пробег транспорта с грузом и без груза за одну езду, км;

$v_{р. тр}$, $v_{х. тр}$ – скорость движения транспортного средства с грузом и без него, км/ч.

Для практических расчетов среднюю скорость движения на внутрихозяйственных перевозках для тракторных транспортных агрегатов

с тракторами класса 1,4 можно принять равной 14–16 км/ч, для класса 3 – 16–17, для автомобилей – 20–22 км/ч.

Основным элементом затрат рабочего времени в пунктах отправления и получения грузов является время погрузки–разгрузки. Его продолжительность зависит от вида перевозимого груза, типа подвижного состава, уровня механизации работы.

Время простоя под погрузкой и разгрузкой транспортного средства принимается из справочных данных единых норм времени простоя транспорта под погрузкой и разгрузкой (прилож. 19, 20) или рассчитывается. Затраты времени на погрузку транспортного средства, ч, могут быть определены по выражению

$$t_{\text{п}} = \frac{V\gamma\lambda}{W_{\text{ч. пог}}}, \quad (2.14)$$

где $W_{\text{ч. пог}}$ – часовая производительность погрузчика, т/ч.

При загрузке транспортных средств от уборочных машин в процессе их движения время на погрузку, ч, можно рассчитать по формуле

$$t_{\text{п}} = \frac{l_{\text{ост}}}{3600v_{\text{р}}} = \frac{V\gamma\lambda}{0,36b_{\text{р}}v_{\text{р}}\tau h}, \quad (2.15)$$

где $l_{\text{ост}}$ – путь, проходимый транспортным средством по полю во время погрузки, м;

$v_{\text{р}}$ – рабочая скорость движения уборочной машины, м/с;

$b_{\text{р}}$ – рабочая ширина захвата уборочной машины, м;

τ – коэффициент использования времени смены при работе уборочного агрегата;

h – урожайность сельскохозяйственной культуры, т/га.

Нормы времени при погрузке от комбайнов приведены в прилож. 21 и 22.

Время, ч, на погрузку (механизированную разгрузку) при обслуживании бункерных уборочных машин

$$t_{\text{п}} = t_{\text{м. р}}n_{\text{б}} + t_{\text{ож}}n_{\text{б}}, \quad (2.16)$$

где $t_{м.р}$ – время механизированной разгрузки одного бункера комбайна, ч;

$n_б$ – количество бункеров, вмещающихся в транспортное средство;

$t_{ож}$ – время ожидания до начала разгрузки бункера, ч.

Время $t_{ож}$ равно времени заполнения бункера, если транспортное средство обслуживает один комбайн. При четкой организации групповой работы комбайнов оно может быть равно времени переезда от одного комбайна к другому.

Нормы времени на выполнение дополнительных работ в процессе погрузки и выгрузки приведены в прилож. 23.

Время на техническое обслуживание агрегата и физиологические потребности предусматривается в период погрузки–разгрузки.

Количество рейсов за смену

$$n_{рс} = \frac{T_{см} - T_{п.з}}{t_{рс}}. \quad (2.17)$$

Коэффициент использования времени смены транспортного агрегата

$$\tau = \frac{t_{гр} n_{рс}}{T_{см}}. \quad (2.18)$$

Производительность транспортного агрегата, т:

– за рейс:

$$W_{рс Q} = q_{н.т} \gamma_c; \quad (2.19)$$

– за час:

$$W_{ч Q} = \frac{q_{н.т} \gamma_c}{t_{рс}}; \quad (2.20)$$

– за смену:

$$W_{см Q} = q_{н.т} \gamma_c n_{рс}, \quad (2.21)$$

где Q – количество перевезенного груза, т;

$q_{н.т}$ – номинальная грузоподъемность транспортного средства, т;

γ_c – коэффициент статического использования грузоподъемности.

Коэффициент статического использования грузоподъемности определяется отношением количества фактически перевезенного транспортом груза к количеству груза, которое могло быть перевезено при полном использовании грузоподъемности:

$$\gamma_c = \frac{Q}{q_n z}, \quad (2.22)$$

где q_n – номинальная грузоподъемность подвижного состава, т;
 z – количество груженых ездов.

Погрузочный агрегат. Производительность погрузочного агрегата, т/ч, определяется по формуле

$$W_{\text{ч. пог}} = W_{\text{р. пог}} K_{\Gamma} t_{\text{пог}}, \quad (2.23)$$

где $W_{\text{р. пог}}$ – расчетная производительность погрузчика (по технической характеристике), т/ч;

$K_{\Gamma} = \gamma / \gamma_p$ – коэффициент использования грузоподъемности погрузчика (γ – объемная масса сельскохозяйственных грузов (см. прилож. 7), т/м³; $\gamma_p = 1$ – расчетная объемная масса груза, т/м³);
 $t_{\text{пог}}$ – коэффициент использования времени смены:

$$\tau_{\text{пог}} = \frac{n_{\text{д.п}}}{n_{\text{р.п}}}, \quad (2.24)$$

где $n_{\text{д.п}}$, $n_{\text{р.п}}$ – количество действительных и расчетных погрузок соответственно:

$$n_{\text{д.п}} = \frac{T_{\text{см}} - t_2 - t_5 - t_6}{t_{\text{ц.тр}}} m_x; \quad (2.25)$$

$$n_{\text{р.п}} = \frac{T_{\text{см}} - t_2 - t_5 - t_6}{t_{\text{п}}}, \quad (2.26)$$

где $t_{\Pi} = q_{\Phi} / W_{\text{р. пог}} + 0,01$ – время на погрузку и замену транспорта, ч;
 $q_{\Phi} = V\gamma\lambda$ – количество груза, перевозимого транспортным средством за один рейс, т.

Количество транспортных агрегатов, необходимых для полной загрузки погрузчика (при $\tau_{\text{пог}} = 1$), определяется по формуле

$$m_{\text{х}} = \frac{t_{\text{ц. тр}}}{t_{\Pi}}. \quad (2.27)$$

Групповое использование техники на полевых работах по сравнению с работой отдельных машинных агрегатов сокращает сроки выполнения операций и простоев по техническим и организационным причинам, улучшает техническое обслуживание, повышает производительность основных и вспомогательных агрегатов и качество выполняемых технологических операций.

Используются звенья из 2–4 агрегатов на посеве, из 2–3 – на посадке картофеля. Уборочно-транспортные звенья на уборке хлебов состоят в большинстве своем из 3–4 комбайнов.

Необходимое количество транспортных средств $m_{\text{х}}$ для звена из $n_{\text{а}}$ комбайнов (с округлением до большего целого числа) определяется по формуле

$$m_{\text{х}} = \frac{n_{\text{а}} t_{\text{ц. тр}}}{n_{\text{б}} t_{\text{ц. т}}}, \quad (2.28)$$

где $n_{\text{б}}$ – количество бункеров комбайнов, загружаемых в кузов одного автомобиля.

Согласованность в работе основных и вспомогательных агрегатов может быть отражена на графике, который показывает, как протекает во времени чередование основных элементов рабочего цикла машинных агрегатов, входящих в звено (рис.).

При построении графиков цикличности по оси абсцисс откладывается время работы агрегата, мин, а по оси ординат – длина гона или расстояние транспортировки груза (зерна, зеленой массы и т. п.) $l_{\text{тр}}$, км. На графике отмечаются элементы цикла работы агрегатов таким образом, чтобы к моменту наполнения очередной

емкости основного агрегата имелся бы транспортный агрегат, готовый принять от него убираемую продукцию (например, зерно из бункера комбайна).

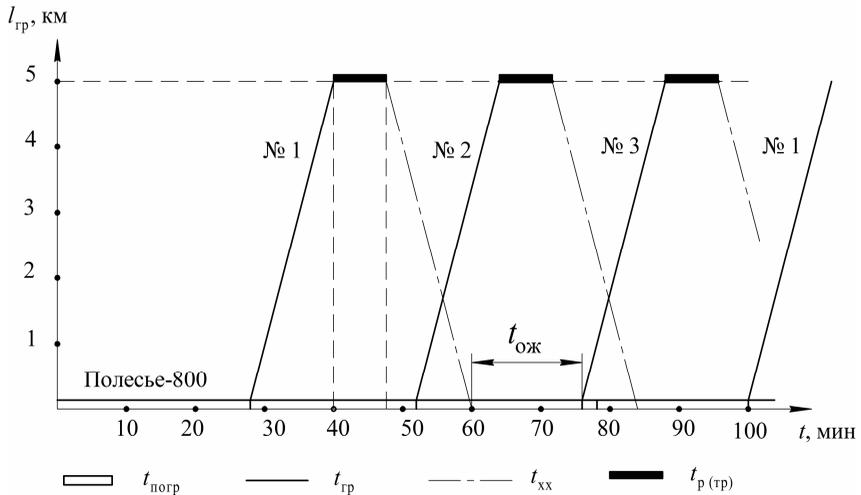


Рис. График цикличности и взаимодействия основного и вспомогательного агрегатов

При внесении (разбрасывании) органических удобрений после заполнения первой емкости навозоразбрасывателя к погрузчику подается очередной (второй, третий и т. д.) до тех пор, пока снова не станет на погрузку первый агрегат после выполнения технологического процесса – разбрасывания удобрений по полю.

Поточный метод работы машинных агрегатов предполагает разделение производственного процесса на отдельные составные работы, закрепление за ними определенных исполнителей и техники, расположение рабочих мест по ходу технологического процесса, непрерывность трудовых процессов.

Для обеспечения непрерывности потока должно обеспечиваться равенство производительности стационарных, транспортных средств механизации и полевых машинных агрегатов.

Контроль качества

Все показатели качества технологических операций в растениеводстве подразделяют на две группы. Показатели первой группы

оценивают своевременность начала и продолжительность изменения и выполнения операций. Показатели второй группы характеризуют изменения в обрабатываемом материале (глубину и равномерность обработки почвы или заделки семян, высоту среза и длину резки стеблей, полноту подрезания сорняков и т. п.); соблюдение норм внесения и равномерности распределения материалов (семян, удобрений) по поверхности и глубине почвы и по длине рядка; полноту охвата обработанной поверхности поля и сбора продукции, количественные и качественные потери материала, повреждение семян, растений, засоренность продукции посторонними примесями, пропуски и огрехи при обработке. Для контроля качества необходимо знать номинальные значения показателей. Для измерений используют различные простейшие средства (складной метр, деревянную или металлическую линейку, рулетку, рамку) и специальные приспособления.

Контроль качества выполняемой сельскохозяйственной операции осуществляется трактористом-машинистом в процессе работы и приемщиком работы (агрономом, бригадиром) в процессе и по ее окончании. В случае низкого качества работу переделывают.

Задание 2.2. Проектирование технологических карт возделывания сельскохозяйственных культур. Итоговые показатели технологических карт

Цель задания: изучить порядок расчета технологической карты возделывания сельскохозяйственной культуры и итоговых показателей технологических карт и освоить его методику.

Методика выполнения

Технологическая карта – это плановый документ, где в четкой последовательности определены порядок, объемы, сроки и технико-экономические показатели проведения работ, необходимые для получения продукции заданного качества и количества. Их разрабатывают для рациональной организации производства: расчета парка машин, составления графика работ, определения экономических показателей возделывания сельскохозяйственных культур.

Для разработки технологических карт необходима следующая исходная информация (прилож. 24): условия использования техники на сельскохозяйственном предприятии; предшественник культуры; нормы и сроки (весной под перепахку или осенью под зябь) внесения органических и минеральных удобрений (основное, предпосевное или при подкормке), химических средств защиты растений и борьбы с сорняками, болезнями и вредителями; урожайность продукции (основной и побочной); дальность транспортировки грузов и др.

Технологические карты (см. прилож. 24) включают агрономический (гр. 1–4), технико-организационный (гр. 5–18) и экономический (гр. 19–23) разделы.

Основанием для разработки агрономического раздела технологических карт служат технологические схемы возделывания сельскохозяйственных культур, процентное содержание действующего вещества в минеральных удобрениях и коэффициенты пересчета элементов питания в физический вес; технико-организационного раздела – система машин, рекомендуемая для выполнения основных производственных операций возделывания сельскохозяйственных культур.

Расчет технологической карты для группы взаимосвязанных производственных операций следует начинать с основной операции (например, транспортировка и внесение органических удобрений – операция 2 (см. прилож. 24)).

В *перечень операций* (гр. 2) включаются все операции, выполняемые в данный период, с указанием агротехнических требований к их выполнению.

Объем работ (гр. 3) определяется по каждой технологической операции исходя из площади возделывания культуры, планируемых норм высева семян, внесения удобрений, сбора основной и побочной продукции.

Календарный срок выполнения работ (гр. 4) определяется многолетней практикой производства культуры на сельскохозяйственном предприятии, технологическими схемами возделывания сельскохозяйственных культур и рекомендациями РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию» (прилож. 25, 26) в зависимости от агроклиматической зоны Республики Беларусь (прилож. 27), к которой относится предприятие. Однако начало выполнения основных операций должен ежегодно корректировать агроном. В технологическую карту вносят откорректированные сроки.

Количество рабочих дней (гр. 5) не должно превышать времени проведения полевых работ (в днях), установленных для условий Республики Беларусь (прилож. 28).

Количество рабочих дней рассчитывают по формуле

$$D_p = D_k K_{и.м} K_{т.г}, \quad (2.29)$$

где D_k – календарный агросрок, дней;

$K_{и.м}$ – коэффициент использования времени по метеоусловиям;

$K_{т.г}$ – коэффициент технической готовности агрегата.

Если коэффициент использования времени по метеоусловиям $K_{и.м} \leq 0,8$, то коэффициент технической готовности агрегата $K_{т.г} = 1,0$, а при $K_{и.м} > 0,8$ принимается $K_{т.г} = 0,95$. С другой стороны, $D_p = D_{р.опт}$, где $D_{р.опт}$ – оптимальный срок выполнения работы по рекомендациям ученых и производственного опыта работы в условиях Республики Беларусь (см. прилож. 28).

Продолжительность рабочего дня (гр. 6) принимается по режиму, установленному для данного сельскохозяйственного предприятия.

Нормативная продолжительность смены $T_{см}$ в сельском хозяйстве – 7 ч (при работе с ядохимикатами – 6 ч). В зависимости от вида работ и конкретных условий количество часов работы выбирается с таким расчетом, чтобы в дневное и ночное время можно было выполнять основную и предпосевную обработку почвы, а посеяв и уход за посевами, уборку, внесение удобрений – в течение светового дня. Обычно в расчетах принимают 7; 10,5; 14; 21 ч.

Количество рабочих дней и продолжительность работ вспомогательных агрегатов (погрузчика, заправщика, технологического транспорта и др.) устанавливаются исходя из продолжительности рабочего дня основного агрегата.

В состав агрегата (гр. 7, 8) включаются машины согласно системе машин, рекомендуемой для выполнения основных операций возделывания сельскохозяйственных культур. Предпочтение должно отдаваться наиболее производительным машинно-тракторным агрегатам, обеспечивающим высокое качество и минимальные затраты ресурсов на выполнение механизированных работ.

Состав машинно-тракторных агрегатов выбирается с учетом размеров полей, объема работ, рельефа местности, длины гонов. Необ-

ходимо стремиться выполнять технологические операции наименьшим количеством машин разных типов и конструкций. Это позволит улучшить техническое обслуживание, ремонт и подбор кадров механизаторов для управления агрегатами.

Применительно к конкретным условиям использования техники сельскохозяйственным предприятием определяются *нормы выработки и расход топлива* на производственные операции (гр. 11, 12). Для существующей техники производительность и расход топлива принимаются по данным сельскохозяйственного предприятия или по типовым нормам.

Производительность за смену, га (т, т·км):

$$W_{\text{см}} = T_{\text{см}} W_{\text{ч}} = 7W_{\text{ч}}, \quad (2.30)$$

где $T_{\text{см}}$ – нормативная продолжительность смены, ч;

$W_{\text{ч}}$ – производительность за 1 ч времени смены, га (т, т·км)/ч.

Например, для операции 2 (см. прилож. 24) производительность агрегата за смену

$$W_{\text{см}} \text{ Беларус-1221+МТТ-10} = 7 \times 10,8 = 75,6 \text{ га};$$

$$W_{\text{см}} \text{ Беларус-1221+МТТ-7} = 7 \times 5,1 = 35,7 \text{ га}.$$

Количество нормо-смен на выполнение работы (гр. 13) определяется по формуле

$$N_{\text{см}} = \frac{U_{\text{ф}}}{W_{\text{см}}}, \quad (2.31)$$

где $U_{\text{ф}}$ – фактический объем работы на агрегаты данного типа, га (т, т·км).

Для операции 2 (см. прилож. 24)

$$N_{\text{см}} \text{ Беларус-1221+МТТ-10} = \frac{3400}{75,6} = 44,9;$$

$$N_{\text{см}} \text{ Беларус-1221+МТТ-7} = \frac{1600}{35,7} = 44,8.$$

Необходимое количество агрегатов (гр. 14) определяется прежде всего для основной производственной операции в сложном процессе:

$$n_a = \frac{U_{\phi}}{D_{p. \text{ опт}} W_{\text{см}} k_{\text{см}}}, \quad (2.32)$$

где $k_{\text{см}}$ – коэффициент сменности.

Коэффициент сменности рассчитывается по формуле

$$k_{\text{см}} = \frac{T_{\text{сут}}}{T_{\text{см}}}, \quad (2.33)$$

где $T_{\text{сут}}$ – продолжительность рабочего дня (гр. 6), ч.

Для операции 2 (см. прилож. 24)

$$k_{\text{см}} = \frac{10,5}{7} = 1,5;$$

$$n_{a \text{ Беларусь-1221+МТТ-10}} = \frac{3400}{10 \times 75,6 \times 1,5} = 2,9;$$

$$n_{a \text{ Беларусь-1221+МТТ-7}} = \frac{1600}{10 \times 35,7 \times 1,5} = 2,9.$$

Количество агрегатов округляют до ближайшего большего целого числа $n_{a. \phi}$. Для операции 2 (см. прилож. 24) фактическое количество агрегатов

$$n_{a. \phi \text{ Беларусь-1221+МТТ-10}} = 3;$$

$$n_{a. \phi \text{ Беларусь-1221+МТТ-7}} = 3.$$

При необходимости корректируется продолжительность рабочего дня $T_{\text{сут}}$ или количество рабочих дней $D_{p. \text{ опт}}$.

Количество фактических рабочих дней рассчитывается по формуле

$$D_{p. \phi} = \frac{U_{\phi}}{n_{a. \phi} W_{\text{см}} k_{\text{см}}}. \quad (2.34)$$

Тогда в гр. 5 записывается дробь $\frac{D_{р. опт}}{D_{р. ф}}$, в гр. 6 – $\frac{T_{сут}}{T_{сут. ф}}$.

Можно также уточнить (перераспределить) объем работы на агрегаты (если заняты два разных агрегата и более):

$$U_{ф} = n_{а. ф} D_{р. ф} W_{см} k_{см}. \quad (2.35)$$

Для операции 2 (см. прилож. 24)

$$D_{р. ф} \text{ Беларус-1221+МТТ-10} = \frac{3400}{3 \times 75,6 \times 1,5} = 9,9 \gg 10 \text{ дней};$$

$$D_{р. ф} \text{ Беларус-1221+МТТ-7} = \frac{1600}{3 \times 35,7 \times 1,5} = 9,9 \gg 10 \text{ дней}.$$

Установленный для основной операции сложного процесса режим работы переносят и на взаимозависимые вспомогательные операции ($D_{р. ф}$, $T_{сут. ф}$), для которых уточняют производительность агрегата за смену (гр. 11 – $(W_{см} / W_{см. ф})$):

$$W_{см. ф} = \frac{U_{ф}}{n_{а. ф} D_{р. ф} k_{см}}, \quad (2.36)$$

где $n_{а. ф}$ – количество вспомогательных агрегатов (целое, уточненное после предварительных расчетов значение). Значения $D_{р. ф}$, $k_{см}$ принимают по расчетам для основного агрегата.

Для операции 1 (см. прилож. 24)

$$W_{см. ф} = \frac{5000}{1 \times 10 \times 1,5} = 333,3 \text{ т.}$$

Проверить наличие поточно-групповой организации работы при выполнении сложной производственной операции (процесса) можно по выражению

$$\begin{aligned}
 W_{\text{см. л}} &= W_{\text{см}1} n_{a1} k_{\text{см}1} = W_{\text{см}2} n_{a2} k_{\text{см}2} = \\
 &= W_{\text{см}3} n_{a3} k_{\text{см}3} = \dots = W_{\text{см}n} n_{an} k_{\text{см}n},
 \end{aligned}
 \tag{2.37}$$

где $W_{\text{см. л}}$ – производительность технологической линии за смену, га (т);
 индексы $1-n$ – звенья технологической линии: 1 – основное;
 2 – погрузочное; 3 – транспортное и т. д.

Например, для обеспечения поточно-групповой организации работы при выполнении сложной производственной операции внесения органических удобрений (см. прилож. 24) по основной операции уточняют фактическую выработку вспомогательного агрегата за смену

$$W_{\text{см. ф}2} = \frac{W_{\text{см}1} n_{a1} k_{\text{см}1}}{n_{a2} k_{\text{см}2}}; \tag{2.38}$$

$$W_{\text{см. ф Беларусь-1221+П10М}} = \frac{(75,6 \times 3 + 35,7 \times 3) 1,5}{1 \times 1,5} = 333,9 \text{ т},$$

где индекс 1 – технологические (основные) агрегаты «Беларус-1221+МТТ-10» и «Беларус-1221+МТТ-7»;
 индекс 2 – погрузочный агрегат «Беларус-820+П10М».

Необходимое количество обслуживающего персонала (гр. 15) рассчитывается по формулам

$$\mathring{a} m = n_{a. \text{ф}} k_{\text{см}} m; \tag{2.39}$$

$$\mathring{a} n = n_{a. \text{ф}} k_{\text{см}} n, \tag{2.40}$$

где m, n – количество механизаторов и вспомогательных рабочих, обслуживающих один агрегат, соответственно (гр. 9), чел.

Для операции 2 (см. прилож. 24) количество механизаторов составляет

$$\mathring{a} m_{\text{Беларус-1221+МТТ-10}} = 3 \times 1,5 \times 1 = 4,5 \approx 5;$$

$$\mathring{a} m_{\text{Беларус-1221+МТТ-7}} = 3 \times 1,5 \times 1 = 4,5 \approx 5.$$

Расход топлива на выполнение всего объема работы (гр. 16), кг, вычисляется как произведение удельного расхода топлива и фактического объема работы на тип агрегата:

$$Q = \Theta U_{\phi}, \quad (2.41)$$

где Θ – расход топлива на единицу работы (гр. 12), кг/га (т, т·км).

Для операции 2 (см. прилож. 24)

$$Q_{\text{Беларус-1221+МТТ-10}} = 1,9 \cdot 3400 = 6460 \text{ кг};$$

$$Q_{\text{Беларус-1221+МТТ-7}} = 1,6 \cdot 1600 = 2560 \text{ кг}.$$

Затраты труда, ч, определяются по каждой операции отдельно:
– для механизаторов (гр. 17):

$$Z_M = 7 N_{\text{см}} m; \quad (2.42)$$

– для вспомогательных рабочих (гр. 18):

$$Z_B = 7 N_{\text{см}} n. \quad (2.43)$$

Для операции 2 (см. прилож. 24)

$$Z_M \text{ Беларус-1221+МТТ-10} = 7 \times 44,9 \times 1 = 314,3 \text{ ч};$$

$$Z_M \text{ Беларус-1221+МТТ-7} = 7 \times 44,8 \times 1 = 313,6 \text{ ч}.$$

Методика расчета экономических показателей (гр. 19–23) технологической карты в данном пособии не рассматривается, т. к. они являются одной из составных частей дисциплины «Экономика технического сервиса», которая изучается отдельно.

Итоговые показатели технологических карт. Рассчитывают показатели:

1. Количество физических тракторов по маркам X .
2. Количество условных тракторов X_3 (по маркам тракторов и в целом по культуре). Перевод физических тракторов в условные эталонные осуществляется путем умножения количества физических

тракторов X на коэффициент перевода в условные, численно равный нормативной часовой эталонной выработке $W_{ч.э}$ (прилож. 29):

$$X_э = XW_{ч.э}. \quad (2.44)$$

3. Количество выполненных нормо-смен по маркам тракторов и в целом по культуре:

$$\begin{aligned} \mathring{a} N_{см} = & \mathring{a} N_{см \text{ Беларусь-3022}} + \\ & + \mathring{a} N_{см \text{ Беларусь-1221}} + \dots + \mathring{a} N_{см \text{ МТЗ-80}}. \end{aligned} \quad (2.45)$$

4. Количество нормо-смен на один физический трактор по маркам тракторов:

$$N_{смi} = \frac{\mathring{a} N_{смi}}{X_i}, \quad (2.46)$$

где $\mathring{a} N_{смi}$ – суммарное количество нормо-смен, выполненных тракторами i -й марки (прилож. 24);

X_i – количество тракторов i -й марки на сельскохозяйственном предприятии.

5. Выработка на один физический трактор данной марки всего по технологической карте.

Для получения объема работ, усл. эт. га, необходимо определить количество выполненных нормо-смен и умножить их на нормативную сменную эталонную выработку $W_{см.э}$, эт. га, т. е. $W_{см.э} = 7W_{ч.э}$:

$$U_{эт.га} = N_{см}W_{см,э} = 7N_{см}W_{ч,э}. \quad (2.47)$$

6. Выработка на один условный эталонный трактор данной марки всего по технологической карте, эт. га, составляет

$$W_{год.эт} = 7N_{см}. \quad (2.48)$$

7. Объем механизированных тракторных работ всего по технологической карте, эт. га:

$$\dot{a} U_{\text{эт. га}} = \dot{a} N_{\text{см}i} W_{\text{см. эти}}, \quad (2.49)$$

где $W_{\text{см. эти}}$ – нормативная сменная эталонная выработка тракторов i -й марки на сельскохозяйственном предприятии, эт. га.

8. Плотность (интенсивность) механизированных тракторных работ, эт. га/га, имеет вид:

$$\Pi_{\text{м. р}} = \frac{\dot{a} U_{\text{эт. га}}}{F_{\text{к}}}, \quad (2.50)$$

где $F_{\text{к}}$ – площадь возделывания сельскохозяйственной культуры, га.

9. Суммарные затраты труда на 1 га возделывания культуры, ч/га, и на тонну продукции, ч/т.

Затраты труда на гектар возделывания культуры составляют

$$Z_{\text{га}} = \dot{a} Z_{\text{oi}}, \quad (2.51)$$

где Z_{oi} – общие затраты труда на 1 га по i -й работе, ч/га.

Если учитывается основная и побочная продукция (зерно, солома и др.), то затраты труда в расчете на 1 т, ч/т, основной и побочной продукции составят

$$Z_{\text{т}} = \frac{Z_{\text{га}}}{h_1 \delta_1 + h_2 \delta_2}; \quad (2.52)$$

$$Z_{\text{ф}} = Z_{\text{т}} \delta_2. \quad (2.53)$$

где $Z_{\text{т}}$, $Z_{\text{ф}}$ – затраты труда на 1 т основной и побочной продукции, ч/т;

δ_1 , δ_2 – доля затрат труда на основную и побочную продукцию;

h_1 , h_2 – урожайность основной и побочной продукции, т/га.

10. Уровень механизации, %, по затратам труда (характеризует совершенство применяемой системы машин или отдельной машины) рассчитывается по формуле

$$y_M = \frac{100 \overset{\circ}{a} z_M}{\overset{\circ}{a} z_M + \overset{\circ}{a} z_B}, \quad (2.54)$$

где $\overset{\circ}{a} z_M$, $\overset{\circ}{a} z_B$ – суммарные затраты труда механизаторов и вспомогательных рабочих соответственно (прилож. 24), ч.

11. Суммарный расход топлива, кг, по тракторным работам, общий по технологической карте и по маркам тракторов, составляет

$$\overset{\circ}{a} Q = \overset{\circ}{a} \sum_{i=1}^n Q_i, \quad (2.55)$$

где Q_i – расход топлива тракторами i -й марки, кг.

12. Расход топлива на условный эталонный гектар, кг/эт. га, определяется по формуле

$$Q_{\text{эт. га}} = \frac{\overset{\circ}{a} Q}{\overset{\circ}{a} U_{\text{эт. га}}}. \quad (2.56)$$

Эти и другие показатели позволяют оценить эффективность предлагаемой технологии и комплекса машин для возделывания сельскохозяйственной культуры.

Задание 2.3. Определение состава машинно-тракторного парка нормативным методом по укрупненным показателям

Цель задания: изучить порядок определения рационального состава машинно-тракторного парка сельскохозяйственного предприятия нормативным методом и приоритетов технического оснащения сельского хозяйства в современных условиях, освоить его методику.

Исходные данные: площадь пашни или посева (уборки) сельскохозяйственной культуры условного сельскохозяйственного предприятия (принять в соответствии с исходной информацией задания 2.2 – см. прилож. 24).

Методика выполнения

Нормативный метод

Определение потребности в сельскохозяйственной технике производится в соответствии с системой машин с учетом производственного направления и природно-климатических условий сельскохозяйственного предприятия.

Машинно-тракторные парки сельскохозяйственных предприятий одинакового производственного направления по составу отличаются мало, а по количеству пропорциональны размерам предприятий. Это позволяет вместо расчета оптимального состава машинно-тракторного парка для каждого сельскохозяйственного предприятия выполнить расчеты для модельных предприятий и на их основе определить потребность в машинах для любого предприятия того же производственного направления, что и модельное.

Для модельного сельскохозяйственного предприятия, для которого характерны средние естественно-производственные условия Республики Беларусь, разрабатываются ориентировочные нормативы потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах общего назначения на 1000 га пашни, а в специальных машинах – на 1000 га посевов (посадок) или убираемой площади.

Средние естественно-производственные условия Республики Беларусь:

- природные условия – V группа;
- структура посевных площадей, %: зерновые и зернобобовые – 52,4; картофель – 6; сахарная свекла и кормовые корнеплоды – 4,4; силосные – 7,5; лен – 3,5; сеяные травы – 25,6; прочие культуры – 0,6;
- урожайность, т/га: зерновые – 2,9; картофель – 20; кормовые корнеплоды – 48; сахарная свекла – 29; силосные – 28; лен – 0,64; травы на сено – 3,5 (с одного укоса);
- продолжительность работы машин – 10 ч в сутки.

Нормативы потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах, рассчитанные для средних природно-производственных условий Республики Беларусь, приведены в прилож. 30. Влияние местных условий на потребность в технике учитывается с помощью коэффициентов, уточняющих нормативы.

Количество тракторов и сельскохозяйственных машин определяется по выражению

$$X_{\text{ф}} = X_{\text{н}} K_{\text{попр}} = X_{\text{н}} K_{\text{пу}} K_{\text{с}} K_{\text{у}} K_{\text{в}}, \quad (2.57)$$

где X_n – норматив потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах;

$K_{\text{попр}}$ – обобщенный поправочный коэффициент.

Норматив потребности в тракторах и сельскохозяйственных машинах определяется по формуле

$$X_n = \frac{X_{\text{нз}} F_{\text{п}}}{1000}, \quad (2.58)$$

где $X_{\text{нз}}$ – норматив потребности для сельскохозяйственных предприятий со средними условиями для Республики Беларусь (машины общего назначения на 1000 га пашни, специальные машины – на 1000 га посева, посадки или убираемой площади);

$F_{\text{п}}$ – площадь пашни или посева (уборки) сельскохозяйственной культуры, га.

Обобщенный поправочный коэффициент определяется по формуле

$$K_{\text{попр}} = K_{\text{пу}} K_{\text{с}} K_{\text{у}} K_{\text{в}}, \quad (2.59)$$

где $K_{\text{пу}}$, $K_{\text{с}}$, $K_{\text{у}}$, $K_{\text{в}}$ – коэффициенты, уточняющие нормативы потребности в технике по природным условиям предприятия, структуре посевных площадей, урожайности и нормам внесения удобрений, времени использования машин в течение суток соответственно.

Расчетные данные потребности в технике для предприятия представляются в виде табл. 2.2.

При заполнении табл. 2.2 в гр. 1–4 вносят нормативные данные для средних условий на 1000 га, а в гр. 5 и 6 – площади пашни, посева (посадки) или уборки сельскохозяйственных культур для условий предприятия, тыс. га; в гр. 7 – количество машин, определенное по формуле (2.58); в гр. 8–11 – данные в соответствии с табл. 2.3, 2.6, 2.7 и формулой (2.63), в гр. 12 – обобщенный поправочный коэффициент, рассчитанный по формуле (2.59). Потребность предприятия в машинах с учетом местных условий (гр. 13) составляет произведение соответствующих значений потребности предприятия в тракторах и сельскохозяйственных машинах по нормативам (гр. 7) на обобщенный поправочный коэффициент (гр. 12) по формуле (2.57).

Таблица 2.2

Потребность в технике для механизации растениеводства по нормативам

Наименование трактора, машины	Марка трактора, машины	Норматив на 1000 га (средний для Беларуси)		Площадь на сельскохозяйственном предприятии, тыс. га		Потребность предприятия в тракторах и сельскохозяйственных машинах по нормативам	Коэффициенты					Потребность предприятия в машинах с учетом местных условий
		пашни	посева (посадки), уборки сельскохозяйственной культуры	пашни	посева (посадки), уборки сельскохозяйственной культуры		$K_{пу}$	K_c	K_y	K_b	$K_{попp}$	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13

Коэффициент $K_{пу}$ учитывает природные условия предприятия (табл. 2.3) в зависимости от группы природных условий, к которым оно относится.

Таблица 2.3

Значения коэффициента $K_{пу}$ для уточнения нормативов потребности в технике по природным условиям

Тип почвы	Группа природных условий								
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Минеральная	0,85	0,89	0,92	0,96	1,00	1,06	1,11	1,19	1,26
Торфяно-болотная	0,88	0,90	0,95	0,97	1,00	1,03	1,07	1,11	1,15

Если сельскохозяйственное предприятие имеет и минеральные, и торфяно-болотные почвы, то численное значение коэффициента $K_{пу}$ определяется с учетом их удельного веса по формуле

$$K_{пу} = \frac{K_{пу(м)} F_M + K_{пу(т. б)} F_{т. б}}{F_M + F_{т. б}}, \quad (2.60)$$

где $K_{пу(м)}$, $K_{пу(т.б)}$ – коэффициенты для уточнения нормативов потребности в технике по природным условиям для минеральных и торфяно-болотных почв соответственно;

$F_m, F_{т.б}$ – площадь минеральных и торфяно-болотных почв, га.

Для определения номера группы сельскохозяйственных предприятий по природным условиям устанавливается обобщенный коэффициент, учитывающий местные условия производства $K_{об}$:

$$K_{об} = \frac{\delta_L K_{п}}{1,03(0,25K_{об.в.п} + 0,75K_{об.в.н})}, \quad (2.61)$$

где δ_L – показатель класса длины гона (табл. 2.4), значение принимается по классу длины гона для сельскохозяйственного предприятия;

$K_{об.в.п}$, $K_{об.в.н}$ – обобщенные поправочные коэффициенты к норме выработки на пахотных и непахотных работах (принимаются по материалам паспортизации полей).

Таблица 2.4

Показатель класса длины гона

Класс длины гона L , м	Значение δ_L
150	1,43
151–200	1,30
201–300	1,21
301–400	1,14
401–600	1,08
601–1000	1,03
более 1000	1,00

Коэффициент $K_{п}$ определяется расчетным путем:

$$K_{п} = 0,8k_{пл} + 0,6, \quad (2.62)$$

где $k_{пл}$ – удельное сопротивление почв при вспашке, кН/м².

Если известен коэффициент $K_{об}$, определяется номер группы сельскохозяйственного предприятия по природным условиям (табл. 2.5).

Таблица 2.5

Группы сельскохозяйственных предприятий по природным условиям

Значение $K_{об}$	0,93–0,97	0,98–1,03	1,04–1,09	1,10–1,15	1,16–1,20	1,21–1,28	1,29–1,34	1,35–1,40	1,41–1,47
Номер группы	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX

Все сельскохозяйственные работы подразделяют на две группы:
 – работы, на которых производительность машинно-тракторных агрегатов зависит от нормообразующих природных факторов. Значение $K_{пу}$ принимают по табл. 2.3 и формуле (2.60);

– работы, на которых производительность практически не зависит от природных условий (стационарные, погрузочно-разгрузочные, транспортные работы, разбрасывание удобрений, уборка соломы и др.). Значение $K_{пу}$ принимают равным 1,0.

Значения коэффициента K_c для уточнения нормативов потребности в тракторах принимают по удельному весу сельскохозяйственных культур в структуре посевных площадей (табл. 2.6).

Таблица 2.6

Коэффициент K_c для уточнения нормативов потребности в тракторах по удельному весу сельскохозяйственных культур в структуре посевных площадей

Культура, площадь	Удельный вес в площади пашни, %	Трактор		
		класса 3 и 5	класса 1,4 и 2	класса 0,6
Озимые и площадь зяблевой вспашки	до 60	0,70		
	60–65	0,76		
	65–70	0,83		
	70–75	0,89		
	75–80	0,95	–	–
	80–85	1,00		
	85–90	1,00		
	более 90	1,15		
Пропашные	до 5		0,75	
	5–10		0,86	
	10–15		1,00	
	15–20	–	1,24	–
	20–25		1,43	
	более 25		1,60	

Окончание таблицы 2.6

Культура, площадь	Удельный вес в площади пашни, %	Трактор		
		класса 3 и 5	класса 1,4 и 2	класса 0,6
Травы на сенаж	до 10	–	0,40	0,70
	10–15		0,50	0,77
	15–20		0,68	0,86
	20–25		0,86	0,94
	25–30		1,00	1,00
	30–35		1,22	1,10
	более 35		1,40	1,20

Уточнение потребности в тракторах класса 3 и 5 производится по удельному весу площади озимых культур и зяблевой вспашки в площади пашни; класса 1,4 и 2 – по площади пропашных культур и трав на сенаж, причем принимают большее значение коэффициента K_c из указанных в табл. 2.6; класса 0,6 – по площади трав на сенаж.

Значение коэффициента K_y принимают в расчетах для групп машин, выполняющих работы, приведенные в табл. 2.7. Он зависит от урожайности сельскохозяйственных культур (уборочная техника) или нормы внесения удобрений (машины для внесения удобрений). Для других групп машин поправочный коэффициент K_y принимают равным $K_y = 1,0$.

Таблица 2.7

Коэффициент K_y для уточнения нормативов потребности
в сельскохозяйственных машинах

Вид работы	Урожайность основной продукции (норма внесения удобрений), т/га	Коэффициент K_y	
		Свозка, сволакивание	Скирдование
1	2	3	4
Уборка зерновых	2,0–2,5	0,85	
	2,5–3,0	1,00	
	3,0–3,5	1,20	
	3,5–4,0	1,40	
	4,0–4,5	1,60	
	4,5–5,0	1,80	
	более 5,0	2,00	

Продолжение таблицы 2.7

1	2	3	4
Уборка соломы	2,0–2,5	0,91	0,83
	2,5–3,0	1,00	1,08
	3,0–3,5	1,14	1,11
	3,5–4,0	1,26	1,34
	4,0–4,5	1,37	1,54
	4,5–5,0	1,50	1,70
	более 6,0	1,60	1,85
Уборка ботвы картофеля	10–15	0,82	
	15–20	1,00	
	20–25	1,30	
	25–30	1,70	
	более 30	2,00	
Внесение органических удобрений	до 20	0,54	
	20–40	1,00	
	более 40	1,47	
Внесение минеральных удобрений	0,1–0,3	0,90	
	0,3–0,5	1,00	
	более 0,5	1,10	
Уборка силосных культур	15–20	0,84	
	20–25	1,00	
	25–30	1,08	
	30–35	1,19	
	35–40	1,26	
	40–45	1,32	
	более 45	1,35	
Кошение трав с одновременным измельчением	15–20	0,83	
	20–25	1,00	
	25–30	1,11	
	30–35	1,43	
	35–40	1,66	
	более 40	2,00	
Кошение трав на сено	1,5–2,5	0,90	
	2,5–3,5	1,00	
	более 3,5	1,10	

1	2	3	4
Прессование сена	1,5–2,0		0,59
	2,0–2,5		0,65
	2,5–3,0		0,88
	3,0–3,5		1,00
	3,5–4,0		1,19
	4,0–4,5		1,35
	4,5–5,0		1,49
	5,0–5,5		1,61
	более 5,5		1,82

Значение коэффициента K_b рассчитывается по выражению

$$K_b = \frac{10}{T_{\text{сут}}}, \quad (2.63)$$

где $T_{\text{сут}}$ – продолжительность рабочего дня, ч; при $T_{\text{сут}} < 10$ ч значение $K_b = 1,0$.

При использовании нормативного метода учитывается то, что он наиболее приемлем для расчета потребности в технике для сельскохозяйственных предприятий в целом и их подразделений с площадью пашни не менее 800 га и неприемлем для расчета потребности в тракторах и машинах фермерских, крестьянских и небольших подсобных хозяйств. Для такого типа предприятий необходимо использовать оптимизационные расчеты наиболее выгодной структуры отраслей и посевных площадей, принимая в качестве критерия оптимальности максимальную прибыль. При расчете потребности в технике крупного региона необходимо учитывать целочисленность технических средств для отдельных предприятий или подразделений.

Методика определения приоритетов технического оснащения сельского хозяйства в современных условиях

Существующие методы обоснования системы машин основаны на оптимизации машинно-тракторного парка модельных (типичных) сельскохозяйственных предприятий. Исследования, выполненные

в этой области, направлены в основном на определение структуры и состава парка без учета его фактического состояния. Заслуживает внимания разработка научно-методического обеспечения стратегии оптимального доукомплектования машинно-тракторного парка сельскохозяйственных предприятий с учетом ограничений по ресурсам. В качестве основного методологического требования стратегии формирования средств механизации принимают достижение максимального объема валовой продукции при ограниченных ресурсах:

$$\sum_i \dot{a}_i V_i(S_i), \sum_i \dot{a}_i S_i = R, S_i \geq 0, \quad (2.64)$$

где V_i – максимальный объем валовой продукции i -го вида в денежном выражении, руб.;

S_i – денежные средства для приобретения машин, применяемых при производстве продукции данного вида, руб.;

R – имеющиеся денежные средства для приобретения техники, руб.

При определении объема продукции учитываются потери урожая, связанные с нарушением агротехнических сроков и качества проведения полевых работ. Например, сумма наиболее явных и наименее спорных потерь (недора) урожая от несоблюдения регламента технологий возделывания зерновых при базовой урожайности 2,3 т/га может достигать 2,75 т/га, что больше, чем собранный урожай. При этом доля техногенных потерь от недостатка или низкого качества применения средств механизации составляет 54,3 %, или 1,49 т/га. Такая оценка заслуживает внимания, т. к. любые потери урожая ведут к недобору продукции, а следовательно, к увеличению непроизводительных затрат.

В связи с этим при экономической оценке отдельных машин или комплексов в расчеты заведомо закладывается недобор урожая, вызванный нарушением сроков проведения работ. Это относится и к повышению урожайности, если оно обусловлено применением того или иного технического средства. Урожайность на единицу площади в зависимости от срока t выполнения сельскохозяйственных работ в большинстве случаев описывается функцией

$$U(t) = U_0 (1 - K_n |t - \tau|^n), \quad (2.65)$$

где U_o – ожидаемая (без потерь) урожайность, т/га;

K_n – коэффициент потерь продукции (в долях) при изменении срока на сутки;

τ – значение промежутка времени, соответствующее максимальной урожайности, сут;

n – общая продолжительность выполнения работ, сут.

При продолжительности выполнения работ до 20 сут можно принять $n = 1$. Кроме того, поскольку потери продукции за оптимальный срок незначительны, ими можно пренебречь. С учетом принятых допущений стоимость объема урожая, руб., i -й культуры с площади F_i составляет

$$\begin{aligned}
 V_i &= U_{oi} F_i C_{ni} \int_{T_{ai}}^{T_{ai}+T_{ci}} \frac{K_{ni}}{T_{ai}+T_{ci}} \left(t - T_{ai} \right) dt = \\
 &= U_{oi} F_i C_{ni} \int_{T_{ai}}^{T_{ai}+T_{ci}} \frac{K_{ni} T_{ci}^2}{2(T_{ai}+T_{ci})} dt =
 \end{aligned}
 \tag{2.66}$$

где C_{ni} – цена i -го вида продукции, руб./т;

T_{ai} – оптимальная продолжительность выполнения работы, сут;

T_{ci} – продолжительность выполнения работы сверх оптимального срока, сут.

Увеличение срока выполнения сельскохозяйственных работ равноценно снижению уровня технической оснащенности и, следовательно, адекватно уменьшению капиталовложений в машинный парк:

$$\frac{T_{ai}}{T_{ai}+T_{ci}} = \frac{m_{\phi i}}{m_{ni}} = \frac{S_{\phi i}}{S_{ni}},
 \tag{2.67}$$

где $m_{\phi i}$, m_{ni} – фактическое и требуемое (нормативное) количество технических средств соответственно;

$S_{\phi i}$, S_{ni} – фактический и требуемый (нормативный) объем капиталовложений соответственно.

В случае приобретения средств механизации для выполнения i -й работы на сумму $S_{\phi i}$ формула (2.67) примет вид:

$$\frac{T_{ai}}{T_{ai} + T_{ci}} = \frac{S_{\phi i} + S_i}{S_{ni}}. \quad (2.68)$$

С учетом формулы (2.68), а также того, что с применением новой техники может измениться как количество, так и качество получаемой продукции, стоимость объема урожая

$$V_i = \alpha_i U_{oi} F_i \beta_i C_{ni} \frac{\dot{\epsilon}}{\hat{\epsilon}} - 0,5 K_{ni} T_{ai} \frac{\epsilon}{\hat{\epsilon}} \frac{S_{ni}}{S_{\phi i} + S_i} - 2 \frac{\ddot{u}}{\dot{u}}, \quad (2.69)$$

где α_i , β_i – коэффициенты увеличения урожайности и закупочной цены продукции при применении новой техники соответственно.

Упростить выражение (2.69) можно введением коэффициентов:

$$A_i = \alpha_i U_{oi} F_i \beta_i C_{ni}, \quad B_i = 0,5 A_i K_{ni} T_{ai}, \quad \epsilon_i = \frac{S_{\phi i}}{S_{ni}}, \quad (2.70)$$

тогда

$$V_i = A_i - B_i \frac{\dot{\epsilon}}{\hat{\epsilon}} \frac{S_{\phi i}}{\epsilon_i (S_{\phi i} + S_i)} + \frac{\epsilon_i (S_{\phi i} + S_i)}{S_{\phi i}} - 2 \frac{\ddot{u}}{\dot{u}}. \quad (2.71)$$

Анализ зависимости (2.71) показывает, что прирост продукции больше в том случае, если ограниченные ресурсы используются для обеспечения техникой той из i работ, для которой B_i имеет большее значение. Этот показатель – коэффициент приоритета.

Вопрос об оптимальном распределении средств (нахождении $S_1, S_2, S_3, \dots, S_n$) сводится к решению математической задачи по определению максимального значения функции (3.71) при ограничениях

$$\sum_{i=1}^n S_i = R, \quad S_i \geq 0 \quad (i = 1, 2, \dots, n). \quad (2.72)$$

Первоначально определяется значение, максимизирующее величину получаемой продукции:

$$\frac{\partial V_i}{\partial S_i} = B_i \frac{\partial}{\partial S_i} \frac{S_{\phi i}}{(S_{\phi i} + S_i)^2} + \frac{\varepsilon_i}{S_{\phi i}} \frac{\partial}{\partial S_i} \quad (2.73)$$

откуда

$$S_i = S_{\phi i} \frac{\partial}{\partial S_i} \frac{1}{S_{\phi i} + S_i} - \frac{\partial}{\partial S_i} \quad (2.74)$$

Поскольку имеющиеся средства ограничены, в первую очередь следует приобретать те машины, которые будут использованы при выполнении технологических процессов с наибольшим коэффициентом приоритета.

Алгоритм распределения капитальных вложений:

1. В соответствии с принятой моделью для каждой сельскохозяйственной работы рассчитывается коэффициент приоритета:

$$B_i = 0,5 \alpha_i U_{oi} F_i \beta_i C_{ni} K_{ni} T_{ai} \quad (2.75)$$

2. Сельскохозяйственные работы располагаются в порядке убывания коэффициента приоритета:

$$B_1 \geq B_2 \geq \dots \geq B_n \quad (2.76)$$

3. Для $i = 1, 2, \dots, n$ определяются значения

$$S_n = \sum_{i=1}^n S_{\phi i} \frac{\partial}{\partial S_i} \frac{1}{S_{\phi i} + S_i} - \frac{\partial}{\partial S_i} \quad (2.77)$$

4. Находится такое значение индекса $i = q$ (q – денежные средства для приобретения техники, соответствующие имеющимся денежным средствам на сельскохозяйственном предприятии, руб.), для которого

$$S_n \geq R \quad (2.78)$$

5. Определяется значение распределения средств, максимизирующее величину валовой продукции:

$$S = \begin{cases} S_{\Phi_i} \frac{\alpha_i}{\epsilon_i} - 1 \frac{\delta}{\sigma} & i < q; \\ R - \sum_{i=1}^{q-1} S_i & i = q; \\ 0 & i > q. \end{cases} \quad (2.79)$$

6. Определяется необходимость приобретения техники при ограничении ресурсов.

Разработанная методика определения приоритетов технического оснащения сельского хозяйства в современных условиях позволяет доукомплектовывать машинно-тракторный парк сельскохозяйственных предприятий с учетом ограничений по ресурсам.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Концепция системы машин и оборудования для реализации инновационных технологий производства, первичной переработки и хранения основных видов сельскохозяйственной продукции на 2015 и на период до 2020 года : рекомендации по применению / Национальная академия наук Беларуси ; В. Г. Гусаков [и др.]. – Минск : НАН Беларуси, 2014. – 138 с.

2. О Государственной программе развития аграрного бизнеса в Республике Беларусь на 2016–2020 годы : постановление Совета Министров Республики Беларусь, 11 марта 2016 г., № 196 : в ред. постановления Совета Министров Республики Беларусь от 18.09.2019 г. // КонсультантПлюс : Беларусь [Электронный ресурс] / ООО «Юр-Спектр». – Минск, 2019.

3. Производственная эксплуатация машинно-тракторного парка : учебное пособие / А. В. Новиков [и др.] ; под ред. А. В. Новикова. – Минск : ИВЦ Минфина, 2011. – 327 с.

4. Теория трактора, автомобиля и машиноиспользование в примерах и задачах : учебное пособие / под общ. ред. Н. В. Костюченкова. – Астана : КАТУ им. С. Сейфулина, 2016. – 224 с.

5. Техническое обеспечение земледелия : учебное пособие / А. В. Новиков [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2006. – 384 с.

6. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учебник / А. В. Новиков [и др.] ; под ред. А. В. Новикова. – Минск : Новое знание ; М. : ИНФРА-М, 2012. – 512 с.

7. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Курсовое проектирование : учебное пособие / Т. А. Непарко [и др.] ; под общ. ред. Т. А. Непарко. – Минск : БГАТУ, 2013. – 308 с.

8. Техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум : учебное пособие / А. В. Новиков [и др.] ; под ред. А. В. Новикова. – Минск : БГАТУ, 2011. – 408 с.

9. Техническое обеспечение процессов в земледелии : учебно-методическое пособие / сост.: И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2007. – 156 с.

10. Техническое обеспечение процессов в растениеводстве. Курсовое и дипломное проектирование : пособие / И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2009. – 392 с.

11. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства : учебное пособие / Т. А. Непарко, А. В. Новиков, И. Н. Шило ; под общ. ред. Т. А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2015. – 199 с.

12. Технологии и техническое обеспечение производства продукции растениеводства. Практикум : учебное пособие / Т. А. Непарко [и др.] ; под ред. Т. А. Непарко. – Минск : ИВЦ Минфина, 2018. – 220 с.

13. Эксплуатация сельскохозяйственной техники : учебник / Ю. В. Будько [и др.] ; под ред. Ю. В. Будько. – Минск : Беларусь, 2006. – 512 с.

14. Эксплуатация сельскохозяйственной техники в примерах и задачах : учебное пособие / А. В. Новиков [и др.] ; под ред. А. В. Новикова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Минск : БГАТУ, 2011. – 164 с.

15. Эксплуатация сельскохозяйственной техники. Практикум : учебное пособие / И. Н. Шило [и др.] ; под ред. И. Н. Шило. – Минск : Беларусь, 2008. – 252 с.

16. Энергосберегающие технологии возделывания зерновых культур в Республике Беларусь : пособие / И. Н. Шило [и др.]. – Минск : БГАТУ, 2008. – 160 с.

ПРИЛОЖЕНИЯ

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

Таблица 1

Показатели регуляторных характеристик двигателей

Показатель	Значения показателей							
Двигатель LDW-1503 трактора Беларус-320								
n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	3200 (53,3)	3150 (52,5)	3100 (51,7)	3050 (50,8)	3000 (50,0)	2750 (45,8)	2600 (43,3)	2500 (41,7)
M_e , кН·м	0	0,019	0,038	0,058	0,078	0,083	0,085	0,087
N_e , кВт	0	6,35	12,3	18,5	24,6	23,8	23,1	22,7
G_T , кг/ч	1,9	3,0	4,2	5,6	7,0	6,1	5,9	5,6
g_e , г/кВт·ч	∞	472	341	302	286	256	255	247
Двигатель Д-243 трактора Беларус-80.1/80.2								
n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2380 (39,7)	2300 (38,3)	2250 (37,5)	2200 (36,7)	2000 (33,3)	1800 (30,0)	1600 (26,7)	1400 (23,3)
M_e , кН·м	0	0,092	0,186	0,256	0,272	0,283	0,292	0,298
N_e , кВт	0	22,2	44,0	58,9	57,1	53,5	49,0	43,8
G_T , кг/ч	3,8	8,5	13,0	14,8	14,3	13,9	13,5	13,0
g_e , г/кВт·ч	∞	382	285	251	250	260	276	297
Двигатель Д-245.5 трактора Беларус-900/920								
n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2000 (33,3)	1900 (31,7)	1800 (30,0)	1700 (28,3)	1600 (26,7)	1500 (25,0)	1450 (23,3)	1300 (21,7)
M_e , кН·м	0	0,174	0,345	0,364	0,380	0,385	0,390	0,396
N_e , кВт	0	34,6	65,0	64,5	68,7	60,4	57,0	53,9
G_T , кг/ч	3,9	8,8	14,3	14,0	13,8	13,7	13,1	12,5
g_e , г/кВт·ч	∞	0,254	0,220	0,217	0,225	0,228	0,230	0,232

Окончание таблицы 1

Показатель	Значения показателей							
	Двигатель Д-245 трактора Беларус-1025							
n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2300 (38,3)	2280 (38,0)	2260 (37,6)	2215 (36,9)	2200 (36,7)	2175 (36,2)	1900 (31,6)	1660 (27,6)
M_e , кН·м	0	0,120	0,210	0,285	0,329	0,335	0,370	0,380
N_e , кВт	0	30	50	70	75,8	75,0	70	65
G_T , кг/ч	4,8	9,2	13,3	16,6	18,1	18,2	17,7	16,1
g_e , г/кВт·ч	∞	306	266	237	239	243	253	248

Таблица 2

Показатели регуляторных характеристик двигателя Д-260.2 трактора Беларус-1222

Показатель	Значения показателей								
	n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2270 (37,8)	2205 (36,8)	2170 (36,2)	2140 (35,7)	2120 (35,3)	2100 (35,0)	1520 (25,3)	1375 (22,9)
M_e , кН·м	0	0,173	0,264	0,357	0,405	0,455	0,565	0,556	0,520
N_e , кВт	0	40	60	80	90	100	90	80	65,3
G_T , кг/ч	6,9	12,8	17,1	20,9	22,5	24,1	19,1	17,0	13,8
g_e , г/кВт·ч	∞	320	285	261	250	241	212	212	212

Таблица 3

Показатели регуляторных характеристик двигателя Д-260.1С2 трактора Беларус-1522

Показатель	Значения показателей									
	2300	2210	2160	2100	2000	1840	1680	1520	1360	1200
n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2300 (38,3)	2210 (36,8)	2160 (36,0)	2100 (35,0)	2000 (33,3)	1840 (30,7)	1680 (28,0)	1520 (25,3)	1360 (22,7)	1200 (20)
M_e , кН·м	0	0,221	0,434	0,560	0,535	0,580	0,613	0,648	0,650	0,610
N_e , кВт	0	50,0	95,4	117,0	115,0	112,0	108,0	103,0	93,0	77,0
G_T , кг/ч	7,9	14,0	23,8	28,6	28,0	26,1	24,3	22,2	19,8	16,1
g_e , г/кВт·ч	∞	280	249	245	243	233	225	215	212	209

Таблица 4

Показатели регуляторных характеристик двигателя Д-260.4 трактора Беларус-2022

Показатель	Значения показателей										
	2270	2210	2180	2165	2140	2120	2100	1450	1310	1220	1200
n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2270 (37,8)	2210 (36,8)	2180 (36,3)	2165 (36,0)	2140 (35,7)	2120 (35,3)	2100 (35,0)	1450 (24,2)	1310 (21,8)	1220 (20,3)	1200 (20,0)
M_e , кН·м	0	0,259	0,350	0,441	0,536	0,631	0,709	0,922	0,875	0,783	0,750
N_e , кВт	0	60	80	100	120	140	156	140	120	100	94,2
G_T , кг/ч	10,9	15,6	20,3	25,1	29,6	34,0	37,8	29,0	24,6	20,5	19,4
g_e , г/кВт·ч	∞	260	254	251	247	243	242	207	205	205	206

Таблица 5

Показатели регуляторных характеристик двигателя Д-260.7 трактора Беларус-2522

Показатель	Значения показателей								
	n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2300 (38,3)	2255 (37,6)	2245 (37,4)	2230 (37,2)	2220 (37,0)	2205 (36,8)	2185 (36,4)	2130 (35,5)
M_e , кН·м	0	0,254	0,340	0,428	0,516	0,606	0,700	0,807	0,846
N_e , кВт	0	60	80	100	120	140	160	180	186
G_T , кг/ч	12,5	16,1	20,7	25,4	30,0	34,6	39,0	43,6	44,6
g_e , г/кВт·ч	∞	268	259	254	250	247	244	242	240

Окончание таблицы 5

Показатель	Значения показателей								
	n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	1800 (30,0)	1615 (26,9)	1480 (24,7)	1380 (23,0)	1290 (21,5)	1185 (19,8)	1070 (17,8)	1000 (16,7)
M_e , кН·м	1,00	1,06	1,03	0,969	0,888	0,806	0,714	0,650	
N_e , кВт	185,5	180	160	140	120	100	80	68	
G_T , кг/ч	43,4	39,2	33,9	29,3	25,3	21,5	17,4	15,0	
g_e , г/кВт·ч	235	218	212	209	211	215	218	220	

Таблица 6

Показатели регуляторных характеристик двигателя Д-260.16, трактор Беларус-2822

Показатели	Значения показателей								
	n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2300 (38,3)	2240 (37,3)	2220 (37,0)	2205 (36,8)	2185 (36,4)	2165 (36,1)	2150 (35,8)	2130 (35,5)
M_e , кН·м	0	0,256	0,344	0,433	0,524	0,618	0,711	0,807	0,905
N_e , кВт	0	60	80	100	120	140	160	180	200
G_T , кг/ч	12,3	16,0	20,5	25,2	29,5	33,9	38,0	42,5	47,0
g_e , г/кВт·ч	∞	267	266	252	246	242	238	236	235

Окончание таблицы 6

Показатели	Значения показателей								
	n , мин ⁻¹ (с ⁻¹)	2100 (35,0)	1880 (31,3)	1480 (24,7)	1380 (23,0)	1310 (21,8)	1230 (20,5)	1150 (19,2)	1055 (17,6)
M_e , кН·м	0,937	1,02	1,16	1,11	1,02	0,932	0,830	0,724	0,650
N_e , кВт	206	200	180	160	140	120	100	80	68
G_T , кг/ч	48,4	46,0	38,5	33,0	29,1	25,1	21,0	17,1	14,8
g_e , г/кВт·ч	235	230	214	206	208	209	210	214	218

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

Технические характеристики колесных тракторов «Беларус»

Показатель	Марки тракторов							
	Беларус-320	Беларус-2022	Беларус-80.1/80.2	Беларус-900/920	Беларус-1025	Беларус-1221/1222	Беларус-1522/1523	Беларус-2522/2822
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Мощность двигателя, кВт: – номинальная; – эксплуатационная	$\frac{24,5}{22,2}$	$\frac{155,0}{147,0}$	$\frac{58,9}{57,4}$	$\frac{65,0}{62,0}$	$\frac{77}{74}$	$\frac{96,0/98,0}{90,5/95,0}$	$\frac{114,0}{109,0}$	$\frac{186/206}{178/186}$
Номинальная частота вращения коленчатого вала двигателя $n_n, c^{-1} (мин^{-1})$	50,0 (3000)	35,0 (2100)	36,7 (2200)	30,0 (1800)	36,7 (2200)	35,0 (2100)	35,0 (2100)	35,0 (2100)
Масса трактора (эксплуатационная) $M, кг$	1700	6830	3770/4000	3850/4100	4480	5300/5700 (6000)	6000	11 100/ 14 000 max
Вес трактора (эксплуатационный) $G, кН$	17,3	69,7	38,5/40,8	39,3/41,8	45,7	54,1/58,2 (61,2)	61,2	113,3/ 142,9 max
Масса воды, заливаемой в шины колес*, $m_в, кг:$								
– передних	–	390	–	–	170	230	425	390
– задних	–	–	16,9–38	–	290	480	–	780
Число $n_{гр}$ дополнительных (балластных) грузов	–	12	12	10	10	10	12	–

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Масса $m_{гр}$ дополнительного (балластного) груза, кг	–	45	20	42	42	42	42	45	–
Общая масса дополнительных (балластных) грузов, кг	–	540	240	420	420	420	420	540	–
Продольная база трактора L , м	1,27	2,85	2,37/2,45	2,35/2,40	2,43	2,76	2,85	2,96	
Расстояние a от центра тяжести до вертикальной плоскости, проходящей геометрическую ось задних колес, м	–	–	0,814***	–	–	–	–	–	–
Колея B , м:									
– передних колес	1,26, 1,41	1,61–2,15	1,2–1,8/ 1,3–1,8	<u>1,20/1,80</u> 1,25–1,80	1,44/1,99	1,54–2,09	<u>1,61–2,15</u> 1,54–2,09 МТЗ**	1,85–1,98	
– задних колес	1,25, 1,40	1,60–2,40	1,3–1,8	–	1,50–1,60/ 1,80–2,10	1,53–2,15	1,60–2,40	1,78–2,12 2,40–2,74	
Габариты, м:									
– длина	2,90	5,23	3,85/3,93	3,85/3,97	4,21	4,95/4,60	4,75	6,15	
– ширина	1,55	2,50	1,97	1,97	1,97	2,25/2,30	2,25	2,63	
– высота	1,70	3,12	2,78/2,80	2,82/2,85	2,82	2,85/3,00	3,00	3,16	

	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Радиус стального обода ведущих колес r_0 , м	0,203	0,483	0,483	0,483	0,483	0,432	0,483	0,483	0,533
Высота профиля шины ведущих колес $h_{ш}$, м	0,247	0,352	0,305	0,317	0,368	0,346	0,352	0,374	
Силовой радиус ведущих колес в статическом состоянии r_k , м	0,450 (пер. кол. 7,52–16, задн. кол. 11,2–16)	0,795	0,730 (7,5–20/ 11,2–20, 15,5–38)	0,730 (16,9 R 38)	0,780 (18,4 R 34)	0,805 (18,4 R 38)	0,780 (16,9 R 38)	0,795 (520/ 70 R 38); 0,833 (580/ 70 R 42)	
Число α цилиндрических пар шестерен в зацеплении по передачам:									
– передний ход	I и II д.: 5 пар	I и II д.: 7 пар; III и IV д.: 5 пар; конечная передача: 4 пары	1: 6 пар; 2: 5 пар; 3–6: 4 пары; 7–8: 3 пары; 9: 2 пары	**** В/Н: 1п Iр: 8/6; 1п IIр: 8/6; 2п Iр: 6/4; 2п IIр: 6/4; 3п Iр: 6/4; 4п IIр: 4/2; конечная передача: 2 пары	I и II д.: 6 пар; III и IV д.: 4 пары; конечная передача: 2 пары	I и II д.: 7 пар; III и IV д.: 5 пар; конечная передача: 2 пары	I и II д.: 7 пар; III и IV д.: 5 пар; конечная передача: 2 пары	I д., КПП: 5 пар; II, III, IV д., КПП: 3 пары; с ходоуменьш.: I д., КПП: 7 пар; II, КПП: 5 пар;	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
								конечная передача: 4 пары
– задний ход	Основная и замедленная скорости: 6 пар; конечная передача: 2 пары	I д.: 6 пар; II д.: 8 пар		I и II д.: В: 9 пар; Н: 7 пар	I д.: 5 пар; II д.: 7 пар	I д.: 6 пар; II д.: 8 пар	I д.: 6 пар; II д.: 7 пар	I и II д.: без ходоуменьш.: 4 пары; с ходоуменьш.: 6 пар
Число β конечных пар шестерен в зацеплении (главная пара)	1	1	1	1	1	1	1	1

* Масса воды или раствора, заливаемых при балластировке, дана в расчете на одно колесо трактора. Вода в шины заливается только при температуре воздуха выше 0 °С, при температуре ниже 0 °С в воду добавляют CaCl₂ из расчета на 1 л воды: 200 г при $t = -15$ °С, 300 г при $t = -25$ °С, 435 г при $t = -35$ °С.

** Для трактора Беларус-1522 передний мост конструкции МТЗ.

*** Для трактора Беларус-80.1.

**** Для трактора Беларус-900/920: В – понижающий редуктор включен, Н – выключен.

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

Технические характеристики колесных тракторов
Беларус-320, Беларус-2022, Беларус-80.1/80.2, Беларус-900/920

Показатель	Марки тракторов														
	Беларус-320				Беларус-2022			Беларус-80.1/80.2			Беларус-900/920				
	Скорости	Ход	Диапазон	Передача	Значение показателя	Диапазон	Передача	Значение показателя	Передачи	Значение показателя		Передача	Редуктор коробки	Понижающий редуктор	Значение показателя
										Без редуктора	С редуктором				
<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
Передаточное число трансмиссии по передачам	Основные	Передний	I	1	157,3	I	1	385,9	1	241,9	330,0	1	I	B	148,9
				2	117,7		2	290,4	2	142,0	187,5			H	196,9
				3	88,0		3	223,3	3	83,5	110,2		II	B	87,5
				4	64,1		4	173,4	4	68,0	90,0			H	115,7
		II	1	46,4	5	134,9	5	57,4	75,8	2	I	B	51,4		
			2	34,7	6	104,0	6	49,0	64,8			H	68,0		
			3	25,9	7	199,8	7	39,9	52,7		II	B	30,2		
			4	18,9	8	150,4	8	33,7	44,5			H	39,9		
	Задний	-	I	1	87,1	II	9	115,6	9	18,1	23,9	3	I	B	43,4
				2	65,2		10	89,8	-	H	57,4				
				3	48,8		11	69,9		-	B		25,5		
				4	35,5		12	59,04	-		H		33,7		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Замедленные	Передний	I	1	467,4	III	13	129,4				4	II	В	13,7
				2	349,8		14	97,4						Н	18,1
				3	261,6		15	74,9						Задний ход	
			4	190,6	16		58,4	-					I	Н	70,7
			1	137,8	17		45,3							В	93,5
			2	103,2	18		34,9							II	Н
		3	77,2	IV	19	67,0	В	54,9							
		4	56,2		20	50,4									
		Задний	-		1	258,9						21	38,8		
				2	193,9	22						30,1			
				3	144,9	23						23,5			
				4	105,6	24						18,1			
										Задний ход					
										I	1	274,9			
											2	206,9			
											3	159,0			
											4	123,6			
											5	96,2			
											6	74,2			
							II	7	142,4						
								8	107,2						
								9	82,4						
								10	63,9						
								11	49,8						
						12		38,4							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16		
Расчетные скорости движения (без буксования, при номинальной мощности и частоте вращения коленчатого вала) по передачам, км/ч	Основные	Передний	I	1	3,02	I	1	1,79	1	2,57	1,94	1	I	B	3,51		
				2	4,03		2	2,38	2	4,38	3,35			H	2,65		
			3	5,40	3		3,10	3	7,44	5,63	II		B	5,97			
			4	7,41	4		3,99	4	9,15	6,92			H	4,51			
		II	1	10,24	5		5,13	5	10,83	8,19	2	I	B	10,16			
			2	13,68	6		6,63	6	12,67	9,59			H	7,68			
			3	18,29	II	7	3,47	7	15,50	11,78		II	B	17,30			
			4	25,11		8	4,60	8	18,45	13,95			H	13,08			
		Задний	-	-	1	5,45	II	9	5,99	9	34,31	25,95	3	I	B	12,03	
					2	7,28		10	7,71	Задний ход		H			9,10		
					3	9,74		11	9,91	I	5,40	4,09		II	B	20,48	
					4	13,37		12	12,85	II	9,22	6,97			H	15,49	
	Замедленные	Передний	I	1	1,02	III	13	5,35					4	II	B	38,10	
				2	1,36		14	7,10							H	28,81	
				3	1,82		15	9,25						Задний ход			
				4	2,49		16	11,90						-	I	B	7,39
			1	3,45	17		15,30	H					5,56				
			II	2	4,60		18	19,83					II	B	12,58		
		3		6,16	19	10,33	H	9,51									
		Задний	-	-	1	1,18	IV	20	13,73								
					2	2,45		21	17,85								
					3	3,28		22	22,98								
					4	4,50		23	29,53								
							24	38,30									

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>	<i>15</i>	<i>16</i>					
			II	1	6,5	III	13	32,4				4	II	B	2,2					
				2	6,5		14	32,4						H	3,9					
				3	6,2		15	32,4												
				4	4,1		16	32,4												
								17				26,7								
								18				19,4								
								IV				19	32,4							
												20	30,3							
							21					22,2								
							22					16,1								
							23					11,5								
							24					7,7								

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

**Технические характеристики колесных тракторов
Беларус-1025, Беларус-1221/1222, Беларус-1522/1523, Беларус-2522/2822**

Показатель	Марки тракторов												
	Беларус-1025			Беларус-1221/1222			Беларус-1522/1523			Беларус-2522/2822			
	Диапазон	Передача	Значение показателя	Диапазон	Передача	Значение показателя	Диапазон	Передача	Значение показателя	Диапазон	Передача	Без холостых оборотов	С холостыми оборотами
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>	<i>11</i>	<i>12</i>	<i>13</i>	<i>14</i>
Передаточное число трансмиссии по передачам	I	1	282,1	I	1	364,6	I	1	380,1	I	1	335,2	1795,9
		2	229,7		2	260,5		2	271,3		2	276,1	1479,0
		3	188,8		3	189,6		3	197,6		3	223,9	1199,4
		4	156,2		4	138,5		4	144,4		4	184,4	987,8
	II	5	124,5	II	5	160,9	II	5	175,1		5	150,7	807,5
		6	101,4		6	114,8		6	125,0		6	124,1	665,0
		7	83,3		7	83,6		7	91,0	II	7	139,7	748,3
		8	68,9		8	61,1		8	66,5		8	115,0	616,2
	III	9	74,3	III	9	95,9	III	9	115,9	II	9	93,3	499,7
		10	60,4		10	68,5		10	82,8		10	76,8	411,6
		11	49,1		11	49,9		11	60,3		11	62,8	336,4
		12	41,1		12	36,4		12	44,0		12	51,7	277,1
	IV	13	32,8	IV	13	42,3	IV	13	53,4	III	13	104,5	
		14	26,7		14	30,2		14	38,1		14	86,1	
		15	21,9		15	22,0		15	27,8		15	69,8	
		16	18,1		16	16,1		16	20,3		16	57,5	

<i>I</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	Задний ход			Задний ход			Задний ход				17	47,0	
	I	1	158,5	I	1	204,7	I	1	241,9	IV	18	38,7	
		2	128,9		2	146,1		2	172,6		19	51,8	
		3	106,0		3	106,4		3	125,7		20	42,7	
		4	87,7		4	77,7		4	91,8		21	34,6	
	II	5	69,9	II	1	88,2	II	5	111,5	22	28,5		
		6	56,9		2	62,9		6	79,6	23	23,3		
		7	46,8		3	45,8		7	57,9	24	19,2		
		8	38,7		4	33,5		8	42,3	Задний ход			
										I	1	304,7	1757,0
											2	250,9	1447,0
											3	203,5	1173,5
									4		167,6	966,4	
									5		137,0	790,0	
									6		112,8	650,6	
									II	7	105,8	609,9	
										8	87,1	502,3	
										9	70,7	407,4	
										10	58,2	335,5	
										11	47,6	274,2	
										12	39,2	225,8	
Расчетные скорости движения (без буксования, при номинальной	I	1	2,29	I	1	1,80	I	1	1,74	I	1	2,14	0,40
		2	2,82		2	2,52		2	2,44		2	2,60	0,49
		3	3,43		3	3,46		3	3,35		3	3,21	0,60
		4	4,14		4	4,74		4	4,58		4	3,89	0,73

<i>1</i>	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14			
мощности и частоте враще- ния коленчатого вала) по пере- дачам, км/ч	II	5	5,20	II	5	4,08	II	5	3,77	II	5	4,76	0,89			
		6	6,36		6	5,72		6	5,29		6	5,79	1,08			
		7	7,76		7	7,85		7	7,26		7	5,14	0,96			
		8	9,39		8	10,74		8	9,94		8	6,24	1,17			
	III	9	8,71	III	9	6,84	III	9	5,70	II	9	7,70	1,44			
		10	10,70		10	9,58		10	7,99		10	9,35	1,75			
		11	13,01		11	13,16		11	10,97		11	11,43	2,13			
		12	15,74		12	18,00		12	15,01		12	13,88	2,59			
	IV	13	19,75	IV	13	15,30	IV	13	12,37	III	13	6,87	-			
		14	24,26		14	21,72		14	17,34		14	8,34				
		15	29,50		15	29,82		15	23,80		15	10,28				
		16	35,67		16	40,81		16	32,58		16	12,49				
	Задний ход			Задний ход			Задний ход			III	17	15,27	-			
	I	1	4,08	I	1	3,21	I	1	2,73		18	18,55				
		2	5,01		2	4,49		2	3,83		19	13,84				
		3	6,10		3	6,16		3	5,26		20	16,81				
		4	7,38		4	8,44		4	7,20	21	20,73					
	II	1	9,25	II	1	7,44	II	1	5,93	IV	22	25,17	-			
		2	11,36		2	10,42		2	8,31		23	30,79				
		3	13,82		3	14,31		3	11,41		24	37,38				
		4	16,72		4	19,59		4	15,61		Задний ход					
													I	1	2,35	0,41
														2	2,86	0,49
														3	3,52	0,61

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14		
											4	4,28	0,74		
											5	5,24	0,90		
											6	6,36	1,10		
										II	7	6,78	1,18		
											8	8,24	1,43		
											9	10,16	1,76		
											10	12,34	2,14		
											11	15,09	2,61		
											12	18,32	3,18		
Сила тяги (расчетная при номинальной мощности дви- гателя) по пере- дачам, кН	I	1	15,5	I	1	26,5	I	1	30,6	I	1	51,4	-		
		2	15,5		2	26,5		2	30,6		2	51,4			
		3	15,5		3	26,5		3	30,6		3	51,4			
		4	15,5		4	26,5		4	30,6		4	51,4			
	II	5	15,5	II	5	26,5	II	5	30,6		5	51,4			
		6	15,5		6	26,5		6	30,6		6	51,4			
		7	15,5		7	26,5		7	30,6	II	7	51,4			
		8	15,5		8	22,8		8	28,2		8	51,4			
	III	9	15,5	III	9	26,5	III	9	30,6	II	9	51,4	-		
		10	15,5		10	26,5		10	30,6		10	51,4			
		11	12,7		11	18,0		11	25,3		11	40,3			
		12	10,1		12	12,00		12	17,0		12	31,4			
	IV	13	7,3	IV	13	14,6	IV	13	21,7		III	13		51,4	-
		14	5,3		14	12,8		14	14,1			14		51,4	
		15	3,7		15	5,7		15	8,9	15		45,8			
		16	2,5		16	3,1		16	5,1	16		36,0			

Окончание приложения 4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
											17	27,6	
											18	21,0	
										IV	19	31,4	-
									20		24,2		
									21		17,7		
									22		12,8		
									23		8,6		
										24	5,4		

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

Значения коэффициентов сцепления μ и сопротивления качению f_T в различных условиях работы

Условия движения	Тракторы			
	колесные		гусеничные	
	μ	f_T	μ	f_T
Шоссейная дорога: – цементно-бетонное или асфальто-бетонное покрытие; – щебенчатое или гравийное покрытие; – булыжное покрытие	0,7–0,8	0,018–0,022	1,0	-
	0,7–0,8	0,03–0,04	1,0	-
	0,6–0,7	0,035–0,045	-	-
Сухая укатанная дорога: – глинистый грунт; – песчаный грунт; – чернозем	0,8–0,9	0,03–0,05	1,0	0,05–0,07
	0,7–0,8	0,03–0,05	0,9–1,0	0,05–0,07
	0,6–0,7	0,03–0,05	0,9	0,05–0,07
Снежная укатанная дорога	0,3	0,03–0,05	1,0	0,06–0,07
Целина, залежь, плотная дернина, сильно уплотненная стерня (суглинок)	0,8–0,9	0,03–0,06	1,0	0,05–0,07
Стерня нормальной влажности	0,7–0,8	0,06–0,08	0,9–1,0	0,07–0,09
Влажная стерня	0,6–0,7	0,08–0,10	0,9	0,08–0,11
Слежавшаяся пашня	0,5–0,6	0,10–0,12	0,7	0,07–0,08
Подготовленное под посев поле, вспаханное поле (суглинок), чистый пар, свежесобранное из-под картофеля поле	0,5–0,7	0,16–0,20	0,6–0,7	0,10–0,12
Свежевспаханное поле (супесь)	0,4–0,5	0,18–0,22	0,6	0,12–0,14
Влажный луг: – скошенный; – нескошенный	0,7	0,08	0,8	0,09
	0,5–0,6	0,10	0,6–0,7	0,11
Песок: – влажный; – сухой	0,4	0,08–0,10	0,5	-
	0,3	0,15–0,20	0,4	0,10–0,12
Глубокая грязь	0,1	-	0,3–0,5	0,10–0,25
Глубокий снег	-	0,24–0,28	-	0,09–0,12
Торфяно-болотная осушенная целина	-	-	0,4–0,6	0,11–0,14

ПРИЛОЖЕНИЕ 6

Средние значения удельного тягового сопротивления сельскохозяйственных машин

Вид работы	Сельскохозяйственная машина	Значение k_0 , кН/м
Боронование	Бороны:	
	– зубовая тяжелая;	0,40–0,70
	– зубовая средняя;	0,30–0,60
	– зубовая посевная;	0,25–0,45
	– сеччатая и шлейф-борона;	0,45–0,65
	– пружинная и лапчатая;	1,00–1,80
	– дисковая;	1,60–2,20
	– игольчатая	0,45–0,80
Сплошная культивация на глубину, см: – 5–8; – 10–12	Культиваторы:	
	– паровой;	1,20–2,60
	– штанговый;	1,60–2,60
	– паровой	1,60–3,00
Глубокое рыхление	Глубокорыхлитель	8,00–13,00
Обработка почвы плоскорезами	Плоскорез	4,00–6,00
Лушение стерни на глубину, см: – 8–10; – 10–14; – 14–18	Луцильники:	
	– дисковый;	1,20–2,60
	– лемешный	2,50–6,00
		6,00–10,00
Рядовой посев зерновых культур	Сеялки:	
	– дисковая с между-рядьями 0,15 м;	1,10–1,60
	– узкорядная;	1,50–2,50
	– сеялка-луцильник;	1,20–2,80
	– зернопрессовая;	1,20–1,80
Посев сахарной свеклы	– свекловичная;	0,60–1,00
Посев кукурузы	– кукурузная	1,00–1,40
Посадка картофеля	Картофелесажалка	2,50–3,50
Прикатывание: – посевов; – предпосевное	Катки:	
	– гладкий водоналивной;	0,55–1,20
	– кольчато-шпоровый	0,60–1,00

Вид работы	Сельскохозяйственная машина	Значение k_0 , кН/м
Первая обработка междурядий пропашных культур	Культиватор со стрельчатыми лапами и бритвами	1,20–1,80
Мотыжение	Вращающаяся мотыга	0,40–0,75
Шаровка и букетировка сахарной свеклы	Свекловичный культиватор	0,50–0,80
Рыхление междурядий сахарной свеклы		1,20–2,00
Рыхление междурядий картофеля с подкормкой	Культиватор-растениепитатель	1,40–1,80
Рыхление междурядий кукурузы и подсолнечника с подкормкой		1,30–1,60
Окучивание картофеля	Культиватор-окучник	1,50–2,50
Кошение трав	Тракторная косилка: – с приводом от ВОМ;	0,70–1,10
	– с приводом от ходовых колес	0,90–1,40
	Косилка-измельчитель	0,80–1,30
Сгребание трав	Грабли: – тракторные поперечные; – валкообразователи	0,50–0,75
		0,70–0,90
Кошение: – зерновых колосовых; – зернобобовых	Жатка: – рядковая прицепная; – бобовая безмотовильная	1,20–1,50
		0,60–0,90
Уборка: – кукурузы на зерно и силос; – сахарной свеклы; – картофеля	Кукурузоуборочный комбайн	2,80–3,50
	Силосоуборочный комбайн	2,60–3,30
	Свеклоуборочный комбайн	6,00–12,00
	Транспортерный картофелекопатель	5,00–7,00
	Картофелеуборочный комбайн	10,00–12,00
	Копатель-валкоукладчик	7,00–8,50

Окончание приложения 6

Вид работы	Сельскохозяйственная машина	Значение k_0 , кН/м
Теребление льна	Прицепная льнотеребилка	3,00–4,00
	Льноуборочный комбайн	4,00–5,00
Уборка ботвы	Ботвоуборочная машина	2,50–3,50
Уборка корнеплодов	Свеклоподъемник	3,00–4,00
	Копатель корнеплодов	6,50–7,50
Дискование: – пашни; – лугов и пастбищ	Дисковая борона	3,00–6,00
		4,00–8,00
Разбрасывание минеральных удобрений	Туковая сеялка	0,30–0,40

ПРИЛОЖЕНИЕ 7

Объемные массы сельскохозяйственных грузов

Груз	Объемная масса, т/м ³	Вид упаковки	Класс груза
Аммофос гранулированный	1,10	Насыпью	1
Асфальт	1,10	Навалом	1
Барда	1,10	Навалом	1
Береза (бревна)	0,75	Навалом	1
Ботва картофеля	0,15	Навалом	3
Ботва свеклы	0,27	Навалом	3
Вика-овес (сено)	0,20	Навалом	4
Вика (зерно)	0,85	Навалом	1
Гипс	0,80	Мешки, бочки	1
Горох	0,80	Навалом	1
Гравий гранитный	1,64	Навалом	1
Груши	0,50	Ящики	1
Дерн	1,40	Навалом	1
Доломитовая мука	1,50	Мешки	1
Дрова березовые и хвойные	0,55	Навалом	1
Жижа навозная	1,00	Бочки	1
Жом сухой	0,22	Навалом	2
Жом свекольный	1,00	Навалом	1
Зелень огородная (укроп, петрушка, салат)	0,25	Решета, корзины, ящики	2
Земля рыхлая, влажная	1,70	Навалом	1
Земля рыхлая, сухая	1,30	Навалом	1
Зерновая смесь	0,59	Насыпью	1
Зола	0,50	Навалом	2
Известь гашеная	0,60	Мешки, бочки	2
Известь негашеная	1,20	Навалом	1
Калий хлористый	0,84	Мешки	1
Капуста свежая	0,35	Корзины	2
	0,24	Навалом	2
Картофель	0,50	Мешки	1
	0,68	Навалом	1
Комбикорм	0,60	Мешки	2
	0,45	Навалом	2

Груз	Объемная масса, т/м ³	Вид упаковки	Класс груза
Кукуруза:			
– зерно;	0,74	Насыпью	1
– початки	0,39	Навалом	2
Лен прессованный	0,27	Навалом	2
Лен непрессованный	0,15	Тюки	2
	0,15	Кипы	3
Лес круглый хвойный:			
– полусухой;	0,60	Навалом	1
– сырой	0,75	Навалом	1
Лесоматериалы пиленые хвойные	0,60	Навалом	1
Лук репчатый	0,60	Мешки, кули	2
Люцерна (семя)	0,80	Навалом	1
Молоко натуральное	0,64	Бочки	2
и молочные изделия	0,35	Бидоны, фляги	3
Морковь	0,40	Кули, корзины, ящики	2
	0,50	Навалом	2
Мука	0,50	Мешки	1
Мука сенная	0,17	Мешки	1
Мякина	0,20	Навалом	3
Навоз конский:			
– свежий;	0,40	Навалом	2
– уплотненный	0,70	Навалом	2
Навоз коровий:			
– свежий;	0,70	Навалом	1
– полуперепревший;	0,80	Навалом	1
– перепревший	0,90	Навалом	1
Навозная жижа	1,00	Навалом	1
Овес	0,46	Мешки	1
	0,45	Насыпью	2
Огурцы свежие	0,40	Ящики, корзины	2
	0,58	Навалом	2
Отруби	0,40	Мешки	2
	0,25	Насыпью	2

Груз	Объемная масса, т/м ³	Вид упаковки	Класс груза
Полова и сбоина	0,12	Навалом	3
Помет птичий	0,30	Навалом	2
Помидоры (томаты)	0,53	Ящики	2
Пшеница озимая	0,78	Насыпью	1
Растворы известковые и цементные	1,90	Бочки	1
Рожь (зерно)	0,70	Мешки	1
	0,72	Насыпью	1
Свекла	0,62	Навалом	1
Селитра аммиачная	0,95	Навалом	1
Сено:	0,05	Навалом	4
	– прессованное;	Кипы	2
	– непрессованное	Навалом	4
Силос из траншеи и башен	0,72	Навалом	2
Силосная масса свежесрезанная	0,25	Навалом	3
Силос комбинированный	0,45	Навалом	2
Солома просяная	0,45	Тюки, кипы	4
Солома злаковых	0,15	Навалом	4
Солома:			
	– прессованная;	0,30	Навалом
– непрессованная	0,14	Навалом	4
Сульфат аммония	0,84	Мешки	1
Суперфосфат	0,98	Насыпью	1
Торфяная крошка	0,28	Навалом	3
Травяная мука	0,19	Мешки	3
Трава (клевер) свежескошенная	0,35	Навалом	4
Удобрения минеральные	0,82	Насыпью	1
	0,70	Мешки	1
Фосфорная мука	1,70	Навалом	1
Хлопок непрессованный	0,10	Навалом	2
Цемент	1,30	Мешки	1
Щебень	1,60	Навалом	1
Яблоки свежие	0,37	Ящики	1
Ячмень	0,64	Навалом	1

ПРИЛОЖЕНИЕ 8

Коэффициент сопротивления качению ходовых колес сельскохозяйственных машин f_m и сцепок f_c

Условия движения	На пневматических шинах			На стальных колесах
	весной	в конце весны, летом, в начале осени	осенью	
Асфальтированная дорога	-	0,03–0,04	-	0,20–0,30
Уплотненная полевая дорога	0,06–0,14	0,03–0,04	0,05–0,08	-
Сухая стерня клевера	0,07–0,17	0,05–0,06	0,08–0,09	0,06–0,10
Стерня клевера после дождя	-	0,12–0,14	-	0,18–0,20
Полевая дорога	0,07–0,15	0,04–0,06	0,06–0,09	0,03–0,06
Целина, луг полугустой, травостой высотой до 10 см	0,07–0,15	0,05–0,07	0,08–0,09	0,05–0,07
Клеверище, густой травостой высотой до 20 см	0,09–0,10	0,07–0,09	0,08–0,10	-
Клеверище, обработанное на глубину 5–6 см	0,11–0,20	0,08–0,09	0,09–0,14	-
Стерня после озимых	0,09–0,24	0,07–0,09	0,09–0,15	0,09–0,11
Стерня на супеси	0,11–0,25	0,09–0,10	0,10–0,16	-
Стерня взлущенная	-	-	0,10–0,12	0,16–0,18
Поле из-под картофеля	0,13–0,27	0,09–0,11	0,12–0,18	-
Культированное поле	0,15–0,33	0,11–0,13	0,14–0,20	0,22–0,24
Слежавшаяся пашня, прошлогодняя зябь	0,20–0,40	0,12–0,15	0,15–0,19	-
Свежевспаханное поле	0,24–0,44	0,18–0,25	0,20–0,30	-
Укатанная снежная дорога	-	0,04–0,06	-	0,08–0,10

ПРИЛОЖЕНИЕ 9

Таблица 1

Тяговые показатели трактора Беларус-320

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев, на передачах			
		1р 3п	1р 4п	Пр 1п	Пр 2п	1р 3п	1р 4п	Пр 1п	Пр 2п
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	3195	3190	3185	3180	3190	3180	3170	3160
	v_p , км/ч	5,75	7,9	10,9	14,5	5,7	7,8	10,8	14,4
	G_T , кг/ч	2,8	2,9	3,0	3,2	3,0	3,2	3,4	3,6
При $N_T = 0,8N_{T\max}$	N_T , кВт	10,6	13,0	13,5	14,9	9,4	10,6	11,8	13,9
	P_T , кН	8,15	6,2	4,6	3,8	7,4	5,3	4,1	3,6
	v_p , км/ч	4,7	7,55	10,5	14,2	4,6	7,3	10,5	13,9
	δ , %	12,0	7,0	5,0	3,0	13,0	9,0	6,0	5,0
	G_T , кг/ч	5,5	5,75	5,9	6,1	5,7	5,8	6,0	6,3
При $N_T = 0,9N_{T\max}$	N_T , кВт	12,0	14,7	15,2	16,7	10,6	11,9	13,3	15,7
	P_T , кН	9,7	7,35	5,5	4,5	8,8	6,1	4,75	4,3
	v_p , км/ч	4,45	7,2	10,0	13,5	4,35	7,0	10,1	13,2
	δ , %	15,0	8,0	6,5	5,0	16,0	11,0	7,5	6,0
	G_T , кг/ч	6,0	6,1	6,2	6,3	6,95	6,2	6,4	6,6
При $N_T = N_{T\max}$	$N_{T\max}$, кВт	13,3	16,3	16,9	18,6	11,8	13,2	14,8	17,4
	$P_{Tн}$, кН	11,7	8,9	6,6	5,4	10,6	7,5	5,8	4,9
	$v_{pн}$, км/ч	4,1	6,6	9,2	12,4	4,0	6,35	9,2	12,8
	δ , %	27,5	14,0	12,0	8,0	29,0	18,0	13,0	8,0
	G_T , кг/ч	6,8	6,9	7,0	6,7	6,7	6,8	6,7	6,8
	n , мин ⁻¹	3150	3100	3050	2950	3170	3140	3110	3050

Окончание таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	10,9	13,2	15,2	16,5	9,3	11,4	12,8	15,1
	$P_{T \max}$, кН	13,1	9,9	7,4	6,0	11,9	8,4	6,5	5,5
	v_p , км/ч	3,0	4,8	7,4	9,9	2,8	4,9	7,1	9,9
	δ , %	35	22,5	13,0	11,0	40	22,5	17,0	13,0
	G_T , кг/ч	5,9	5,8	5,75	5,9	5,8	5,9	5,75	5,8
	n , мин ⁻¹	2610	2560	2490	2430	2640	2570	2510	2490

Таблица 2

Тяговые показатели трактора Беларус-80.1

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах						Работа на поле, подготовленном под посев, на передачах					
		4	5	7p	6	8p	7	3	4	5	7p	6	8p
При $P_T = 0$	v_p , км/ч	9,6	11,4	12,3	13,2	14,6	16,2	4,75	9,5	11,3	12,2	13,1	14,5
	n , мин ⁻¹	2370	2367	2365	2360	2357	2360	2358	2355	2350	234,5	2340	2340
	G_T , кг/ч	6,0	6,2	6,3	6,4	6,6	6,8	6,4	6,5	6,7	6,9	7,0	7,1
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	22,8	24,6	25,1	25,6	25,4	24,7	17,5	22,6	22,7	24,9	23,6	22,7
	P_T , кН	10,6	9,7	9,0	8,1	7,2	6,3	9,6	10,0	9,1	8,5	7,6	6,6
	v_p , км/ч	7,75	9,15	10,1	11,5	12,7	14,2	6,55	8,15	9,0	10,6	11,2	12,5
	δ , %	11,0	10,5	9,5	8,0	7,0	6,5	12,0	11,0	10,0	9,0	8,5	7,5
	G_T , кг/ч	11,7	12,0	12,1	12,2	12,4	12,3	10,7	11,5	12,6	12,4	12,9	12,8
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	25,6	27,6	28,2	28,7	28,6	27,8	19,7	25,4	25,5	25,8	26,5	25,6
	P_T , кН	12,2	11,2	10,3	9,2	8,3	7,2	11,3	11,5	10,5	9,8	8,6	7,5
	v_p , км/ч	7,55	8,85	9,8	11,2	12,4	13,9	6,25	7,95	8,75	9,5	11,1	12,3
	δ , %	12,5	120	11,0	10,0	9,0	7,5	13,4	12,5	11,5	10,0	9,5	8,0
	G_T , кг/ч	12,4	12,7	13,0	13,0	13,1	12,8	11,2	12,3	13,8	13,4	13,3	13,2

Окончание таблицы 2

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах						Работа на поле, подготовленном под посев, на передачах					
		4	5	7p	6	8p	7	3	4	5	7p	6	8p
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	28,4	30,7	31,0	31,9	31,8	30,8	21,9	28,2	28,3	28,7	29,5	28,4
	P_{Tn} , кН	14,7	13,3	12,2	11,0	9,9	8,4	14,3	14,7	12,2	11,3	10,3	8,8
	v_{pn} , км/ч	6,95	8,3	9,15	10,4	11,6	13,2	5,5	6,9	8,35	9,15	10,3	11,6
	δ , %	23,0	22,0	19,5	15,5	13,0	11,0	26,5	25,0	23,0	21,0	17,0	14,5
	n , мин ⁻¹	2230	2220	2200	2190	2150	2140	2290	2270	2255	2230	2220	2200
	G_T , кг/ч	13,5	14,1	13,9	13,5	13,4	13,4	12,9	14,3	14,9	14,9	14,9	14,6
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	23,7	28,1	25,4	27,1	23,0	25,8	11,5	17,2	21,7	22,9	23,0	21,9
	$P_{T \max}$, кН	19,4	17,6	15,4	14,9	12,6	11,5	16,6	15,8	14,7	13,3	11,9	10,1
	v_p , км/ч	4,4	5,75	5,95	6,55	6,6	8,0	2,5	3,9	5,3	6,2	6,95	7,8
	δ , %	41,0	28,0	24,0	17,0	12,5	11,0	62,0	44,0	33,0	25,5	18,0	14,0
	n , мин ⁻¹	1850	1650	1500	1450	1380	1300	1980	1720	1650	1600	1510	1470
	G_T , кг/ч	13,0	11,2	11,0	11,4	11,0	10,7	14,8	12,2	11,7	10,4	11,3	10,6

133

Таблица 3

Тяговые показатели трактора Беларус-80.2

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах							Работа на поле, подготовленном, под посев, на передачах						
		2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	
При $P_T = 0$	v_p , км/ч	4,55	7,7	9,45	11,2	13,1	16,0	19,0	4,5	7,65	9,340	11,15	13,05	15,95	
	n , мин ⁻¹	2350	2345	2340	2335	2330	2325	2320	2345	2340	2335	2330	2325	2320	
	G_T , кг/ч	4,6	4,8	5,4	5,8	6,2	6,5	6,8	4,8	4,9	5,6	5,9	6,4	6,7	

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах							Работа на поле, подготовленном, под посев, на передачах						
		2	3	4	5	6	7	8	2	3	4	5	6	7	
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	14,7	23,3	25,7	26,7	27,0	27,0	24,8	12,9	20,9	22,9	23,7	23,3	23,2	
	P_T , кН	14,5	12,8	11,0	9,0	7,8	6,3	5,2	13,5	11,8	10,7	8,8	7,35	5,4	
	v_p , км/ч	3,65	6,6	8,4	10,7	12,5	15,4	17,1	3,45	6,35	7,7	9,7	11,4	15,5	
	δ , %	18,0	12,5	10,5	9,0	7,5	7,0	6,0	15,0	12,5	12,0	10,5	9,0	8,0	
	G_T , кг/ч	7,35	10,5	11,4	11,7	12,0	11,5	13,3	7,9	10,9	11,8	12,5	12,3	12,6	
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	16,6	26,2	28,9	30,0	30,4	30,4	27,9	14,5	23,5	25,8	26,7	26,2	26,0	
	P_T , кН	18,0	14,7	12,6	10,6	9,0	7,6	6,10	15,7	14,0	12,3	10,1	8,7	6,5	
	v_p , км/ч	3,3	6,4	8,25	10,2	12,1	14,4	16,5	3,3	6,05	7,55	9,5	10,8	14,5	
	δ , %	22,5	14,5	12,5	10,0	8,5	7,5	6,5	20,0	15,5	13,5	12,0	10,0	8,5	
	G_T , кг/ч	7,8	11,5	12,5	13,1	13,2	13,8	14,6	8,4	12,3	13,5	14,1	14,3	14,0	
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	18,4	29,1	32,1	33,3	33,8	33,8	31,0	16,1	26,1	28,6	29,6	29,1	28,9	
	$P_{Tн}$, кН	21,1	17,9	15,0	13,1	11,5	9,7	7,7	19,6	18,1	15,4	13,7	11,25	9,0	
	$v_{pн}$, км/ч	3,1	5,85	7,7	9,15	10,6	12,5	14,5	2,95	5,2	6,7	7,8	9,35	11,6	
	δ , %	29,5	20,5	14,5	12,5	10,5	9,5	7,5	35,0	28,5	19,5	15,5	12,5	10,5	
	G_T , кг/ч	9,3	13,6	14,5	14,1	14,1	13,1	12,8	9,4	14,8	14,3	13,8	13,5	13,0	
	n , мин ⁻¹	2300	2230	2220	2180	2120	2000	1920	2315	2210	2020	1920	1910	1890	
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	14,1	25,8	13,6	28,0	24,5	23,2	25,6	6,4	24,1	25,0	29,4	26,6	24,7	
	$P_{T \max}$, кН	24,2	22,0	19,6	15,3	13,8	11,6	8,4	25,5	21,8	18,6	15,8	13,2	10,0	
	v_p , км/ч	2,1	4,2	2,5	6,6	6,4	7,2	11,0	0,9	4,0	5,0	6,75	7,3	8,9	
	δ , %	57,0	33,0	25,0	14,8	13,1	10,9	8,0	74,0	46,0	30,0	20,0	14,0	11,0	
	n , мин ⁻¹	2330	1800	1120	1550	1300	1160	1400	2300	1780	1490	1370	1220	1280	
	G_T , кг/ч	10,0	12,2	9,0	10,9	9,7	10,0	10,4	10,8	13,4	11,7	11,4	10,8	10,3	

**Тяговые показатели тракторов Беларус-80.1/80.2
при работе на торфянике, подготовленном под посев**

Режим эксплуатации	Показатель	Беларус-80.1					Беларус-80.2				
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
При $P_T = 0$	v_p , км/ч	4,5	7,5	9,3	11,0	12,8	4,55	7,7	9,4	11,2	12,9
	n , мин ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G_T , кг/ч	5,5	6,4	7,3	7,8	8,4	5,2	6,0	6,8	7,0	7,6
При $N_T = 0,8N_{Tmax}$	N_T , кВт	6,4	10,0	12,9	13,5	12,3	8,8	12,4	17,4	17,5	16,2
	P_T , кН	6,6	6,8	6,0	5,0	3,9	8,3	8,2	7,6	6,0	4,9
	v_p , км/ч	3,5	5,3	7,8	9,8	11,4	3,9	5,4	8,25	10,5	11,9
	δ , %	17,0	14,0	11,0	9,0	5,5	9,0	8,5	7,0	5,5	3,0
	G_T , кг/ч	9,0	9,6	10,0	10,4	11,0	9,6	10,9	11,1	11,3	11,7
При $N_T = 0,9N_{Tmax}$	N_T , кВт	7,2	11,2	14,5	15,2	13,8	9,9	13,9	19,6	19,7	18,3
	P_T , кН	7,9	8,0	7,0	5,8	4,5	9,7	9,9	9,0	7,0	5,8
	v_p , км/ч	3,3	5,0	7,4	9,4	11,0	3,7	5,05	7,85	10,1	11,3
	δ , %	19,5	20,0	14,5	11,0	8,0	13,5	13,0	9,0	6,0	3,5
	G_T , кг/ч	9,7	10,9	11,0	11,4	12,1	10,8	12,2	12,4	12,7	13,2
При $N_T = N_{Tmax}$	N_{Tmax} , кВт	8,0	12,7	16,1	16,9	15,4	11,0	15,5	21,8	21,9	20,3
	$P_{Tн}$, кН	9,9	10,1	8,9	7,1	5,6	12,5	12,0	10,6	9,0	7,2
	$v_{pн}$, км/ч	2,9	4,6	6,5	8,6	9,9	3,5	4,65	7,4	8,75	10,1
	δ , %	29,0	27,0	23,0	17,0	10,0	24,0	22,0	13,0	10,0	6,0
	n , мин ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G_T , кг/ч	10,8	13,4	13,7	13,9	14,2	12,0	13,6	13,8	14,1	14,6

Режим эксплуатации	Показатель	Беларус-80.1					Беларус-80.2				
		2	3	4	5	6	2	3	4	5	6
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	5,9	8,9	11,9	14,4	13,2	9,6	13,6	16,1	19,2	18,4
	$P_{T \max}$, кН	12,1	12,7	12,1	9,0	6,7	15,0	14,8	14,7	11,8	8,3
	v_p , км/ч	1,75	2,5	3,55	5,8	7,1	2,3	3,3	3,95	5,85	7,95
	δ , %	55,0	60,0	55,0	26,0	12,0	48,0	42,0	41,0	20,0	8,0
	n , мин ⁻¹	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	G_T , кг/ч	12,5	12,3	12,4	12,7	12,8	13,8	13,6	13,1	13,4	13,5

Таблица 5

Тяговые показатели трактора Беларус-922

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		2п Iн	3р Iн	2р Iв	3п Iв	2п Iн	3р Iн	2р Iв	3п Iв
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	1990	1985	1980	1975	1980	1975	1970	1965
	v_p , км/ч	8,4	9,9	11,2	13,2	8,35	9,8	11,1	13,1
	G_T , кг/ч	5,6	5,8	6,0	6,2	5,8	6,0	6,2	6,4
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	27,6	29,4	29,6	29,0	23,1	25,0	26,6	26,3
	P_T , кН	13,6	12,1	10,6	8,45	12,6	10,6	9,7	7,7
	v_p , км/ч	7,3	8,7	10,2	12,3	6,6	8,45	9,8	12,3
	δ , %	13,0	12,0	10,0	8,0	16,0	12,5	11,0	9,0
	G_T , кг/ч	11,1	11,6	11,9	12,2	11,9	12,3	12,8	13,2
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	31,0	33,0	33,3	32,6	26,0	28,1	30,0	29,6
	P_T , кН	16,0	14,2	12,2	9,9	14,9	12,4	11,4	9,0
	v_p , км/ч	7,0	8,4	9,8	11,8	6,3	8,15	9,45	11,8
	δ , %	17,0	15,5	12,0	10,0	18,0	15,0	12,5	11,0
	G_T , кг/ч	12,2	11,4	10,4	13,4	12,8	13,0	13,4	13,9

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		2п Іп	3р Іп	2р Ів	3п Ів	2п Іп	3р Іп	2р Ів	3п Ів
При $N_T = N_{T \max}$	N_T , кВт	34,5	36,7	37,0	36,2	28,9	31,2	33,2	32,9
	$P_{Tн}$, кН	19,4	17,2	14,8	12,0	18,1	15,2	13,9	11,3
	$v_{рн}$, км/ч	6,4	7,7	9,0	10,9	5,75	7,4	8,6	10,5
	δ , %	19,5	16,0	13,0	10,0	26,5	19,0	16,0	12,0
	G_T , кг/ч	13,6	14,7	14,5	14,5	14,3	14,6	14,7	14,9
	n , мин ⁻¹	1860	1830	1815	1805	1840	1830	1810	1790
	При $P_{T \max}$	N_T , кВт	24,8	28,1	31,2	30,6	19,1	23,3	27,1
$P_{T \max}$, кН		22,3	19,8	17,0	13,8	20,8	17,5	16,0	13,0
v_p , км/ч		4,0	5,1	6,6	8,0	3,3	4,8	6,1	7,2
δ , %		33,0	26,0	16,0	13,0	43,0	30,0	22,0	17,0
G_T , кг/ч		11,6	12,4	12,6	12,8	12,4	12,6	12,8	13,0
n , мин ⁻¹		1410	1390	1385	1380	1390	1380	1370	1360

Таблица 6

Тяговые показатели трактора Беларус-1025

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		Ід 7п	Ід 8п	ІІд 10п	ІІд 11п	Ід 7п	Ід 8п	ІІд 10п	ІІд 11п
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	2300	2295	2290	2285	2290	2285	2280	2275
	v_p , км/ч	8,0	9,7	11,1	13,5	7,9	9,6	11,0	13,4
	G_T , кг/ч	6,7	6,9	7,1	7,3	6,9	7,2	7,4	7,6

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		Пд 7п	Пд 8п	Шд 10п	Шд 11п	Пд 7п	Пд 8п	Шд 10п	Шд 11п
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	33,0	37,4	37,0	25,6	28,0	30,4	30,2	28,1
	P_T , кН	19,4	15,4	13,1	10,2	15,0	12,8	10,6	7,8
	v_p , км/ч	6,2	8,8	10,2	12,65	6,7	8,6	10,3	13,1
	δ , %	12,5	10,0	7,5	6,0	13,5	11,0	8,0	6,0
	G_T , кг/ч	14,6	14,80	15,0	15,6	14,8	14,9	15,2	15,6
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	37,1	42,1	41,6	40,0	31,5	34,3	34,0	31,6
	P_T , кН	22,3	17,8	15,1	11,7	17,7	15,0	12,4	9,0
	v_p , км/ч	6,0	8,5	9,9	12,3	6,4	8,25	9,9	12,6
	δ , %	16,0	12,0	9,5	7,5	17,5	12,5	10,0	7,5
	G_T , кг/ч	16,0	16,2	16,6	16,8	16,2	16,4	16,8	17,0
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	41,2	46,8	46,2	44,5	35,0	38,1	37,8	35,1
	$P_{Tн}$, кН	26,0	20,8	17,7	13,7	21,0	17,8	14,7	10,7
	$v_{pн}$, км/ч	5,7	8,1	9,4	11,7	6,0	7,7	9,25	11,8
	δ , %	27,0	13,0	11,0	8,0	23,0	18,0	12,5	8,0
	G_T , кг/ч	17,5	17,8	17,6	17,9	18,1	18,0	17,9	17,8
	n , мин ⁻¹	2240	2200	2180	2160	2260	2210	2190	2170
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	32,4	38,7	39,7	39,1	22,0	31,9	33,0	30,1
	$P_{T \max}$, кН	29,9	24,0	20,4	15,8	24,0	20,5	17,0	12,3
	v_p , км/ч	3,9	5,8	7,0	8,9	3,3	5,6	7,0	9,0
	δ , %	35,0	20,0	15,0	10,0	45,0	23,0	15,0	10,0
	G_T , кг/ч	16,0	16,2	16,6	17,0	17,0	17,1	17,2	17,3
	n , мин ⁻¹	1720	1710	1700	1690	1740	1720	1705	1695

Таблица 7

Тяговые показатели трактора Беларус-1221 (шины 18,4 R 38)

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		Пд 7п	Пд 8п	Шд 10п	Шд 11п	Пд 7п	Пд 8п	Шд 10п	Шд 11п
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	2290	2285	2280	2275	2280	2270	2260	2250
	v_p , км/ч	8,5	10,4	11,6	14,2	8,45	10,3	11,5	14,1
	G_T , кг/ч	8,2	8,5	8,9	9,3	8,6	9,0	9,4	9,8
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	40,2	48,2	50,6	47,4	34,2	42,6	41,4	39,6
	P_T , кН	25,3	20,0	18,2	13,35	22,8	17,2	15,0	11,3
	v_p , км/ч	5,7	8,7	10,0	12,8	5,4	8,9	9,9	12,7
	δ , %	17,5	12,5	11,0	7,5	19,0	13,0	11,0	8,0
	G_T , кг/ч	18,8	19,1	19,5	20,1	19,6	19,4	20,0	20,6
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	45,2	54,2	56,9	53,4	38,4	48,0	46,5	44,6
	P_T , кН	29,5	23,4	21,4	15,6	26,6	20,2	17,6	13,0
	v_p , км/ч	5,5	8,35	9,6	12,3	5,2	8,55	9,5	12,3
	δ , %	22,0	15,0	13,0	8,5	25,0	17,0	13,0	10,0
	G_T , кг/ч	20,0	20,2	20,4	21,6	20,4	20,6	20,8	21,6
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	50,2	60,2	63,2	59,3	42,7	53,3	51,7	49,5
	$P_{Tн}$, кН	35,1	27,8	25,3	18,9	31,7	24,0	20,9	15,5
	$v_{pн}$, км/ч	5,15	7,8	9,0	11,5	4,85	8,0	8,9	11,5
	δ , %	35,0	20,0	17,0	12,0	40,0	19,0	17,0	12,0
	G_T , кг/ч	22,8	23,1	23,5	23,6	22,6	23,0	23,4	23,8
	n , мин ⁻¹	2140	2120	2100	2080	2180	2150	2110	2090

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		IIд 7п	IIд 8п	IIIд 10п	IIIд 11п	IIд 7п	IIд 8п	IIIд 10п	IIIд 11п
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	34,8	45,3	48,0	46,0	28,8	38,3	40,0	39,1
	$P_{T \max}$, кН	40,4	32,0	29,1	20,7	36,4	27,6	24,0	17,8
	v_p , км/ч	3,1	5,1	5,95	8,0	2,85	5,0	6,0	7,9
	δ , %	45,0	25,0	21,0	13,0	50,0	27,5	20,0	14,0
	G_T , кг/ч	21,4	21,8	22,3	22,7	21,6	22,0	22,4	22,8
	n , мин ⁻¹	1510	1490	1480	1470	1530	1510	1490	1480

Таблица 8

Тяговые показатели трактора Беларус-1522/1523

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		IIр 7п	IIр 8п	IIIр 11п	IVр 13п	IIр 7п	IIр 8п	IIIр 11п	IVр 13п
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	2280	2275	2270	2265	2270	2265	2260	2255
	v_p , км/ч	7,9	10,7	11,9	13,4	7,8	10,6	11,8	13,3
	G_T , кг/ч	9,8	10,4	10,8	11,0	10,9	11,3	11,8	12,2
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	59,8	65,9	64,4	63,7	48,7	58,6	58,1	54,0
	P_T , кН	31,8	24,8	21,7	18,6	27,2	22,5	19,4	15,9
	v_p , км/ч	6,8	9,6	10,7	12,3	6,45	9,4	10,8	12,2
	δ , %	7,5	6,0	4,0	3,0	11,0	7,5	6,0	4,5
	G_T , кг/ч	21,6	19,4	17,8	22,5	22,2	22,6	23,1	23,6
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	67,2	74,2	72,5	71,6	54,8	65,9	65,4	60,8
	P_T , кН	37,3	29,1	25,4	22,2	31,9	26,4	22,7	18,5
	v_p , км/ч	6,5	9,2	10,3	11,6	6,2	9,0	10,4	11,8
	δ , %	11,0	7,5	6,0	4,5	20,0	10,0	7,5	6,0
	G_T , кг/ч	24,0	19,8	19,2	25,1	24,8	24,7	25,0	25,4

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		Пр 7п	Пр 8п	Шр 11п	IVр 13п	Пр 7п	Пр 8п	Шр 11п	IVр 13п
При $N_T = N_{T \max}$	N_T , кВт	74,7	82,4	80,5	79,6	60,9	73,2	72,7	67,5
	$P_{Tн}$, кН	44,1	34,5	30,2	26,4	37,5	31,0	26,7	21,9
	$v_{рн}$, км/ч	6,1	8,6	9,6	11,0	5,85	8,5	9,8	11,1
	δ , %	18,0	14,0	11,5	8,0	22,5	15,0	10,0	8,0
	G_T , кг/ч	26,8	27,6	28,1	27,9	27,1	27,4	27,6	28,0
	n , мин ⁻¹	2140	2120	2060	2020	2160	2130	2080	2040
	При $P_{T \max}$	N_T , кВт	43,7	58,4	62,6	59,0	34,7	51,6	49,6
$P_{T \max}$, кН		50,7	39,7	34,7	30,4	43,1	35,7	30,8	25,2
v_p , км/ч		3,1	5,3	6,5	7,0	2,9	5,2	5,8	7,0
δ , %		35,0	16,0	13,5	10,0	40,0	20,0	18,0	10,0
G_T , кг/ч		23,7	24,2	24,8	25,1	25,2	25,6	25,2	26,0
n , мин ⁻¹		1360	1340	1320	1310	1410	1380	1360	1330

Таблица 9

Тяговые показатели трактора Беларус-2022

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		Пр 10п	Пр 11п	Пр 12п	IVр 14п	Пр 10п	Пр 11п	Пр 12п	IVр 14п
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	2290	2285	2280	2275	2270	2265	2260	2255
	v_p , км/ч	8,4	10,8	13,9	14,8	8,3	10,7	13,8	14,7
	G_T , кг/ч	12,8	13,1	13,3	13,5	13,0	13,4	13,6	13,8

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах				Работа на поле, подготовленном под посев			
		Пр 10п	Пр 11п	Пр 12п	IVр 14п	Пр 10п	Пр 11п	Пр 12п	IVр 14п
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	64,8	74,6	83,2	80,3	53,9	63,4	70,1	63,8
	P_T , кН	32,4	26,3	22,5	20,1	29,9	24,7	19,9	16,4
	v_p , км/ч	7,35	10,2	13,35	14,4	6,5	9,25	12,7	14,0
	δ , %	8,0	6,0	5,0	3,5	12,5	8,0	6,0	5,0
	G_T , кг/ч	29,5	30,5	31,9	31,3	30,5	30,7	30,9	31,4
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	72,9	84,0	93,6	90,4	60,7	71,4	78,8	71,7
	P_T , кН	37,6	30,9	26,4	23,4	34,9	28,9	23,3	19,1
	v_p , км/ч	7,0	9,8	12,8	13,9	6,25	8,9	12,2	13,5
	δ , %	11,0	7,5	6,0	5,0	18,0	12,5	8,0	6,0
	G_T , кг/ч	34,0	34,2	34,6	35,0	35,2	35,4	36,1	36,5
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	81,0	93,3	104,0	100,4	67,4	79,3	87,6	79,7
	$P_{Tн}$, кН	44,2	36,5	31,2	27,8	41,1	34,0	27,3	22,6
	$v_{pн}$, км/ч	6,6	9,2	12,0	13,0	5,9	8,4	11,55	12,7
	δ , %	18,0	10,0	8,0	6,0	26,0	17,0	11,0	7,5
	G_T , кг/ч	36,5	37,0	37,4	37,6	37,0	37,2	37,4	37,8
	n , мин ⁻¹	2190	2170	2145	2120	2175	2155	2130	2110
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	55,0	65,2	74,8	71,9	44,6	55,4	63,7	57,6
	$P_{T \max}$, кН	50,8	41,9	35,9	31,2	47,2	39,1	31,4	25,6
	v_p , км/ч	3,9	5,6	7,5	8,3	3,4	5,1	7,3	8,1
	δ , %	25,0	16,0	11,0	8,0	36,0	24,0	14,0	10,0
	G_T , кг/ч	28,7	29,4	31,3	32,5	29,4	31,6	32,7	33,4
	n , мин ⁻¹	1420	1410	1390	1380	1440	1420	1400	1380

Тяговые показатели трактора Беларус-2522

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах					Работа на поле, подготовленном под посев				
		2д 9п	2д 10п	3д 15п	2д 11п	3д 16п	2д 9п	2д 10п	3д 15п	2д 11п	3д 16п
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	2280	2275	2270	2265	2260	2275	2270	2265	2260	2255
	v_p , км/ч	8,35	10,1	11,1	12,3	13,45	8,3	10,0	11,0	12,2	13,3
	G_T , кг/ч	12,8	13,1	13,4	13,6	14,0	13,1	13,9	14,1	14,3	14,5
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	86,1	98,6	102,1	100,4	99,6	76,6	87,2	91,2	78,4	75,8
	P_T , кН	42,2	38,6	36,5	31,1	28,5	39,5	35,0	32,6	23,8	22,0
	v_p , км/ч	7,35	9,2	10,1	11,7	12,6	7,0	8,95	10,1	11,8	12,4
	δ , %	12,0	10,0	8,0	7,0	6,0	13,0	11,0	10,0	7,0	6,0
	G_T , кг/ч	33,4	31,5	30,0	28,0	35,8	35,0	35,1	35,5	36,1	36,4
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	96,8	111,0	114,8	113,0	112,0	86,1	98,1	102,6	88,2	85,2
	P_T , кН	50,6	45,9	43,0	36,9	33,9	46,3	41,6	38,6	28,1	25,4
	v_p , км/ч	6,9	8,7	9,6	11,0	11,9	6,7	8,5	9,6	11,3	12,1
	δ , %	15,0	12,5	11,0	9,0	7,5	17,0	13,0	11,5	8,0	7,0
	G_T , кг/ч	39,0	35,0	33,8	30,8	41,5	39,5	39,6	39,8	40,0	40,5
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	107,6	123,3	127,6	125,5	124,5	95,7	109,0	114,0	98,0	94,7
	$P_{T \max}$, кН	61,5	56,2	52,8	45,2	41,5	55,6	49,7	46,1	33,6	28,9
	$v_{p \max}$, км/ч	6,3	7,9	8,7	10,0	10,8	6,2	7,9	8,9	10,5	11,8
	δ , %	20,0	17,0	16,0	13,0	11,0	22,0	17,0	15,0	8,0	6,5
	G_T , кг/ч	43,8	43,1	43,0	43,2	43,4	44,1	43,9	43,7	43,5	44,0
	n , мин ⁻¹	2150	2140	2120	2105	2100	2170	2150	2130	2110	2105

Окончание таблицы 10

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах					Работа на поле, подготовленном под посев				
		2д 9п	2д 10п	3д 15п	2д 11п	3д 16п	2д 9п	2д 10п	3д 15п	2д 11п	3д 16п
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	72,7	87,9	94,4	92,4	90,8	65,7	84,2	85,3	72,9	70,0
	$P_{T \max}$, кН	70,7	64,6	60,7	52,0	46,7	63,9	57,2	53,0	38,6	33,2
	v_p , км/ч	3,7	4,9	5,6	6,4	7,0	3,7	5,3	5,8	6,8	7,5
	δ , %	31,0	22,0	20,0	17,0	13,0	33,0	20,0	18,0	12,0	10,0
	G_T , кг/ч	40,8	41,6	41,8	42,1	42,4	41,4	41,8	42,0	42,2	43,0
	n , мин ⁻¹	1460	1440	1420	1410	1390	1520	1500	1440	1420	1400

Таблица 11

Тяговые показатели трактора Беларус-3022

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах						Работа на поле, подготовленном под посев							
		7п 2д	8п 2д	9п 2д	10п 2д	15п 3д	11п 2д	16п 3д	7п 2д	8п 2д	9п 2д	10п 2д	15п 3д	11п 2д	16п 3д
При $P_T = 0$	n , мин ⁻¹	2295	2290	2285	2280	2275	2270	2260	2280	2265	2260	2250	2245	2235	2220
	v_p , км/ч	5,6	6,8	8,4	10,2	11,2	12,4	13,5	5,55	6,7	8,3	10,0	11,0	12,2	13,2
	G_T , кг/ч	13,0	13,1	13,5	14,2	14,4	14,8	15,0	13,3	13,5	13,8	14,8	14,9	15,0	15,3
При $N_T = 0,8N_{T \max}$	N_T , кВт	57,4	69,9	86,6	99,2	105,3	104,5	103,6	51,5	62,2	77,8	87,0	92,8	79,6	76,3
	P_T , кН	51,7	47,5	44,8	41,3	38,6	32,9	30,5	47,7	44,4	40,9	36,6	34,3	25,0	21,4
	v_p , км/ч	4,0	5,3	6,9	8,7	9,8	11,4	12,3	3,9	5,2	6,85	8,55	9,75	11,45	12,8
	δ , %	17,0	15,0	14,0	11,0	9,0	7,5	7,0	18,0	15,0	13,0	12,0	11,0	10,0	8,0
	G_T , кг/ч	36,5	36,8	37,0	37,2	37,3	37,4	37,6	37,4	37,7	37,8	38,1	38,4	39,2	40,2

Режим эксплуатации	Показатель	Работа на стерне на передачах						Работа на поле, подготовленном под посев							
		7п 2д	8п 2д	9п 2д	10п 2д	15п 3д	11п 2д	16п 3д	7п 2д	8п 2д	9п 2д	10п 2д	15п 3д	11п 2д	16п 3д
При $N_T = 0,9N_{T \max}$	N_T , кВт	64,5	78,7	97,4	111,6	118,4	117,4	116,6	58,0	70,0	87,6	97,9	104,4	89,5	85,9
	$P_{Tн}$, кН	61,4	57,0	54,1	48,5	45,9	39,1	36,2	56,3	50,3	49,2	43,5	40,5	29,5	25,3
	v_p , км/ч	3,8	5,0	6,5	8,3	9,3	10,8	11,6	3,7	5,0	6,4	8,1	9,3	10,9	12,2
	δ , %	22,0	18,0	16,5	15,0	13,0	10,0	9,0	23,0	18,0	17,0	15,0	13,0	11,0	9,0
	G_T , кг/ч	40,5	40,7	40,8	40,9	41,1	41,3	41,6	41,4	41,6	41,8	42,3	42,4	42,6	42,8
При $N_T = N_{T \max}$	$N_{T \max}$, кВт	71,7	87,4	108,2	124,0	131,6	130,6	129,5	64,4	77,8	97,3	108,7	116,0	99,5	95,4
	$P_{Tн}$, кН	73,8	69,1	64,6	59,1	55,4	47,5	43,6	65,4	61,3	58,4	52,2	48,4	35,3	30,4
	$v_{pн}$, км/ч	3,5	4,55	6,0	7,55	8,5	9,9	10,7	3,5	4,6	6,0	7,5	8,6	10,1	11,3
	δ , %	32,5	27,5	22,5	19,5	17,0	13,5	10,5	33,0	28,5	23,0	20,0	17,5	11,5	9,0
	G_T , кг/ч	44,0	44,1	44,2	44,3	44,1	44,2	44,0	44,0	46,5	47,0	46,0	47,0	46,5	46,0
	n , мин ⁻¹	2120	2115	2110	2105	2100	2095	2090	2160	2150	2140	2130	2120	2100	2090
При $P_{T \max}$	N_T , кВт	58,7	70,5	86,7	102,0	108,8	109,2	111,3	56,4	65,6	76,5	90,0	95,8	85,7	79,7
	$P_{T \max}$, кН	82,3	79,4	74,3	68,0	63,7	54,6	50,1	75,2	70,5	67,2	60,0	55,6	40,6	35,0
	v_p , км/ч	2,6	3,2	9,2	5,4	6,15	7,2	8,0	2,7	3,35	4,1	5,4	6,2	7,6	8,2
	δ , %	43,0	40,0	32,5	27,5	22,5	17,5	15,0	40,0	35,0	32,5	25,0	21,5	12,7	11,0
	G_T , кг/ч	39,0	38,5	36,2	36,0	35,8	35,3	35,1	37,4	37,2	37,0	36,5	36,1	36,0	35,8
	n , мин ⁻¹	1690	1630	1540	1510	1480	1470	1460	1690	1620	1540	1510	1490	1480	1470

ПРИЛОЖЕНИЕ 10

Рекомендуемая скорость движения МТА на основных работах

Вид работ	Значения скорости	
	км/ч	м/с
Вспашка	4,5- 12	1,3- 3,3
Лушение: – дисковыми луцильниками; – лемешными орудиями	8- 12 6- 12	2,2- 3,3 1,7- 3,3
Дискование	6- 12	1,7- 3,3
Боронование: – зубовыми боронами; – всходов зерновых культур зубовыми боронами; – всходов сетчатыми боронами	5- 12 6- 10 3,6- 8	1,4- 3,3 1,7- 2,8 1,0- 2,2
Шлейфование	5- 7	1,4- 1,9
Культивация: – подрезающими лапами; – пружинными лапами	6- 12 6- 7	1,7- 3,3 1,7- 1,9
Обработка почвы: – штанговыми культиваторами; – комбинированными агрегатами	5- 11 4,5- 8	1,4- 3,1 1,3- 2,2
Прикатывание почвы	6- 12	1,7- 3,3
Внесение твердых органических удобрений	6- 12	1,7- 3,3
Внесение жидких органических удобрений	6- 10	1,7- 2,8
Внесение минеральных удобрений: – туковыми сеялками; – разбрасывателями	6- 12 8- 12	1,7- 3,3 2,2- 3,3
Посев: – зерновых культур; – кукурузы; – сахарной свеклы	7- 12 5- 12 6- 8	1,9- 3,3 1,4- 3,3 1,7- 2,2
Посадка картофеля	6- 9	1,7- 2,5
Междурядная обработка культур	6- 10	1,7- 2,8
Шаровка, вдольрядное прореживание и букетирование сахарной свеклы	5- 9	1,4- 2,5

Вид работ	Значения скорости	
	км/ч	м/с
Рыхление междурядий свеклы	6- 10	1,7- 2,8
Окучивание картофеля	5- 9	1,4- 2,5
Кошение трав на сено	6- 12	1,7- 3,3
Уборка трав косилками-измельчителями	6- 8	1,7- 2,2
Уборка зерновых в валки:		
– рядовыми жатками;	6- 12	1,7- 3,3
– комбайнами	6- 8	1,7- 2,2
Подбор валков комбайнами	4,5- 8	1,3- 2,2
Прямое комбайнирование	3- 8	0,8- 2,2
Уборка:		
– силосных культур;	5- 12	1,4- 3,3
– сахарной свеклы комбайнами;	3- 9	0,8- 2,5
– картофеля копателями;	2- 8	0,6- 2,2
– картофеля комбайнами	1- 5	0,3- 1,4
Теребление льна	5- 10	1,4- 2,8

Зависимости для определения коэффициента φ и ширины загона C

Способ движения	Коэффициент рабочих ходов	Ширина загона, м
Челночный	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 6R_0 + 2e}$	—
Всвал	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + \frac{4R_0}{C(2R_0 - b_p)} + R_0 + 2e}$	$C_{\min} = \sqrt{2(L_p b_p + 8R_0^2)}$
Вразвал	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + R_0 \frac{\alpha}{C} + \frac{4b_p \delta}{C} + b_p + 2e}$	
Комбинированный	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + R_0 + 2e}$	$C_{\min} = 8R_0$
Диагонально-перекрестный	$\varphi = \frac{L_p C}{L_p C + 6R_0 b_p}$	$C_{\min} = (0,75 - 1,0)L$
Двухзагонный	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + 3R_0 + 2 \frac{\alpha}{C} e - \frac{R_0^2 \delta}{C}}$	$C_{\min} = \sqrt{2(L_p b_p - 2R_0^2)}$

Способ движения	Коэффициент рабочих ходов	Ширина загона, м
Четырехзагонный (уборка сахарной свеклы и картофеля)	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + 1,14R_0 + 2e}$	Для двухрядных машин: $C_{\text{опт}} = 144$ рядка при $m = 45$ см – для свеклы; $C_{\text{опт}} = 64$ рядка при $m = 70$ см – для картофеля
С перекрытием, с расширением прокосов	$\varphi = \frac{L_p}{L_p + 0,5C + 1,14R_0 + 2e}$	$C_{\text{min}} = \sqrt{3L_p b_p}$
Круговой: – для симметричных агрегатов; – для несимметричных агрегатов	$\varphi = \frac{LC}{L(C + 0,5b_p) + (6R_0 + 2e)(2R_0 - b_p)}$ $\varphi = \frac{LC}{L(C + 0,5b_p) + \pi(0,5b_p + \alpha^*)(C - 2R_0) + (6R_0 + 2e)(2R_0 - b_p)}$	$C_{\text{min}} = \frac{L}{5-8}$

* Значение α – расстояние от продольной оси агрегата до крайней точки по ширине захвата.

ПРИЛОЖЕНИЕ 12

Значения радиуса поворота R_0 в зависимости от ширины захвата агрегата b и коэффициента увеличения радиуса – от скорости движения v_p

Агрегаты	Радиус поворота R_0 при скорости движения 5 км/ч		Коэффициент увеличения радиуса при скорости движения v_p , км/ч					
			7		8		9	
	навесных	прицепных	навесных	прицепных	навесных	прицепных	навесных	прицепных
Пахотные	3	4,5	1,05	1,15	1,20	1,42	1,35	1,60
Культиваторные (для сплошной обработки) и бороновальные	$0,9b$	$(1-1,5)b$	1,06	1,25	1,32	1,55	1,46	1,75
Посевные: – одно- и двух-сеялочные; – трех- и пяти-сеялочные	$1,1b$	$1,6b$	1,08	1,32	1,41	1,57	1,58	1,80
	$0,9b$	$(1,1-1,3)b$	1,08	1,32	1,41	1,57	1,58	1,80
Пропашные (культиваторные)	$0,8b$	$(1,1-1,2)b$	1,06	1,35	1,34	1,68	1,48	1,85
Жатвенные	$0,9b$	$(1,2-1,4)b$	1,09	1,30	1,46	1,62	1,52	1,82

Значения кинематической длины L_T тракторов

Марка трактора	Тип навесного устройства трактора	Значение L_T , м	Типы машин, агрегируемых с трактором с данным типом навесного устройства
Беларус-2522	Заднее навесное устройство НУ-3	1,34	Навесные плуги, культиваторы, сеялки, фрезы, полунавесные плуги, агрегаты почвообрабатывающие, сеялки, картофелеуборочные комбайны
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-2В (вилка)	0,825	Полуприцепы, машины для внесения удобрений, дисковые бороны, почвообрабатывающие агрегаты, луцильники, сцепки борон, культиваторов, сеялок
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-3К (крюк)	1,065	Прицепы двухосные автомобильного типа, косилки, пресс-подборщики, ботвоуборочные машины, полуприцепы различного назначения с петлей на дышле (снице)
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-1М-01 (тяговый брус)	1,165	Полуприцепные и прицепные машины, требующие привода от ВОМ
Беларус-1523	Заднее навесное устройство НУ-3	1,10	Навесные плуги, культиваторы, сеялки, фрезы, полунавесные плуги, агрегаты почвообрабатывающие, сеялки, картофелеуборочные комбайны
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-1 (поперечина одинарная)	1,10	Машины полунавесные: сеялки, картофелесажалки, картофелеуборочные комбайны, машины для уборки овощей. Машины полуприцепные: косилки, пресс-подборщики, ботвоуборочные машины

Марка трактора	Тип навесного устройства трактора	Значение l_t , м	Типы машин, агрегируемых с трактором с данным типом навесного устройства
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-1М-01 (тяговый брус)	<u>0,827</u> 0,927	Машины полуприцепные и прицепные
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-2Р («Питон»)	0,543	Машины полуприцепные: полуприцепные машины для внесения удобрений. Машины прицепные: дисковые бороны, почвообрабатывающие агрегаты, луцильники, сцепки борон, культиваторов, сеялок
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-3В (лифтовое)	0,752	Прицепы двухосные автомобильного типа, косилки, пресс-подборщики, ботвоуборочные машины, полуприцепы различного назначения с петлей на дышле (снице)
Беларус-1221, Беларус-1025	Заднее навесное устройство НУ-2	1,025	Машины навесные: плуги, культиваторы, сеялки, фрезы. Машины полунавесные: плуги, агрегаты, почвообрабатывающие сеялки, картофелеуборочные комбайны
	Тягово-сцепное устройство (поперечина) ТСУ-1	1,025	Машины полунавесные: сеялки, картофелесажалки, картофелеуборочные комбайны, машины для уборки овощей. Машины полуприцепные: косилки, пресс-подборщики, ботвоуборочные машины
	Тягово-сцепное устройство (вилка) ТСУ-2	<u>0,590</u> 0,540	Машины полуприцепные: полуприцепные машины для внесения удобрений.

Марка трактора	Тип навесного устройства трактора	Значение $l_т$, м	Типы машин, агрегируемых с трактором с данным типом навесного устройства
			Машины прицепные: дисковые бороны, почвообрабатывающие агрегаты, луцильники, сцепки борон, культиваторов, сеялок
	Тягово-сцепное устройство ТСУ-1М-01 (тяговый брус)	<u>0,820</u> 0,920	Машины полуприцепные: полуприцепные машины для внесения удобрений, дисковые бороны, почвообрабатывающие агрегаты, луцильники, сцепки борон, культиваторов, сеялок. Машины прицепные: прицепы двухосные автомобильного типа, косилки, пресс-подборщики, ботвоуборочные машины, полуприцепы различного назначения с петлей на дышле (снице)
Беларус-80.1, Беларус-80.2	Заднее навесное устройство НУ	1,2	Машины навесные: плуги, сеялки, культиваторы. Машины полунавесные: картофелеуборочные комбайны, корнеуборочные машины, льнокомбайны, льнотеребилки
	Тягово-сцепное устройство (поперечина) ТСУ-1-Ж	0,82	Машины прицепные: кукурузоуборочные, силосоуборочные комбайны, пресс-подборщики, зерновые сеялки, паровые культиваторы
	Тягово-сцепное устройство (гидрокрюк) ТСУ-2	0,57	Одноосные транспортные прицепы, разбрасыватели минеральных и органических удобрений
	Тягово-сцепное устройство (буксирный крюк) ТСУ-3-К	–	Двухосные транспортные прицепы

ПРИЛОЖЕНИЕ 14

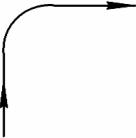
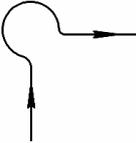
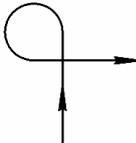
**Значения кинематической длины
сцепок $l_{сн}$ и сельскохозяйственных машин l_m**

Марка машины или сцепки	Зна- чение	Марка машины или сцепки	Зна- чение
Сцепки:		Пресс рулонный:	
– СП-11У;	6,8	– ПР-Ф-180;	2,2
– СП-15;	7,2	– ПРЛ-150	2,6
– СП-16;	6,4	Энергосредство УЭС-350:	
– СП-21	2,0	– с измельчителем;	–2,3
Плуги:		– с жаткой для трав;	–2,8
– ППО-5-40;	8,0	– с жаткой для высоко- стебельных культур	–3,3
– ПЛП-6-35;	6,1	Разбрасыватели органических удобрений:	
– ПЛП-5-35;	4,3	– МЖТ-16 (МЖТ-11);	8,0
– ПЛП-4-35;	3,6	– ПРТ-16;	8,6
– ПЛП-3-35;	2,6	– МТТ-3;	5,3
– ПЛП-7-35;	6,6	– ПРТ-7А;	6,1
– ПКМ-5-40 Р;	6,9	– ПРТ-11	7,1
– ПКМ-6-40 Р	7,9	Картофелеуборочные комбайны:	
Бороны дисковые:		– «Полесье РТ-22»;	2,2
– БНД-1,8;	3,0	– Л-605 (Л-606)	2,4
– БДТ-3,0;	4,5	Подборщик-погрузчик корнеплодов ППК-6	6,0
– БДТ-7,0	5,4	Комбайн свеклоуборочный навесной КСН-6	3,4
Культиваторы:		Опрыскиватели ОТМ 2-3:	
– Л-802-02 (Л-802);	1,5	– при ширине захвата 12 м;	5,2
– КПП-4,0, КПС-4;	4,6*	– при ширине захвата 18 м	5,4
– КПН-4;	1,6	Сеялки:	
– КМС-5,4-01;	1,7	– СПУ-6ЛЦ;	2,0
– ОКГ-4;	2,4	– СПУ-4ЛЦ;	2,5
– АК-2,8	2,4	– СТВ-12 «Полесье»;	1,3
Агрегат почво- обрабатывающий АПО-3	4,5	– СПУ-3 (СПУ-4);	2,0
Косилки:		– СПУ-6 (СПУ-6Л)	7,0
– КП-310;	6,5		
– КПП-3,1;	3,7		
– КФР-4,2	2,5		

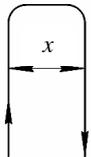
Марка машины или сцепки	Зна- чение	Марка машины или сцепки	Зна- чение
Грабли- ворошилки: – ГВР-630; – Л-503; – ГВР-320/420; – ГВЦ-3,0	4,5	Картофелесажалки: – Л-201 (ЛЮ202);	1,0
		– Л-205	0,9
	3,0	Машины для внесения минеральных удобрений	5,4
		МТТ-4Ш (МТТ-4У)	

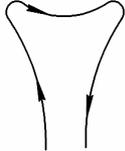
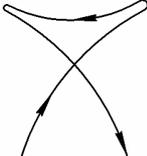
* Прицепной вариант.

Длина холостого хода агрегата и ширина поворотной полосы

Поворот на 90°	Беспетлевой	Петлевой с открытой петлей	Петлевой с закрытой петлей
Схема			
Длина холостого хода l_x	$(1,6-1,8)R_o + 2e$	$(6,0-8,5)R_o + 2e$	$(5,0-6,5)R_o + 2e$
Ширина поворотной полосы E_{\min}	$1,1R_o + 0,5d_k + e$	$2,8R_o + 0,5d_k + e$	$2R_o + 0,5d_k + e$

Продолжение приложения 15

Поворот на 180°	Беспетлевой дуговой	Беспетлевой с прямолинейным участком	Петлевой грушевидный
Схема			
Длина холостого хода l_x	$(3,2-4,0)R_o + 2e$	$(1,4-2,0)R_o + x + 2e$	$(6,6-8,0)R_o + 2e$
Ширина поворотной полосы E_{\min}	$1,1R_o + 0,5d_k + e$	$1,1R_o + 0,5d_k + e$	$2,8R_o + 0,5d_k + e$

Поворот на 180°	Петлевой восьмеркообразный	Грибковидный с открытой петлей	Грибковидный с закрытой петлей
Схема			
Длина холостого хода l_x	$(8,0-9,0)R_o + 2e$	$(4,1-5,0)R_o + 2e$	$(5,0-5,5)R_o + 2e$
Ширина поворотной полосы E_{\min}	$3R_o + 0,5d_k + e$	$1,1R_o + 0,5d_k + e$	$1,1R_o + 0,5d_k + e$

ПРИЛОЖЕНИЕ 16

**Трудоёмкость технического обслуживания
и текущего ремонта сельскохозяйственных машин***

Наименование сельскохозяйственной машины	Суммарная трудоёмкость ежесменного техниче- ского обслуживания, ч	Суммарная годовая трудоёмкость, ч	
		номерного технического обслуживания	текущего ремонта
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Плуги	0,12–0,25	–	17–50
Плуги-луцильники	0,10–0,20	–	20–29
Глубокорыхлители	0,18–0,25	–	10–45
Дисковые луцильники	0,10–0,25	–	17–81
Бороны дисковые	0,10–0,25	–	12–67
Бороны зубовые	–	–	4
Бороны игольчатые	0,22	–	39
Катки	0,10	–	20
Сцепки	0,10	–	11–34
Культиваторы	0,10–0,50	–	7–64
Сеялки:			
– зерновые;	0,15	–	43–83
– зернольняные;	0,30	–	45
– свекловичные;	0,25	–	56–69
– кукурузные;	0,25–0,40	–	26–57
– овощные	0,15–0,20	–	13–37
Рассадопосадочные машины	0,40	–	58
Картофелесажалки	0,30	–	98
Опрыскиватели	0,30	4,2	26–38
Протравливатели	0,18	1,8	50–56
Опыливатели	0,18	3,0	18
Косилки	0,10	–	10–22
Косилки-измельчители	0,14	–	38
Косилки-плющилки	0,20	1,5	35
Грабли тракторные	0,13	–	30
Волокуши	0,06	–	15
Погрузчики- стогометатели	0,14	1,0	23

<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>
Пресс-подборщики	0,65	2,0	45–60
Жатки	0,20	0,55	60
Копновозы	0,10	–	32
Подборщики-копнител и	0,32	–	42
Стоговозы	0,15	0,4	55
Льномолотилки	0,30	–	58
Машины первичной очистки зерна	0,32	–	48
Машины вторичной очистки зерна	0,23	–	60
Бункеры вентилируемые	0,15	–	55
Сушилки	2,40	7,5	58–62
Зернопогрузчики передвижные	0,14	–	2,7
Льномолотилки	0,30	–	58
Льнотеребилки	0,30	–	24
Коноплемялки	0,30	–	40
Молотилки для обмолота куку- рузных початков	0,30	–	24
Горки семячисти- тельные	0,10	–	32
Буртоукрывщики	0,10	–	8
Зерноочистительные машины	0,23	–	62
Картофелекопатели	0,20–0,30	–	12–70
Картофелесортиро- вальные пункты	0,56	–	60
Транспортеры- загрузчики	0,30	–	64

* Для учебных целей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 17

Трудоемкость технического обслуживания и текущего ремонта комбайнов и других сложных уборочных машин*

Типы комбайнов	Суммарная трудоемкость технического обслуживания, ч			Суммарная годовая трудоемкость текущего ремонта, ч	
	ЕТО	ТО-1	ТО-2	для РРОП	для СХП
Зерноуборочные комбайны	0,7–0,8	5,1–5,2	6,0–6,6	106–125	150–165
Кормоуборочные комбайны	0,5	2,7	7,2	32–162	40–200
Картофелеуборочные комбайны	0,5	3,6	–	55	69
Свеклоуборочные комбайны	0,5–0,6	3,6	7,2	67–90	112–200
Льноуборочные комбайны	0,5	2,7	–	37	46
Самоходные косилки	0,3	3,6	7,2	99–139	124–173

* Для учебных целей.

ПРИЛОЖЕНИЕ 18

Трудоемкость технического обслуживания тракторов

Тракторы		Номинальная мощность двигателя N_{en} , кВт	Трудоемкость одного технического обслуживания, ч				
Тяговый класс по ГОСТ 27021	Тип		ЕТО	ТО-1	ТО-2	ТО-3	СТО
1	2	3	4	5	6	7	8
5	Колесный	184–221	0,6	2,2	11,6 (10,3)	25,2 (21,8)	18,3 (16,1)
3	Гусеничный	58–66	0,5	$\frac{2,5}{3,0}$	$\frac{6,2}{7,4}$	20,7	11,3
		66–90	0,5	2,7	6,4	21,4	17,1
		90–110	0,5	$\frac{1,7}{2,0}$	$\frac{5,6}{6,8}$	29,1	16,3
		110–156	0,5	$\frac{2,1}{2,5}$	$\frac{7,5}{(6,3)}$ 8,9 (7,5)	46,5 (25,0)	5,8 (5,1)
	Колесный	114–156	0,2	$\frac{1,9}{2,3}$	$\frac{6,8}{(5,7)}$ 8,1 (6,8)	42,3 (23,0)	5,3 (4,6)
2	Гусеничный	40–55	0,2	2,3	6,9	14,0	6,8
	Колесный	88–96	0,4	$\frac{2,7}{3,2}$	$\frac{6,9}{(4,3)}$ 8,3 (5,2)	19,8 (11,2)	3,5 (3,1)
1,4	Колесный	41–58	0,4	$\frac{2,2}{2,5}$	$\frac{5,9}{7,3}$	26,1	14,9
		58–79	0,4	$\frac{2,7}{3,2}$	$\frac{6,9}{(4,3)}$ 8,3 (5,2)	19,8 (11,2)	3,5 (3,1)

1	2	3	4	5	6	7	8
0,9	Колес- ный	35–40	0,4	$\frac{2,2}{2,5}$	$\frac{5,9}{7,3}$	26,1	14,9
0,6	Колес- ный	18–24	0,5	$\frac{2,1}{2,4}$	$\frac{2,8}{3,8}$	10,8	0,9
		24–35	0,5	$\frac{0,9}{1,1}$	$\frac{2,7}{3,2}$	7,7	1,8

Примечания:

1. Значения, указанные в знаменателе, соответствуют трудоемкости обслуживания с увеличенной периодичностью (ТО-1 – 125, ТО-2 – 500, ТО-3 – 1000 мото-часов).

2. Значения, указанные в скобках, соответствуют трудоемкости обслуживания на типовых СТот с использованием механизированных средств ТО.

3. Трудоемкость СТО включает СТО-ВЛ и СТО-ОЗ.

ПРИЛОЖЕНИЕ 19

Нормы времени простоя автомобилей-самосвалов при погрузке и разгрузке на 1 т груза, мин

Грузо-подъемность, т	Вид груза							
	Сельскохозяйственные грузы (картофель, свекла, навоз, удобрения и т. д.)	Строительные и другие грузы, легко отделяющиеся от кузова (песок, земля, щебень, гравий и т. п.)		Вязкие и полувязкие грузы (глина, сырая порода, а также частично смерзшийся и слежавшийся груз)		Растворы, строительные массы (бетон, цемент, известь и др.)		Сыпучие грузы
		Способ погрузки					Из бункера	
	Экскаватором с емкостью ковша							
	до 0,5 м ³	свыше 0,5 до 1 м ³	свыше 1 до 3 м ³	до 1 м ³	свыше 1 до 3 м ³			
2,25	4,5	3,20	2,31	3,37	2,90	3,35	6,04	2,78
3,0	4,0	2,59	1,90	2,78	2,33	2,84	5,94	2,19
3,5	3,8	2,32	1,73	2,66	2,01	2,72	5,93	2,03
4,0	3,6	2,25	1,51	2,65	1,87	2,67	5,92	1,83
4,5	3,4	2,24	1,50	2,63	1,75	2,65	5,92	1,70
6,0	3,0	1,97	1,25	2,35	1,43	2,35	5,91	1,38
7,0	2,6	1,89	1,09	2,27	1,25	2,33	5,90	1,24
10,0	-	-	0,84	-	1,03	2,30	5,80	1,00
11,0	-	-	0,75	-	0,95	2,18	5,76	0,91

ПРИЛОЖЕНИЕ 20

**Нормы времени простоя бортовых автомобилей при погрузке и разгрузке
навалочных грузов механизированным способом на 1 т груза, мин**

Наименование груза	Способы		Грузоподъемность, т						
	погрузки	разгрузки	свыше 1,5 до 3,0	свыше 3,0 до 5,0	свыше 5,0 до 7,0	свыше 7,0 до 10,0	свыше 10,0 до 15,0	свыше 15,0 до 20,0	свыше 20,0
Удобрения, навоз и т. п.	Экскаватором до 1 м ³	Скребками, сетками	5,00	4,30	3,60	3,47	-	-	-
	Экскаватором от 1 до 3 м ³	Скребками, сетками	3,25	2,80	2,34	2,25	-	-	-
Зерновые (рожь, ячмень, пшеница и др.)	Бункером, зернопогрузчиком, транспортером	Автомобиле-погрузчиком	2,70	2,36	1,97	1,85	1,70	1,70	1,48
Овощи (картофель, свекла и др.)	Из бункера комбайна, погрузчиком	Автомобиле-разгрузчиком	4,85	4,20	3,54	3,32	3,02	2,85	2,64

ПРИЛОЖЕНИЕ 21

Нормы времени простоя бортовых автомобилей при погрузке сельскохозяйственных грузов из бункера, силосной массы – из-под комбайна и разгрузке скрепками, сетками и другими аналогичными разгрузочными механизмами

Грузоподъемность автомобиля, т	Норма времени на 1 т, мин	Грузоподъемность автомобиля, т	Норма времени на 1 т, мин
2,0	5,80	4,5	4,16
2,5	5,10	5,0	4,04
3,0	4,77	7,0	3,72
3,5	4,50	7,5	3,67
4,0	4,31	8,0	3,63

ПРИЛОЖЕНИЕ 22

Нормы времени простоя автомобилей-самосвалов при погрузке сельскохозяйственных грузов из бункера, силосной массы – из-под комбайна и разгрузке самосвалом

Грузоподъемность автомобиля, т	Норма времени на 1 т, мин	Грузоподъемность автомобиля, т	Норма времени на 1 т, мин
2,25	4,35	4,5	3,63
3,0	3,97	6,0	3,46
3,5	3,82	7,0	3,38
4,0	3,71		

ПРИЛОЖЕНИЕ 23

Нормы времени на выполнение дополнительных операций

Операция	Время на дополнительную работу, мин							
	одного прицепа				двух прицепов			
	Классы грузов							
	I	II	III	IV	I	II	III	IV
Взвешивание груза	1,5	1,5	1,5	1,5	2,0	2,0	2,0	2,0
Очистка кузова	1,0	1,0	1,0	1,0	1,5	1,5	1,5	1,5
Открывание бортов	0,5	0,5	0,5	0,5	0,8	0,8	0,8	0,8
Закрывание бортов	1,0	1,0	1,0	1,0	1,6	1,6	1,6	1,6
Увязывание и распаковывание груза	-	-	-	6,0	-	-	-	10,0
Оформление документов	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
Маневрирование агрегата	2,0	2,0	2,0	2,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Прицепление прицепа	4,0	4,0	4,0	4,0	-	-	-	-
Отцепление прицепа	3,0	3,0	3,0	3,0	-	-	-	-
Ожидание	0,5	0,6	0,7	0,8	0,5	0,6	0,7	0,8

Шифр работ	Наименование работ, качественные показатели (условия работы, агротребования и т. п.), единицы измерения	Необходимое количество				Затраты труда		Прямые эксплуатационные затраты, руб.				
		нормо-смен $N_{см}$	агрегатов n_a / n_a^{ϕ}	обслуживающего персонала $\dot{a} m / \dot{a} n$	топлива Q , кг (электроэнергии*, кВт·ч)	механизаторов $Z_{мр}$, ч	вспомогательных рабочих $Z_{вр}$, ч	Зарплата $S_{зп}$	ТСМ, электроэнергия $S_{ТСМ}$	Амортизация S_a	ТР, ТО и хранение $S_{то}$	Всего S ,
1	2	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23
1	Погрузка органических удобрений (норма внесения – 50 т/га), т	9,4	0,63/1	1/–	1100	65,8	–					
2	Транспортировка и внесение органических удобрений (расстояние транспортировки – 2 км), т	44,9	2,9/3	5/–	6460	314,3	–					
		44,8	2,9/3	5/–	2560	313,6	–					
3	Запашка органических удобрений (глубина – 0,22 м), га	14,7	0,98/1	1/–	1810	102,9	–					
и т. д. по операциям.												
ИТОГО: _____												

ПРИЛОЖЕНИЕ 25

Традиционные календарные сроки выполнения работ при возделывании и уборке зерновых культур и льна (по данным РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», суглинистые почвы Центральной зоны Республики Беларусь)

Вид работы	Озимая рожь		Озимая пшеница после многолетних трав (50 %)	Ячмень			Овес после озимых (100 %)	Лен после озимых по пласту многолетних трав	Агросрок (продолжительность) выполнения работы T_{Δ} , сут
	после однолетних трав (50 %)	после многолетних трав (50 %)		после картофеля (15 %)	после клевера (15 %)	после озимых (70 %)			
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>	<i>10</i>
Дискование пласта	–	21.07–25.07	06.08–10.08	–	20.08–24.08	–	–	–	5
Лушение стерни	–	–	–	–	–	16.08–20.08	16.08–20.08	21.08–31.08	10
Вспашка	26.07–16.08	26.07–16.08	11.08–15.08	25.08–15.09	25.08–15.09	11.08–15.09	11.09–15.09	21.09–30.09	20
Осенняя культивация с боронованием	17.08–21.08	17.08–21.08	25.08–30.08	01.10–15.10	01.10–15.10	01.10–15.10	01.10–30.10	01.10–15.10	6
Весенняя культивация с боронованием	–	–	–	16.04–20.04	16.04–20.04	16.04–20.04	11.04–15.04	16.04–20.04	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Внесение органических удобрений	25.07–15.08	25.07–15.08	10.08–14.08	–	–	–	–	–	20
Запашка органических удобрений	26.07–16.08	26.07–16.08	11.08–15.08	–	–	–	–	–	20
Внесение минеральных удобрений	16.08–20.08	16.08–20.08	25.08–30.08	21.04–25.04	21.04–25.04	21.04–25.04	15.04–19.04	21.04–25.04	5
Предпосевная культивация с боронованием	01.09–10.09	01.09–10.09	01.09–10.09	26.04–30.04	26.04–30.04	26.04–30.04	21.04–25.04	01.05–05.05	6
Посев	01.09–10.09	01.09–10.09	01.09–10.09	26.04–30.04	26.04–30.04	26.04–30.04	21.05–25.05	–	5
Боронование посевов	16.04–20.04	16.04–20.04	21.04–25.04	06.05–11.05 11.05–16.05	06.05–11.05 11.05–16.05	06.05–11.05 11.05–16.05	21.05–25.05	–	5
Обработка посевов пестицидами	26.04–30.04	26.04–30.04	26.04–30.04	26.05–30.05	26.05–30.05	26.05–30.05	26.05–31.05	11.09–15.09 21.05–25.05 01.06–05.06	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Подкормка минеральными удобрениями	01.04–05.04	01.04–05.04	06.04–10.04	–	–	–	–	–	5
Уборка	01.08–07.08	01.08–07.08	05.08–09.08	06.08–09.08	06.08–09.08	06.08–09.08	10.08–13.08	01.08–10.08	10
Уборка соломы и льно-тресты	02.08–10.08	02.08–10.08	06.08–15.08	07.08–12.08	07.08–12.08	07.08–12.08	11.08–15.08	01.09–10.09	10

Примечание: полевые работы в Южной агроклиматической зоне Республики Беларусь начинаются и заканчиваются на одну неделю раньше, а в Северной агроклиматической зоне – на одну неделю позже, чем приведено в таблице.

ПРИЛОЖЕНИЕ 26

Традиционные календарные сроки выполнения работ при возделывании и уборке кормовых культур (по данным РУП «НПЦ НАН Беларуси по земледелию», суглинистые почвы Центральной зоны Республики Беларусь)

Вид работы	Сахарная свекла после озимых (100 %)	Картофель после зерновых (100 %)	Кормовая свекла после кукурузы (100 %)	Кукуруза на зеленую массу после пропашных (50 %)	Кукуруза на зеленую массу после озимых (50 %)	Однолетние травы на зеленый корм	Многолетние травы на сенаж и сено	Агросрок (продолжительность) выполнения работы T_A , сут
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>	<i>7</i>	<i>8</i>	<i>9</i>
Лущение стерни	15.08–20.08	21.08–30.08	–	–	16.08–20.08	21.08–25.08	–	10
Вспашка	26.08–01.10	22.08–12.09	21.09–21.10	01.09–15.09	01.09–15.09	16.09–20.09	–	20
Осенняя культивация с боронованием	25.09–25.10	01.09–10.10	05.10–15.10	–	01.10–15.10	–	–	10
Весенняя культивация с боронованием	13.04–16.04	11.04–15.04	11.04–15.04	16.04–20.04	16.04–20.04	11.04–15.04	–	5
Внесение органических удобрений	25.08–30.09	21.08–01.09	20.09–20.10	–	–	–	–	20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Запашка органических удобрений	26.08–01.10	22.08–02.09	21.09–21.10	–	–	–	–	20
Окучивание посевов картофеля	–	06.05–15.05 26.05–31.05 06.06–15.06	–	–	–	–	–	6
Внесение минеральных удобрений	15.04–18.04	16.04–20.04	16.04–20.04	11.05–15.05	11.05–15.05	11.04–25.05	16.04–20.04	5
Предпосевная культивация с боронованием	16.04–20.04	21.04–05.05	21.04–25.04	11.05–15.05	11.05–15.05	16.04–20.04 06.05–10.05 26.05–31.05	–	6
Посев	21.04–25.04	26.04–05.05	26.04–30.04	16.05–20.05	16.05–20.05	21.04–25.04 11.05–15.05 01.06–05.06	27.04–02.05	5
Боронование посевов	26.04–30.04 05.05–10.05	–	02.05–05.05 11.05–15.05	21.05–26.05 06.06–10.06	21.05–26.05 06.06–10.06	–	21.04–25.04	5
Шаровка посевов свеклы	11.05–15.05	–	16.05–20.05	–	–	–	–	5
Обработка посевов пестицидами	16.05–20.05	26.04–26.05	21.05–25.05	21.05–25.05	21.05–25.05	–	–	5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Рыхление и прореживание, междурядные обработки	21.05–10.06 16.06–10.07	–	26.05–05.06 11.06–05.07	11.06–15.06 21.06–05.07	11.06–15.06 21.06–05.07	–	–	5
Подкормка минеральными удобрениями	–	–	–	11.06–15.06	11.06–15.06	–	26.06–30.06 27.08–31.08	5
Уборка	01.10–25.10	11.09–05.10	01.10–25.10	25.08–05.09	25.08–05.09	01.06–06.07 07.07–01.08 02.08–25.08	1 укос – 16.06–25.06 2 укос – 16.08–25.08	15
Уборка ботвы	26.09–10.10	01.09–05.09	01.09–15.09	–	–	–	–	15

Примечание: полевые работы в Южной агроклиматической зоне Республики Беларусь начинаются и заканчиваются на одну неделю раньше, а в Северной агроклиматической зоне – на одну неделю позже, чем приведено в таблице.

ПРИЛОЖЕНИЕ 27

Агроклиматические зоны Республики Беларусь

Область	Район
Северная зона	
Витебская	Бешенковичский, Браславский, Верхнедвинский, Витебский, Глубокский, Городокский, Докшицкий, Дубровенский, Лепельский, Лиозенский, Миорский, Оршанский, Полоцкий, Поставский, Россонский, Сенненский, Толочинский, Ушачский, Чашникский, Шарковщинский, Шумилинский
Гродненская	Волковысский, Вороновский, Гродненский, Дятловский, Ивьевский, Кореличский, Новогрудский, Островецкий, Ошмянский, Сморгонский
Минская	Березинский, Борисовский, Вилейский, Воложинский, Крупский, Логойский, Минский, Молодечненский, Мядельский, Смолевичский, Стародорожский, Столбцовский, Узденский
Могилевская	Бельничский, Горецкий, Климовичский, Кличевский, Круглянский, Мстиславский, Чаусский, Костюковичский, Хотимский
Центральная зона	
Брестская	Барановичский, Березовский, Брестский, Ганцевичский, Дрогичинский, Жабинковский, Ивацевичский, Кобринский, Ляховичский, Малоритский, Пинский, Столинский
Гродненская	Берестовицкий, Зельвенский, Лидский, Мостовский, Свислочский, Слонимский, Щучинский
Минская	Дзержинский, Клецкий, Копыльский, Любанский, Несвижский, Пуховичский, Слуцкий, Солигорский, Червенский
Могилевская	Бобруйский, Быховский, Глусский, Кировский, Кричевский, Могилевский, Осиповичский, Славгородский, Краснопольский, Чериковский, Шкловский
Южная зона	
Брестская	Ивановский, Каменецкий, Лунинецкий, Пружанский
Гомельская	Брагинский, Буда-Кошелевский, Ветковский, Гомельский, Добрушский, Ельский, Жлобинский, Житковичский, Калинковичский, Кормянский, Лельчицкий, Лоевский, Мозырский, Наровлянский, Октябрьский, Петриковский, Речицкий, Рогачевский, Светлогорский, Хойницкий, Чечерский

ПРИЛОЖЕНИЕ 28

**Нормативная продолжительность
механизированных полевых сельскохозяйственных работ
для условий Республики Беларусь**

Наименование работ	Продолжительность, рабочих дней
Раннее весеннее боронование (закрытие влаги)	2
Предпосевная подготовка почвы	3
Весенняя обработка почвы и подъем ранних паров	5
Основная обработка почвы под зябь	20
Внесение органических удобрений:	
– весной;	10
– осенью	20
Внесение минеральных удобрений:	
– весной;	3
– осенью	20
Посев:	
– озимых зерновых;	8
– яровых зерновых, сахарной свеклы и многолетних трав;	3
– зернобобовых;	2
– льна-долгунца и однолетних трав;	4
– кукурузы на силос;	5
– овощных культур	4–5
Посадка картофеля	8
Междурядная обработка посевов:	
– сахарной свеклы;	3
– кукурузы;	4
– картофеля, овощей	5
Химическая защита сельскохозяйственных культур:	
– от вредителей и болезней: зерновых культур;	5
сахарной свеклы, овощей;	3
картофеля;	4
– от сорняков	3

Наименование работ	Продолжительность, рабочих дней
Уборка сельскохозяйственных культур:	
– скашивание зерновых колосовых в валки;	4
– подбор валков и прямое комбайнирование;	6
– уборка кукурузы на силос, многолетних трав и сахарной свеклы;	10
– уборка льна, однолетних трав;	6
– уборка картофеля	15

ПРИЛОЖЕНИЕ 29

Часовая и сменная эталонная выработка тракторов

Марка трактора	Нормативная эталонная выработка, эт. га	
	часовая $W_{ч}$, (коэффициент перевода в эталонные тракторы)	сменная $W_{с}$, ($T_{см} = 7$ ч)
Беларус-3022	2,70	18,90
Беларус-2822	2,20	15,40
Беларус-2522	2,10	14,70
Беларус-1523	1,56	10,92
Беларус-1221	1,30	9,10
Беларус-1005/1025	1,05	7,35
МТЗ-80/82, Беларус-900/920	0,80	5,60
Беларус-570 (572, 510E, 512E, 520, 522)	0,62	4,34
Беларус-550E/552E	0,57	3,99
Беларус-310/320	0,30	2,10
Беларус-210/220	0,22	1,54
Джон Дир 8100	1,85	12,95
Джон Дир 640	1,00	7,00
Урсус 1614	1,52	10,64
Урсус 1134	0,97	6,79
Зетор 16245	1,60	11,20
Зетор 11245	1,00	7,00
Дайтц-Фар 6.71	1,65	11,55
Дайтц-Фар 6.05	1,05	7,35
Мерседес МБ-трак 700	0,65	4,55
Мерседес МБ-трак 800	0,75	5,25
Мерседес МБ-трак турбо 900	0,85	5,95
Мерседес МБ-трак 1000	0,95	6,65
Мерседес МБ-трак 1100	1,10	7,70
Мерседес МБ-трак 1300	1,25	8,75
Мерседес МБ-трак 1500	1,50	10,50

ПРИЛОЖЕНИЕ 30

**Нормы потребности,
нормативы годовой загрузки и наработки машин**

Наименование	Марка	Пикообра- зующие сельско- хозяйст- венные земли	Норма потребности, шт./1000 га	Норматив годовой загрузки, ч	Норматив годовой наработки, усл. эт. га
<i>1</i>	<i>2</i>	<i>3</i>	<i>4</i>	<i>5</i>	<i>6</i>
1. Тракторы					
Тракторы, всего, в т. ч. общего назначения; универсальные		Пашня	16,8 5,3 11,5		
Тракторы колесные общего назначения	Беларус-3022 Беларус-2522 Беларус-1523 Беларус-1222	Пашня	1,0 1,0 2,6	1000 1000 1000	2700 2100 1560
Тракторы колесные универсальные	Беларус-1221 МТЗ-80 МТЗ-82 МТЗ-82Р МТЗ-82В Беларус-900 Беларус-920 Беларус-570 Беларус-520 Беларус-550Е Беларус-510Е Беларус-572 Беларус-522 Беларус-552Е Беларус-512Е	Пашня Пашня	1,2 8,2 1,2	1300 1300 1300	1690 1040 780
Тракторы колесные	Беларус-310 Беларус-320 Беларус-210 Беларус-220	Пашня	0,7	900	270

1	2	3	4	5	6
2. Тракторные прицепы и полуприцепы (универсальные)					
Полуприцепы самосвальные	ПСТ-11 ПСТ-9, ПСТ-6 ПС-2,5 1-ПТС-2	Пашня	2,0 0,3 1,5 1,2	600 600 600 600	
Транспортное самозагружающееся средство	ТСС-6,0	Пашня	0,4	600	
Транспортно-технологическое средство	ТТС-6	Пашня	0,8	600	
Прицепы-емкости	ПСЕ-Ф-12,5Б ПСЕ-Ф-18	Пашня	2,0 0,7	350 350	
3. Универсальные погрузочные средства					
Погрузчик	П-4/85	Пашня	0,1	600	
Погрузчик-бульдозер	ПФП-1,2	Пашня	0,7	600	
Погрузчики-экскаваторы	ПЭ-Ф-1А ПЭС-1,0	Пашня	0,4	600 600	
Погрузчик грейферный	ПЭА-1,0	Пашня	0,5	1000	
Погрузчики	ТО-25 ТО-18А ТО-18Д А-322 Беларусь П-10 ПН-Ф-1 ПФС-0,75	Пашня	0,4 0,7 0,1 0,4	600 600 600 600 500	
Экскаваторы-погрузчики	ТО-49 ДЗ-133	Пашня	0,1	600	
Погрузчик	ПГ-0,2А	Пашня	0,5	600	
Машина погрузочная	МП-1,0	Пашня	0,1	600	
Погрузчик-манипулятор	МП-0,5	Пашня	0,1	600	
Прицепное устройство с манипулятором	ПУМ-1,0	Пашня	0,1	600	
Погрузчик-стогометатель	ПУ-Ф-0,5	Зерновые	1,9	600	

1	2	3	4	5	6
4. Машины для основной обработки почвы					
Плуги, всего		Пашня	11,2		
Плуги навесные	ПГП-7-40	Пашня	0,5	150	
	ПЛН-5-35П		1,6	150	
	ПЛН-435П		1,2	150	
	ПГП-3-40Б-2		1,2	150	
	ПГП-3-40Б			150	
	ПЛН-3-35П		1,5	150	
	ПГП-3-35Б-2		0,8	150	
	ППЖ-2-25		0,1	150	
	ПЛТ-1		0,1	150	
Плуг конный	ПК-25			150	
Плуги болотные навесные	ПБН-3-50А	Пашня	0,4	150	
	ПБН-6-50А		0,4	150	
Плуги оборотные	ПГПО-5-35	Пашня	0,5	150	
	ПГПО-4-35		0,5	150	
	ПГПО-3-35		1,0	150	
	ПГПО-2-35		0,3	150	
Плуги навесные поворотные	ПНГ-3-43	Пашня	0,3	150	
	ПНГ-4-43		0,9	150	
Агрегаты почво-обрабатывающие	АРК-4	Пашня	0,5	150	
	РКУ-2,5		0,5	180	
	АКР-4,5		0,5	150	
	АКР-2,5		0,7	150	
Приспособления к плугам:					
– ПНГ-3-43, ПЛН-3-35;	ППР-1,3	Пашня	0,5	40	40
– ПНГ-4-43, ПЛН-5-35					
Приспособление к 5–6-корпусным плугам	ПВР-2,3	Пашня	0,6	40	
Приспособление к 7–9-корпусным плугам	ПВР-3,5	Пашня	0,3	40	
5. Машины для поверхностной обработки почвы					
<i>5.1. Бороны дисковые</i>					
Бороны дисковые, всего		Пашня	2,5		
Бороны дисковые	БПД-7МW	Пашня	0,5	150	
	БПД-5МW		0,8	150	
	БПД-3МW		0,7	150	

1	2	3	4	5	6
	Л-113 (БДТ-3) БНД-3,0М БНД-2,0 Л-111		0,1 0,1 0,3	150 150 150	
<i>5.2. Бороны зубовые</i>					
Бороны зубовые	Л-302 БЗСС-1	Пашня	35 35	100 100	
Бороны зубовые посевные	ЗБП-0,6А Л-301	Пашня	15,4	60	
Машина прополочная	МПЗК-5 (БПЗК-5)			60	
Бороны сетчатые	БСН-3	Пашня	0,7	100	
<i>5.3. Культиваторы для сплошной обработки почвы</i>					
Культиваторы, всего		Пашня	5,0		
Культиваторы	ККС-12 ККС-8 КН-6,3 КП-4 КПН-4 КПН-3,6 КПН-1,8	Пашня	0,5 0,5 0,3 0,7 2,5 0,3 0,2	150 150 150 150 150 150 150	
<i>5.4. Чизельные культиваторы</i>					
Культиваторы чизельные, всего		Пашня	2,9		
Культиваторы чизельные	КЧН-5,4 КЧН-1,8	Пашня	1,7 0,8	150 150	
Агрегат универсаль- ный чизельный	АЧУ-2,8		0,4	150	
<i>5.5. Машины для прикатывания почвы</i>					
Катки, всего		Пашня	2,0		
Катки	По типу ЗККШ-6 По типу ЗКВГ-1,4 По типу ЗКВБ-1,5	Пашня	1,0 0,7 0,3	90 70 70	
<i>5.6. Почвообрабатывающие агрегаты</i>					
Агрегаты комбини- рованные	АКШ-9 АКШ-7,2	Пашня	0,5 1,4	125 125	

1	2	3	4	5	6
	АКШ-6 АКШ-3,6 (АКШ-3,6-01)		0,5 1,1	125 125	
Агрегаты для сплошной обработки почвы	АК-3,6 АК-3			100 100	
6. Машины для подготовки и внесения минеральных удобрений и известковых материалов					
Измельчитель-смеситель минеральных удобрений	ИСУ-4А	Пашня	0,5	120	
Агрегат	АВУ-0,7	Пашня	0,4	120	
Машины	МСВД-0,5	Пашня	0,4	120	
	МВУ-0,5		1,0	120	
	Л-116		0,4	120	
	МВУ-5		1,0	120	
Распределитель минеральных удобрений	РШУ-12	Пашня	1,0	120	
Машины	РУП-10	Пашня	0,3	800	
	(РУП-14)			800	
	АРУП-8		0,4	700	
	(МТП-10)			800	
	(МТП-13)			800	
Подкормщики жидкими удобрениями	ПЖУ-2,5	Пашня	0,6	120	
	ПЖУ-5			120	
	(МТП-13)			800	
7. Машины для внесения органических удобрений					
Машины	ПРТ-7А	Пашня	2,7	350	
	ПРТ-11		0,8	350	
	МТТ-4		2,5	350	
	МТТ-7		0,1	350	
	МТТ-10		0,3	350	
	РЖТ-4М		0,5	500	
	(ПЖТ-5)			500	
	МЖТ-6		0,4	500	
	МЖТ-8		0,5	500	
	МЖТ-11		0,4	500	
	ПЖ-2,5		0,5	500	
8. Машины для химической защиты растений					
Протравливатели зерна	ПСШ-5	Пашня	0,4	30	
	ПС-10А		0,3	30	

1	2	3	4	5	6
Комплект оборудования	КПС-10	Пашня		30	
Агрегат для приготовления рабочих жидкостей	ЖСК-12	Пашня	0,4	120	
Опрыскиватели прицепные	ОПШ-15М ОТМ2-3 ОПВ-1200А (ОПВ-2000)	Пашня	1,0 0,5 0,5	120 120	
Опрыскиватель	По типу ОМ-630	Пашня	1,1	120	
9. Машины для улучшения лугов, сенокосов и пастбищ					
Фреза	ФН-1,8	Пашня	0,5	150	
Машина для посева семян трав в дернину	По типу МД-3,6		0,3	160	
Агрегат для залужения	По типу АПР-2,6		0,6	150	
Машина роторная почвообрабатывающая	МРП-2,1		0,7	250	
10. Машины для посева зерновых культур и трав					
Сеялки зернотуковые	СЗ-3,6А СЗК-3,6А	Зерновые	1,0	100	
Сеялки зернотравяные	СЗТ-3,6А	Однолетние и многолетние травы	3,0	100	
Сеялка травяная	СПТ-7,2	Однолетние и многолетние травы	3,0	100	
Сеялки универсальные	СПУ-6 СПУ-4 СПУ-3 С-6	Зерновые	5,4 2,7 1,4	100 100 100	
Сеялки зернотуковые	СЗ-3,6А СЗК-3,6А	Зерновые	1,0	100	

1	2	3	4	5	6
Почвообрабаты- вающе-посевной агрегат	АПП-3	Зерновые	2,0	125	
	АПП-4,5		0,6	125	
	АПП-6		0,6	125	
Загрузчик сеялок	ЗА3-1	Зерновые	2,2	100	
11. Машины для уборки зерновых и зернобобовых культур, семенников трав					
Комбайны зерно- уборочные, всего			8,5		
Комбайны зерно- уборочные	СК-5М «Нива» Кл. 6–8 кг/с (по типу MDW и др.) Дон-1500А(Б) Кл. 10–12 кг/с	Зерновые	–	130	
			4,1	130	
			3,9	130	
			0,5	130	
Жатка	ЖСК-4В	Зерновые	4,4	50	
Хедеры	ХД-4-1200			50	
	ХД-5-1500			50	
Приспособления	ПКК-5			60	
	ПКК-10			60	
	54-108А			60	
	ПСТ-10			60	
	ПЛЗ-5			60	
	ПЛЗ-10			60	
Подборщик транспортный	ППТ-3А (ПТК-3)			75	
				75	
Подборщик универ- сальный барабанный	54-102			60	
Измельчитель соломы универсальный	ПУН-5			60	
12. Машины для послеуборочной обработки и хранения продовольственного и фуражного зерна и семян					
Комплексы зерно- очистительно- сушильные	КЗС-25Ш	Зерновые	0,8	400	
	КЗС-25			400	
	КЗС-50			400	
Комплекты оборудования	Р8-УЗК-50			200	
	Р8-УЗК-25			200	
Очиститель вороха	ОВС-25А	Зерновые	1,0	200	
Машина предвари- тельной очистки	МПО-50	Зерновые	1,0	200	

1	2	3	4	5	6
Зерноочистительная машина	ЗМ-10	Зерновые	0,3	200	
Семяочистительные машины	К-531/1 «Петкус-гигант» К-547А			200 200	
Сушилки	По типу М-819 СЗК-8	Зерновые	0,8 1,2	400 400	
Зернопогрузчики	ЗПС-100 ЗПС-60А			200 200	
Погрузчик шнековый	ПШП-4	Зерновые	1,4	200	
Отделение бункеров активного вентилирования	ОБВ-160А	Зерновые	2,5	400	
13. Машины для уборки соломы					
Волокуши толкающие	ВТН-8 ВТН-6	Зерновые	1,3 0,8	140 140	
Стоговоз	СТП-2	Зерновые	1,0	250	
14. Машины для производства кукурузы на зерно					
Сеялки для посева кукурузы	СУПН-8А КСУ-6-8 «Полесье-12»	Кукуруза	8,0	50	
Культиватор	КРН-5,5Б	Кукуруза	3,0	140	
15. Машины для уборки трав, силосных культур и производства зеленых кормов					
<i>15.1. Косилки</i>					
Косилки самоходные	Е-303 Е-304			210 210	
Косилки однобрусные	КС-Ф-2,1Б КНМ-1,6 КНМ-1,2	Одно-летние и много-летние травы	2,0 0,4 0,3	210 210 210	
Косилка ротационная	КДН-210 (по типу КРН-2,1А)	Одно-летние и много-летние травы	0,6	210	

1	2	3	4	5	6
Косилка	КП-310			210	
Косилки роторные	Л-501 220Г			210 210	
Косилка конная	К-1,1			120	
<i>15.2. Машины для сгребания и ворошения сена</i>					
Грабли-ворошилки	ГВЦ-3 (модер- низация) ГВР-630	Одно- летние и много- летние травы	2,0	220	
			2,0	220	
Грабли- валкообразователи	ГВК-6 (Л-503)	Одно- летние и много- летние травы	4,0	220	
Ворошитель валков	ВВ-1	Одно- летние и много- летние травы	2,0	220	
Грабли конные	ГК-1,0			120	
<i>15.3. Машины для заготовки прессованного сена</i>					
Пресс-подборщик	ПР-Ф-145	Одно- летние и много- летние травы	4,4	150	
Транспортировщик рулонов	ТР-5С	Одно- летние и много- летние травы	1,6	150	
Приспособление для погрузки рулонов	–	Одно- летние и много- летние травы	1,2	150	

1	2	3	4	5	6
<i>15.4. Машины для заготовки рассыпного сена</i>					
Установка вентиляционная	УВС-16А	Одно-летние и много-летние травы	1,9	300	
<i>15.5. Машины для уборки трав и силосных культур с измельчением</i>					
Комбайны кормоуборочные	КСК-100А (КСК-100А-1)	Кукуруза на силос и зеленый корм	5,4	280	
	КПД-3000 «Полесье-700» «Полесье-1500»	Одно-летние и много-летние травы		280	
			0,6	280	
Косилка-измельчитель	КИП-1,5	Одно-летние и много-летние травы	1,4	280	
16. Машины для возделывания, уборки и послеуборочной обработки льна					
Сеялка льняная	СЗ-3,6А-02	Лен	7,4	75	
Льноуборочный комбайн	«Русь»	Лен	30,0	90	
Льнотеребилки	ТЛН-1,5А	Лен	10,1	60	
	НТЛ-1,75			60	
Оборачиватели лент	ОЛ-1, ОД-1	Лен	20,0	100	
Подборщик тресты	ПТН-1	Лен	7,2	90	
Ворошилка лент льна	ВЛ-3	Лен	3,3	100	
Вспушиватели лент льна	В-1			100	
	ТПЛ-1			90	
Вспушиватель-порциообразователь	ВПН-1	Лен	5,0	100	
Пресс-подборщик	ПР-Ф-110	Лен	11,1	80	

1	2	3	4	5	6
Подборщик-очесыватель лент	ПОО-1	Лен	20,0	70	
Молотилка-веялка	МВ-2,5А	Лен	3,1	140	
Семяочистительная машина	СОМ-300	Лен	5,6	300	
Комплект оборудования	КСПЛ-0,9	Лен	4,8	300	
Воздухоподогреватель	ТАУ-1,5			300	
Теплогенератор	ТГ-Ф-1,5			300	
17. Машины для возделывания, уборки и послеуборочной обработки картофеля					
Протравливатель	ОПС-1	Картофель	8,0	30	
Картофелесажалки	Л-201	Картофель	5,0	60	
	Л-202		15,0	60	
	Л-205		2,0	60	
	Л-204		3,5	60	
Культиватор фрезерный	КВК-4		1,0	140	
Культиваторы-окунчики	КОН-3	Картофель	1,0	160	
	АК-2,8		4,6	160	
	Л-115		4,6	160	
	Л-803		2,5	160	
Картофелекопатели	КТН-2В	Картофель	5,2	170	
	КСТ-1,4А		3,2	170	
	КТН-1Б		0,8	170	
	(Л-651)				
Картофелеуборочные комбайны	Л-601	Картофель	3,7	170	
	Л-605		13,0	170	
Копатель-погрузчик модульный	По типу Е-684 (Германия)	Картофель	5,5	170	
Картофелесортировальный пункт	КСП-25 (КСП-15В)	Картофель	8,5	170	170
18. Машины для возделывания и уборки сахарной и кормовой свеклы					
Сеялки свекловичные	ССТ-12В	Сахарная свекла	15,4	40	

1	2	3	4	5	6
	ССТ-8 (ССТК-8)	Кормовая свекла	16,7	40	
Культиватор фрезерный	КФ-5,4	Сахарная свекла	6,2	90	
Ботвоуборочные машины	БМ-6Б	Сахарная свекла	10,0	100	
	МБК-2,7 МБШ-6	Кормовая свекла	12,5	100	
Очиститель головок	ОГД-6А	Сахарная свекла	10,0	100	
Корнеуборочные машины	КС-6В	Сахарная свекла	10,0	100	
	МКП-6	Кормовая свекла	12,0	100	
Копатель кормовых корнеплодов	ККГ-1,4А	Кормовые корне- плоды	25,0	100	
Свеклопогрузчик- очиститель	СПС-4,2А	Сахарная свекла	6,2	100	
19. Машины для возделывания, уборки и послеуборочной обработки овощей					
Сеялки овощные	СО-4,2 СОЛ-4,2	Овощи	13,3	50	
Культиваторы	КОР-4,2 КГО-4,2	Овощи	9,1	60	
Грядделатель	КГП-4,2	Овощи		60	
Машина для уборки кочанной капусты	УКМ-2	Овощи	2,4	200	

ДЛЯ ЗАПИСЕЙ

Учебное издание

Непарко Татьяна Анатольевна,
Жданко Дмитрий Анатольевич,
Шило Иван Николаевич

**ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ
МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКА.
ПРАКТИКУМ**

Учебное пособие

Ответственный за выпуск *Т. А. Непарко*
Редактор *Д. А. Значёнок*
Корректор *Д. А. Значёнок*
Компьютерная верстка *Д. А. Значёнок*
Дизайн обложки *Д. О. Бабаковой*

Подписано в печать 13.01.2021. Формат 60×84¹/₁₆.
Бумага офсетная. Ризография.
Усл. печ. л. 11,16. Уч.-изд. л. 8,73. Тираж 99 экз. Заказ 1.

Издатель и полиграфическое исполнение:
Учреждение образования
«Белорусский государственный аграрный технический университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий
№ 1/359 от 09.06.2014.
№ 2/151 от 11.06.2014.
Пр-т Независимости, 99–2, 220023, Минск.