

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Самусенко В.И., Дьяченко А.В.

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Методические указания для выполнения
практической работы № 5
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2021

УДК 631.371 (076)
ББК 40.72
С 17

Самусенко, В. И. Обоснование ресурсосберегающих способов движения машинно-тракторных агрегатов: методические указания для выполнения практической работы № 5 по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студентам инженерно-технологического института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В. И. Самусенко, А. В. Дьяченко. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - 28 с.

Методические указания предназначены для приобретения навыков выбора эффективных способов движения МТА, обеспечивающих в заданных условиях высокое качество работы и наименьшие потери ресурсов при обеспечении требований безопасности труда и охраны окружающей среды. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: к.т.н., доцент Будко С.И.

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

© Брянский ГАУ, 2021
© Самусенко В.И., 2021
© Дьяченко А.В., 2021

Содержание

	стр.
ЦЕЛЬ РАБОТЫ	4
СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ	4
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	6
ПРИМЕР РАСЧЕТА АГРЕГАТА ДЛЯ ПОСЕВА	22
ОТЧЕТ	25
ЛИТЕРАТУРА.....	27

Цель задания – приобретение навыков выбора эффективных способов движения МТА, обеспечивающих в заданных условиях высокое качество работы и наименьшие потери ресурсов при обеспечении требований безопасности труда и охраны окружающей среды.

Содержание задания

1. Выписать из таблицы 5.1 исходные данные по соответствующему варианту задания.

2. Выбрать для заданной операции эффективный способ движения и вид поворота, обеспечивающие высокое качество и безопасность работы при наименьших потерях времени смены на подготовку поля, включая разбивку поля на загоны, отбивку поворотных полос, заравнивание свальных гребней и развальных борозд, обработку стыков и др. Изобразить схему движения агрегата в соответствии с рисунком 5.1 с учетом выбранного вида поворота.

3. Определить средний радиус поворота R и длину выезда l агрегата, а также рациональную ширину поворотной полосы E .

4. Определить оптимальную ширину загона, обеспечивающую минимум длины холостого пути $C_{с0}$ и соответствующих потерь смены $C_{т0}$.

5. Определить длину холостого пути агрегата S_x , коэффициент рабочих ходов $\varphi_{р0}$ и общие потери времени смены T_x при оптимальной ширине загона.

6. Представить итоговые результаты расчетов по каждому пункту задания, включая исходные данные, в форме таблицы, приведенной в конце данного задания.

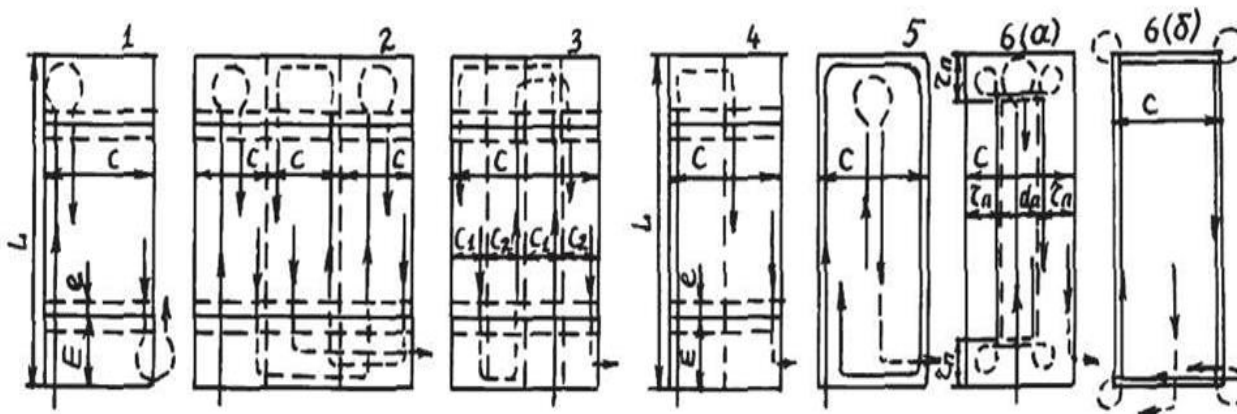


Рис. 5.1 - Схемы основных способов движения МТА (по направлению рабочих ходов):

1 – челночный; 2 – чередование всвал, вразвал; 3 – беспетлевой комбинированный; 4 – перекрытием; 5 – круговой; ба, б – круговой «конверт»

Таблица 5.1

Варианты заданий

№ варианта	Вид операции	L, м	Состав агрегата	B, м	Vх, км/ч	Z
1	Вспашка легких почв	600	Беларус-82 + ПЛН-3-35	1,05	8	1
2	Вспашка средних почв	600	Беларус-1221 + ПЛН-4-35	1,40	8	1
3	Вспашка тяжелых почв	600	Беларус-1523 + ПЛН-5-35	1,75	7	1
4	Боронование (зубовое)	600	Беларус-1025 + СП-16 + 16БЗСС-1	16	8	1
5	Лущение стерни	400	Беларус-1221 + ЛДГ-5	5	8	1
6	Дискование	600	JD-6620 + ЛДГ-10	10	9	1
7	Сплошная культивация	600	JD 77300 + СП-11 + 2КПС-4	8	9	1
8	Прикатывание	400	Беларус-82 + СП-11+ 2ХЗККШ-6	12,2	8	1
9	Посев зерновых (узкорядный)	600	Беларус-82 + СЗ-3,6	3,6	8	1
10	Посадка картофеля	400	Беларус-1221 + СН-4Б	2,8	7	1
11	Междурядная культивация	400	Беларус-1221 + КРН-5,6	5,6	8	1
12	Уборка картофеля (комбайн)	600	Беларус-1221 + ККУ-2А	1,4	5	1
13	Уборка силосных культур	600	Беларус-82 + КСС-2,6	2,6	8	1
14	Кошение трав	600	ЮМЗ-6М + КС-2,1	2,1	8	1
15	Вспашка легких почв	800	Т-150К + ПЛП-6-35	2,10	8	1
16	Вспашка средних почв	800	К-701 + ПТК-9-35	3,15	9	2П
17	Вспашка тяжелых почв	600	JD 773000 + ПЛН-6-35	2,10	8	2П
18	Боронование (зубовое)	600	Беларус-1221 + СП-11 + 12БЗСС-1	12	8	1
19	Лущение стерни	400	Т-150К + ЛДГ-15	15	9	1

Продолжение таблицы

20	Дискование	600	К-700М + ЛДГ-20	20	8	1
21	Сплошная культивация	600	К-701 + СП-16 + 4КПС-4	16	9	1
22	Прикатывание	400	ЮМЗ-60 + СП-11 + 2хЗККШ-6	12,2	9	1
23	Посев зерновых (узкорядный)	400	Беларус-1221 + СП-11 + 2СЗУ-3,6	7,2	8	1
24	Посадка картофеля	600	ДТ-75М + СКМ-6	4,2	6	1
25	Междурядная культивация	600	Беларус-82 + КРН-4,2	4,2	8	1
26	Уборка картофеля (комбайн)	600	Беларус-1025 + ККУ-2А	1,4	5	1
27	Уборка силосных культур	600	Беларус-1025 + КСС-2,6	2,6	8	1
28	Кошение трав	600	ЮМЗ-6М + КПД-4,0	4	7	1
29	Вспашка средних почв	800	JD 773000 + ПТК-9-35	3,15	8	2П
30	Посев зерновых	800	ДТ-75М + СП-11 + ЗСЗУ-3,6	10,8	9	1

Примечание. Z – число агрегатов при групповой работе; П – поле подготовлено и обработка поворотных полос не требуется.

Основные положения

В соответствии с системным подходом показатели ресурсосбережения, полученные в предыдущих заданиях, дополняются экономией расхода топлива и времени смены.

Последовательность выполнения работы

Исходные данные выбираются из таблицы 5.1 по соответствующему варианту задания.

При выборе способа движения по рисунку 5.1 и вида поворота по рисунку 5.2 следует учесть следующие основные требования:

- высокое качество технологического процесса;
- безопасность поворота;
- удобство выполнения и др.

Студент должен указать также и другие возможные для данной операции способы движения, обосновать выбор наиболее приемлемого из них и изобразить схему выбранного способа движения в тетради.

Например, для вспашки обычными плугами применимы способы движения **всвал** и **вразвал** (как раздельно, так и с чередованием), **беспетлевой комбинированный**, а также **круговой «конверт»** (ба на рис. 5.2).

При **беспетлевом комбинированном** способе движения сложнее разбивка поля на загоны, но меньше ширина поворотной полосы.

Круговой способ движения «конверт» (ба на рис. 5.2) обеспечивает меньший холостой путь агрегата, однако больше потери времени смены на разбивку поля на загоны, а также сложнее для практического осуществления.

Лушение, дискование, боронование (зубовыми боронами) возможны способами: **челночным, круговым, вразвал, перекрытием.**

Круговой способ предпочтительней при небольшой ширине захвата и малых размерах полей со сложной конфигурацией.

Способы движения **вразвал и перекрытием** для этих операций предпочтительны при большей ширине захвата МТА, когда выполнение петлевых поворотов затруднительно.

Посевные и посадочные операции одно-, двухмашинными агрегатами в основном выполняются **челночным** способом.

Узкорядный посев зерновых при трех и большем числе сеялок в агрегате предпочтительнее выполнять **перекрытием или вразвал.**

Для сплошной и междурядной культивации возможны **челночный способ и перекрытием.**

При уборке картофеля целесообразно применение **беспетлевого комбинированного** способа движения на четырех попарно равных частях загона с условием, чтобы убранное поле находилось справа (со стороны выгрузки клубней).

При кошении трав и уборке силосных культур возможно применение **кругового способа и способа движения вразвал.**

Аналогичные соображения учитываются и при других операциях.

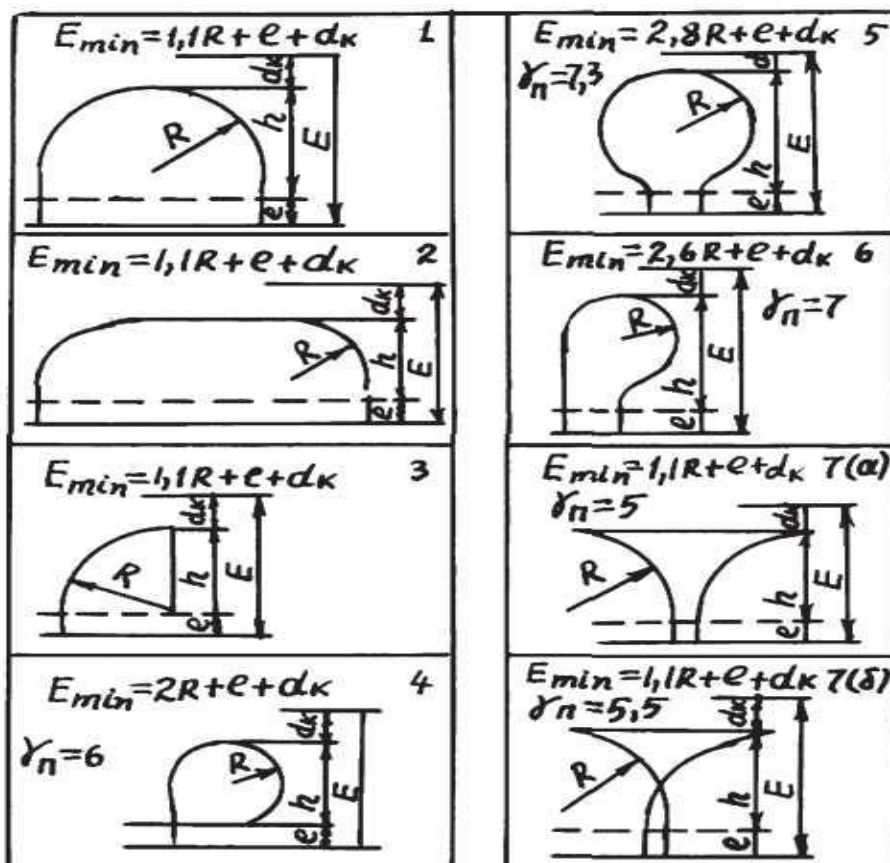


Рис. 5.2 - Основные виды поворотов МТА:

1 – беспетлевой на 180°; 2 – беспетлевой с прямолинейным участком; 3 – беспетлевой на 90°; 4 – перекрестно-петлевой; 5 – петлевой грушевидный; 6 – петлевой односторонний; 7а, б – петлевые грибовидные.

Средний радиус поворота агрегата R , длина выезда l и ширина поворотной полосы E определяются на основании следующих соображений.

Радиус поворота R зависит от конструктивных особенностей агрегата, ширины захвата B и средней скорости движения V_x и определяется из равенства

$$R = a_{RO} \cdot a_{RV} \cdot B = a_R \cdot B, \quad (5.1)$$

где a_{RO} – коэффициент пропорциональности при $V_x = 5$ км/ч; a_{RV} – поправочный коэффициент при $V_x > 5$ км/ч.

Примерные значения a_{RO} и a_{RV} для основных типов агрегатов приведены в таблице 5.2.

Длина выезда агрегата l определяется обычно в долях кинематической длины l_K в виде

$$l = a_{eo} \cdot l_K. \quad (5.2)$$

Как правило, чем больше ширина захвата МТА, тем больше и l , поэтому приближенно можно принять

$$l_K = a_{ek} \cdot B. \quad (5.3)$$

Таблица 5.2

Значения a_{RO} и a_{RV} по усредненным справочным данным (Н – навесные машины, П – прицепные машины)

Агрегаты	a_{RO}		a_{RV}					
	$V_X = 5 \text{ км/ч}$		$V_X = 7 \text{ км/ч}$		$V_X = 9 \text{ км/ч}$		$V_X = 12 \text{ км/ч}$	
	Н	П	Н	П	Н	П	Н	П
Пахотные	3	4,50	1,05	1,15	1,20	1,42	1,35	1,60
Для предпосевной обработки почвы	0,90	1,40	1,06	1,25	1,32	1,55	1,46	1,75
Посевные и посадочные (одно- и двухмашинные)	1,10	1,60	1,08	1,32	1,41	1,57	1,58	1,80
Посевные (трех-, пятисеялочные)	0,90	1,20	1,08	1,32	1,41	1,57	1,58	1,80
Для междурядной культивации	0,80	1,10	1,06	1,35	1,34	1,68	1,48	1,85
Косилочные	0,90	1,20	1,09	1,30	1,46	1,62	1,52	1,82
Жатвенные	0,90	1,60	1,09	1,90	1,46	1,62	1,52	1,82

Примерные значения a_{ek} для некоторых агрегатов приведены в таблице 5.3.

Таблица 5.3

Значения a_{ek} для основных типов агрегатов

Агрегаты	Значение a_{ek}
Пахотные	3,00
Для лущения и дискования	0,97
Для сплошной и междурядной культивации	1,54
Для боронования	0,69
Для прикатывания	0,57
Для посева и зерновых	1,33
Для посева и посадки пропашных культур	0,65

Из формул (5.2), (5.3) следует, что длину выезда l можно определять из упрощенной зависимости:

$$l = a_{eo} \cdot a_{ек} \cdot B = a_e \cdot B. \quad (5.4)$$

При практических расчетах рекомендуется применять:

- $a_{eo} = 0,6-0,7$ – для прицепных агрегатов;
- $a_{eo} = 0,1-0,2$ – для навесных агрегатов.

Значение a_e в формуле (5.4) определяется в результате умножения $a_{ек}$ из таблицы 5.3 на приведенное выше значение a_{eo} для соответствующего типа агрегата. Для агрегатов, не вошедших в таблицу 5.3, значение $a_{ек}$ определяется приближенно на основании равенства

$$a_{ек} = \frac{l_k}{B} = \frac{(l_T + l_C + l_M)}{B},$$

где l_T – кинематическая длина трактора, м;

l_C – кинематическая длина сцепки, м;

l_M – кинематическая длина рабочей машины, м.

Значения l_T и l_C для основных марок тракторов и сцепок приведены в таблице 5.4.

Таблица 5.4

Значения l_T и l_C (по справочным данным)

Марка трактора или сцепки	l_T , м	l_C , м
Т-16М, Т-25А	1,0	—
Т-40М	1,32	—
МТЗ-80/82	1,2/1,3*	—
ДТ-75М	2,35/1,55	—
Т-150	2,12/2,55	—
Т-150К	2,9/2,4	—
Т-4А	2,45/1,65	—
К-701	3,35/2,9	—
СП-11	—	6,7
СП-16	—	9,8
СГ-21	—	8,0 с боронами

Примечание. * В числителе – навесной, в знаменателе – прицепной варианты.

При определении $a_{ек}$, для типов машин, не вошедших в таблицы 5.3, 5.4, можно воспользоваться следующими приближенными значениями: $l_M = 3$ м – силосоуборочные комбайны КСС-2,6, КС-1,8; $l_M = 4$ м – картофелеуборочный комбайн ККУ-2А; $l_M = 1,0$ м – косилки КС-2,12 и КПД-4,0.

Фактическая ширина поворотной полосы E должна быть не менее допустимого минимального значения E_{min} .

Кроме того, E должна быть кратной одной или удвоенной ширине захвата с учетом направления выезда агрегата и уменьшения холостого пути. Минимальная ширина поворотной полосы определяется в соответствии с рисунком 5.2 в виде суммы

$$E_{min} = h + d_K + l = \lambda_E \cdot R + d_K + l, \quad (5.5)$$

где d_K – расстояние от продольной оси, проходящей через кинематический центр агрегата, до наиболее удаленной точки (влево $d_{кЛ}$ или вправо $d_{кП}$ в зависимости от направления поворота).

Расстояние $h = \lambda_E \cdot R$ пропорционально радиусу, а d_K – ширине захвата $d_K = V_E \cdot B$. Соответственно равенство (5.5) примет вид

$$E_{min} = \lambda_E \cdot R + V_e \cdot B + a_e \cdot B = B \cdot (\lambda_E \cdot a_R + V_E + a_e). \quad (5.6)$$

Значения a_R и a_e получены ранее, а значения λ_E равны коэффициентам при R на рисунке 5.2. Для симметричных агрегатов с учетом выступающих частей сцепки и машины можно принять $V_E = 0,6$. Ассиметричные агрегаты могут совершать повороты как по, так и против направления вращения часовой стрелки. Поэтому для d_K следует брать наибольшее значение от продольной оси в направлении расположения рабочих органов.

Ориентировочно для этого случая можно принять $d_K = 1,2 B$ и соответственно V_E для ассиметричных агрегатов будут иметь значение $V_E = 1,2$. Если

поворотную полосу намечается обработать за нечетное количество проходов n_H , то расчетное значение n_{HP} определяется из равенства

$$n_{HP} = \frac{E_{min}}{B}, \quad (5.7)$$

Этот результат округляется в большую сторону до нечетного значения (целого) по условию $n_H > n_{HP}$. Умножив фактическое число проходов n_H на ширину захвата B , получим значение рациональной ширины поворотной полосы, кратной ширине захвата агрегата:

$$E = n_H \cdot B. \quad (5.8)$$

При четном количестве проходов n_H результат равенства (5.7) следует округлить до ближайшего большего четного значения. Четность или нечетность числа проходов на поворотной полосе зависит от особенностей выполняемой операции и расположения соседнего загона, на который должен переехать агрегат.

Оптимальная ширина загона и другие показатели холостого хода МТА с позиций ресурсосбережения должны обеспечивать минимальный холостой путь агрегата на каждом гектаре обработанной площади:

$$S_X \rightarrow \min, \quad (5.9)$$

а также минимальные потери времени смены, связанные с холостым ходом

$$T_X \rightarrow \min. \quad (5.10)$$

Длина холостого пути МТА S_X в расчете на 1 га для всех основных спо-

способов движения, изображенных на рисунке 5.1, определяется из обобщенного равенства:

$$S_X = \frac{10^4}{L} \cdot \left(E_X \cdot \lambda_C + \frac{A_X}{\lambda_C} + D_X \right), \quad (5.11)$$

где S_X – длина холостого пути в расчете на 1 га, м; λ_C – отношение ширины загона к ширине захвата, $\lambda_C = C/B$; L – длина гона, м; B – ширина захвата агрегата, м.

Величины E_X , A_X , D_X характеризуют особенности каждого способа движения и организационные формы его реализации. Значения E_X и формулы для расчета A_X и D_X приведены ниже для всех основных способов движения.

Более полным показателем эффективности выбранного способа движения агрегата является минимум общих потерь времени смены, связанных с холостым ходом, в расчете на 1 га:

$$T_X = \frac{10^4}{L} \cdot \left[\frac{3,6}{V_X} \cdot \left(E_X \cdot \lambda_C + \frac{A_X}{\lambda_C} + D_X \right) + \frac{Z \cdot T_{BC}}{C} \right] \rightarrow \min, \quad (5.12)$$

где T_X – потери времени смены, связанные с холостым ходом, с;

V_X – скорость холостого поворота, км/ч;

Z – число агрегатов, работающих в одном загоне;

T_{BC} – вспомогательное время, связанное с холостым ходом МТА в пределах одного загона, с.

Если каждый агрегат работает на отдельном загоне, то в формулах (5.10), (5.11) следует принять $Z = 1$. Такой вариант групповой работы агрегатов является наиболее эффективным.

Вспомогательное время T_{BC} для каждого агрегата в пределах одного за-

гона включает: время на разметку загона; время настройки агрегата для первого прохода и последующей перестройки на основной режим работы; время подготовки агрегата к переезду на соседний загон и последующей перенастройки на основной режим работы и т. д.

Расчетная оптимальная ширина загона C_{TOP} по общему критерию (5.12) определяется по условию $dT_X/d \cdot C = 0$:

$$C_{TOP} = B \cdot \sqrt{\frac{1}{E_{XO}} \cdot \left(A_X + \frac{Z \cdot T_{BC} \cdot V_X}{3.6} \right)}. \quad (5.13)$$

Расчетная оптимальная ширина загона C_{SOP} по минимуму длины холостого пути (5.10) определяется из формулы (5.12) в виде частного решения при $T_{BC} = 0$:

$$C_{SOP} = B \cdot \sqrt{\frac{A_X}{E_X}}. \quad (5.14)$$

Из сравнения (5.13), (5.14) видно, что критерию $T_X \rightarrow \mathbf{min}$ соответствует большее значение ширины загона.

Критерий (5.12) более полно отражает производственную ситуацию, поэтому практические расчеты целесообразно проводить по этой формуле.

Потери времени T_{BC} при этом могут быть определены на основании хронометражных наблюдений.

Для учебных целей можно воспользоваться следующими значениями T_{BC} :

- пахотные агрегаты – **180** с;
- агрегаты для боронования, дискования, сплошной и междурядной культивации и прикатывания – **120** с;
- посевные и посадочные агрегаты – **140** с;
- уборочные агрегаты, включая косилочные – **120** с.

Оптимальная ширина загона должна быть кратной удвоенной ширине за-

хвата агрегата, поэтому на основании (5.12) и (5.13) предварительно следует определить соответствующее количество двойных проходов агрегата:

$$n_{2TP} = \frac{C_{TOP}}{2B}; \quad n_{2SP} = \frac{C_{SOP}}{2B}. \quad (5.15)$$

Округлив расчетные значения n_{2TP} и n_{2SP} в большую сторону до целых чисел $n_{2T} \geq n_{2TP}$ и $n_{2S} \geq n_{2SP}$, определим соответствующие фактические значения оптимальной ширины загона по обоим критериям:

$$C_{T0} = 2 \cdot B \cdot n_{2T}; \quad C_{S0} = 2 \cdot B \cdot n_{2S}. \quad (5.16)$$

Длину холостого пути агрегата S_{X0} в расчете на 1 га при оптимальной ширине загона C_{S0} получим на основании (5.11) при $\lambda_C = \lambda_{CS0} = C_{S0}/B$ в виде

$$S_{X0} = \frac{10^4}{L} \cdot \left(E_X \cdot \lambda_{CS0} + \frac{A_X}{\lambda_{CS0}} + D_X \right). \quad (5.17)$$

Соответствующий коэффициент рабочих ходов определяется из равенства

$$\varphi_{PO} = \frac{S_P}{S_P + S_{X0}} = \frac{1}{\left[1 + \frac{B}{L} \left(E_X \cdot \lambda_{CS0} + \frac{A_X}{\lambda_{CS0}} + D_X \right) \right]}, \quad (5.18)$$

где S_P – длина рабочего пути агрегата в расчете на 1 га, $S_P = 10^4/B$, м.

Общие потери времени смены, связанные с холостым ходом T_{X0} , в расчете на 1 га получим из формулы (5.12) при $\lambda_C = \lambda_{CT0} = C_{T0}/B$ в виде

$$T_{XO} = \frac{10^4}{L} \cdot \left[\frac{3,6}{V} \cdot \left(E_X \cdot \lambda_{CTO} + \frac{A_X}{\lambda_{CTO}} + D_X \right) + \frac{Z \cdot T_{BC}}{C_{TO}} \right]. \quad (5.19)$$

Значения E_X , A_X , D_X для основных способов движения определяются по приведенным ниже зависимостям.

Все варианты способов движения всвал и вразвал, включая чередование загонов:

$$E_X = 0,5 ;$$

$$A_X = (2,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e) \cdot Z + 2 \cdot a_R^2 \cdot (\gamma_{\Pi} - 2,14) - (1 + n_{\text{ПК}}) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e) + \beta_P \cdot m_D \cdot \left(\frac{L}{B} + \gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e \right) + 2 \cdot \mu_{\Pi} \cdot (\lambda_E \cdot a_R + V_E + a_e) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2a_e); \quad (5.20)$$

$$D_X = (\beta_3 - 0,5) \cdot Z + 1,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e, \quad (5.21)$$

где Z – число агрегатов, работающих на одном загоне;

β_P – количество борозд и гребней на одном загоне (при чередовании следует принять $\beta_P = 1$, а без чередования $\beta_P = 2$);

γ_{Π} – коэффициент, характеризующий зависимость длины петлевого поворота l_{Π} от радиуса ($l_{\Pi} = \gamma_{\Pi} \cdot R + 2l$), значения γ_{Π} для соответствующих видов поворотов приведены на рисунке 5.2;

m_D – число дополнительных заездов на заравнивание одной развальной борозды, свального гребня, стыка между проходами и т. д. (для пахотных агрегатов $m_D = 2$, а для непахотных агрегатов следует принять $m_D = 1$);

μ_{Π} – величина, обратная количеству загонов $n_{3\Pi}$, поворотные полосы которых обрабатываются совместно (чаще $n_{3\Pi} = 1$ и соответственно $\mu_{\Pi} = 1$) $\mu_{\Pi} = 1/n_{3\Pi}$;

β_3 – коэффициент, характеризующий, на какую часть ширины загона в среднем перемещается агрегат при переездах с одного загона на другой (в среднем с учетом многообразия вариантов можно принять $\beta_3 = 1,75$);

$n_{ПК}$ – число петлевых поворотов, сделанных на загоне при предварительной подготовке поля другим агрегатом (если поле предварительно не подготовлено, то следует принять $n_{ПК} = 0$, а если подготовлено, то $n_{ПК} = 1$).

При рациональном чередовании загонов, когда нечетные загоны обрабатываются в направлении слева направо **всвал**, а четные – справа налево **вразвал**, длина холостого пути агрегата при прочих равных условиях уменьшается.

Основные частные случаи определения A_x и D_x :

- $Z = 1$ – работа каждого агрегата на отдельном загоне;
- $m_d = 0$ – работа без дополнительных заездов на заравнивание борозд, гребней, стыков и т. д. при предварительной подготовке поля другим вспомогательным агрегатом;
- $\mu_{П} = 0$ – работа без обработки поворотных полос при наличии свободных мест на краях загона или предварительной подготовке полей;
- $n_{ПК} = 1$ – работа при предварительной прокладке борозд и прокосов.

При $m_d = 0$ и $\mu_{П} = 0$ длина холостого пути агрегата существенно уменьшается и оптимальная ширина загона C_0 не зависит от длины гона L . В связи с этим в состав звена мощных агрегатов следует включать агрегаты (вспомогательные) меньшей мощности для обработки стыков и поворотных полос. Так называемый способ движения уборочных агрегатов *с расширением прокосов* является частным случаем чередования **всвал и вразвал** на трех загонах с предварительной обработкой поворотных полос и стыков, когда $m_d = \mu_{П} = 0$.

Все варианты движения беспетлевым комбинированным способом

Различия между вариантами в данном случае состоят в основном в ширине C_1, C_2 попарно равных частей загона, очередности попарной обработки указанных частей и в направлении движения агрегата при этом (по или против направления хода часовой стрелки). Для рациональной очередности обработки загонов в соответствии с рисунком 5.1 получены следующие выражения для E_x, A_x, D_x :

$$E_X=0,5;$$

$$A_X = m_D \cdot \beta_P \cdot \left(1,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e + \frac{L}{B}\right) + 2 \cdot \mu_{II} \cdot (\lambda_E \cdot a_R + V_E + a_e) \cdot (\gamma_{II} \cdot a_R + 2 \cdot a_e); \quad (5.22)$$

$$D_X = 1,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e + 0,5 \cdot m_D \cdot \beta_P. \quad (5.23)$$

При необходимости дополнительных заездов для обработки борозд, гребней или стыков следует принимать $\beta_P = 2$. Случаи $m_D = 0$ и $\mu_{II} = 0$ аналогичны рассмотренным выше. При $m_D = m_{II} = 0$ имеем $A_X = 0$ и соответственно $C_0 = 0$. Минимально возможную ширину загона при этом следует выбирать из практических соображений.

Определяемая из (5.13), (5.14) или по другим соображениям ширина загона должна удовлетворять условию

$$C \geq C_{\min} \text{ или } C \geq 4B \cdot (a_R + Z - 1). \quad (5.24)$$

Одновременно меньшая часть загона должна удовлетворять условию

$$C_{2min} \geq \frac{1}{4} C_{min}$$

Минимальная ширина загона C_{\min} при этом определяется из условия возможности реализации **беспетлевого** поворота всеми агрегатами группы (при одиночной работе следует принять $Z = 1$).

Если определяемое из формулы (5.13) или (5.24) значение C окажется слишком малым по практическим соображениям, то следует выбрать ближайшее рациональное значение ширины загона C , кратное удвоенной ширине захвата агрегата $2B$. Количество проходов агрегата на каждой части загона при

этом также должно быть целым числом. Направление движения агрегата по отдельным частям загона следует выбирать с учетом особенностей технологического процесса и самого агрегата. Например, для уборочных агрегатов убранный часть загона должна находиться со стороны выгрузки урожая.

Движение перекрытием

Обычно при данном способе движения нет необходимости в дополнительных проходах для выравнивания борозд и гребней и обработки стыков. Значения E_X , A_X , D_X :

$$E_X = 0,5;$$

$$A_X = Z^2 + 2 \cdot \mu_{\Pi} \cdot (\lambda_E \cdot a_R + V_e + a_e) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e), \quad (5.25)$$

$$D_X = 1,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e. \quad (5.26)$$

Без обработки поворотных полос и в данном случае следует принять $\mu_{\Pi} = 0$. Аналогично предыдущему случаю значение C , определяемое на основании (5.13), должно удовлетворять также условию осуществления **беспетлевого** поворота всеми Z агрегатами группы:

$$C \geq C_{\min} \text{ или } C \geq 2 \cdot (2a_R + Z) \cdot B. \quad (5.27)$$

Последующее решение осуществляется в полной аналогии с предыдущим случаем путем выбора рационального целого числа проходов.

Круговой способ движения

Холостые повороты в данном случае имеют место в середине загона. Кроме того, имеет место потеря пути при рабочих поворотах (скрытый холостой ход). Для основных вариантов обычного кругового способа движения (от периферии к центру или от центра к периферии) имеем:

$$E_X = 0;$$

$$A_X = (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e) \cdot (2 \cdot a_R - 1) + Z \cdot (1,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e) + m_D \cdot \left(\frac{L}{B} + \gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e\right) - 2\pi \cdot a_R^2 \cdot \left(\frac{1}{\varepsilon_B} - 1\right); \quad (5.28)$$

$$D_X = \beta_3 \cdot Z + \left(\frac{1}{\varepsilon_B} - 1\right) \cdot \pi \cdot a_R, \quad (5.29)$$

где $\varepsilon_B = V_{\text{рп}}/V$ – отношение средней рабочей скорости при повороте $V_{\text{рп}}$ к рабочей скорости при прямолинейном движении V ($\varepsilon_B = 0,8$).

Коэффициент β_3 аналогичен такому же коэффициенту в формуле (5.21). При правильной организации движения агрегата имеем $\beta_3 = 0,5$. Соответствующую этому значению β_3 схему движения агрегата студент должен определить самостоятельно. Необходимость в дополнительных заездах на обработку стыков может возникнуть при движении от периферии к центру. При этом следует принять $m_D = 2$ – если въезд и выезд осуществляется на одной стороне загона; $m_D = 1$ – когда въезд и выезд совершаются на противоположных сторонах загона (чаще имеет место случай $m_D = 2$).

Так как в данном случае $E_x = 0$, то из формулы (5.12) имеем $C_0 = \infty$ ($A_x > 0$). Соответственно ширина загона выбирается из практических соображений с учетом размеров поля и сменной наработки агрегата, желательно, чтобы площадь загона не превышала сменную наработку агрегата.

Круговой способ движения «конверт»

Развернутые значения E_X , A_X , D_X в данном случае имеют вид:

$$E_X = 0;$$

$$A_X = (2 \cdot a_R - 1) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e) + (\rho_{\Pi} - 2 \cdot a_R) \cdot (0,5 \cdot \rho_{\Pi} + 2,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e - 0,5 \cdot Z) - 2 \cdot \rho_{\Pi} \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e) + m_D \cdot \left(\frac{L}{B} + \rho_{\Pi} + \gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e\right) + Z \cdot (1,14 \cdot a_R + 2 \cdot a_e); \quad (5.30)$$

$$D_X = 2 \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e) + Z \cdot \beta_3 - m_D, \quad (5.31)$$

где $\rho_{\Pi} = d_{\Pi}/B$ – отношение d_{Π} из рисунка 5.1 к ширине захвата B .

Остальные обозначения аналогичны предыдущим случаям. Минимальное значение d_{Π} приближенно определяется из равенства

$$d_{\Pi M} = 2R + 2e = 2B \cdot (a_R + a_e).$$

Соответственно для $\rho_{\Pi M}$ получим

$$\rho_{\Pi M} = \frac{d_{\Pi M}}{B} = 2 \cdot (a_R + a_e), \quad (5.32)$$

Численное значение коэффициента β_3 определяется в зависимости от принятого варианта работы агрегата.

При движении **от центра к периферии** (например, при вспашке) (6а на рис. 5.1) имеем:

- $\beta_3 = 0,5$ – при переезде на соседний правый загон;
- $\beta_3 = 1,5$ – при переезде на соседний левый загон.

Если движение агрегата происходит **от периферии к центру** (например, при уборке зерновых) (6б на рис. 5.1), то получим:

- $\beta_3 = 0,5$ – при переезде на соседний левый загон;
- $\beta_3 = 1,5$ – при переезде на соседний правый загон.

Рациональный вариант движения агрегата выбирается с учетом типа агрегата и конкретных условий работы. Необходимость в дополнительных заездах и соответствующее значение m_D в формуле (5.30) также определяются с учетом вида операции и условий его выполнения по аналогии с ранее рассмотренными способами движения.

Так как $E_x = 0$, то имеем $C_0 = \infty$, поэтому рациональное значение ширины загона следует определять по аналогии с предыдущим случаем обычного кругового способа движения агрегата.

Челночный способ движения

Данный способ движения применим в основном для случая работы каждого агрегата на отдельном загоне. При этом получено:

$$E_X=0;$$

$$A_X = 2 \cdot \mu_{\Pi} \cdot (\lambda_E \cdot a_R + V_E + a_e) \cdot (\gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e) , \quad (5.33)$$

$$D_X = \gamma_{\Pi} \cdot a_R + 2 \cdot a_e .$$

Оптимальная ширина загона и в данном случае имеет значение $C_0 = \infty$. Соответственно и рациональное значение определяется по аналогии с круговым способом движения.

Если обработка загона осуществляется в двух взаимно перпендикулярных направлениях, то в формуле (5.4) следует брать удвоенное значение правой части. Челночный способ движения обычно применяется при числе машин в агрегате не более двух-трех, так как для многомашинных агрегатов петлевые повороты становятся затруднительными и приводят к большим потерям времени смены.

При выполнении задания на компьютере следует выполнить многовариантную учебно-исследовательскую работу по аналогии с предыдущими заданиями.

Пример расчета агрегата для посева зерновых (узкорядный)

1. Выписываем из таблицы 5.1 вариант задания №30.

№ варианта	Вид операции	L, м	Состав агрегата	B, м	V _x , км/ч	Z
30	Посев зерновых	800	ДТ-75М + СП-11 + ЗСЗУ-3,6	10,8	9	1

2. По рисункам 5.1 и 5.2 выбираем способ движения и вид поворота. Узкорядный посев зерновых при трехсеялочном агрегате выполняют «перекрытием» или «вразвал».

Выбираем способ движения «перекрытием» и вид поворота «беспетлевой с прямолинейным участком».

3. Определяем радиус поворота агрегата по формуле (5.1), учитывая, что $a_R = 1,57$ – поправочный коэффициент при $V_X = 9$ км/ч.

$$R = 1,57 \cdot 10,8 = 17 \text{ м.}$$

4. Кинематическую длину агрегата определяем по формуле (5.3), учитывая, что $a_{co} = 0,6 \dots 0,7$; $a_{ek} = 1,33$.

$$l_K = 1,33 \cdot 10,8 = 14,36 \text{ м.}$$

5. По формуле (5.4) определяем длину выезда агрегата

$$l = 0,65 \cdot 1,33 \cdot 10,8 = 9,3 \text{ м.}$$

6. Минимальная ширина поворотной полосы определяется в соответствии с рисунком 5.2 по формуле (5.6) с учетом, что

$$\lambda_E = 1,1; a_R = 1,57; v_E = 0,6; a_e = a_{co} \cdot a_{ek} = 0,65 \cdot 1,33 = 0,86.$$

$$E_{\min} = 10,8 \cdot (1,1 \cdot 1,57 + 0,6 + 0,86) = 10,8 \cdot (1,727 + 1,46) = 10,8 \cdot 3,187 = 34,4 \text{ м.}$$

7. Величины E_X , A_X , D_X характеризующие особенности каждого способа движения, определяем по формулам (5.25) и (5.26) для способа движения «перекрытием», учитывая, что

$Z = 1$ - число агрегатов, работающих на одном загоне;

$\mu_{\Pi} = 0$ – величина, обратная количеству загонов, поворотные полосы которых обрабатываются совместно;

$Y_{\Pi} = 0$ – коэффициент, характеризующий зависимость длины петлевого поворота от радиуса.

$$\lambda_E = 1,1; a_R = 1,57; v_E = 0,6; a_e = 0,86.$$

$$E_X = 0,5; A_X = Z^2 = 1 \text{ – так как } \mu_{\Pi} = 0;$$

$$D_X = 1,4 \cdot 1,57 + 2 \cdot 0,86 = 2,198 + 1,72 = 3,92.$$

8. Определяем расчетную оптимальную ширину загона по критерию (5.12) по формуле (5.13), с учетом, что

$T_{BC} = 140\text{с}$ – вспомогательное время для посевного агрегата.

$$\begin{aligned} C_{TOP} &= 10,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,5} \cdot \left(1 + \frac{1 \cdot 140 \cdot 9}{3,6}\right)} = 10,8 \cdot \sqrt{2 \cdot \left(1 + \frac{1260}{3,6}\right)} \\ &= 10,8 \cdot \sqrt{2 \cdot (1 + 350)} = 10,8 \cdot \sqrt{702} = 10,8 \cdot 26,5 = 286\text{м.} \end{aligned}$$

9. Определяем расчетную оптимальную ширину загона по минимуму длины холостого пути (критерий 5.10) по формуле (5.14), при $T_{BC} = 0$.

$$C_{SOP} = 10,8 \cdot \sqrt{\frac{1}{0,5}} = 10,8 \cdot \sqrt{2} = 10,8 \cdot 1,41 = 15,3\text{м.}$$

10. Оптимальная ширина загона должна быть кратной удвоенной ширине захвата агрегата, поэтому на основании (5.12) и (5.13) определяем соответствующее количество двойных проходов агрегата по формуле (5.15)

$$\begin{aligned} n_{2TP} &= \frac{286}{2 \cdot 10,8} = \frac{286}{21,6} = 13,2 \\ n_{2SP} &= \frac{15,3}{2 \cdot 10,8} = \frac{15,3}{21,6} = 0,71 \end{aligned}$$

11. Округлив полученные выше значения в большую сторону до целых чисел, определяем фактическое значение оптимальной ширины загона по обоим критериям по формуле (5.16)

$$C_{TO} = 2 \cdot 10,8 \cdot 14 = 302 \text{ м.}$$

$$C_{SO} = 2 \cdot 10,8 \cdot 1 = 21,6 \text{ м.}$$

12. Длину холостого пути агрегата $S_{ХО}$ в расчете на 1 га при оптимальной ширине загона C_{SO} определяем по формуле (5.17), учитывая, что

$$\lambda_C = \lambda_{CSO} = C_{SO} / B = 21,6 / 10,8 = 2; \quad L = 800 \text{ м.}$$

$$S_{XO} = \frac{10^4}{800} \cdot \left(0,5 \cdot 2 + \frac{1}{2} + 3,92 \right) = 12,5 \cdot (1 + 0,5 + 3,92) = 12,5 \cdot 5,42 = 67,75 \text{ м.}$$

13. Определяем коэффициент рабочих ходов по формуле (5.18), с учетом, что

$$S_P = 10^4 / B = 10000 / 10,8 = 926 \text{ м.}$$

$$\varphi_{PO} = \frac{926}{926 + 68} = \frac{926}{994} = 0,931$$

14. Определяем общие потери времени смены, связанные с холостым ходом T_{XO} , в расчете на 1 га, при $\lambda_C = \lambda_{CTO} = C_{TO} / B = 302 / 10,8 = 28$

$$\begin{aligned} T_{XO} &= \frac{10^4}{800} \cdot \left[\frac{3,6}{9} \cdot \left(0,5 \cdot 28 + \frac{1}{28} + 3,92 \right) + \frac{1 \cdot 140}{302} \right] \\ &= 12,5 \cdot [0,4 \cdot (14 + 0,036 + 3,92) + 0,46] = 12,5 \cdot [0,4 \cdot 18 + 0,46] \\ &= 12,5 \cdot [7,2 + 0,46] = 12,5 \cdot 7,66 = 95,75 \text{ с.} \end{aligned}$$

Отчет

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

Таблица 5.5

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Вид операции	Посев зерновых
2	Состав агрегата	ДТ-75М + СП-11 + ЗСЗУ-3,6
3	Длина гона, L	800 м
4	Ширина захвата, B	10,8 м
5	Скорость холостого хода, V_X	9 км/ч
6	Число агрегатов, работающих на одном загоне, Z	1
7	Способ движения	Перекрытием
8	Вид поворота	Беспетлевой
9	Коэффициент пропорциональности, a_R	1,57

Продолжение таблицы

10	Коэффициент, a_{eo}	0,65
11	Коэффициент, a_{ek}	1,33
12	Кинематическая длина агрегата, l_K	14,36 м
13	Длина выезда агрегата, l	9,3 м
14	Минимальная ширина поворотной полосы, E_{min}	34,4 м
15	Величина, E_X	0,5
16	Величина, A_X	1
17	Величина, D_X	3,92
18	Вспомогательное время, T_{BC}	140 с
19	Оптимальная ширина загона, C_{TOP}	286 м
20	Оптимальная ширина загона, C_{SOP}	15,3 м
21	Количество двойных проходов, n_{2TP}	13,2
22	Количество двойных проходов, n_{2SP}	0,71
23	Фактическое значение оптимальной ширины загона, C_{TO}	302 м
24	Фактическое значение оптимальной ширины загона, C_{SO}	21,6 м
25	Коэффициент, λ_{CSO}	2
26	Длина холостого пути агрегата, S_{XO}	67,75 м
27	Длина рабочего пути, S_P	926 м
28	Коэффициент рабочих ходов, φ_{PO}	0,931
29	Коэффициент, λ_{CTO}	28
30	Общие потери времени смены, связанные с холостым ходом, T_{XO}	95,75 с

Литература

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

Учебное издание

Самусенко Владимир Иванович

Дьяченко Антон Вячеславович

ОБОСНОВАНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ СПОСОБОВ ДВИЖЕНИЯ МАШИННО-ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ

Методические указания для выполнения
практической работы № 5
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»
студентам инженерно-технологического института
по направлению подготовки
35.03.06 «Агроинженерия»

Редактор Осипова Е.Н.

Подписано к печати 22.03.2021 г. Формат 60x84 ¹/₁₆.
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,68. Тираж 25 экз. Изд. № 6867.

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