

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.

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ**

Методические указания для выполнения  
практической работы № 13  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2021

УДК 631.3 (076)  
ББК 40.72  
С 17

Самусенко, В. И. Оптимизация основной и предпосевной обработок почвы: методические указания для выполнения практической работы № 13 по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студентам инженерно-технологического института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В. И. Самусенко. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - 31 с.

Методические указания предназначены для выполнения практической работы по приобретению навыков комплексного решения задач, связанных с эксплуатационным обеспечением высокоэффективной работы машинно-тракторных агрегатов (МТА) при выполнении полевых механизированных операций основной и предпосевной обработки почвы. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: к.т.н., доцент Кузюр В.М.

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

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

## Содержание

	стр.
ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....	4
СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ .....	4
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ.....	6
ПРИМЕР РАСЧЕТА.....	23
ОТЧЕТ .....	28
ЛИТЕРАТУРА.....	30

**Цель задания** – получение навыков комплексного решения задач, связанных с эксплуатационным обеспечением высокоэффективной работы машинно-тракторных агрегатов (МТА) при выполнении полевых механизированных операций основной и предпосевной обработки почвы.

Под эксплуатационным обеспечением подразумевается комплекс технических и организационных мероприятий, обеспечивающих высококачественное выполнение сельскохозяйственных операций и получение наибольшего конечного урожая при наименьших затратах соответствующих ресурсов.

### Содержание задания

1. Выписать из таблицы 13.1 исходные данные для заданного варианта.
2. Сформулировать основные агротехнические требования к заданным операциям основной и предпосевной обработки почвы.
3. Обосновать оптимальные составы и рабочие скорости МТА ( $B, V$ ).
4. Сформулировать указания по практическому комплектованию МТА и проведению основных регулировок.
5. Определить сменные наработки  $W_{см1}, W_{см2}$  (га) и расход топлива  $Q_1, Q_2$  (кг/га) для обоих типов МТА, а также потребное число  $n_{a1}, n_{a2}$  в расчете на 100 га.

Таблица 13.1

#### Варианты заданий (на 100 га)

Операция	Класс длины гона, м	$D_k$ , дни	$\Delta_t$ , дни	$k_{см}$	$\mu_1$	$\mu_2$	Общая площадь $F_{\Sigma}$ , га	Площадь одного поля $F_p$
1. Вспашка легких почв. Боронование	150-200	10	3	2,0 1,5	0,012	0,008	250	2
2. Вспашка средних почв. Боронование	150-200	10	3	1,5 1,0	0,013	0,009	300	3
3. Вспашка тяжелых почв. Боронование	150-200	10	3	1,5 1,0	0,014	0,010	350	4
4. Вспашка легких почв. Сплошная культивация	200-300	11	3	2,0 1,5	0,012	0,008	400	5
5. Вспашка средних почв. Сплошная культивация	200-300	11	3	2,0 1,5	0,013	0,009	450	6
6. Вспашка тяжелых почв. Сплошная культивация	200-300	11	3	1,0 1,5	0,014	0,010	500	8
7. Вспашка легких почв. Дискование	300-400	12	4	1,0 1,0	0,014	0,010	550	10
8. Вспашка средних почв. Дискование	300-400	12	4	1,5 1,0	0,015	0,011	600	15
9. Вспашка тяжелых почв. Дискование	300-400	12	4	1,5 1,5	0,016	0,012	650	20
10. Вспашка легких почв. Прикатывание	400-600	13	4	2,0 1,5	0,014	0,010	700	25
11. Вспашка средних почв. Прикатывание	400-600	13	4	2,0 1,0	0,015	0,011	750	30
12. Вспашка тяжелых почв. Прикатывание	400-600	13	4	1,0 1,5	0,016	0,012	800	33

Продолжение таблицы

13. Вспашка легких почв. Боронование	600-1000	14	5	2,0 1,5	0,016	0,012	850	34
14. Вспашка средних почв. Боронование	600-1000	14	5	2,0 1,5	0,017	0,013	900	36
15. Вспашка тяжелых почв. Боронование	600-1000	14	5	1,5 1,5	0,018	0,014	950	40
16. Вспашка легких почв. Сплошная культивация	Более 1000	15	5	1,0 1,0	0,016	0,012	1000	92
17. Вспашка средних почв. Сплошная культивация	Более 1000	15	5	2,0 2,0	0,017	0,013	1050	95
18. Вспашка тяжелых почв. Сплошная культивация	Более 1000	15	5	1,5 1,0	0,018	0,014	1100	110
19. Вспашка легких почв. Прикатывание	600-1000	16	6	1,0 1,0	0,018	0,014	1150	66
20. Вспашка средних почв. Прикатывание	300-400	16	6	1,5 1,5	0,019	0,015	1200	17
21. Вспашка тяжелых почв. Прикатывание	600-1000	16	6	1,5 1,0	0,020	0,016	1250	82
22. Вспашка легких почв. Дискование	400-600	17	6	2,0 1,5	0,018	0,014	1300	27
23. Вспашка средних почв. Дискование	400-600	17	6	1,5 1,5	0,019	0,015	1350	31
24. Вспашка тяжелых почв. Дискование	400-600	17	6	1,5 1,0	0,020	0,016	1400	28
25. Вспашка легких почв. Сплошная культивация	Более 1000	18	7	2,0 1,5	0,020	0,016	1450	120
26. Вспашка средних почв. Сплошная культивация	Более 1000	18	7	1,5 1,5	0,021	0,017	1500	130
27. Вспашка тяжелых почв. Сплошная культивация	Более 1000	18	7	1,5 1,5	0,022	0,018	1100	179
28. Вспашка средних почв. Дискование	400-600	10	3	2,0 1,5	0,015	0,011	1200	34
29. Вспашка средних почв. Дискование	600-1000	11	5	1,5 1,5	0,013	0,010	1300	61
30. Вспашка тяжелых почв. Дискование	Более 1000	12	5	2,0 1,5	0,016	0,012	1400	135

Примечание. В расчетных формулах используется среднее значение  $L$  в пределах каждого класса длины гона.

6. Определить оптимальную стратегию выполнения работ на примере вспашки с определением основных показателей.

7. Обосновать эффективную организационную форму использования МТА и определить условие возможности групповой работы агрегатов.

8. Выбрать рациональные способы движения МТА и определить оптимальную ширину загона  $C_0$ .

9. Дать балльную оценку качества работы на примере вспашки.

## Последовательность выполнения работы

### 1. Основные агротехнические требования к технологическим операциям.

*Лушение стерни и дискование почвы.* Глубина обработки почвы 6-8 см с допуском  $\pm 10\%$ ; перекрытие между смежными проходами 15-20 см; угол атаки при лушении стерни до  $35^\circ$ , а при дисковании до  $30^\circ$ ; полное подрезание стерни и уничтожение сорняков; отсутствие огрехов, разъемных борозд и свальных гребней.

*Отвальная вспашка.* Допустимое отклонение от заданной глубины вспашки  $\pm 5\%$ ; высота гребней до 5 см; полная заделка сорняков и пожнивных остатков; отсутствие разрывов и свальных гребней между смежными проходами плуга.

*Сплошная культивация.* Глубина обработки в зависимости от местных условий 6-16 см с допуском  $\pm 1$  см; высота гребней до 4 см; полное подрезание сорняков и отсутствие огрехов; перекрытие между смежными проходами 10-15 см.

*Боронование зубowymi боролами.* Разрушение почвенной корки и рыхление почвы на глубину не менее 3-4 см; разрушение почвенных комков до размеров 1-3 см; высота гребней до 3 см; отсутствие огрехов.

*Предпосевное прикатывание.* Равномерное уплотнение почвы и создание на поверхности разрыхленного мульчирующего слоя; размеры комков до 2-3 см при отсутствии огрехов и неровностей почвы.

Приведенные краткие требования могут быть дополнены из справочных пособий по ЭМТП. Кроме того, все рассматриваемые операции должны выполняться в лучшие агротехнические сроки.

### 2. Выбор оптимального состава и рабочей скорости по критериям ресурсосбережения агрегатов

Рассматриваемая задача является одним из основных элементов операционной технологии по подготовке агрегата. Методы обоснования оптимального состава МТА по критериям ресурсосбережения достаточно полно изучались в разделе производственной эксплуатации курса ЭМТП, поэтому в данном задании используются в основном готовые результаты, полученные на основе этих методов.

Каждому сочетанию природно-производственных условий в качестве обобщенного параметра МТА соответствует такая оптимальная мощность  $N_{но}$  трактора на данной операции, при которой приведенные затраты являются минимальными:

$$C_{п} \rightarrow \min. \quad (13.1)$$

Однако критерию  $C_{п} \rightarrow \min$  соответствуют сравнительно небольшая

мощность  $N_{HO}$  и производительность  $W_O$  агрегата. В связи с этим часто принимается такое компромиссное решение, при котором за счет сравнительно небольшого отклонения от  $C_{п.min}$  в сторону увеличения  $\Delta C_{п}$  можно получить компромиссную мощность  $N_{НК} > N_{HO}$  и соответственно МТА более высокой производительности.

Полученные результаты оптимальных и компромиссных решений приведены в таблице 13.2 для рассматриваемых операций основной и предпосевной обработки почвы. Меньшая мощность в каждом диапазоне соответствует  $N_{HO}$  по критерию  $C_{п} \rightarrow \min$ , а большая мощность  $N_{НК}$  – компромиссным затратам  $C_{ПК} = C_{пmin}(1 + \epsilon_C)$ , увеличенным на 5% ( $\epsilon_C = 0,05$ ) по сравнению с  $C_{п.min}$ .

Таблица 13.2

**Рекомендуемые диапазоны потребных мощностей тракторов, кВт**

Операция	Класс длины гона, м					
	150-200	200-300	300-400	400-600	600-1000	более 1000
Лущение и дискование	40-67	51-89	61-110	74-138	83-160	106-217
Вспашка легких почв	43-70	51-84	61-105	65-114	73-132	95-178
Вспашка средних почв	50-83	58-100	70-124	75-135	84-156	109-213
Вспашка тяжелых почв	53-89	63-107	76-134	80-145	90-168	117-230
Сплошная культивация	42-67	46-77	55-95	67-119	84-155	99-188
Боронование	20-31	24-36	26-41	32-52	37-61	43-75
Прикатывание	22-36	26-44	30-51	35-62	40-74	47-90

Выбор мощности трактора в пределах указанного диапазона осуществляется с учетом конкретных природно-производственных условий каждого хозяйства. Например, при недостатке механизаторских кадров и сжатых сроках выполнения работ следует выбирать более мощные тракторы.

Глубина вспашки для всех типов почв принимается равной 0,22м. Удельные сопротивления  $K_O$  для легких, средних и тяжелых почв соответственно приняты равными 41, 50, 59 кН/м<sup>2</sup>.

При выборе типа трактора в указанном диапазоне следует учесть, что при влажной почве гусеничные тракторы обладают большей проходимостью, они более эффективны на легких почвах и имеют меньший расход топлива на единицу обработанной площади. В то же время колесные тракторы более маневренны и соответственно меньше потери времени смены на холостые повороты и переезды. Конкретная марка трактора с учетом указанных особенностей выбирается из таблицы 13.3 на основании данных таблицы 13.2.

### Мощность и эксплуатационная масса тракторов

№ варианта	Трактор	Колесная формула	Мощность, кВт	Эксплуатационная масса, кг	Тяговый класс, кН	Энергонасыщенность, кВт/т
1	Беларус-80	4К2	60	3345	14	18,0
2	Беларус-82	4К4	66	3780	14	17,5
3	Беларус-1025	4К2	77	4200	20	18,3
4	Беларус-1025	4К4	77	4345	20	17,7
5	Беларус-1221	4К4	96	5700	20	16,8
6	Беларус-1523	4К4	114	6000	20	19,0
7	Беларус-2102	4К4	156	10 800	40	14,4
8	JD-6620	4К4	65	4650	20	14,0
9	JD-6920SE	4К4	81,5	5900	20	13,8
10	JD-6920	4К4	99,5	6300	30	15,8
11	JD-77300	4К4	138	7770	30	17,7
12	JD-8400	4К4	170,2	8705	40	19,4
13	JD-8520	4К4	199	12 080	50	16,5
14	JD-9320	4К4	245	15 000	50	16,3
15	ХТЗ-150-05	4К4	121,5	8092	30	15,0
16	Т-4А-01	Гусеничный	99,3	9010	40	11,0
17	ДТ-175С	Гусеничный	116	7622	30	15,3
18	ЛТЗ-55А	4К4	39	3157	9	12,3
19	К-701М	4К4	246	12 900	50	19,1
20	ДТ-75Д	Гусеничный	66,3	6420	30	10,4
21	Т-150	Гусеничный	117,6	7460	30	15,8
22	ЛТЗ-60АВ	4К4	42,3	3490	14	12,1
23	ВТЗ-2032	4К2	18,4	1885	6	9,7
24	ВТЗ-2038	4К2	33	2370	6	13,9
25	Т-30А-80	4К4	33	2430	6	13,8
26	Т-40МС	4К2	36,4	2620	9	13,9

После выбора марки трактора на основе методов, изложенных в разделе производственной эксплуатации курса ЭМТП, обосновываются оптимальная рабочая скорость  $V_0$  и ширина захвата  $B_0$  с последующим определением числа рабочих машин. В качестве критерия оптимальности при этом выбирается минимум расхода топлива при рабочем ходе агрегата, кг/га:

$$Q_0 \rightarrow \min. \quad (13.2)$$

При этом обеспечивается также максимум производительности за час времени основной (чистой) работы, га/ч:

$$W_0 = 0,1Bv \rightarrow \max, \quad (13.3)$$

где  $B$  – ширина захвата агрегата, м;  
 $V$  – рабочая скорость, км/ч.

Критерии (13.2), (13.3) эквивалентны также минимуму энергозатрат  $E_T \rightarrow \min$  на обработку единицы площади,  $\text{кДж/м}^2$ .

Методика расчетов по указанным критериям была изложена ранее [1], поэтому в таблице 13.4 приводятся готовые оптимальные составы ресурсосберегающих агрегатов и соответствующие рабочие скорости. При этом обеспечиваются также рациональные значения коэффициента использования номинального тягового усилия трактора в диапазоне  $\epsilon_p = 0,77...0,94$ .

При необходимости вместо средних борон БЗСС-1,0 можно использовать тяжелые бороны БЗТС-1,0.

### 3. Определение удельных материалоперемещений. Указания по практическому комплектованию и регулировкам МТА.

Выбранные на основании данных таблиц 13.2-13.4 составы агрегатов для обеих операций с учетом современных задач ресурсосбережения следует оценить также с позиций материалоемкости.

Таблица 13.4

#### Оптимальные составы и рабочие скорости агрегатов

Операция	Состав агрегата	V, км/ч	B, м
Лушение и дискование	Т-40М + ЛДГ-5	6,92	5,00
	ЮМЗ-6М + ЛДГ-5	7,48	5,00
	МТЗ-80/82/ + ЛДГ-5	9,56	5,00
	ДТ-75М + ЛДГ-10	7,70	10,00
	Т-4А + ЛДГ-15	7,00	15,00
	Т-150 + ЛДГ-15	8,30	15,00
	Т-150К + ЛДГ-15	7,36	15,00
	ДТ-175С + ЛДГ-10	10,25	10,00
	К-700А + ЛДГ-20	7,70	20,00
	К-701 + ЛДГ-20	10,45	20,00
Вспашка легких почв	МТЗ-80 + ПЛН-3-35	9,56	1,05
	ДТ-75М + ПЛН-5-35	8,50	1,75
	Т-4А + ПЛП-6-35	9,45	2,10
	Т-150 + ПЛП-6-35	10,00	2,10
	Т-150К + ПЛП-6-35	8,80	2,10
	К-700А + ПТК-9-35 (8 кор.)	9,45	2,80
Вспашка средних почв	МТЗ-80/82/ + ПЛН-3-35	7,05	1,05
	ДТ-75М + ПЛН-5-35	7,70	1,75
	Т-4А + ПЛП-6-35	8,40	2,10
	Т-150 + ПЛП-6-35	9,40	2,10
	Т-150К + ПЛП-6-35	8,80	2,10
	ДТ-175С + ПЛП-6-35	9,35	2,10
	К-700А + ПТК-9-35 (8 кор.)	8,46	2,80
	К-701 + ПТК-9-35	9,30	3,15
Вспашка тяжелых почв	ДТ-75М + ПЛН-4-35	7,70	1,40
	Т-4А + ПЛП-6-35	7,00	2,10
	Т-150 + ПЛП-6-35	8,30	2,10
	Т-150К + ПЛП-6-35	7,36	2,10
	К-700А + ПТК-9-35 (8 кор.)	7,70	2,80
	К-701 + ПТК-9-35	9,30	3,15

Продолжение таблицы

Сплошная культивация	КМЗ-6М + КПС-4	7,48	4,00
	МТЗ-80 + КПС-4	9,20	4,00
	ДТ-75М + СП-11+2КПС-4	7,50	8,00
	Т-4А + СП-16 + 3КПС-4	7,20	12,00
	Т-150 + СП-16 + 3КПС-4	8,20	12,00
	Т-150К + СП-11 + 2КПС-4	11,47	8,00
	ДТ-175С + СП-11 + 2КПС-4	11,30	8,00
	К-700А + СП-16 + 3КПС-4	8,21	12,00
	К-701 + СП-16 + 4КПС-4	9,20	16,00
Боронование зубовыми боронами	Т-40М + СП-11 + 9БЗСС-1,0	8,18	8,55
	ЮМЗ-6М + СП-11 + 12БЗСС-1,0	7,48	11,40
	МТЗ-80 + СП-11 + 12БЗСС-1,0	9,00	11,40
	ДТ-75М + СГ-21 + 21БЗСС-1,0	7,50	19,95
Прикатыва- ние	Т-40М + 3ККШ-6	9,58	6,10
	ЮМЗ-6М + СП-11 + 2 (3ККШ)	7,48	12,20
	ДТ-75М + СП-16 + 3 (3ККШ-6)	7,50	18,30
	МТЗ-80 + СП-11 + 2 (3ККШ-6)	11,68	12,20

В качестве упрощенного показателя материалоемкости можно воспользоваться удельным материалоперемещением в расчете на единицу обработанной площади при рабочем ходе МТА, кгм/м<sup>2</sup>:

$$M_{\text{Пе}} = \frac{1}{B \cdot S_p} \cdot (m + m_c + n_M \cdot m_M) \cdot S_p, \quad (13.4)$$

где  $M_{\text{Пе}}$  – удельное материалоперемещение, кгм/м;

$m$ ,  $m_c$ ,  $m_M$  – массы трактора, сцепки и сельскохозяйственной машины, кг;

$n_M$  – число сельскохозяйственных машин в агрегате;

$S_p$  – рабочий путь агрегата при обработке заданной площади, м.

После сокращения на  $S_p$  можно перейти к более удобному для практических расчетов равенству:

$$M_{\text{Пе}} = \frac{1}{B} \cdot (m + m_c + n_M \cdot m_M). \quad (13.5)$$

Полученные значения  $M_{\text{Пе}1}$  и  $M_{\text{Пе}2}$  в определенной степени характеризуют воздействие МТА на почву. При прочих равных условиях отрицательное воздействие на почву будет возрастать с увеличением  $M_{\text{Пе}}$ .

В общем случае отрицательное воздействие МТА на почву зависит от множества факторов  $x_1, x_2, \dots, x_n$  и может быть представлено в виде сложной функции конкретное содержание которой пока не выявлено до конца.

$$y = f \cdot (x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (13.6)$$

Необходимые исходные данные для расчетов по формуле (13.5) приведены в таблице 13.5 (значения  $m$  для тракторов приведены в табл. 13.2).

Рекомендации по настройке навесного механизма, соединению сельскохозяйственной машины с трактором, проведению основных регулировок рабочих органов студент должен сформулировать самостоятельно с учетом соответствующих справочных данных.

Таблица 13.5

### Ширина захвата и массы сельскохозяйственных машин

Операция	Сельскохозяйственная машина	Ширина захвата $B_m$ , м	Масса $m_m$ , кг
Лушение и дискование	ЛДГ-5	5,00	1080
	ЛДГ-10	10,00	2450
	ЛДГ-15	15,00	3765
	ЛДГ-20	20,00	5514
Вспашка	ПЛН-3-35	1,05	522
	ПЛН-4-35	1,40	710
	ПЛН-5-35	1,75	800
	ПЛП-6-35	2,10	1230
	ПТК-9-35	3,15	2800
Сплошная культивация	КПС-4	4,00	969
Боронование	БЗСС-1,0	0,95	35
	БЗТС-1,0	0,95	42
Прикатывание	ЗККШ-6	6,10	1835
Сцепки	СП-11	7,2	915
	СП-16	13,5	1762
	СП-21	21,0	1800

Для уменьшения сопротивления качению трактора, а также меньшего вредного воздействия на почву необходимо выбрать соответствующее давление в шинах колес тракторов. Соответствующие справочные данные приведены в таблице 13.6 для основных марок тракторов [2].

Таблица 13.6

### Рекомендуемые пределы давления в шинах колес тракторов

Марка трактора	Давление в шинах, МПа	
	передних	задних
Т-40М	0,14-0,31	0,08-0,15
Т-40АМ	0,08-0,24	0,08-0,15
ЮМЗ-6М	0,14-0,27	0,08-0,14
МТЗ-80	0,14-0,25	0,10-0,14
МТЗ-82	0,14-0,25	0,08-0,14
Т-150К	0,08-0,12	0,08-0,12
К-700А	0,08-0,125	0,08-0,125
К-701	0,11-0,17	0,11-0,17

#### 4. Определение производительности МТА, расхода топлива и потребного числа агрегатов.

Сменная наработка  $W_{см}$  (га) и расход топлива  $\theta$  (кг/га) для МТА определяются из типовых норм или расчетным путем по приводимой ниже методике.

Глубина вспашки для всех вариантов принимается равной  $a = 0,22$  м, а удельное сопротивление плуга на легких, средних и тяжелых почвах соответственно составляет 41, 50, 59 кН/м<sup>2</sup>.

Обобщенный поправочный коэффициент на местные условия  $K_{об}$  для удобства расчетов принимается равным единице ( $K_{об} = 1$ ).

Потребное число агрегатов  $n_{a1}$  для вспашки определяется из равенства

$$n_{a1} = F / (D_p \cdot W_{сут1}) = F / (D_k \cdot \alpha_k \cdot W_{см1} \cdot k_{см1}), \quad (13.7)$$

где  $W_{сут1}$ ,  $W_{см1}$  – суточная и сменная наработки агрегата, га;

$D_k$ ,  $D_p$  – число календарных и рабочих дней;

$\alpha_k$  – коэффициент, учитывающий погодные условия, выходные и т. д.;

$k_{см}$  – коэффициент сменности.

Как указывалось ранее, для удобства использования результатов принимается во всех вариантах  $F = 100$  га, а для  $\alpha_k$  применительно к условиям Центрального района в среднем можно принять  $\alpha_k = 0,85$ . Значения  $D_k$ ,  $k_{см}$  приведены в задании (табл. 13.1), а  $W_{см1}$ , как указано выше, выбирается из типовых норм или рассчитывается по формуле (13.10).

Потребное число МТА для второй операции  $n_{a2}$  определяется из условия поточной работы:

$$n_{a2} \cdot W_{сут2} = n_{a1} \cdot W_{сут1}, \quad (13.8)$$

откуда имеем

$$n_{a2} = n_{a1} \cdot \frac{W_{сут1}}{W_{сут2}} = n_{a1} \cdot \frac{W_{см1} \cdot k_{см1}}{W_{см2} \cdot k_{см2}}, \quad (13.9)$$

Сменная наработка  $W_{см2}$  определяется по аналогии с  $W_{см1}$ , а коэффициент сменности  $k_{см2}$  для второй операции приведен в задании (табл. 13.1).

При отсутствии нормативных данных сменную наработку  $W_{см}$  МТА (га) и расход топлива  $\theta$  (кг/га) можно определить расчетным путем по методике [1].

Значение  $W_{см}$  при этом рассчитывается по формуле

$$W_{\text{см}} = 0,36 \cdot \Pi \cdot \tau \cdot T_{\text{см}} = 0,36 \cdot \left( \frac{h_w \cdot \Pi - a_w \cdot \Pi^2}{1 + K_w \cdot \Pi} \right) \cdot T_{\text{см}}, \quad (13.10)$$

где  $T_{\text{см}}$  – нормативная продолжительность смены (7 ч);

$\tau$  – коэффициент использования времени смены;

$\Pi$  – производительность МТА за единицу времени основной (чистой) работы,  $\Pi = V \cdot V$ , м<sup>2</sup>/с.

При определении  $\Pi$  значение скорости  $V$  из таблицы 13.4 следует перевести в м/с путем деления на 3,6. Коэффициенты  $h_w$ ,  $a_w$ ,  $K_w$  характеризуют конструктивные особенности и природно-производственные условия функционирования МТА и выбираются из таблицы 13.7.

Расход топлива  $b$  (кг/га) в соответствии с [1] определяется по формуле

$$\theta = \frac{N_H \varepsilon_N \cdot q_e \cdot v_\theta}{10^3 \cdot W} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot q_e \cdot v_\theta}{360 \cdot \Pi \cdot \tau}, \quad (13.11)$$

где  $W$  – часовая производительность МТА,  $W = 0,36\Pi \cdot \tau$ , га/ч;

$\varepsilon_N$  – коэффициент загрузки двигателя по мощности,  $\varepsilon_N = 0,90$ ;

$q_e$  – удельный расход топлива двигателем, г/(кВт·ч),  $q_e \approx 256$ .

Таблица 13.7

### Значения $h_w$ , $a_w$ , $K_w$ , $v_\theta$ для различных операций

Вид операции и длина гона, м	$h_w$	$a_w$	$K_w$	$v_\theta$
Лущение и дискование				
L = 150-200м	0,640	0,000507	0,0230	0,713
200-300	0,680	0,000458	0,0138	0,741
300-400	0,730	0,000425	0,00942	0,764
400-600	0,750	0,000375	0,00639	0,778
600-1000	0,810	0,000323	0,00504	0,804
Более 1000	0,820	0,000289	0,00295	0,831
Вспашка				
150-200	0,845	0,0129	0,0793	0,761
200-300	0,890	0,0112	0,0563	0,799
300-400	0,945	0,0105	0,0358	0,805
400-600	0,980	0,00754	0,0343	0,819
600-1000	0,990	0,00615	0,0269	0,852
Более 1000	0,995	0,00698	0,0121	0,861
Сплошная культивация				
150-200	0,680	0,00463	0,0208	0,643
200-300	0,780	0,00290	0,0202	0,659

Продолжение таблицы

300-400	0,810	0,00274	0,0130	0,689
400-600	0,815	0,00265	0,00746	0,747
600-1000	0,830	0,00262	0,00347	0,771
Более 1000	0,850	0,00274	0,00138	0,815
Боронование				
150-200	0,710	0,00622	0,0107	0,534
200-300	0,800	0,00712	0,00471	0,616
300-400	0,870	0,00523	0,00608	0,674
400-600	0,880	0,00544	0,00112	0,745
600-1000	0,930	0,00441	0,00115	0,793
Более 1000	0,940	0,00320	0,00100	0,811
Прикатывание				
150-200	0,690	0,00578	0,00859	0,582
200-300	0,760	0,00477	0,00641	0,659
300-400	0,810	0,00449	0,00417	0,710
400-600	0,850	0,00362	0,00284	0,765
600-1000	0,895	0,00270	0,00268	0,799
Более 1000	0,910	0,00235	0,00153	0,825

Коэффициент  $\nu_{\theta}$  зависит от длины гона, а также от других факторов и выбирается из таблицы 13.7.

## 5. Обоснование оптимальной стратегии выполнения работ

Оптимальная стратегия при заданных  $D_k$  и  $n_a$  предполагает определение такого момента начала выполнения работ  $t_{mo}$ , который обеспечивает получение наибольшей урожайности  $U_{max}$  (т/га) с учетом задач экономии энергии и других ресурсов. Задача в данном случае в основном сводится к определению  $t_{mo}$  для вспашки, поскольку начало выполнения операций предпосевной обработки почвы устанавливается с учетом допустимого агротехнического разрыва.

Требования получения  $U_{max}$ , а также минимального расхода энергии и топлива как для вспашки, так и других операций по обработке почвы в значительной степени удовлетворяются при выполнении этих работ в состоянии механической спелости почвы. Такое состояние почвы характеризуется оптимальной влажностью ( $W_0 = 18-20\%$ ), когда тяговое сопротивление почвообрабатывающих орудий становится минимальным. Исходя из этого, для вспашки наиболее благоприятным моментом (НБМ) начала работ принимается состояние почвы при  $W = W_0$ .

Соответственно технологические энергозатраты  $E_T$  на обработку единицы площади принимают минимальное значение

$$E_T = \frac{K_o \cdot \alpha \cdot B \cdot S_p}{10^4 \cdot F} \rightarrow \min, \quad (13.12)$$

где  $E_T$  – технологические энергозатраты, кДж/м<sup>2</sup>;  
 $K_o$  – удельное сопротивление плуга, кПа;  
 $\alpha$  – глубина вспашки, м;  
 $F$  – обработанная площадь, га.

Рабочий путь агрегата  $B_p$  (м) связан с  $F$  и шириной захвата  $B$  зависимостью  $S_p = 10^4 \cdot F/B$ , поэтому критерий (13.12) примет вид

$$E_T = \alpha \cdot K_o \rightarrow \min. \quad (13.13)$$

Таким образом, минимум технологических энергозатрат  $E_T \rightarrow \min$  и соответственно расхода топлива будут иметь место при  $K_o = K_{o\min}$  и оптимальной влажности почвы  $W_o$ . Соответствующая зависимость удельного сопротивления плуга  $K_o$  от влажности почвы  $W$  по данным [3] изменяется по параболе. Возрастание  $K_o$  по сравнению с  $K_{o\min}$  при  $W < W_o$  связано с увеличением плотности почвы, а при  $W > W_o$  – с залипанием рабочих органов плуга.

Закономерность изменения  $K_o$  в функции времени имеет минимум. При этом  $t_o$  соответствует оптимальной влажности почвы  $W_o$ . Такая закономерность соответствует постепенному просыханию почвы ранней весной или в другое время после дождя. Характер протекания этой зависимости определяется конкретными природно-климатическими условиями, поэтому последующие усредненные данные предназначены только для учебных целей.

Последующее решение задачи сводится к определению оптимальной стратегии проведения вспашки в соответствии с методикой (см. задание 10). Изменение  $K_o$  в функции  $t$  справа и слева от  $t_o$  для простоты решения аппроксимируем прямолинейными зависимостями. Интенсивность (скорость)  $\mu_k$  изменения  $K_o$  в долях от  $K_{o\min}$  слева и справа  $t_o$  соответственно определяется из равенств:

$$\mu_{K1} = \frac{K_{o12} - K_{o\min}}{K_{o\min} \cdot (t_o - t_1)}, 1/\text{сут}; \quad (13.14)$$

$$\mu_{K2} = \frac{K_{o12} - K_{o\min}}{K_{o\min} \cdot (t_2 - t_o)}, 1/\text{сут}. \quad (13.15)$$

Заданные значения  $\mu_{K1}$  и  $\mu_{K2}$  приведены в таблице 13.1 и предназначены только для учебных целей, поскольку реальные их значения могут быть определены только в конкретных природно-климатических условиях.

Оптимальная влажность почвы или НБМ на всех полях наступает не мгновенно, а по определенной закономерности процесса естественного развития, которая В. П. Горячкиным характеризуется интегральной кривой. Указанная зависимость для упрощения расчетов также аппроксимируется прямой линией (см. рис. 10.1).

Темп распространения НБМ или  $W_0$  по всей площади полей при этом определяется в виде

$$P = \frac{F}{t_B - t_A} = \frac{F}{\Delta t}, \text{ га/сут}; \quad (13.16)$$

Значение  $\Delta t$  зависит от конкретных почвенно-климатических условий, поэтому приводимые в таблице 13.1 данные предназначены только для учебных целей.

Последующие расчеты выполняются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 10.1. Линия  $AB$  характеризует закономерность наступления НБМ на площади  $F$ . Обычно продолжительность периода  $\Delta t$  сравнительно небольшая, поэтому для обработки всей площади в НБМ с наименьшими энергозатратами требуется большое число агрегатов и соответственно слишком будут увеличиваться другие виды эксплуатационных затрат. В связи с этим с практической точки зрения при ограниченном числе агрегатов более рационально начинать вспашку несколько раньше (на  $t_m$  дней) до наступления НБМ и соответственно завершить позже НБМ. Оптимальная стратегия при этом состоит в том, чтобы дополнительный расход энергии  $\Delta E_t$  из-за отклонения от НБМ при вспашке был минимальным  $\Delta E_t \rightarrow \min$ .

Реальный ход вспашки площади  $F$  агрегатами данного типа характеризуется на рисунке 10.1 прямой  $OE$ . Дополнительные потери энергии на площади  $F_c$  из-за преждевременной вспашки при  $W > W_0$  (залипание рабочих органов плуга), опуская промежуточные преобразования, получим в виде

$$\Delta E_{t1} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot K_{\text{omin}} \cdot \mu_{K1} \cdot \left( \frac{1}{n_{\text{al}} \cdot W_{\text{сут1}}} - \frac{1}{P} \right) \cdot F_c^2. \quad (13.17)$$

Аналогичным образом можно получить потери энергии  $E_{t2}$  на оставшейся площади  $F - F_c$  из-за вспашки в более поздние по сравнению с НБМ сроки при  $W < W_0$  (переуплотнение почвы):

$$\Delta E_{t2} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot K_{\text{omin}} \cdot \mu_{K2} \cdot \left( \frac{1}{n_{\text{al}} \cdot W_{\text{сут1}}} - \frac{1}{P} \right) \cdot (F - F_c)^2. \quad (13.18)$$

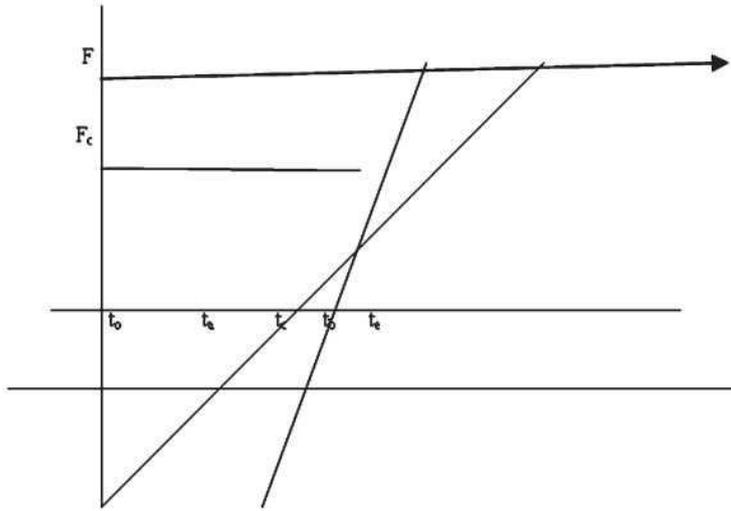


Рис. 13.1 - Оптимальная схема организации вспашки

Площадь  $F_c$  в (13.17), (13.18), как видно из рисунка 13.1, зависит от  $t_m$  и определяется из равенства

$$F_c = \frac{P \cdot n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}}{P - n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}} \cdot t_m. \quad (13.19)$$

Общие потери энергии  $\Delta E_T$  из-за отклонения от НБМ на всей площади вспашки  $F$  определяются в виде суммы

$$\Delta E_T = \Delta E_{T1} + \Delta E_{T2}. \quad (13.20)$$

На основании (13.17)...(13.19) это равенство можно представить в виде функции

$$\Delta E_T = f \cdot (t_m), \quad (13.21)$$

из которой по условию  $d \cdot \Delta E_T / d \cdot t_m = 0$  определим оптимальное значение  $t_0$ , удовлетворяющее критерию  $\Delta E_T \rightarrow \min$ , в виде

$$t_{m0} = \frac{\mu_{K2} \cdot (P - n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}) \cdot F}{(\mu_{K1} + \mu_{K2}) \cdot P \cdot n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}}. \quad (13.22)$$

Соответственно оптимальная площадь  $F_0$ , которую следует вспахать до НБМ, с учетом (13.19) определяется из равенства

$$F_{c0} = \frac{\mu_{K2}}{\mu_{K1} + \mu_{K2}} \cdot F. \quad (13.23)$$

Площадь, вспаханная после НБМ, при этом составит

$$F_{п0} = F - F_{c0} = F \cdot \left(1 - \frac{\mu_{K2}}{\mu_{K1} + \mu_{K2}}\right). \quad (13.24)$$

Момент начала выполнения последующей операции предпосевной обработки почвы определяется допустимым агротехническим разрывом в зависимости от конкретных почвенно-климатических условий.

Таким образом, определение  $t_0$ ,  $F_{c0}$  и  $F_{п0}$  обеспечивает выбор такой оптимальной стратегии выполнения работ, при которой дополнительные технологические энергозатраты будут минимальными.

При этом в значительной степени обеспечивается и получение высокого урожая, поскольку сроки выполнения работ максимально приближены к НБМ (состоянию механической спелости почвы).

## **6. Обоснование эффективной организационной формы использования агрегатов**

Наиболее эффективной организационной формой использования агрегатов является групповая работа в составе технологических звеньев с учетом следующих преимуществ: сокращаются сроки обработки каждого поля и соответственно ускоряется выполнение последующих технологических операций; повышается уровень всех видов обслуживания (технического, технологического, санитарно-гигиенического и др.) и сокращаются соответствующие затраты на их проведение; оперативнее распространяются передовые методы труда и т. д.

Основным недостатком групповой формы работы агрегатов является увеличение потерь времени смены на холостые переезды с одного загона на другой, а также с одного поля (массива полей) на другое. Под массивом полей подразумеваются расположенные близко поля, переезды между которыми не связаны с большими потерями времени смены для подготовки агрегатов к переезду.

Исходя из этого, групповая работа агрегатов должна быть организована таким образом, чтобы исключить или свести до минимума влияние указанных недостатков.

Необходимо прежде всего обеспечить работу каждого агрегата на отдельном загоне при оптимальной ширине загона. Кроме того, число агрегатов в

группе (звене) должно быть таким, чтобы исключить или свести до минимума (при разных площадях полей) переезды агрегатов с одного поля (массива) на другое в пределах рабочего дня.

Соответствующее число агрегатов в группе или звене при этом определяется с учетом (13.7) из равенства

$$n_a = \frac{F_{\Pi}}{D_{\text{кп}} \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot W_{\text{сут}}} = \frac{F_{\Pi}}{D_{\text{кп}} \cdot \alpha_{\text{к}} \cdot W_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}}, \quad (13.25)$$

где  $F_{\Pi}$  – средняя площадь одного поля или массива полей, га;  $D_{\text{кп}} = 1 \dots 3$  – календарные сроки обработки одного поля, дни.

Значения  $D_{\text{кп}}$  и  $K_{\text{см}}$  подбираются таким образом, чтобы с учетом агротехнических требований число агрегатов  $n_a$  в звене было целым числом. При малых значениях  $F_{\Pi}$ , когда  $n_a < 1$  при  $D_{\text{кп}} = 1$ , исключается возможность групповой работы агрегатов с учетом указанных ранее недостатков.

По организационным соображениям (ухудшается управляемость) число агрегатов в группе  $n_a$  желательно иметь не более **5...6**.

Если при расчете по формуле (13.25) получено большее значение  $n_a$ , то следует организовать несколько групп или звеньев по условию  $n_a < 5 \dots 6$ .

## **7. Выбор рационального способа движения МТА и определение оптимальной ширины загона**

При выборе способа движения, прежде всего, должно обеспечиваться высокое качество выполняемой работы. Из эквивалентных по этому показателю способов движения для работы выбирается тот, при котором обеспечиваются наименьшие потери времени смены и топлива, связанные с холостым ходом МТА. Следует учитывать при этом и потери времени на выполнение вспомогательных операций: разбивка поля на загоны, настройка рабочих органов сельскохозяйственных машин для первого прохода и т. д. (если эти вспомогательные операции выполняет сам тракторист).

По соображениям экономии времени в пределах данного задания возможные для заданных операций способы движения рекомендуется оценивать по длине холостого пути в расчете на 1 га обработанной площади  $S_{\text{х1}}$  (м/га). Критерий оптимальности при этом имеет вид

$$S_{\text{х1}} \rightarrow \min. \quad (13.26)$$

Эквивалентным критерием является также максимум коэффициента рабочих ходов:

$$\varphi_P = \frac{S_{P1}}{S_{P1} + S_{X2}} \rightarrow \max, \quad (13.27)$$

где  $S_{P1}$ ,  $S_{X1}$  – длина рабочего и холостого пути МТА на 1 га,  $S_{P1} = 10^4/V$ , м/га.

Выразив  $S_{X1}$  или  $\varphi_P$  в функции ширины загона  $C(S_{X1}) = f_X(C)$ ,  $\varphi_P = f_P(C)$ , определяется ее оптимальное значение  $C_0$  из условия  $dS_{X1}/dC = 0$  или  $d\varphi_P/dC = 0$ .

Методы определения показателей холостого движения агрегатов достаточно полно изложены в [5], и в данном задании рассматривается в основном практическое применение этих методов.

Предварительный выбор возможных по агротехническим требованиям способов движения для рассматриваемых операций осуществляется на основании имеющихся в справочных пособиях рекомендаций, краткие выдержки из которых приведены ниже.

**Лушение и дискование** – чаще применяется **челночный** способ движения, а на полях с длиной гона  $L$  менее 40-50 рабочих захватов МТА и неправильной конфигурации – **круговой** способ.

**Вспашка отвальная** – наиболее эффективны способы движения с чередованием загонов всвал и вразвал, а также **беспетлевой комбинированный**. Выбор одного из этих способов осуществляется по описанной ниже методике.

**Сплошная культивация** – используется **челночный** способ движения, а для многомашинных агрегатов (три и более культиваторов) рекомендуется способ движения **перекрытием** (беспетлевой).

**Боронование зубowymi боронами** – на длинах гона более 500 м используются **челночный** и **диагональный** способы, а на полях с малой длиной гона и сложной конфигурации – **круговой** способ движения.

**Прикатывание** – в основном используется **челночный** способ.

Оптимальная ширина загона для челночного и кругового способов движения МТА в соответствии с [5] имеет значение  $C_0 = \infty$  (бесконечно большое), т. е. чем больше, тем лучше, так как уменьшается длина холостого пути агрегата. Наибольшее рациональное значение ширины загона  $C_P$  при этом следует выбрать по организационным соображениям таким образом, чтобы вся площадь загона  $F_{заг}$  была обработана с учетом длины гона  $L$  за один рабочий день в соответствии с равенством

$$F_{заг} = L \cdot C_P = W_{см} \cdot K_{см},$$

соответственно для  $C_P$  получим

$$C_P = F_{заг}/L = W_{см} \cdot K_{см}/L.$$

При способе движения перекрытием оптимальная ширина загона получается слишком малой, поэтому также выбирается из практических соображений.

Исходя из изложенного, расчетную оптимальную ширину загона  $C_0$  целесообразно определять для пахотных агрегатов при чередовании обработки загонов способами всвал и вразвал и при беспетлевом комбинированном способе движения. Из указанных двух способов для работы рекомендуется тот, при котором длина холостого пути агрегата  $S_X$  меньше.

Значения длины холостого пути пахотного агрегата  $S_X$ , коэффициента рабочих ходов  $\Phi_P$  и оптимальной ширины загона  $C_0$  для обоих способов движения рассчитываются по обобщенным формулам [5]:

$$S_X = \frac{F}{L} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot C}{B} + \frac{A_X \cdot B}{C} + D_X \right); \quad (13.28)$$

$$\Phi_P = 1 / \left[ 1 + \frac{B}{L} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot C}{B} + \frac{A_X \cdot B}{C} + D_X \right) \right]; \quad (13.29)$$

$$C_0 = B \sqrt{2 \cdot A_X}, \quad (13.30)$$

где  $F$  – обработанная площадь,  $m^2$ .

Значение  $S_X$  следует определить в расчете на 1га, приняв в (13.26)  $F = 10^4 m^2$ , а для длины гона  $L$  следует принять среднее значение из таблицы 13.1 (при  $L > 1000$  следует принять  $L = 1200m$ ). Ширина захвата агрегата  $B$  приведена в таблице 13.4. При  $C = C_0$  получим  $S_X = S_{Xmin}$ ,  $\Phi_P = \Phi_{Pmax}$ .

При рациональном чередовании загонов всвал и вразвал следует принять [5]:

$$A_X = \frac{2L}{B} + 1482; \quad D_X = 10,7. \quad (13.31)$$

Для рационального варианта беспетлевого комбинированного способа движения пахотного агрегата получим

$$A_X = \frac{4L}{B} + 1242,2; \quad D_X = 11,5. \quad (13.32)$$

В качестве примера рассмотрим пахотный агрегат Т-150 + ПЛН-5-35 при  $B = 1,75$  м и  $L = 700$  м.

При чередовании способов всвал и вразвал для  $F = 10^4$  м<sup>2</sup> на основании (13.26)...(13.29) получим:  $A_x = 2282$ ,  $D_x = 10,7$ ,  $C_o = 118,2$  м,  $S_{x\min} = 1118$  м/га,  $\Phi_{P\max} = 0,836$ .

Для беспетлевого комбинированного способа движения того же агрегата с учетом (13.30) имеем:  $A_x = 2842,2$ ,  $D_x = 11,5$ ,  $C_o = 131,9$  м,  $S_{x\min} = 1241,5$  м/га,  $\Phi_{P\max} = 0,821$ .

Из полученных результатов следует, что в заданных условиях длина холостого пути агрегата больше при беспетлевом комбинированном способе движения на 11% и соответственно меньше коэффициент рабочих ходов.

Способ чередования загонов более простой и для практического применения, особенно если разбивку поля осуществляет сам тракторист. Основное преимущество беспетлевого комбинированного способа движения – меньшая ширина поворотной полосы из-за отсутствия петлевых поворотов агрегата типа грушевидного.

## 8. Балльная оценка качества работы (на примере пахотных агрегатов)

В производственных условиях качество работы оценивается по девятибалльной шкале с учетом основных показателей для каждой операции [6]. Работа считается выполненной на «отлично» при сумме баллов  $n_B = 8...9$ , на «хорошо» при  $n_B = 6...7$ , на «удовлетворительно» – при  $n_B = 4...5$  и «плохо» (брак) – при  $n_B < 4$ . В зависимости от набранных баллов должна начисляться и заработная плата.

Соответствующие показатели и баллы для каждой операции приведены в [6] и в других руководствах по операционной технологии. На основании этих справочных материалов в соответствии с заданием следует провести условную балльную оценку качества технологического процесса на примере вспашки. Соответствующая справочная таблица 13.8 из [6] содержит необходимые исходные данные.

Таблица 13.8

### Балльная оценка качества пахоты

Показатель	Способ определения	Градация нормативов	Балл
Отклонение от заданной глубины, см	Измерить глубину в 10 точках по диагонали участка	+ 1	3
		$\pm 2$ более $\pm 2$	2
			1
Выровненность (разность между длиной профиля и ее проекцией), см	Замерить длину профиля поперек пахоты 10-метровым шнуром, соединенным с 2-метровой лентой	Не более 5	3
		более 7	2
		более 7	1
Гребнистость (высота гребней), см	Замерить гребни и борозды, включая свальные и развальные	До 5	3
		не более 7	2
		более 7	1

Задаваясь условно определенными нормативами, следует определить сумму баллов и выставить соответствующую оценку. Кроме приведенных в таблице 13.8 основных показателей, учитываются также заделка растительных остатков и удобрений, прямолинейность борозд и т. д. При невыполнении этих требований общая оценка вспашки также может быть снижена. На основании полученной оценки качества в каждом хозяйстве должны быть предусмотрены соответствующие меры поощрения и наказания — как материальные, так и моральные. Такие меры в данном случае должен предложить сам студент.

### Пример расчета агрегатов для оптимизации основной и предпосев-ной обработок почвы

1. Выписываем из таблицы 13.1 исходные данные для варианта №30.

Операция	Класс длины гона, м	Д <sub>к</sub> , дни	Δ <sub>т</sub> , дни	к <sub>см</sub>	μ <sub>1</sub>	μ <sub>к2</sub>	Общая площадь F <sub>Σ</sub> , га	Площадь одного поля F <sub>п</sub>
30. Вспашка тяжелых почв. Дискование	Более 1000	12	5	2,0 1,5	0,016	0,012	1400	135

2. Выписываем основные агротехнические требования для заданных операций.

Вспашка - допустимое отклонение от заданной глубины вспашки ±5%; высота гребней до 5см; полная заделка сорняков и пожнивных остатков; отсутствие разрывов и свальных гребней между смежными проходами плуга.

Дискование почвы - глубина обработки почвы 6-8 см с допуском ±10%; перекрытие между смежными проходами 15-20 см; угол атаки при лущении стерни до 35°, а при дисковании до 30°; полное подрезание стерни и уничтожение сорняков; отсутствие огрехов, разъемных борозд и свальных гребней.

3. Выбираем оптимальный состав и рабочую скорость агрегатов. Согласно варианта задания из таблицы 13.2 выбираем рекомендуемые диапазоны мощностей тракторов N<sub>НО</sub>...N<sub>НК</sub> для обеих операций.

Вспашка тяжелых почв – 117...230 кВт.

Дискование – 106...217 кВт.

Меньшая мощность в каждом диапазоне соответствует оптимальной мощности N<sub>НО</sub>, а большая мощность – компромиссной мощности N<sub>НК</sub>.

По таблицам 13.3 и 13.4 выбираем марку трактора и состав агрегата.

Вспашка – К – 701М + ПТК – 9 – 35; N<sub>Н</sub> = 246 кВт.; V = 9,3 км/ч.; B = 3,15 м.

Дискование – Т – 150 + БД – 10; N<sub>Н</sub> = 117,6 кВт.; V = 9 км/ч.; B = 10 м.

4. Определяем удельное материалоперемещение для вспашки по формуле (13.5) с учетом

$$m = 12900 \text{ кг}; m_M = 2800 \text{ кг}.$$

$$M_{\text{Пе1}} = \frac{1}{3,15} \cdot (12900 + 2800) = \frac{15700}{3,15} = 4984 \text{ кг/м}$$

5. Определяем удельное материалоперемещение для дискования по формуле (13.5) с учетом

$$m = 7460 \text{ кг}; m_M = 41700 \text{ кг}.$$

$$M_{\text{Пе2}} = \frac{1}{10} \cdot (7460 + 4170) = \frac{11630}{10} = 1163 \text{ кг/м}$$

6. Определяем чистую производительность МТА по формуле  $\Pi = B \cdot V$

$$\Pi_1 = 3,15 \cdot 2,58 = 8,13 \text{ м}^2/\text{с}.$$

$$\Pi_2 = 10 \cdot 2,5 = 25 \text{ м}^2/\text{с}.$$

7. Определяем сменную и суточную производительность по формуле (13.10) с учетом

$$h_{w1} = 0,995; a_{w1} = 0,00698; k_{w1} = 0,0121; v_{\theta 1} = 0,861.$$

$$h_{w2} = 0,820; a_{w2} = 0,000289; k_{w2} = 0,00295; v_{\theta 2} = 0,831.$$

$$\begin{aligned} W_{CM1} &= 0,36 \cdot \left( \frac{0,995 \cdot 8,13 - 0,00698 \cdot 8,13^2}{1 + 0,0121 \cdot 8,13} \right) \cdot 7 = 2,52 \cdot \frac{8,09 - 0,00698 \cdot 66,1}{1 + 0,98} \\ &= 2,52 \cdot \frac{8,09 - 0,46}{1,98} = 2,52 \cdot \frac{7,63}{1,98} = \frac{19,23}{1,98} = 9,7 \text{ га}. \end{aligned}$$

$$W_{\text{СУТ1}} = 9,7 \cdot 2 = 19,4 \text{ га}.$$

$$\begin{aligned} W_{CM2} &= 0,36 \cdot \left( \frac{0,820 \cdot 25 - 0,000289 \cdot 25^2}{1 + 0,00295 \cdot 25} \right) \cdot 7 = 2,52 \cdot \frac{20,5 - 0,000289 \cdot 625}{1 + 0,07} \\ &= 2,52 \cdot \frac{20,5 - 0,18}{1,07} = 2,52 \cdot \frac{20,32}{1,07} = \frac{51,21}{1,07} = 47,9 \text{ га}. \end{aligned}$$

$$W_{\text{СУТ2}} = 47,9 \cdot 1,5 = 71,8 \text{ га}.$$

8. Определяем потребное число агрегатов для вспашки по формуле (13.7) с учетом

$\alpha_K = 0,85$  – коэффициент, учитывающий погодные условия, выходные и т.д.

$$n_{a1} = \frac{100}{12 \cdot 0,85 \cdot 9,7 \cdot 2} = \frac{100}{198} = 0,51.$$

Принимаем 1 для всей площади.

9. Потребное число МТА для второй операции определяем по формуле (13.9)

$$n_{a2} = 1 \cdot \frac{9,7 \cdot 2}{47,9 \cdot 1,5} = \frac{19,4}{71,85} = 0,27.$$

Принимаем 1 для всей площади.

10. Определяем коэффициент использования времени смены по формуле

$$\tau = \frac{W_{CM}}{0,36 \cdot \Pi \cdot T_{CM}}$$

$$\tau_1 = \frac{9,7}{0,36 \cdot 8,13 \cdot 7} = \frac{9,7}{20,48} = 0,47$$

$$\tau_2 = \frac{47,9}{0,36 \cdot 25 \cdot 7} = \frac{47,9}{63} = 0,76$$

11. Расход топлива определяем по формуле (13.11) с учетом  $\epsilon_N = 0,90$  – коэффициент загрузки двигателя по мощности;  $q_e = 256$  г/кВт·ч – удельный расход топлива.

$$\theta_1 = \frac{246 \cdot 0,9 \cdot 256 \cdot 0,861}{360 \cdot 8,13 \cdot 0,47} = \frac{48800}{1375,6} = 35,5 \text{ кг/га.}$$

$$\theta_2 = \frac{117,6 \cdot 0,9 \cdot 256 \cdot 0,831}{360 \cdot 25 \cdot 0,76} = \frac{22516}{6840} = 3,3 \text{ кг/га.}$$

12. Обоснование оптимальной стратегии выполнения работ для вспашки.

Определяем технологические энергозатраты на единицу площади по формуле (13.13) с учетом

$a = 0,22$  м – глубина вспашки;

$K_0 = 59$  Кн/м<sup>2</sup> – удельное сопротивление плуга.

$$E_T = 0,22 \cdot 59 = 13 \text{ кДж/м}^2$$

13. Определяем темп распространения наиболее благоприятного момента по всей площади полей по формуле (13.16) с учетом  $F = 1400$  га – вся площадь полей.

$$P = 1400 / 5 = 280 \text{ га/сут.}$$

14. Определяем оптимальное значение момента начала выполнения работ по формуле (13.22)

$$t_{mo} = \frac{0,012 \cdot (280 - 1 \cdot 19,4) \cdot 1400}{(0,016 + 0,012) \cdot 280 \cdot 1 \cdot 19,4} = \frac{0,012 \cdot 260,6 \cdot 1400}{0,028 \cdot 280 \cdot 19,4} = \frac{4378}{152} = 28 \text{ дней.}$$

15. Определяем площадь  $F_C$  из-за преждевременной вспашки по формуле (13.19)

$$F_C = \frac{280 \cdot 1 \cdot 19,4}{280 - 1 \cdot 19,4} \cdot 28 = \frac{5432 \cdot 28}{260,6} = \frac{152096}{260,6} = 583 \text{ га.}$$

16. Дополнительные потери энергии на площади  $F_C$  из-за преждевременной вспашки при  $W > W_0$  определяем по формуле (13.17) при  $\mu_{K1} = 0,016$

$$\begin{aligned} \Delta E_{T1} &= \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 59 \cdot 0,016 \cdot \left( \frac{1}{1 \cdot 19,4} - \frac{1}{280} \right) \cdot 583^2 \\ &= \frac{0,207}{2} \cdot (0,05 - 0,03) \cdot 339889 = 0,1 \cdot 0,02 \cdot 339889 \\ &= 0,002 \cdot 339889 = 680 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

17. Определяем потери энергии на оставшейся площади  $F - F_C$  из-за вспашки в более поздние сроки при  $W < W_0$  по формуле (13.18) при  $\mu_{K2} = 0,012$

$$\begin{aligned} \Delta E_{T2} &= \frac{1}{2} \cdot 0,22 \cdot 59 \cdot 0,012 \cdot \left( \frac{1}{1 \cdot 19,4} - \frac{1}{280} \right) \cdot (1400 - 583)^2 \\ &= \frac{1}{2} \cdot 0,156 \cdot (0,05 - 0,03) \cdot 817^2 = 0,078 \cdot 0,02 \cdot 667489 \\ &= 1041 \text{ кДж.} \end{aligned}$$

18. Общие потери энергии из-за отклонения от НМБ на всей площади вспашки определяем по формуле (13.20)

$$\Delta E_T = 680 + 1041 = 1721 \text{ кДж.}$$

19. Определяем оптимальную площадь, которую следует вспахать до НБМ по формуле (13.23)

$$F_{Co} = \frac{0,012}{0,016 + 0,012} \cdot 1400 = \frac{0,012}{0,028} \cdot 1400 = 0,43 \cdot 1400 = 602 \text{ га.}$$

20. Площадь, вспаханную после НБМ, определяем по формуле (13.24)

$$F_{\text{ПО}} = 1400 - 602 = 798 \text{ га.}$$

21. Число агрегатов в технологическом звене определяем по формуле (13.25) с учетом

$F_{\text{П}} = 135$  га – средняя площадь одного поля;

$D_{\text{КП}} = 1 \dots 3$  дней – календарные сроки обработки одного поля.

$$n_a = \frac{135}{2 \cdot 0,85 \cdot 19,4} = \frac{135}{33} = 4$$

22. Для вспашки целесообразно применять способы движения «чередование загонов всвал и вразвал» и «беспетлевой комбинированный».

При чередовании загонов всвал и вразвал определяем по формуле (13.31) с учетом  $L = 1200$  м

$$A_{X1} = \frac{2 \cdot 1200}{3,15} + 1482 = 762 + 1482 = 2244; \quad D_{X1} = 10,7$$

Для беспетлевого комбинированного способа движения пахотного агрегата по формуле (13.32)

$$A_{X2} = \frac{4 \cdot 1200}{3,15} + 1242,2 = 1524 + 1242,2 = 2766; \quad D_{X2} = 11,5$$

23. Определяем оптимальную ширину загона для обоих способов движения по формуле (13.30)

$$C_{O1} = 3,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 2244} = 3,15 \cdot \sqrt{4488} = 3,15 \cdot 67 = 211 \text{ м.}$$

$$C_{O2} = 3,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 2766} = 3,15 \cdot \sqrt{5532} = 3,15 \cdot 74 = 233 \text{ м.}$$

24. Длину холостого пути пахотного агрегата для обоих способов движения определяем по формуле (13.28) с учетом  $F = 10^4$  м<sup>2</sup>.

$$S_{X1} = \frac{10^4}{1200} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 211}{3,15} + \frac{2244 \cdot 3,15}{211} + 10,7 \right) = 8,33 \cdot (33,5 + 33,5 + 10,7) \\ = 8,33 \cdot 77,7 = 647 \text{ м.}$$

$$S_{X2} = \frac{10^4}{1200} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 233}{3,15} + \frac{2766 \cdot 3,15}{233} + 11,5 \right) = 8,33 \cdot (37 + 37 + 11,5) \\ = 8,33 \cdot 85,5 = 712 \text{ м.}$$

25. Определяем коэффициент рабочих ходов по формуле (13.29)

$$\begin{aligned}\varphi_{P1} &= \frac{1}{\left[1 + \frac{3,15}{1200} \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 211}{3,15} + \frac{2244 \cdot 3,15}{211} + 10,7\right)\right]} \\ &= \frac{1}{\left[1 + 0,003 \cdot (33,5 + 33,5 + 10,7)\right]} = \frac{1}{1 + 0,003 \cdot 77,7} = \frac{1}{1 + 0,23} \\ &= \frac{1}{1,23} = 0,81.\end{aligned}$$

$$\begin{aligned}\varphi_{P2} &= \frac{1}{\left[1 + \frac{3,15}{1200} \cdot \left(\frac{0,5 \cdot 233}{3,15} + \frac{2766 \cdot 3,15}{233} + 11,5\right)\right]} \\ &= \frac{1}{\left[1 + 0,003 \cdot (37 + 37 + 11,5)\right]} = \frac{1}{1 + 0,003 \cdot 85,5} = \frac{1}{1 + 0,26} \\ &= \frac{1}{1,26} = 0,79.\end{aligned}$$

Из полученных результатов следует, что в заданных условиях коэффициент рабочих ходов больше при чередовании загонов всвал и вразвал, поэтому для работы пахотного агрегата выбираем именно этот способ движения.

## Отчет

По каждому пункту задания представить в виде таблицы 13.9.

Таблица 13.9

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Рекомендуемый диапазон мощностей трактора для вспашки, $N_{НО} \dots N_{НК}$	117...230 кВт
2	Рекомендуемый диапазон мощностей трактора для дискования, $N_{НО} \dots N_{НК}$	106...217 кВт
3	Состав агрегата для вспашки	К-701М + ПТК-9-35
4	Номинальная мощность трактора, $N_H$	246 кВт
5	Скорость движения агрегата, $V$	9,3 км/ч
6	Ширина захвата агрегата, $B$	3,15 м
7	Состав агрегата для дискования	Т-150 + БД - 10
8	Номинальная мощность трактора, $N_H$	117,6 кВт
9	Скорость движения агрегата, $V$	9,0 км/ч
10	Ширина захвата агрегата, $B$	10 м
11	Удельное материалоперемещение, $M_{Пе1}$	4984 кг/м
12	Удельное материалоперемещение, $M_{Пе2}$	1163 кг/м
13	Чистая производительность, $\Pi_1$	8,13 м <sup>2</sup> /с
14	Чистая производительность, $\Pi_2$	25 м <sup>2</sup> /с
15	Сменная производительность, $W_{СМ1}$	9,7 га
16	Сменная производительность, $W_{СМ2}$	47,9 га
17	Суточная производительность, $W_{СУТ1}$	19,4 га

## Продолжение таблицы

18	Суточная производительность, $W_{\text{СУТ2}}$	71,8 га
19	Число агрегатов для вспашки, $n_{a1}$	1
20	Число агрегатов для дискования, $n_{a2}$	1
21	Коэффициент использования времени смены, $\tau_1$	0,47
22	Коэффициент использования времени смены, $\tau_2$	0,76
23	Расход топлива, $\theta_1$	35,5 кг/га
24	Расход топлива, $\theta_2$	3,3 кг/га
25	Технологические энергозатраты на единицу площади, $E_T$	13 кДж/м <sup>2</sup>
26	Темп распространения наиболее благоприятного момента, $P$	280 га/сут
27	Оптимальное значение момента начала выполнения работ, $t_{mo}$	28 дней
28	Площадь из-за преждевременной вспашки, $F_C$	583 га
29	Дополнительные потери энергии на площади $F_C$ , $\Delta E_{T1}$	680 кДж
30	Потери энергии на оставшейся площади $F - F_C$ из-за вспашки в более поздние сроки, $\Delta E_{T2}$	1041 кДж
31	Общие потери энергии из-за отклонения от НМБ на всей площади вспашки, $\Delta E_T$	1721 кДж
32	Оптимальная площадь, которую следует вспахать до НБМ, $F_{CO}$	602 га
33	Площадь, вспаханная после НБМ, $F_{\text{ПЮ}}$	798 га
34	Число агрегатов в технологическом звене, $n_a$	4
35	$A_{X1}$	2244
36	$D_{X1}$	10,7
37	$A_{X2}$	2766
38	$D_{X2}$	11,5
39	Оптимальная ширина загона, $C_{O1}$	211 м
40	Оптимальная ширина загона, $C_{O2}$	233 м
41	Длина холостого пути пахотного агрегата, $S_{X1}$	647 м
42	Длина холостого пути пахотного агрегата, $S_{X2}$	712 м
43	Коэффициент рабочих ходов, $\varphi_{P1}$	0,81
44	Коэффициент рабочих ходов, $\varphi_{P2}$	0,79
45	Выбранный способ движения	Чередование загонов всвал и вразвал

## 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.
5. Организация и технология механизированных работ в растениеводстве / Н.И. Верещагин, А.Г. Левшин, А.Н. Скороходов и др. М.: ИРДО: Издат. центр «Академия», 2003. 414 с.
6. Орманджи К.С. Контроль качества полевых работ: справочник. М.: Росагропромиздат, 1991. 191 с.
7. Моделирование и оптимизация технологических процессов в растениеводстве: практикум / А.Н. Скороходов, А.Г. Левшин, В.Д. Уваров и др. М.: ФГБОУ ВДО МГАУ, 2013. Ч. 2. 145 с.

Учебное издание

Самусенко Владимир Иванович

## **ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ**

Методические указания для выполнения  
практической работы № 13  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 22.03.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,80. Тираж 25 экз. Изд. № 6873.

---

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