

Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Брянский государственный аграрный университет»

Инженерно-технологический институт

Кафедра технических систем в агробизнесе природообустройстве и дорожном  
строительстве

Самусенко В.И., Сакович Н.Е.

## **ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

### **Часть II**

Учебно-методическое пособие для выполнения практических работ  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентами инженерно-технологического института  
по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

Брянская область, 2023

УДК 631.3:633/635 (076)

ББК 40.72

С 17

Самусенко, В. И. Оптимальное проектирование технологических процессов в растениеводстве: учебно-методическое пособие для выполнения практических работ по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студентами инженерно-технологического института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В. И. Самусенко, Н. Е. Сакович. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2023. - Ч. II. - 74 с.

Учебно-методическое пособие предназначено для оптимального проектирования основных технологических процессов в растениеводстве с использованием современных методов математического моделирования и исследования. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензенты: к.т.н., доцент Лабух В.М., к.т.н., доцент Кузюр В.М.

Рекомендовано к изданию решением методической комиссией инженерно-технологического института, протокол № 4, от 24 марта 2023 года.

© Самусенко В.И., 2023

© Сакович Н.Е., 2023

© Брянский ГАУ, 2023

## Содержание

1. Оптимизация основной и предпосевной обработок почвы .....	4
2. Обоснование структуры и состава технологического комплекса для посева зерновых .....	36
3. Оптимизация ухода за сельскохозяйственными культурами .....	56
Контрольные вопросы .....	72
Литература .....	73

Во второй части учебного пособия изложены методы оптимального проектирования основных технологических процессов в растениеводстве с использованием современных методов математического моделирования и исследования.

## 1. ОПТИМИЗАЦИЯ ОСНОВНОЙ И ПРЕДПОСЕВНОЙ ОБРАБОТОК ПОЧВЫ

**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 1.1 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 ( $\mathbf{B}$ ,  $\mathbf{V}$ ).
4. Сформулировать указания по практическому комплектованию МТА и проведению основных регулировок.
5. Определить сменные наработки  $\mathbf{W}_{см1}$ ,  $\mathbf{W}_{см2}$  (га) и расход топлива  $\mathbf{Q}_1$ ,  $\mathbf{Q}_2$  (кг/га) для обоих типов МТА, а также потребное число  $\mathbf{n}_{а1}$ ,  $\mathbf{n}_{а2}$  в расчете на 100га.
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.

Таблица 1.1 – Варианты заданий (на 100га)

Операция	Класс длины загона, м	$D_k$ , дни	$\Delta_t$ , дни	$k_{cm}$	$\mu_1$	$\mu_{k2}$	Общая площадь $F_{\Sigma}$ , га	Площадь одного поля $F_{п}$
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
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

Продолжение таблицы 1.1

Операция	Класс длины гона, м	Дк, дни	Δt, дни	ксм	μ1	μк2	Общая площадь FΣ, га	Площадь одного поля Fп
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.

## Последовательность выполнения работы

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

*Лущение стерни и дискование почвы.* Глубина обработки почвы 6-8см с допуском  $\pm 10\%$ ; перекрытие между смежными проходами 15-20см; угол атаки при лущении 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 5см; полная заделка сорняков и пожнивных остатков; отсутствие разрывов и свальных гребней между смежными проходами плуга.

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

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

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

$$C_{п} \rightarrow \min. \quad (1.1)$$

Однако критерию  $C_{п} \rightarrow \min$  соответствуют сравнительно небольшая мощность  $N_{но}$  и производительность  $W_0$  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  $N_{нк} > N_{но}$  и соответственно МТА более высокой производительности.

Полученные результаты оптимальных и компромиссных решений приведены в таблице 1.2 для рассматриваемых операций основной и предпосевной обработки почвы. Меньшая мощность в каждом диапазоне соответствует  $N_{но}$  по критерию  $C_{п} \rightarrow \min$ , а большая мощность  $N_{нк}$  — компромиссным затратам  $C_{пк} = C_{п,\min} \cdot (1 + \epsilon_c)$ , увеличенным на 5% ( $\epsilon_c = 0,05$ ) по сравнению с  $C_{п,\min}$ .

Таблица 1.2 – 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  $K_0$  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.

Таблица 1.3 – Мощность и эксплуатационная масса тракторов

№ вар.	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

Продолжение таблицы 1.3

№ вар.	Трактор	Колесная формула	Мощность, кВт	Эксплуатационная масса, кг	Тяговый класс, кН	Энергонасыщенность, кВт/т
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:

$$\theta_0 \rightarrow \min. \quad (1.2)$$

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

$$W_0 = 0,1 \cdot B \cdot v \rightarrow \max, \quad (1.3)$$

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

Критерии (1.2), (1.3) эквивалентны также минимуму энергозатрат  $E_T \rightarrow \min$  на обработку единицы площади, кДж/м<sup>2</sup>.

Методика расчетов по указанным критериям была изложена ранее [1], поэтому в таблице 1.4 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 1.2-1.4 составы агрегатов для обеих операций с учетом современных задач ресурсосбережения следует оценить также с позиций материалоемкости.

Таблица 1.4 – 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

Продолжение таблицы 1.4

Операция	Состав агрегата	V, км/ч	B, м
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
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
Боронование зубовыми боронами	К-701 + СП-16 + 4КПС-4	9,20	16,00
	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
Прикатывание	ДТ-75М + СГ-21 + 21БЗСС-1,0	7,50	19,95
	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>:

$$M_{пе} = \frac{1}{B \cdot S_p} \cdot (m + m_c + n_M \cdot m_M) \cdot S_p, \quad (1.4)$$

где  $M_{пе}$  — удельное материалоперемещение, кгм/м;  $m$ ,  $m_c$ ,  $m_M$  — массы трактора, сцепки и сельскохозяйственной машины, кг;  $n_M$  — число сельскохо-

зяйственных 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:

$$M_{пе} = \frac{1}{B} \cdot (m + m_c + n_M \cdot m_M). \quad (1.5)$$

Полученные значения  $M_{пе1}$  и  $M_{пе2}$  в определенной степени характеризуют воздействие МТА на почву. При прочих равных условиях отрицательное воздействие на почву будет возрастать с увеличением  $M_{пе}$ .

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.

$$y = f(x_1, x_2, \dots, x_n), \quad (1.6)$$

Необходимые исходные данные для расчетов по формуле (1.5) приведены в таблице 1.5 (значения  $m$  для тракторов приведены в табл. 1.2).

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 1.5 – 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
	ППП-6-35	2,10	1230
	ПТК-9-35	3,15	2800
Сплошная культивация	КПС-4	4,00	969

Операция	Сельскохозяйственная машина	Ширина захвата ВМ, м	Масса $m_M$ , кг
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 1.6 для основных марок тракторов [2].

Таблица 1.6 – 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

$$n_{a1} = F / (D_p \cdot W_{сут}) = F / (D_k \cdot \alpha_k \cdot W_{см1} \cdot k_{см1}), \quad (1.7)$$

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. 1.1), а  $W_{см1}$ , как указано выше, выбирается из типовых норм или рассчитывается по формуле (1.10).

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

$$n_{a2} \cdot W_{сут2} = n_{a1} \cdot W_{сут1}, \quad (1.8)$$

откуда имеем

$$n_{a2} = n_{a1} \cdot \frac{W_{сут1}}{W_{сут2}} = n_{a1} \cdot \frac{W_{см1} \cdot k_{см1}}{W_{см2} \cdot k_{см2}}. \quad (1.9)$$

Сменная наработка  $W_{см2}$  определяется по аналогии с  $W_{см1}$ , а коэффициент сменности  $k_{см2}$  для второй операции приведен в задании (табл. 1.1).

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

$$W_{см} = 0,36 \cdot \Pi \cdot \tau \cdot T_{см} = 0,36 \cdot \left( \frac{h_w \cdot \Pi - a_w \cdot \Pi^2}{1 + K_w \cdot \Pi} \right) \cdot T_{см}. \quad (1.10)$$

где  $T_{см}$  — 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 1.4 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 1.7.

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

$$\theta = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot q_e \cdot v_\theta}{10^3 \cdot W} = \frac{N_H \cdot \varepsilon_N \cdot q_e \cdot v_\theta}{360 \cdot \Pi \cdot \tau}, \quad (1.11)$$

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<sup>ч</sup>),  $q_e \approx 256$ .

Таблица 1.7 – Значения  $h_w$ ,  $a_w$ ,  $K_w$ ,  $v_\theta$  для различных операций

Вид операции и длина гона, м	$h_w$	$a_w$	$K_w$	$v_\theta$
Лушение 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
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

Вид операции и длина гона, м	$h_w$	$aw$	$Kw$	$v_\theta$
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  $v_\theta$  зависит от длины гона, а также от других факторов и выбирается из таблицы 1.7.

### 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

$$E_T = \frac{K_0 \cdot \alpha \cdot B \cdot S_P}{10^4 \cdot F} \rightarrow \min, \quad (1.12)$$

где  $E_T$  — технологические энергозатраты, кДж/м<sup>2</sup>;  $K_0$  — удельное сопротивление плуга, кПа;  $a$  — глубина вспашки, м;  $F$  — обработанная площадь, га.

Рабочий путь агрегата  $\mathbf{B}_p$  (м) связан с  $\mathbf{F}$  и шириной захвата  $\mathbf{B}$  зависимостью  $\mathbf{S}_p = 10^4 \cdot \mathbf{F}/\mathbf{B}$ , поэтому критерий (1.12) примет вид

$$E_T = \alpha \cdot K_0 \rightarrow \min. \quad (1.13)$$

Таким образом, минимум технологических энергозатрат  $E_T \rightarrow \min$  и соответственно расхода топлива будут иметь место при  $\mathbf{K}_0 = \mathbf{K}_{0\min}$  и оптимальной влажности почвы  $\mathbf{W}_0$ . Соответствующая зависимость удельного сопротивления плуга  $\mathbf{K}_0$  от влажности почвы  $\mathbf{W}$  по данным [3] изменяется по параболе. Возрастание  $\mathbf{K}_0$  по сравнению с  $\mathbf{K}_{0\min}$  при  $\mathbf{W} < \mathbf{W}_0$  связано с увеличением плотности почвы, а при  $\mathbf{W} > \mathbf{W}_0$  — с залипанием рабочих органов плуга.

Закономерность изменения  $\mathbf{K}_0$  в функции времени имеет минимум. При этом  $t_0$  соответствует оптимальной влажности почвы  $\mathbf{W}_0$ . 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 2 ч.1). Изменение  $\mathbf{K}_0$  в функции  $t$  справа и слева от  $t_0$  для простоты решения аппроксимируем прямолинейными зависимостями. Интенсивность (скорость)  $\mu_k$  изменения  $\mathbf{K}_0$  в долях от  $\mathbf{K}_{0\min}$  слева и справа  $t_0$  соответственно определяется из равенств:

$$\mu_{K1} = \frac{K_{012} - K_{0\min}}{K_{0\min} \cdot (t_0 - t_1)}, 1/\text{сут.}; \quad (1.14)$$

$$\mu_{K1} = \frac{K_{012} - K_{0\min}}{K_{0\min} \cdot (t_2 - t_0)}, 1/\text{сут.}; \quad (1.14)$$

Заданные значения  $\mu_{k1}$  и  $\mu_{k2}$  приведены в таблице 1.1 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. Указан-

ная зависимость для упрощения расчетов также аппроксимируется прямой линией (см. рис. 2.1 часть 1).

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

$$P = \frac{F}{t_B - t_A} = \frac{F}{\Delta t}, \text{ га/сут}; \quad (1.16)$$

Значение  $\Delta t$  зависит от конкретных почвенно-климатических условий, поэтому приводимые в таблице 1.1 данные предназначены только для учебных целей.

Последующие расчеты выполняются в соответствии со схемой, представленной на рисунке 2.1. 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 2.1 ч.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

$$\Delta E_{T1} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot K_{0min} \cdot \mu_{K1} \cdot \left( \frac{1}{n_{a1} \cdot W_{сут}} - \frac{1}{P} \right) \cdot F_c^2. \quad (1.17)$$

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):

$$\Delta E_{T2} = \frac{1}{2} \cdot \alpha \cdot K_{0min} \cdot \mu_{K2} \cdot \left( \frac{1}{n_{a1} \cdot W_{сут}} - \frac{1}{P} \right) \cdot (F - F_c)^2. \quad (1.18)$$

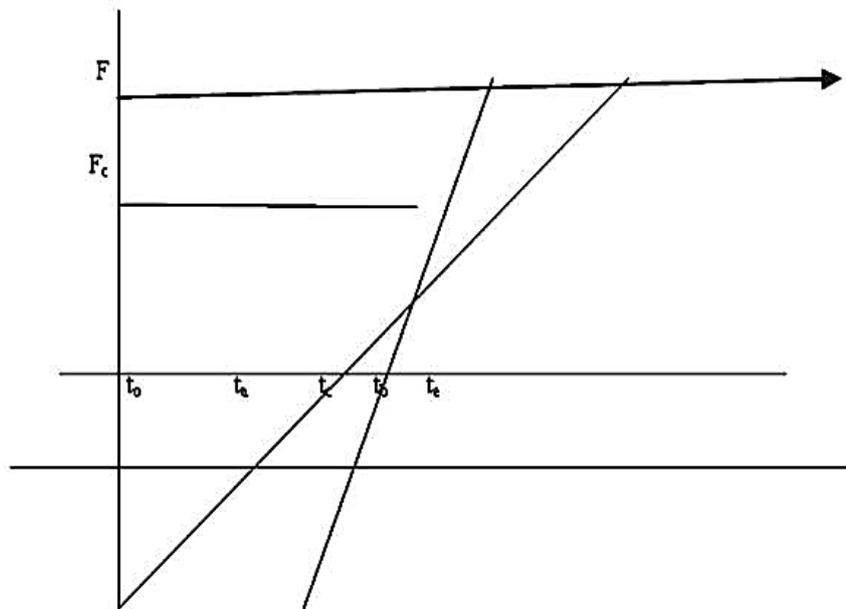


Рисунок 1.1 – Оптимальная схема организации вспашки

Площадь  $F_c$  в (1.17), (1.18), как видно из рисунка 1.1, зависит от  $t_m$  и определяется из равенства

$$F_c = \frac{P \cdot n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}}{P - n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}} \cdot t_m. \quad (1.19)$$

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

$$\Delta E_T = \Delta E_{T1} + \Delta E_{T2}. \quad (1.20)$$

На основании (1.17)...(1.19) это равенство можно представить в виде функции

$$\Delta E_T = f \cdot (t_m), \quad (1.21)$$

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

$$t_{m0} = \frac{\mu_{K2} \cdot (P - n_{a1} \cdot W_{\text{сут1}}) \cdot F}{(\mu_{K1} + \mu_{K2}) \cdot P \cdot n_{a1} \cdot W_{\text{сут2}}}. \quad (1.22)$$

Соответственно оптимальная площадь  $F_0$ , которую следует вспахать до НБМ, с учетом (1.19) определяется из равенства

$$F_{CO} = \frac{\mu_{K2}}{\mu_{K1} + \mu_{K2}} \cdot F. \quad (1.23)$$

Площадь, вспаханная после НБМ, при этом составит

$$F_{\text{ПО}} = F - F_{\text{СО}} = F \cdot \left(1 - \frac{\mu_{\text{К}2}}{\mu_{\text{К}1} + \mu_{\text{К}2}}\right). \quad (1.24)$$

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

Таким образом, определение  $t_0$ ,  $F_{\text{СО}}$  и  $F_{\text{ПО}}$  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 (1.7) из равенства

$$n_a = \frac{F_{\Pi}}{D_{\text{кп}} \cdot \alpha_K \cdot W_{\text{сут}}} = \frac{F_{\Pi}}{D_{\text{кп}} \cdot \alpha_K \cdot W_{\text{см}} \cdot K_{\text{см}}}, \quad (1.25)$$

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 (1.25) получено большее значение  $n_a$ , то следует организовать несколько групп или звеньев по условию  $n_a < 5...6$ .

## **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  $S_{X1}$  (м/га). Критерий оптимальности при этом имеет вид

$$S_{X1} \rightarrow \min. \quad (1.26)$$

Эквивалентным критерием является также максимум коэффициента рабочих ходов:

$$\varphi_P = \frac{S_{P1}}{S_{P1} + S_{X2}} \rightarrow \max, \quad (1.27)$$

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

**Лущение 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 500м 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  $F_{\text{заг}}$  была обработана с учетом длины гона  $L$  за один рабочий день в соответствии с равенством

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

соответственно для  $C_P$  получим

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

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  $\varphi_P$  и оптимальной ширины загона  $C_0$  для обоих способов движения рассчитываются по обобщенным формулам [5]:

$$S_X = \frac{F}{L} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot C}{B} + \frac{A_X \cdot B}{C} + D_X \right); \quad (1.28)$$

$$\varphi_P = \frac{1}{1 + \frac{B}{L} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot C}{B} + \frac{A_X \cdot B}{C} + D_X \right)}; \quad (1.29)$$

$$C_0 = B \cdot \sqrt{2 \cdot A_X}, \quad (1.30)$$

где  $F$  — обработанная площадь, м<sup>2</sup>.

Значение  $S_X$  следует определить в расчете на 1га, приняв в (1.26)  $F = 10^4$  м<sup>2</sup>, а для длины гона  $L$  следует принять среднее значение из таблицы 1.1 (при  $L > 1000$  следует принять  $L = 1200$  м). Ширина захвата агрегата  $B$  приведена в таблице 1.4. При  $C = C_0$  получим  $S_X = S_{Xmin}$ ,  $\Phi_P = \Phi_{Pmax}$ .

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

$$A_X = \frac{2 \cdot L}{B} + 1482; \quad D_X = 10,7. \quad (1.31)$$

Для рационального варианта беспетлевого комбинированного способа движения пахотного агрегата получим

$$A_X = \frac{4L}{B} + 1482; \quad D_X = 11,5. \quad (1.32)$$

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 (1.26)...(1.29) получим:  $A_X=2282$ ,  $D_X=10,7$ ,  $C_0=118,2$  м,  $S_{Xmin}=1118$  м/га,  $\Phi_{Pmax}=0,836$ .

Для беспетлевого комбинированного способа движения того же агрегата с учетом (1.30) имеем:  $A_X = 2842,2$ ,  $D_X = 11,5$ ,  $C_0 = 131,9$ м,  $S_{Xmin} = 1241,5$  м/га,  $\Phi_{Pmax} = 0,821$ .

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].

Например:

- на «отлично» при сумме баллов  $n_B = 8...9$ ;
- на «хорошо» при  $n_B = 6...7$ ;
- на «удовлетворительно» — при  $n_B = 4...5$ ;
- «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 1.8 из [6] содержит необходимые исходные данные.

Задаваясь условно определенными нормативами, следует определить сумму баллов и выставить соответствующую оценку. Кроме приведенных в таблице 1.8 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.

Таблица 1.8 – 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
		$\pm 2$	2
		более $\pm 2$	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
		не 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

**При сплошной культивации** качество работы оценивают в основном по равномерности глубины обработки почвы, гребнистости и по степени уничтожения сорняков. Общую оценку выполняют по балльной системе методами операционной технологии. Например:

- гребнистость до 3 см оценивают тремя баллами;
- до 4 см - двумя баллами;
- до 5 см - одним баллом.

Установлено соответствующее количество баллов и по другим показателям работы.

**Охрана труда** сводится в основном к обеспечению безопасной работы тракториста и всего агрегата в соответствии с требованиями охраны труда.

Рассмотренные принципы организации работы агрегатов и контроля ее качества справедливы и для других операций основной и предпосевной обработок почвы.

### **Пример расчета агрегатов для оптимизации основной и предпосевной обработок почвы.**

1. Выписываем из таблицы 1.1 исходные данные для варианта №30.

Операция	Класс длины гона, м	$D_k$ , дни	$\Delta_t$ , дни	$K_{cm}$	$\mu_1$	$\mu_{k2}$	Общая площадь $F_{\Sigma}$ , га	Площадь одного поля $F_{п}$
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  $\pm 5\%$ ; высота гребней до 5см; полная заделка сорняков и пожнивных остатков; отсутствие разрывов и свальных гребней между смежными проходами плуга.

Дискование почвы - глубина обработки почвы 6-8см с допуском  $\pm 10\%$ ; перекрытие между смежными проходами 15-20см; 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.

**3.** Выбираем оптимальный состав и рабочую скорость агрегатов. Согласно варианту задания из таблицы 1.2 выбираем рекомендуемые диапазоны мощностей тракторов  $N_{НО} \dots N_{НК}$  для обеих операций.

Вспашка тяжелых почв – 117...230 кВт.

Дискование – 106...217 кВт.

Меньшая мощность в каждом диапазоне соответствует оптимальной мощности  $N_{НО}$ , а большая мощность – компромиссной мощности  $N_{НК}$ .

По таблицам 1.3 и 1.4 выбираем марку трактора и состав агрегата.

Вспашка – К – 701М + ПТК – 9 – 35;  $N_H = 246$  кВт.;  $V = 9,3$  км/ч.;  $B = 3,15$  м.

Дискование – Т – 150 + БД – 10;  $N_H = 117,6$  кВт.;  $V = 9$  км/ч.;  $B = 10$  м.

**4.** Определяем удельное материалоперемещение для вспашки по формуле (1.5) с учетом  $m = 12900$  кг;  $m_M = 2800$  кг.

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

**5.** Определяем удельное материалоперемещение для дискования по формуле (1.5) с учетом  $m = 7460$  кг;  $m_M = 41700$  кг.

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

**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 (1.10) с учетом  $h_{w1} = 0,995$ ;  $a_{w1} = 0,00698$ ;  $k_{w1} = 0,0121$ ;  $v_{\theta 1} = 0,861$ .

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

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

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

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

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

8. Определяем потребное число агрегатов для вспашки по формуле (1.7) 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 (1.9)

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

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 (1.11) с учетом

$\varepsilon_N = 0,90$  – 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 (1.13) 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 (1.16) 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 (1.22)

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

**15.** Определяем площадь  $F_C$  из-за преждевременной вспашки по формуле (1.19)

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

**16.** Дополнительные потери энергии на площади  $F_C$  из-за преждевременной вспашки при  $W > W_O$  определяем по формуле (1.17) 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  $W < W_O$  по формуле (1.18) 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 (1.20)

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

**19.** Определяем оптимальную площадь, которую следует вспахать до НБМ по формуле (1.23)

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

**20.** Площадь, вспаханную после НБМ, определяем по формуле (1.24)

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

**21.** Число агрегатов в технологическом звене определяем по формуле (1.25) с учетом

$F_{\Pi} = 135$  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 (1.31) с учетом  $L = 1200$  м

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

$$D_{X1} = 10,7$$

Для беспетлевого комбинированного способа движения пахотного агрегата по формуле (1.32)

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

$$D_{X2} = 11,5$$

**23.** Определяем оптимальную ширину загона для обоих способов движения по формуле (1.30)

$$C_{01} = 3,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 2244} = 3,15 \cdot \sqrt{4488} = 3,15 \cdot 67 = 211 \text{ м.}$$

$$C_{02} = 3,15 \cdot \sqrt{2 \cdot 2766} = 3,15 \cdot \sqrt{5532} = 3,15 \cdot 74 = 233 \text{ м.}$$

**24.** Длину холостого пути пахотного агрегата для обоих способов движения определяем по формуле (1.28) с учетом  $F = 10^4$  м<sup>2</sup>.

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

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

$$= 8,33 \cdot 85,5 = 712 \text{ м.}$$

**25.** Определяем коэффициент рабочих ходов по формуле (1.29)

$$\varphi_{P1} = \frac{1}{\left[ 1 + \frac{3,15}{1200} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 211}{3,15} + \frac{2244 \cdot 3,15}{211} + 10,7 \right) \right]} =$$

$$= \frac{1}{\left[ 1 + 0,003 \cdot (33,5 + 33,5 + 10,7) \right]} = \frac{1}{1 + 0,003 \cdot 77,7} = \frac{1}{1 + 0,23}$$

$$= \frac{1}{1,23} = 0,81.$$

$$\varphi_{P2} = \frac{1}{\left[ 1 + \frac{3,15}{1200} \cdot \left( \frac{0,5 \cdot 233}{3,15} + \frac{2766 \cdot 3,15}{233} + 11,5 \right) \right]} =$$

$$= \frac{1}{\left[ 1 + 0,003 \cdot (37 + 37 + 11,5) \right]} = \frac{1}{1 + 0,003 \cdot 85,5} = \frac{1}{1 + 0,26} = \frac{1}{1,26}$$

$$= 0,79.$$

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

Таблица 1.9

№ 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, $П_1$	8,13 м <sup>2</sup> /с
14	Чистая производительность, $П_2$	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
18	Суточная производительность, $W_{сут2}$	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>

Продолжение таблицы 1.9

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
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, $F_{ПО}$	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

Отчет по каждому пункту задания необходимо представить в виде таблицы 1.9.

## 2. ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОСЕВА ЗЕРНОВЫХ

**Цель задания** — освоить методику и приобрести навыки в эксплуатационном обеспечении и организации посева зерновых в условиях конкретного хозяйства.

### Содержание задания

1. Выберите производственную ситуацию в соответствии с вариантом задания из таблиц 2.1-2.3.

Таблица 2.1 – Варианты задания

№ вар.	Группа хозяйств	Площадь, га	Длина гона, м	Угол склона, град.	Расстояние перевозки, км	Норма высева, кг/га		Элемент для определения резерва
						семян	удобрений	
1	I	2000	700	0	4	180	150	Высевающий аппарат
2	I	2000	400	1	4	180	150	
3	I	2000	600	0	4	180	150	
4	I	2000	700	2	4	180	150	
5	I	2000	800	2	4	180	150	Аппарат для внесения удобрений
6	II	3000	400	1	6	220	100	
7	II	3000	400	2	6	220	100	
8	II	3000	600	3	6	220	100	
9	II	3000	700	3	6	220	100	Семяпровод
10	II	3000	800	3	6	220	100	
11	III	4000	200	3	5	200	100	
12	III	4000	400	2	5	200	100	Сошники
13	III	4000	500	1	5	200	100	
14	III	4000	800	0	5	200	100	
15	III	4000	1000	1	5	200	100	Механизм подъема сошников
16	I	2500	200	3	88	150	150	
17	I	2500	400	3	8	150	150	
18	I	2500	600	3	8	150	150	Цепи
19	I	2500	700	3	8	150	150	
20	I	2500	1000	3	8	150	150	

Продолжение таблицы 2.1

№ вар.	Группа хозяйств	Площадь, га	Длина гона, м	Угол склона, град.	Расстояние перевозки, км	Норма высева, кг/га		Элемент для определения резерва
						семян	удобрений	
21	II	3500	200	2	5	200	150	Катки уплотнительные
22	I	3500	400	2	5	200	150	
23	I	3500	600	2	5	200	150	
24	I	3500	800	2	5	200	150	
25	I	3500	1000	2	5	200	150	

Таблица 2.2 – Технические средства хозяйства

Марка тракторов, автомобилей и сельскохозяйственной техники	Техническая характеристика (мощность, ширина захвата, грузоподъемность)	Количество в хозяйстве по группам		
		I	II	III
Тракторы: Т-150К ДТ-75М МТЗ-80/82	125,4 кВт 68,4 кВт 57,0 кВт	4 3 4	3 6 7	5 5 5
Сеялки: СЗУ-3,6 СЗ-3,6	3,6 м 3,6 м	— 20	12 13	— 28
Сцепки: СП-11 СП-16	7 м 13,5 м	4 4	6 3	3 8
Бороны: БЗС-1 БП-0,6А	1,0 м 0,6 м	16 60	40 48	20 70
Загрузчик сеялок ЗАУ-3	5 м <sup>3</sup>	5	6	7
Погрузчик ПФ-0,75	—	1	1	1
Погрузчик зерна ЗСП-100	—	1	1	1
Протравливатель семян ЗАВ-20	—	2	2	2
Измельчитель-смеситель удобрений ИСУ-4А	—	2	2	2
Передвижная ремонтная мастерская МПР-817М	—	1	1	1
Механизированный заправочный агрегат МЗ-3904	—	1	1	1

Таблица 2.3 – Показатели надежности элементов посевных агрегатов

Элементы посевных агрегатов	Наработка на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч
Высевающие аппараты	250	0,5
Аппараты для внесения удобрений	200	1,5
Семяпроводы и токопроводы	300	0,3
Сошники	300	1,0
Механизмы подъема сошников и регулирования глубины	270	1,5
Передаточные механизмы, цепи	160	0,8
Гидроцилиндры	200	1,2
Шланги	180	0,5
Катки уплотнительные	300	1,0

2. Определите суточный темп проведения работ, полагая коэффициент погодности в период посева равным **0,9**.
3. Определите необходимую часовую производительность агрегатов, если работа организована по поточно-цикловому методу в две смены.
4. Определите часовую производительность агрегатов на базе тракторов **Т-150К**, **ДТ-75М** и **МТЗ-80**, если состав агрегатов типовыми технологиями определен соответственно трех-, двух- и односеялочный.
5. Определите количественный состав посевных звеньев в условиях ограниченного количества сеялок, обеспечив максимальную производительность агрегатов на единицу мощности двигателя.
6. Рассчитайте длину вылета правого и левого маркера при движении посевных агрегатов челночным способом.
7. Определите структуру посевных звеньев, объяснив рациональность их состава.
8. Выберите средства механизации для подготовки семян, их погрузки и транспортировки к месту посева.
9. Выберите средства механизации погрузки, измельчения и транспортировки минеральных удобрений с загрузкой их в сеялки, приняв условия, указанные в п. 8, и учитывая, что для транспортировки удобрений используются те же транспортные средства, что и для семян.

**10.** Определите структуру обслуживающих звеньев, предусмотрев проведение ремонтно-технических воздействий и культурно-бытовое обслуживание в полевых условиях.

**11.** Определите потребность в запасных частях, обеспечивающих эффективную работу посевных агрегатов с вероятностью **0,95** в течение агротехнического срока, если наработка на отказ каждого элемента агрегата и среднее время устранения отказа соответствуют таблице 2.3.

### **Производственная ситуация**

В хозяйстве необходимо провести посев зерновых с одновременным внесением удобрений на площади **F**, га. В хозяйстве поля в основном правильной формы со средней длиной гона **L<sub>г</sub>**, м, углом склона **α°**, почвы суглинистые. Среднее расстояние полей от центральной усадьбы **S**, км.

Работу необходимо организовать посевным комплексом по поточно-цикловому методу. При проведении посева необходимо выдержать агротехнические сроки посева **4-6** дней; норма высева семян **h<sub>с</sub>**, кг/га; отклонение от заданной нормы высева не более **±5%**; допустимая неравномерность высева семян отдельными высевающими аппаратами не более **±4%**; норма внесения удобрений **h<sub>у</sub>**, кг/га; неравномерность внесения удобрений не более **±10%**; глубина заделки семян **8 см**; отклонение от средней глубины заделки семян не более **±1 см**; отклонение ширины стыковых междурядий для смежных сеялок не более **±2 см**, для смежных проходов не более **±5 см**; огрехи и просевы не допускаются; агротехнически допустимая скорость **2,5 м/с**.

Для выполнения работ хозяйство располагает техническими средствами, представленными в таблице 2.2.

### **Последовательность выполнения работы**

Выбираем вариант конкретной производственной ситуации: площадь посева **F = 4000 га**; длина гона полей **L<sub>р</sub> = 600 м**; угол склона **α = 0**; среднее расстояние перевозок **S = 5 км**; работу организовать в **2** смены; длительность смены **T<sub>см</sub> = 7 ч**; сроки посева **6** дней; норма высева семян **h<sub>с</sub> = 200 кг/га**; норма вы-

сева удобрений  $h_y = 100$  кг/га; агротехнически допустимая скорость посева 2,5 м/с. Для выполнения работ принимаем наличие техники по хозяйству группы.

1. Выписываем из таблиц 2.1-2.3 соответствующий вариант задания.

Таблица 2.1 – Вариант задания

№ вар.	Группа хозяйств	Площадь, га	Длина гона, м	Угол склона, град.	Расстояние перевозки, км	Норма высева, кг/га		Элемент для определения резерва
						семян	удобрений	
0	I	4000	600	0	5	200	100	Высевающий аппарат

Таблица 2.2 – Технические средства хозяйства

Марка тракторов, автомобилей и сельскохозяйственной техники	Техническая характеристика (мощность, ширина захвата, грузоподъемность)	Количество в хозяйстве по группам
		I
Тракторы: Т-150К ДТ-75М МТЗ-80/82	125,4 кВт 68,4 кВт 57,0 кВт	3 6 4
Сеялки: СЗУ-3,6 СЗ-3,6	3,6 м 3,6 м	12 23
Сцепки: СП-11 СП-16	7 м 13,5 м	6 4
Бороны: БЗС-1 БП-0,6А	1,0 м 0,6 м	16 42
Загрузчик сеялок ЗАУ-3	5 м <sup>3</sup>	6
Погрузчик ПФ-0,75	—	1
Погрузчик зерна ЗСП-100	—	1
Протравливатель семян ЗАВ-20	—	2
Измельчитель-смеситель удобрений ИСУ-4А	—	2
Передвижная ремонтная мастерская МПР-817М	—	1
Механизированный заправочный агрегат МЗ-3904	—	1

Таблица 2.3 – Показатели надежности элементов посевных агрегатов

Элементы посевных агрегатов	Наработка на отказ, ч	Среднее время восстановления, ч
Сошники	300	1,0

2. Суточный темп проведения работ определим из условия

$$P_{\text{сут}} = \frac{F}{D \cdot K_{\text{п}}} = \frac{4000}{6 \cdot 0,9} = 740,7 \text{ га/сут},$$

где **F** — посевная площадь, га; **D** — агротехнически допустимые сроки посева, сут; **K<sub>п</sub>** — коэффициент погодности.

3. Часовую производительность агрегатов при заданном темпе определим по формуле

$$W_{\text{ч}} = \frac{P_{\text{сут}}}{T_{\text{см}} \cdot \alpha_{\text{см}}} = \frac{740,7}{7 \cdot 2} = 52,9 \text{ га/ч},$$

где **T<sub>см</sub>** — длительность смены, ч; **α<sub>см</sub>** — коэффициент сменности.

4. В условиях хозяйства, согласно типовым технологическим картам, на посевах могут быть использованы агрегаты на базе тракторов:

- **Т-150К + СП-11 + ЗСЗ-3,6 + 6ЗБП-0,6А;**
- **ДТ-75М + СП-11 + 2СЗУ-3,6 + 4ЗБП-0,6А;**
- **МТЗ-80 + СЗ-3,6 + 4БЗС-1.**

Часовую производительность агрегатов определим из выражения

$$W_{\text{ч}} = 0,36 \cdot B_{\text{р}} \cdot V_{\text{р}} \cdot \tau,$$

где **W<sub>ч</sub>** — ширина захвата агрегата, м; **B<sub>р</sub>** — ширина захвата агрегата, м; **V<sub>р</sub>** — агротехнически допустимая скорость движения, м/с; **η** — коэффициент использования времени смены, который определим из выражения

$$\tau = \left( \frac{1}{K_1} + \frac{1}{K_2} + \frac{1}{K_3} + \frac{1}{K_4} - 3 \right)^{-1}$$

Коэффициент использования времени движения определяется по формуле (при  $V_x = V_p$ ):

$$K_1 = \left(1 + \frac{L_n}{L_r}\right)^{-1},$$

где  $L_n$  — средняя длина одного грушевидного поворота (для односеялочного  $L_n = 10,9V_p + 1,0$ , для двухсеялочного  $L_n = 9,5V_p + 5,8$ , для трехсеялочного  $L_n = 8,8V_p + 6,6$ ;  $V_p$  — ширина захвата агрегата, м), м;  $L_r$  — длина гона, м.

Для агрегата будем иметь:

- Односеялочного

$$K_1 = \left(1 + \frac{10,9 \cdot 3,6 + 1,0}{600}\right)^{-1} = (1 + 0,067)^{-1} = 0,937$$

- Двухсеялочного

$$K_1 = \left(1 + \frac{9,5 \cdot 7,2 + 5,8}{600}\right)^{-1} = (1 + 0,123)^{-1} = 0,890$$

- Трехсеялочного

$$K_1 = \left(1 + \frac{8,8 \cdot 10,8 + 6,6}{600}\right)^{-1} = (1 + 0,169)^{-1} = 0,855$$

Коэффициент технологического обслуживания определяется по формуле

$$K_2 = \left(1 + \frac{t_{c,z} \cdot h_c \cdot B_p \cdot V_p}{10^4} + \frac{t_{3,y} \cdot h_y \cdot B_p \cdot V_p}{10^4}\right)^{-1},$$

где  $t_{c,z}$ ,  $t_{3,y}$  — время загрузки 1 т семян и удобрений **350 с/т** и **460 с/т** соответственно;  $h_c$ ,  $h_y$  — норма высева семян и удобрений, т/га;  $V_p$  — рабочая скорость агрегата.

Коэффициент технологического обслуживания в нашем примере

- Односеялочного агрегата

$$K_2 = \left(1 + \frac{350 \cdot 0,2 \cdot 3,6 \cdot 2,5}{10^4} + \frac{460 \cdot 0,1 \cdot 3,6 \cdot 2,5}{10^4}\right)^{-1} = 0,905;$$

- двухсеялочного агрегата

$$K_2 = (1 + 0,209)^{-1} = 0,827;$$

- трехсеялочного агрегата

$$K_2 = (1 + 0,418)^{-1} = 0,705.$$

Коэффициент надежности технологического процесса определяется по формуле

$$K_3 = \left(1 + \frac{t_{y.o} \cdot B_p}{3600}\right)^{-1},$$

где  $t_{y.o}$  — время устранения технологических отказов, приходящееся на 1 м ширины захвата агрегата в час (**60 с**).

В нашем примере для односеялочного агрегата

$$K_3 = \left(1 + \frac{60 \cdot 3,6}{3600}\right)^{-1} = 0,943;$$

- двухсеялочного

$$K_3 = 0,892;$$

- трехсеялочного

$$K_3 = 0,847.$$

Коэффициент регламентируемых затрат времени и времени проведения ежесменного технического обслуживания  $K_4$  примем соответственно для одно-, двух- и трехсеялочных агрегатов **0,95, 0,90, 0,85**.

Тогда для нашего примера коэффициент использования времени будет:

- для односеялочного агрегата

$$\tau = \left(\frac{1}{0,937} + \frac{1}{0,905} + \frac{1}{0,943} + \frac{1}{0,95} - 3\right)^{-1} = \frac{1}{1,28} = 0,781;$$

- для двухсеялочного агрегата

$$\tau = \left(\frac{1}{0,890} + \frac{1}{0,827} + \frac{1}{0,892} + \frac{1}{0,90} - 3\right)^{-1} = \frac{1}{1,564} = 0,639;$$

- для трехсеялочного агрегата

$$\tau = \left(\frac{1}{0,855} + \frac{1}{0,705} + \frac{1}{0,847} + \frac{1}{0,85} - 3\right)^{-1} = \frac{1}{1,943} = 0,515.$$

Часовая производительность агрегатов при работе с максимально допустимой по агротехнике скоростью:

$$0,36 \cdot 10,8 \cdot 2,5 \cdot 0,515 = 5,00 \text{ га/ч};$$

$$0,36 \cdot 7,2 \cdot 2,5 \cdot 0,639 = 4,14 \text{ га/ч};$$

$$0,36 \cdot 3,6 \cdot 2,5 \cdot 0,781 = 2,53 \text{ га/ч}.$$

Часовую производительность агрегатов на каждый киловатт мощности определим по формуле

$$W_{\text{ч.у}} = \frac{W_{\text{ч}}}{N_e},$$

где  $N_e$  — эффективная мощность двигателя, кВт.

- 1)  $W_{\text{ч.у}} = \frac{5,00}{125,4} = 0,0398$  ;
- 2)  $W_{\text{ч.у}} = \frac{4,44}{68,4} = 0,0605$  ;
- 3)  $W_{\text{ч.у}} = \frac{2,53}{57,0} = 0,0444$  .

Из расчетов видно, что наиболее эффективными на посеве следует считать агрегаты на базе тракторов ДТ-75М. Эффективность использования каждого киловатта мощности у агрегатов на базе тракторов МТЗ-80 больше, чем у агрегатов на базе Т-150К, а по производительности они превосходят, поэтому предпочтение следует отдавать более производительным агрегатам.

Учитывая наличие тракторов в хозяйстве и дефицит сеялок, определим количественный состав посевных агрегатов:

- **6 агрегатов ДТ-75М + СП-11 + 2СЗУ-3,6 + 4ЗБП-0,6А;**
- **3 агрегата Т-150К + СП-16 + 3СЗ-3,6 + 6ЗБП0,6А;**
- **4 агрегата МТЗ-80 + СЗ-3,6 + 4БЗС-1,0.**

Часовую производительность всех посевных звеньев комплекса определим как

$$W_{\text{ч.у}} = \sum_{j=1}^m n_i \cdot W_{\text{ч.и}},$$

где  $j = 1$ ;  $m$  — число звеньев комплекса;  $n_i$  — число агрегатов  $i$ -го типа;

$W_{\text{ч.и}}$  — часовая производительность агрегатов  $i$ -го типа;

$$W_{\text{ч.у}} = 6 \cdot 4,14 + 3 \cdot 5,00 + 4 \cdot 2,53 = 49,96 \text{ га/ч.}$$

Сравнивая требования агротехники и технические возможности хозяйства, можно видеть, что ежечасно будет отставание от плана посева на **2,94 га**.

Ожидать такую производительность агрегатов следует только при достаточно четкой организации снабжения агрегатов семенами и удобрениями, а также при хорошо организованной работе по устранению отказов.

Для обеспечения качества посева полагаем, что вождение агрегатов будет правым колесом (гусеницей) по следу маркера. Тогда длину правого и левого маркеров определим из выражений:

$$l_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot (B_p + m - \kappa), \text{ м};$$

$$l_{\text{лев}} = \frac{1}{2} \cdot (B_p + m + \kappa), \text{ м},$$

где  $B_p$  — рабочая ширина захвата агрегата, м;  $m$  — ширина стыкового междурядья, м;  $\kappa$  — колея направляющих колес трактора или расстояние между внешними кромками гусеничного трактора, м. (Принимаем  $\kappa = 2,06, 1,53$  и  $1,56$  соответственно для тракторов **Т-150К**, **ДТ-75М** и **МТЗ-80**.)

Для агрегата на базе **ДТ-75М**:

$$l_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot (7,2 + 0,07 - 1,53) = 2,87;$$

$$l_{\text{лев}} = \frac{1}{2} (7,2 + 0,07 + 1,53) = 4,40.$$

Для агрегата на базе **Т-150К**:

$$l_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot (10,8 + 0,15 - 2,06) = 4,44 ;$$

$$l_{\text{лев}} = \frac{1}{2} \cdot (10,8 + 0,15 + 2,06) = 6,50.$$

Для агрегата на базе **МТЗ-80**:

$$l_{\text{пр}} = \frac{1}{2} \cdot (3,6 + 0,15 - 1,55) = 1,1;$$

$$l_{\text{лев}} = \frac{1}{2} \cdot (3,6 + 0,15 + 1,55) = 2,65.$$

Из расчетов видно, что обеспечить качественную работу в одном звене различных марок тракторов не представляется возможным. Поэтому организуем три или четыре посевных звена по три-шесть посевных агрегата в каждом. Работа посевных звеньев должна быть организована на разных участках. Площадь каждого участка должна соответствовать сменной производительности посевного звена.

Для обеспечения работы посевных агрегатов семенами необходимо организовать их выгрузку из хранилища, протравливание, погрузку в заправочные агрегаты, транспортировку к месту посева и заправку сеялок.

Рабочий путь  $l_{\text{техн}}$ , который пройдет сеялка в данных условиях, определим по формуле

$$l_{\text{техн}} = \frac{10^4 \cdot V_{\text{я}} \cdot \gamma_{\text{с}} \cdot \gamma_{\text{я}}}{B_{\text{р}} \cdot h_{\text{с}}}, \text{ м},$$

где  $V_{\text{я}}$  — емкость семенного ящика одной сеялки,  $\text{м}^3$  (для СЗУ-3,6 и СЗ-3,6  $V_{\text{я}} = 0,45 \text{ м}^3$ );  $\gamma_{\text{с}}$  — плотность семян,  $\text{кг}/\text{м}^3$  (принимаем  $\gamma_{\text{с}} = 800 \text{ кг}/\text{м}^3$ ,  $\gamma_{\text{у}} = 900 \text{ кг}/\text{м}^3$ );  $\gamma_{\text{я}}$  — коэффициент использования емкости ( $\gamma_{\text{я}} = 0,9$ );  $h_{\text{с}}$  — норма высева семян,  $\text{кг}/\text{га}$ ;  $B_{\text{р}}$  — рабочая ширина захвата сеялки, м.

В нашем случае

$$l_{\text{техн}} = \frac{10^4 \cdot 0,45 \cdot 800 \cdot 0,9}{3,6 \cdot 200} = 4500 \text{ м}.$$

Полагаем, что заправка будет организована с одной стороны поля, определим число рабочих ходов агрегата в прямом и обратном направлениях загона от одной загрузки сеялок до другой:

$$n_{\text{к}} = \frac{l_{\text{техн}}}{2 \cdot L_{\text{г}}} = \frac{4500}{2 \cdot 600} = 3,75, \text{ принимаем } n_{\text{к}}=3.$$

Полученное значение  $n_{\text{к}}$  округляется в меньшую сторону ввиду того, что заправка будет производиться только на поворотной полосе.

Рабочий путь агрегата между заправками  $l_{\text{р}}$  будет

$$l_{\text{р}} = 2 \cdot L_{\text{г}} \cdot n_{\text{к}} = 2 \cdot 600 \cdot 3 = 3600 \text{ м}.$$

Потребное количество семян для заправки в одну сеялку  $Q$  определим по формуле

$$Q = \frac{l_{\text{р}} \cdot B_{\text{р}} \cdot h}{10^4} = \frac{3600 \cdot 3,6 \cdot 200}{10^4} = 259,2 \text{ кг}.$$

Чтобы не допустить простоев по организационным причинам, необходимо определить потребность в заправочных средствах для обслуживания агрегатов, работающих групповым методом.

Количество сеялок  $n_{\text{с}}$ , которое может загрузить семенами один загрузчик, определяем как

$$n_{\text{с}} = \frac{V_{\text{загр}} \cdot \gamma_{\text{с}}}{Q},$$

где  $V_{\text{загр}}$  — емкость бункера загрузчика,  $\text{м}^3$ .

Полученное значение  $n_{\text{с}}$  округляется в сторону уменьшения.

Количество загрузчиков сеялок определяется из условия

$$n_3 = \frac{t_{ц} \sum_{i=1}^m n_i}{t_{выс} \cdot n_c},$$

где  $t_{ц}$  — время цикла работы загрузчика, с;  $t_{выс}$  — время высева семян одного зернового ящика сеялки, с;  $\sum_{i=1}^m n_i$  — суммарное количество одновременно работающих сеялок по всем агрегатам.

Время цикла загрузчика включает

$$t_{ц} = t_{загр} + t_{гр} + t_{б.гр} + t_{разгр}$$

где  $t_{загр}$  — время загрузки бункера загрузчика сеялок семенами, которое равно  $t_{загр} = Q \cdot n_c \cdot t_3 \cdot 10^{-3}$ , где  $Q$  — количество семян, заправляемых в одну сеялку;  $t_3$  — время погрузки 1 т семян механизированным способом,  $t_3 = 180$  с/т, с;  $n_c$  — количество сеялок, одновременно загружаемых семенами, находящимися в бункере загрузчика.

Время движения загрузчика сеялок от места загрузки семенами до поля будет

$$t_{гр} = \frac{S}{V_{гр}}, \text{ с,}$$

где  $S$  — расстояние от места работы сеялочных агрегатов, м;  $V_{гр}$  — скорость движения загрузчика сеялок с семенами, м/с:  $V_{гр} = 8$  м/с.

Время движения разгрузчика сеялок без семян от места работы сеялочных агрегатов до места загрузки будет

$$t_{б.гр} = \frac{S}{V_{б.гр}}, \text{ с,}$$

где  $v_{б.гр}$  — скорость движения без груза,  $V_{б.гр} = V_{гр} = 1,1$ , м/с.

Время разгрузки загрузчика сеялок при заправке сеялочных агрегатов будет

$$t_{разгр} = n_c \cdot t_c,$$

где  $t_c$  — время загрузки одной сеялки, с (семенами  $t_c = 90$  с, удобрениями  $t_c = 60$  с).

Время высева семян из ящика одной сеялки определим как

$$t_{\text{выс}} = \frac{l_p}{V_p}, \text{ с,}$$

где  $l_p$  — рабочий путь сеялки между заправками, м;  $V_p$  — рабочая скорость посевного агрегата, м/с.

В нашем случае за  $t_{\text{выс}} = \frac{3600}{2,5} = 1440$  с заправщик сеялок **ЗАУ-3** с емкостью кузова  $5 \text{ м}^3$  одновременно может загрузить  $n_c = \frac{5 \cdot 800}{259,2} = 15,43$ , принимаем 15.

Время загрузки заправщиком сеялок:

$$t_{\text{загр}} = 259,2 \cdot 15 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 700 \text{ с.}$$

Время движения с грузом:

$$t_{\text{гр}} = \frac{5000}{8} = 625 \text{ с.}$$

Время движения без груза:

$$t_{\text{б.гр}} = \frac{5000}{8 \cdot 1,1} = 568 \text{ с.}$$

Время разгрузки загрузчика с учетом переездов и маневрирования:

$$t_{\text{раз}} = 15 \cdot 90 = 1350 \text{ с.}$$

Количество загрузчиков сеялок семенами:

$$n_3 = \frac{3243 \cdot 25}{1440 \cdot 15} = 3,75.$$

Принимаем  $n_3 = 4$ .

Подготовка семян к посеву проводится в такой последовательности. Семена загружаются в протравливатели и после обработки погрузчиком загружаются в загрузчики сеялок.

Для расчета количества технических средств применим принцип равенства производительности всех звеньев потока:

$$W_{ч1} \cdot n_1 = W_{ч2} \cdot n_2 = W_{чi} \cdot n_i ,$$

где  $W_{чi}$  — часовая производительность  $i$ -й машины;  $n_i$  — количество машин в  $i$ -м звене потока.

Часовая потребность в семенном зерне определяется по формуле, т/ч

$$Q_{\text{ч}} = \sum_{i=1}^m W_{\text{ч}} \cdot h_c,$$

где  $\sum_{i=1}^m W_{\text{ч}} \cdot h_c$  — часовая производительность всех посевных звеньев комплекса, га/ч;  $h_c$  — норма высева семян, т/га.

Тогда

$$Q_{\text{ч}} = 49,96 \cdot 0,2 = 9,99 \text{ т/ч.}$$

Учитывая, что в хозяйстве имеется погрузчик зерна **ЗСП-100** и протравливатель **ЗАВ-20**, часовая производительность которых значительно больше, чем часовая потребность в зерне в технологической линии, их оставим по одному.

Тогда звено подготовки семян будет включать **ЗСП-100 + ЗАВ-20 + 4ЗАУ-3**.

Расчеты по комплектованию звена подготовки, измельчению, погрузке и транспортировке удобрений выполняются по аналогичным зависимостям.

Рабочий путь, который пройдет сеялка, высевая удобрения ( $V_{\text{я}}=0,212 \text{ м}^3$ ):

$$l_{\text{техн}} = \frac{10^4 \cdot 0,212 \cdot 900 \cdot 0,9}{3,6 \cdot 100} = 4770.$$

Число рабочих ходов агрегата в прямом и обратном направлении движения:

$$n_{\text{к}} = \frac{4770}{2 \cdot 600} = 3,95, \text{ принимаем } n_{\text{к}} = 3.$$

Рабочий путь агрегата между заправками удобрений:

$$l_{\text{р}} = 2 \cdot 600 \cdot 3 = 3600 \text{ м.}$$

Потребное количество удобрений для заправки в одну сеялку:

$$Q_{\text{у}} = \frac{3600 \cdot 3,6 \cdot 100}{104} = 129,6 \text{ кг.}$$

Заправщик сеялок **ЗАВ-3** с емкостью кузова  $5 \text{ м}^3$  одновременно может грузить

$$n_{\text{к}} = \frac{5 \cdot 900}{129,6} = 34,7, \text{ принимаем } n_{\text{к}} = 34.$$

Время загрузки сеялок из заправщика удобрениями:

$$t_{\text{загр.}} = 129,6 \cdot 34 \cdot 180 \cdot 10^{-3} = 793 \text{ с.}$$

Принимаем время движения заправщика с удобрениями и без них равным времени транспортирования семян, т. е.

$$t_{\text{гр}} = 625 \text{ с}; t_{\text{б.гр}} = 568 \text{ с.}$$

Время разгрузки загрузчика удобрений с учетом переездов и маневрирования:

$$t_{\text{разгр}} = 34 \cdot 60 = 2040 \text{ с.}$$

Время цикла работы загрузчика удобрений:

$$t_{\text{ц}} = 793 + 625 + 568 + 2040 = 4026 \text{ с.}$$

Количество загрузчиков сеялок удобрениями:

$$n_3 = \frac{4026 \cdot 25}{1440 \cdot 34} = 2,04, \text{ принимаем } n_3 = 2.$$

Часовая потребность в удобрениях:

$$Q_{\text{ч}} = 49,96 \cdot 0,1 = 4,99 \text{ т.}$$

Учитывая, что погрузку удобрений будет производить **ПФ-0,75**, часовая производительность которого значительно больше требуемой, погрузчик должен быть выделен один. В то же время **ИСУ-4А** один не может справиться с заданием, и их надо устанавливать **два**.

Тогда звено подготовки и транспортировки удобрений будет включать **ПФ-0,75 + 2ИСУ-4 + 2ЗАУ-3**.

Для проведения ремонтно-технических воздействий в посевной комплекс выделим передвижную ремонтную мастерскую (**МПР-817М**) с мастером-наладчиком и слесарем, а также механизированный заправочный агрегат (**МЗ-3904**).

Культурно-бытовое обслуживание осуществляет специальное звено, которое обеспечивает питанием механизаторов и обслуживающий персонал в полевых условиях, а также доставку их к месту работы и обратно.

Обозначив  $n$  число элементов в работающих агрегатах,  $m$  — число резервных элементов, определим вероятность того, что число поломок будет меньше числа запасных элементов и отремонтированных за этот период:

$$P\{m < n \cdot q\} = \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{m-n \cdot q}{\sqrt{n \cdot p \cdot q}}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz,$$

где  $\frac{1}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{\frac{m-n \cdot q}{\sqrt{n \cdot p \cdot q}}} e^{-\frac{z^2}{2}} dz$  — табулированный интеграл Лапласа, который равен 0,95 при значении аргумента 1,65.

Таким образом,

$$1,65 = \frac{m-n \cdot q}{\sqrt{n \cdot p \cdot q}},$$

Откуда

$$m = n \cdot q + 1,65 \sqrt{n \cdot p \cdot q},$$

где  $p$  — вероятность безотказной работы элементов технологического комплекса, которая равна

$$p = \frac{\mu}{\lambda + \mu},$$

где  $\lambda$  — интенсивность отказов,  $\lambda = \sum_{i=1}^n \lambda_i = \sum_{i=1}^n \frac{1}{t_i}$ , 1/ч;

$\mu$  — интенсивность восстановлений,  $\mu = \sum_{i=1}^N \mu_i = \sum_{i=1}^N \frac{1}{t_i}$ ;

$N$  — число механизаторов, занятых ремонтом;

$t_i$  — наработка на отказ, ч. (таблица 2.3);

$t_i$  — среднее время восстановления, ч. (таблица 2.3).

Вероятность отказа элементов

$$q = 1 - p.$$

В нашем примере число работающих сеялок **25**.

Одновременно работают **25 · 24 = 600** сошников.

Вероятность безотказной работы с учетом того, что ремонт производят механизаторы и один человек в звене технического обслуживания, будет

$$p = \frac{\mu}{\lambda + \mu} = \frac{\frac{14}{300}}{\frac{1}{600} + \frac{14}{300}} = 0,875.$$

Вероятность отказа

$$q = 1 - p = 0,125$$

Число запасных сошников, обеспечивающих эффективную работу всех сеялок комплекса с вероятностью **0,95**:

$$m = n \cdot q + 1,65\sqrt{n \cdot p \cdot q} = 600 \cdot 0,125 + 1,65\sqrt{600 \cdot 0,875 \cdot 0,125} = 83.$$

Для уменьшения потребности в запасных элементах необходимо организовать их обслуживание и тщательную подготовку агрегатов перед посевом и во время ежесменного обслуживания.

При выполнении задания на компьютере (исследовательская работа студента) следует получить закономерности изменения определяемых параметров в зависимости от действующих факторов с последующим анализом результатов исследований под руководством преподавателя.

### Отчет.

Результаты расчетов систематизировать и представить в виде таблицы 2.4.

Таблица 2.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	Суточный темп проведения работ, $P_{сут}$	740,7 га/сут.
2	Часовая производительность агрегатов, $W_ч$	52,9 га/ч.
3	Коэффициент использования времени движения для односеялочного агрегата, $K_1$	0,937
4	Коэффициент использования времени движения для двухсеялочного агрегата, $K_1$	0,890
	Коэффициент использования времени движения для трехсеялочного агрегата, $K_1$	0,855
5	Коэффициент технологического обслуживания для односеялочного агрегата, $K_2$	0,905
6	Коэффициент технологического обслуживания для двухсеялочного агрегата, $K_2$	0,827
7	Коэффициент технологического обслуживания для трехсеялочного агрегата, $K_2$	0,705
8	Коэффициент надежности технологического процесса для односеялочного агрегата, $K_3$	0,943
9	Коэффициент надежности технологического процесса для двухсеялочного агрегата, $K_3$	0,892

Продолжение таблицы 2.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
10	Коэффициент надежности технологического процесса для трехсеялочного агрегата, $K_3$	0,847
11	Коэффициент регламентируемых затрат времени и времени проведения ежесменного ТО для односеялочного агрегата, $K_4$	0,95
12	Коэффициент регламентируемых затрат времени и времени проведения ежесменного ТО для двухсеялочного агрегата, $K_4$	0,90
13	Коэффициент регламентируемых затрат времени и времени проведения ежесменного ТО для трехсеялочного агрегата, $K_4$	0,85
14	Коэффициент использования времени смены для односеялочного агрегата, $\tau$	0,781
15	Коэффициент использования времени смены для двухсеялочного агрегата, $\tau$	0,639
16	Коэффициент использования времени смены для трехсеялочного агрегата, $\tau$	0,515
17	Часовая производительность агрегатов для трехсеялочного агрегата, $W_{\text{ч}}$	5,0 га/ч.
18	Часовая производительность агрегатов для двухсеялочного агрегата, $W_{\text{ч}}$	4,14 га/ч.
19	Часовая производительность агрегатов для односеялочного агрегата, $W_{\text{ч}}$	2,53 га/ч.
20	Часовая производительность агрегатов на каждый киловатт мощности для трехсеялочного агрегата, $W_{\text{ч},y}$	0,0398 га/кВт.
21	Часовая производительность агрегатов на каждый киловатт мощности для двухсеялочного агрегата, $W_{\text{ч},y}$	0,0605 га/кВт.
22	Часовая производительность агрегатов на каждый киловатт мощности для односеялочного агрегата, $W_{\text{ч},y}$	0,0444 га/кВт.
23	Состав трехсеялочного агрегата	3 агрегата Т-150К + СП-16 + 3СЗ-3,6 + 6ЗБП0,6А
24	Состав двухсеялочного агрегата	6 агрегатов ДТ-75М + СП-11 + 2СЗУ-3,6 + 4ЗБП-0,6А
25	Состав односеялочного агрегата	4 агрегата МТЗ-80 + СЗ-3,6 + 4БЗС-1,0
26	Часовую производительность всех посевных звеньев комплекса, $W_{\text{ч}}$	49,96 га/ч.

Продолжение таблицы 2.4

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
27	Длина вылета правого и левого маркеров для агрегата на базе ДТ-75М, $l_{\text{пр}}; l_{\text{лев}}$	2,87 м; 4,4 м.
28	Длина вылета правого и левого маркеров для агрегата на базе Т-150К, $l_{\text{пр}}; l_{\text{лев}}$	4,44 м; 6,5 м.
29	Длина вылета правого и левого маркеров для агрегата на базе МТЗ-80, $l_{\text{пр}}; l_{\text{лев}}$	1,1 м; 2,65 м.
30	Рабочий путь, который пройдет сеялка, $l_{\text{техн}}$	4500 м.
31	Число рабочих ходов агрегата в прямом и обратном направлениях загона от одной загрузки сеялок до другой, $n_{\text{к}}$	3
32	Рабочий путь агрегата между заправками, $l_{\text{р}}$	3600 м.
33	Потребное количество семян для заправки в одну сеялку, $Q$	259,2 кг.
34	Время высева семян из ящика одной сеялки, $t_{\text{выс}}$	1440 с.
35	Количество сеялок, которое может загрузить семенами один загрузчик, $n_{\text{с}}$	15
36	Время загрузки заправщиком сеялок, $t_{\text{загр}}$	700 с.
37	Время движения с грузом, $t_{\text{гр}}$	625 с.
38	Время движения без груза, $t_{\text{б.гр}}$	568 с.
39	Время разгрузки загрузчика с учетом переездов и маневрирования, $t_{\text{раз}}$	1350 с.
40	Количество загрузчиков сеялок семенами, $n_{\text{з}}$	4
41	Часовая потребность в семенном зерне, $Q_{\text{ч}}$	9,99 т/ч.
42	Звено подготовки семян	ЗСП- 100 + ЗАВ-20 + 43АУ-3
43	Рабочий путь, который пройдет сеялка, высевающая удобрения, $l_{\text{техн}}$	4770 м.
44	Число рабочих ходов агрегата в прямом и обратном направлении движения, $n_{\text{к}}$	3
45	Потребное количество удобрений для заправки в одну сеялку, $Q_{\text{у}}$	129,6 кг.
46	Количество сеялок, которое может одновременно загрузить заправщик удобрениями, $n_{\text{к}}$	34
47	Время загрузки сеялок из заправщика удобрениями, $t_{\text{загр}}$	793 с.
48	Время движения заправщика с удобрениями, $t_{\text{гр}}$	625 с.
49	Время движения заправщика без удобрений, $t_{\text{б.гр}}$	568 с.

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
50	Время разгрузки загрузчика удобрений с учетом переездов и маневрирования, $t_{\text{разгр.}}$	2040 с.
51	Время цикла работы загрузчика удобрений, $t_{\text{ц}}$	4026 с.
52	Количество загрузчиков сеялок удобрениями, $n_3$	2
53	Часовая потребность в удобрениях, $Q_{\text{ч}}$	4,99 т.
54	Звено подготовки и транспортировки удобрений	ПФ-0,75 + 2ИСУ-4 + 2ЗАУ-3
55	Интенсивность отказов, $\lambda$	2 1/ч.
56	Интенсивность восстановлений, $\mu$	14 1/ч.
57	Вероятность безотказной работы с учетом того, что ремонт производят механизаторы и один человек в звене технического обслуживания, $p$	0,875
58	Вероятность отказа, $q$	0,125
59	Число запасных сошников, обеспечивающих эффективную работу всех сеялок комплекса, $m$	83

Сделать выводы по каждому пункту расчетов.

**Контроль качества работы посевных агрегатов.** Отклонения фактической нормы высева от заданной определяют в пяти местах по длине гона путем непосредственного подсчета количества высеянных семян.

Глубина заделки семян проверяется путем раскапывания рядков по всей ширине захвата сеялки. Измерения производятся с помощью планки и линейки. Ширина стыковых междурядий проверяется путем измерения расстояния между смежными рядками не менее 10 раз за смену.

Для оценки качества работы по указанным показателям используют балльную систему. Например;

- отклонению фактической нормы высева на 1,5 % от заданной соответствует 4 балла,
- на 2 % - 2,
- а более 2 % - 1 балл.

Общая оценка качества работы представляет собой сумму баллов по всем показателям.

### 3. ОПТИМИЗАЦИЯ УХОДА ЗА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫМИ КУЛЬТУРАМИ

**Цель задания** — приобрести навыки оптимизации основных процессов по уходу за сельскохозяйственными культурами на основе общих принципов операционной технологии механизированных работ и с учетом полученных знаний по теоретическим основам производственной эксплуатации МТА.

#### Содержание задания

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

Таблица 3.1 – Варианты заданий

№ вар.	Культура	Рядность	Длина гона, м	Площадь поля, га	Коэффициент использования календарного времени $\alpha_k$	Обобщенный поправочный коэффициент $K_{об}$
1	Картофель	6	250	7	0,85	0,90
2	Сахарная свекла	12	90	75	0,91	0,90
3	Кукуруза	6	250	7	0,85	0,90
4	Сахарная свекла	8	400	15	0,89	0,86
5	Картофель	6	250	7	0,85	0,90
6	Кукуруза	8	1100	110	0,87	0,97
7	Картофель	4	600	33	0,83	0,92
8	Сахарная свекла	8	400	15	0,89	0,86
9	Картофель	6	250	7	0,85	0,90
10	Сахарная свекла	12	750	52	0,86	0,91
11	Кукуруза	8	1200	110	0,87	0,87

Продолжение таблицы 3.1

№ вар.	Культура	Рядность	Длина гона, м	Площадь поля, га	Коэффициент использования календарного времени ак	Обобщенный поправочный коэффициент Коб
12	Сахарная свекла	8	600	15	0,89	0,86
13	Картофель	6	250	7	0,85	0,90
14	Сахарная свекла	12	750	52	0,86	0,91
15	Кукуруза	8	800	110	0,87	0,97
16	Сахарная свекла	8	600	15	0,89	0,86
17	Картофель	4	400	33	0,83	0,91
18	Кукуруза	8	1000	100	0,87	0,97
19	Картофель	4	600	33	0,83	0,91
20	Кукуруза	8	1000	110	0,87	0,97
21	Сахарная свекла	12	90	75	0,91	0,90
22	Картофель	6	250	7	0,85	0,90
23	Кукуруза	8	1200	120	0,87	0,97
24	Сахарная свекла	12	90	75	0,91	0,90
25	Картофель	4	600	33	0,83	0,91

**Примечание.** С учетом местных условий могут быть выбраны другие исходные данные.

1. Выбрать эффективные технологии по уходу за сельскохозяйственными культурами.

2. Изложить основные агротехнические требования к выбранному комплексу операций.

3. Выбрать эффективные ресурсосберегающие агрегаты, дать рекомендации по их комплектованию.

4. Определить общее требуемое число агрегатов каждого вида.

5. Определить оптимальные составы технологических звеньев и обеспечить их эффективную работу.

6. Кратко изложить методику контроля качества работы агрегатов.

## **Последовательность выполнения работы**

Операции по уходу за сельскохозяйственными культурами с технологической точки зрения делят на следующие группы:

- **обработка почвы после посева семян и в процессе развития растений;**
- **подкормка растений;**
- **борьба с сорняками, вредителями и болезнями растений.**

При этом возможно и комбинированное проведение указанных операций в определенных сочетаниях в зависимости от вида сельскохозяйственной культуры и почвенно-климатических условий.

Общая конечная цель проведения операций по уходу за сельскохозяйственными культурами заключается в создании наиболее благоприятных условий для их развития и получении высоких урожаев.

Эффективные технологии работ по уходу за сельскохозяйственными культурами следует выбирать на основе вида культуры и местных почвенно-климатических условий. Далее изложены наиболее общие принципы проведения операций соответствующих групп и выбора эффективных вариантов ухода.

**Операции первой группы** (включая боронование, прикатывание и междурядные обработки) связаны с обработкой почвы после посева семян и в процессе развития культурных растений.

Методы решения соответствующих задач, связанных с этими операциями, аналогичны методам, рассмотренным в задании 1.

Значительная часть удобрений по подкормке растений вносится при посеве семян, рассмотренном в задании 2. Исходя из этого, в пределах данного задания рассмотрены в основном методы оптимизации процессов по защите растений от сорняков, вредителей и болезней, включая междурядную обработку пропашных культур.

Краткие агротехнические требования также в основном изложены применительно к этой группе операций.

**При химической обработке посевов** следует соблюдать следующие основные агротехнические требования:

- отклонение концентрации рабочей жидкости от заданной **+5%**;
- соблюдение заданной нормы расхода рабочей жидкости с точностью **±10%** при опрыскивании и **±15%** при опылировании;
- неравномерность распределения рабочей жидкости отдельными распылителями до **+5%** при скорости ветра до **4 м/с** и скорости движения агрегатов **1,11-2,22 м/с**.

**Основная операция** по уходу за пропашными культурами (кукурузой, сахарной свеклой, картофелем и др.) — междурядная обработка с одновременной подкормкой растений. При этом должны удовлетворяться следующие основные агротехнические требования:

- глубина рыхления междурядий кукурузы в фазе **5-7** листьев **30-12** см, а при высоте растений **30-40** см — **6-7** см с отклонением **±1** см;
- ширина защитной зоны в фазе **5-7** листьев — **13 ± 2** см;
- полное подрезание сорняков;
- повреждение растений до **1%**;
- отклонение от заданной дозы внесения удобрений при подкормке до **±8%**.

**Междурядную обработку посевов сахарной свеклы** после прореживания следует проводить с соблюдением таких требований:

- глубина рыхления подкормочными ножами **14 ± 1** см;
- полное уничтожение сорняков;
- соблюдение дозы внесения удобрений при подкормке **±7%**.

**Требования к междурядной обработке картофеля:**

- глубина обработки **8-10** см при сухой и **14-16** см при влажной погоде;
- глубина окучивания **15** см;
- засыпание и повреждение растений до **2%**.

Высокопроизводительные ресурсосберегающие МТА следует выбирать с помощью методов, изложенных в предыдущих заданиях. При этом необходимо учитывать, что в данном случае используют одномашинные агрегаты. Кроме

того, рядность машины по уходу должна быть равна или кратна рядности соответствующей посевной машины.

Составы основных МТА для защиты растений и показатели их работы приведены в таблице 3.2. При выборе наиболее эффективного агрегата необходимо учитывать излагаемые далее особенности. Прицепной малообъемный опрыскиватель **ОП-2000-2-01** предназначен для опрыскивания полевых культур пестицидами и поверхностного внесения жидких минеральных удобрений.

Штанговый прицепной опрыскиватель **ОПШ-15-03** предназначен для химической борьбы с вредителями, сорняками и болезнями полевых культур, включая зерновые. Прицепной штанговый опрыскиватель **ОПШ-3200** дополнительно можно применять также для внесения жидких минеральных удобрений и регуляторов роста растений. Для борьбы с вредителями культурных растений предназначены навесной малообъемный вентиляторный опрыскиватель **ОМ-630** и навесные малообъемные штанговые опрыскиватели **ОМ-630-2, ОМ-320-2** для мелкоконтурных участков.

Таблица 3.2 – Основные показатели работы различных МТА для защиты растений

Трактор	Машина	Ширина захвата, м	Производительность, га/ч	Расход рабочей жидкости, л/га	Вместимость бака, л
МТЗ-80/82, Т-70С	ОП-2000-2-01	25	15-29	75-30 (П), 150-800 (ЖУ)	2000
МТЗ-80/82, Т-70С	ОПШ-15-03	15	8,96-14,96	580-1000	1200
МТЗ-80/82	ОПШ-3200	23,5	21,5-25	75-300	3200
МТЗ-80/82, Т-70С	ОМ-630	15-20	40-120	10-50	630
МТЗ-80/82, Т-70С	ОМ-630-2	16,2	9,7-16,2	75-200	630
МТЗ-80/82	ОМ-320-2	10-14	6-14	1-25	320

**Примечания. 1.** Для составов МТА, указанных в первой, третьей и четвертой строках, скорости движения принимают в диапазоне 1,66...3,33 м/с, в остальных строках — до 2,77 м/с. **2.** Условные обозначения: П — пестициды; ЖУ — жидкие удобрения.

Составы агрегатов для междурядной обработки и подкормки растений кукурузы, подсолнечника и других высокостебельных культур указаны в таблице 3.3, а составы агрегатов для ухода за посевами сахарной свеклы — в таблице 3.4. Культиваторы-растениепитатели, приведенные в таблице 3.3, позволяют выполнить такие операции, как обработка междурядий с рыхлением почвы полозными лапами и долотами, окучивание растений отвальчиками, обработка защитных зон прополочными боронками и внесение минеральных удобрений. Эффективный агрегат следует выбирать в зависимости от вида культуры и местных условий.

Таблица 3.3 – Составы МТА для междурядной обработки и подкормки растений кукурузы и других высокостебельных культур

Трактор	Культиватор навесной	Число рядков	Ширина захвата, м	Скорость, м/с	Производительность, га/ч
Класса 2	КРН-8,4	12	8,4	2,5	7,4
Типа Т-142	КРН-8,4-01	8	7,2	2,5	6,34
Класса 1,4-2	КРН-5,6	8	5,6	2,77	5,6
Класса 1,4	КРН-4,2	6	4,2	2,77	4,2

Таблица 3.4 – Составы МТА по уходу за посевами сахарной свеклы

Трактор	Машина	Число рядков	Ширина захвата, м	Скорость, м/с	Производительность, га/ч
МТЗ-80/82	УСМК-5,4А	8	5,4; 4,8	1,94	3,78-4,10
МТЗ-80/82	КГС-4,8	8	4,8	1,4	2,4
МТЗ-80/82	КФ-5,4	12	5,4	2,08	2,4-3,9
МТЗ-80/82	УСМП-5,4	12	5,4	2,22	3,5
МТЗ-100/102	ПСА-5,4	12	5,4	0,88-1,5	1,72-2,9

Навесной культиватор-растениепитатель **УСМК-5,4А** предназначен для подготовки почвы под посев, довсходового сплошного рыхления почвы и междурядной обработки 12- и 8-рядных посевов сахарной свеклы с шириной междурядий 45 и 60 м. Аналогичное назначение и у навесных культиваторов-растениепитателей-глубокорыхлителей **КГС-4,8** (для 12-рядных посевов с междурядьями 45 см) и **КГС-4,8-0,1** (для 8-рядных посевов сахарной свеклы с междурядьями 60 см).

Навесной фрезерный культиватор **КФ-5,4** предназначен для междурядной обработки 12-рядных посевов с шириной междурядий 45 см.

Навесной прореживатель всходов сахарной свеклы **УСМП-5,4** обеспечивает прореживание 12- и 8-рядных посевов, выполненных сеялками точного высева с одновременным рыхлением почвы и уничтожением сорняков в зоне рядка. Автоматический прореживатель всходов сахарной свеклы **ПСА-5,4** предназначен для механизированного формирования 6-рядных посевов с шириной междурядий 45 см на конечную густоту без затрат ручного труда.

Эффективный состав МТА выбирают с учетом рядности сеялки (8 или 12), ширины междурядий (45 или 60 см) и почвенно-климатических условий.

Основные МТА по уходу за посадками картофеля и основные показатели их работы указаны в таблице 3.5.

Первые три культиватора предназначены для рыхления междурядий при одновременной подкормке растений, различаясь в основном числом обрабатываемых рядков. Культиваторы КОН-2,8А и КОН-4,2 дополнительно окучивают рядки картофеля.

Таблица 3.5 – Составы МТА по уходу за посадками картофеля

Трактор	Машина	Число рядков	Ширина захвата, м	Скорость, м/с	Производительность, га/ч
МТЗ-80/82	КОН-2,8А	4	2,8	1,8	1,8
МТЗ-80/82	КОН-4,2	6	4,2	1,8	2,7
МТЗ-80/82	КРН-4,2	6	4,2	1,66-2,5	3,8
МТЗ-100/102	КФК-2,8А	4	2,8	1,66	1,6

Навесной фрезерный культиватор-гребнеобразователь **КФК-2,8** осуществляет междурядное рыхление с образованием высокообъемных гребней. После выбора эффективного состава МТА необходимо дать рекомендации по его комплектованию, включая правильное соединение машин с трактором, настройку на соответствующий режим работы и другие регулировки.

Общее нормативное число  $m_n$  МТА каждого вида в расчете на 100 га необходимо рассчитать по формуле (4.1 часть 1) при тех же обозначениях, а за-

тем на основании формулы (4.8 часть1) округлить число агрегатов  $m_s$  для всей обрабатываемой площади  $F_s$  хозяйства. В эти формулы необходимо подставлять соответствующие исходные данные для рассматриваемых агрегатов. Нормативная продолжительность операций по уходу за данными культурами  $D_k$  (по данным зональных исследовательских институтов) составляет 3-4 дня (для картофеля междурядная обработка до 5 дней) при  $\alpha = 0,85-0,95$  (см. табл. 3.1). Коэффициент сменности с учетом местных условий можно выбрать в диапазоне  $k_{cm} = 1-1,5$  при  $T_{cm} = 7$  ч. Для коэффициента готовности  $\gamma_{гт}$  можно использовать следующие справочные данные: **0,99** — зубовые бороны, **0,98** — опрыскиватели, **0,99** — культиваторы и другие орудия для междурядной обработки.

Производительность каждого из рассматриваемых агрегатов можно рассчитать по формуле

$$W_m = 0,36 \cdot K_{об} \cdot B \cdot V \cdot \tau. \quad (3.1)$$

Значения коэффициента  $K_{об}$ , ширины захвата  $B$  и рабочей скорости  $V$  МТА принимаем по таблицам 3.1-3.5, а нормативные значения коэффициента использования времени смены  $\tau$  — по таблице 3.6.

Таблица 3.6 – Нормативные значения коэффициента использования времени смены  $\tau$

Машина	Ширина захвата, м	Значения $\tau$ при длине гона, м					
		150-200	200-300	300-400	400-600	600-1000	Более 1000
ОП-2000-2-01	25	0,30	0,35	0,38	0,41	0,43	0,45
ОПШ-15-03	15	0,34	0,38	0,42	0,44	0,47	0,48
ОПШ-320	23,5	0,24	0,27	0,29	0,31	0,33	0,34
ОМ-630	15	0,48	0,56	0,61	0,65	0,69	0,71
ОМ-630-2	16,2	0,31	0,35	0,39	0,44	0,45	0,46
ОМ-320-2	10	0,51	0,57	0,63	0,65	0,71	0,72
КРН-8,4	8,4	0,31	0,37	0,43	0,46	0,50	0,53
КРН-5,6	5,6	0,47	0,56	0,64	0,69	0,75	0,79
КРН-4,2	4,2	0,49	0,58	0,66	0,71	0,76	0,80
КОН-2,8А	2,8	0,56	0,64	0,70	0,74	0,78	0,81
КОН-4,2	4,2	0,45	0,51	0,56	0,59	0,61	0,63
КФК-2,8	2,8	0,50	0,57	0,63	0,67	0,70	0,73
УСМК-5,4А	5,4	0,47	0,56	0,63	0,69	0,74	0,78
КГС-4,8	4,8	0,53	0,63	0,71	0,77	0,83	0,86

Машина	Ширина захвата, м	Значения $\tau$ при длине гона, м					
		150-200	200-300	300-400	400-600	600-1000	Более 1000
КФ-5,4	5,4	0,51	0,60	0,68	0,74	0,80	0,83
УСМП-5,4	5,4	0,49	0,58	0,65	0,71	0,76	0,78
ПСА-5,4	5,4	0,41	0,50	0,57	0,63	0,69	0,71

При нехватке каких-то агрегатов в хозяйстве следует использовать указанные в предыдущих заданиях организационные приемы, включая аренду, соседскую помощь и др.

В качестве вспомогательных агрегатов необходимы транспортные средства для перевозки удобрений, пестицидов и воды. Общее потребное число таких агрегатов  $n$  упрощенно можно определить из условия их поточной работы с основными МТА:

$$n_{H\Sigma} \cdot W_n = m_{H\Sigma} \cdot W_m \cdot u. \quad (3.2)$$

Нормативное число вспомогательных агрегатов в расчете на 100 га:

$$n_{\Sigma} = \frac{m_{\Sigma} \cdot W_m \cdot u}{W_n}. \quad (3.3)$$

$$n_{H\Sigma} = \frac{m_{H\Sigma} \cdot W_m \cdot u}{W_n},$$

где  $u$  – норма расхода пестицидов или внесения минеральных удобрений, т/га: **0,2-0,4** – при химической обработке посевов кукурузы, **0,15-0,2** – при обработке посевов сахарной свеклы, **0,4-0,6** – при обработке посевов картофеля, **0,1, 0,175 и 0,25** – при подкормке посевов соответственно кукурузы, сахарной свеклы и картофеля;  $W_n$  – производительность агрегата, т/ч.

Производительность вспомогательного транспортного агрегата для всей площади хозяйства:

$$W_n = \frac{Q_{гн} \cdot k_{г}}{\frac{2 \cdot l_{г}}{V_{тех}} + t_{п.р}}, \quad (3.4)$$

где  $Q_{гн}$  — номинальная грузоподъемность, т;  $k_{г}$  — коэффициент использования грузоподъемности;  $l_{г}$  — среднее расстояние транспортировки, км;  $V_{тех}$  — средняя техническая скорость, км/ч;  $t_{п.р}$  — время погрузочно-разгрузочных операций и других простоев, ч.

Приближенно можно принять:  $Q_{гн} = 4 \text{ т}$ ;  $k_{г} = 0,8$ ;  $l_{г} = 3-6 \text{ км}$ ;  $V_{\text{тех}} = 25-30 \text{ км/ч}$  для автомобилей и  $V_{\text{тех}} = 16 - 18 \text{ км/ч}$  для тракторов;  $t_{п.р} = 0,5 \text{ ч}$ .

Из общего числа агрегатов каждого вида необходимо сформировать технологические звенья с учетом изложенных в предыдущих заданиях преимуществ групповой работы. Округленные до целых значений числа МТА в каждом звене получим на основании формулы (4.1 часть1). Площадь поля  $F_{п}$  можно рассчитать по формуле (1.3) с учетом заданной длины гона. Продолжительность обработки каждого поля  $D_{п}$  следует выбрать в диапазоне 1-3 дня при соблюдении условия (1.2) и коэффициенте сменности  $k_{см} = 1-1Д$ .

При химической защите растений средствами, вредными для здоровья человека, принимают  $T_{см} = 6 \text{ ч}$ , в остальных случаях —  $7 \text{ ч}$ . Производительность  $W_m$  рассчитывают по формуле (3.1). Операции по химической защите растений обычно проводят независимо от других видов работ по уходу за посевами, поэтому соответствующие значения  $m$  в формуле (1.1) рассчитывают самостоятельно. Если другие виды работ выполняют в технологической последовательности, то число агрегатов в технологических звеньях определяют на основании выражений (1.5) и (1.6). Требуемое число вспомогательных транспортных средств в технологических звеньях сравнительно небольшое из-за малых доз внесения пестицидов и удобрений, поэтому значение  $n$  можно определять из условия поточной работы:

$$n = \frac{m \cdot W_m \cdot u}{W_n}. \quad (3.5)$$

Значения производительностей  $W_m$ ,  $W_n$  и дозы внесения  $u$  приведены ранее для соответствующих агрегатов.

Эффективная работа агрегатов в технологических звеньях обеспечивается изложенными в предыдущих заданиях способами. Необходимо прежде всего изложить четкие рекомендации по настройке агрегатов на требуемый режим работы с учетом нормативных доз внесения пестицидов и удобрений. Основным способом движения рассматриваемых типов МТА является **челночный** без разбивки поля на загоны. Показатели работы при этом способе движения следует определять с помощью методов, изложенных в задании 1 («Эксплуата-

ционные свойства МЭС, рабочих машин и агрегатов» часть 2) с учетом элементов подготовки поля.

Качество работы рассматриваемых МТА оценивают также балльным способом. При этом для опрыскивателей основными показателями являются отклонение от заданной нормы расхода рабочей жидкости, неравномерность подачи жидкости через отдельные распылители, отклонение от установленных значений ширины захвата и скорости движения.

При оценке качества междурядной обработки определяют:

- отклонение от заданной глубины рыхления;
- полноту уничтожения сорняков;
- повреждение культурных растений;
- ширину защитной зоны;
- отклонение от заданной дозы внесения удобрений;
- отклонение от заданной высоты гребней для посадки картофеля.

В качестве студенческой исследовательской работы можно использовать вероятностные методы анализа, изложенные в задании 1 часть 1.

### Пример расчета агрегатов для ухода за картофелем.

1. Выписываем из таблицы 3.1 исходные данные по варианту №25.

№ вар.	Культура	Рядность	Длина гона, м	Площадь поля, га	Коэффициент использования календарного времени $\alpha_k$	Обобщенный поправочный коэффициент $K_{об}$
25	Картофель	4	600	33	0,83	0,91

2. Операции по уходу за сельскохозяйственными культурами с технологической точки зрения делят на следующие группы:

- **обработка почвы после посева семян и в процессе развития растений;**
- **подкормка растений;**
- **борьба с сорняками, вредителями и болезнями растений.**

Эффективные технологии работ по уходу за сельскохозяйственными культурами следует выбирать на основе вида культуры и местных почвенно-климатических условий. Далее изложены наиболее общие принципы проведения операций соответствующих групп и выбора эффективных вариантов ухода.

**Операции первой группы** (включая боронование, прикатывание и междурядные обработки) связаны с обработкой почвы после посева семян и в процессе развития культурных растений.

Значительная часть удобрений по подкормке растений вносится при посеве семян, рассмотренном в задании 2. Исходя из этого, в пределах данного задания рассмотрены в основном методы оптимизации процессов по защите растений от сорняков, вредителей и болезней, включая междурядную обработку пропашных культур.

**3.** Краткие агротехнические требования также в основном изложены применительно к этой группе операций.

**При химической обработке посевов** следует соблюдать следующие основные агротехнические требования:

- отклонение концентрации рабочей жидкости от заданной **+5%**;
- соблюдение заданной нормы расхода рабочей жидкости с точностью **±10%** при опрыскивании и **±15%** при опылировании;
- неравномерность распределения рабочей жидкости отдельными распылителями до **+5%** при скорости ветра до **4 м/с** и скорости движения агрегатов **1,11-2,22 м/с**.

**Основная операция** по уходу за пропашными культурами (кукурузой, сахарной свеклой, картофелем и др.) — междурядная обработка с одновременной подкормкой растений. При этом должны удовлетворяться следующие основные агротехнические требования:

- глубина обработки **8-10 см** при сухой и **14-16 см** при влажной погоде;
- глубина окучивания **15 см**;
- засыпание и повреждение растений до **2%**.

При этом необходимо учитывать, что в данном случае используют одномашинные агрегаты. Кроме того, рядность машины по уходу должна быть равна или кратна рядности соответствующей посевной машины.

4. Выбираем основной состав МТА для химической обработки картофеля из таблицы 3.2.

Штанговый прицепной опрыскиватель **ОПШ-15-03** предназначен для химической борьбы с вредителями, сорняками и болезнями полевых культур, включая зерновые.

Скорость движения агрегата до 2,77 м/с.

Состав МТА по уходу за посадками картофеля выбираем из таблицы 15.5 с учетом рядности.

Культиватор **КОН-2,8А** предназначен для рыхления междурядий при одновременной подкормке растений и дополнительно окучивает рядки картофеля.

5. Производительность каждого из выбранных агрегатов определяем по формуле (3.1) с учетом  $K_{об} = 0,91$  – обобщающий коэффициент из таблицы 3.1;

$B_1 = 15\text{ м}$  – ширина захвата ОПШ-15-03;

$B_2 = 2,8\text{ м}$  – ширина захвата КОН-2,8А;

$V_1 = 2,7\text{ м/с}$  – скорость движения ОПШ-15-03 из таблицы 3.2;

$V_2 = 1,8\text{ м/с}$  – скорость движения КОН-2,8 из таблицы 3.5;

$L = 600\text{ м}$  – длина гона;

$\tau_1 = 0,44$  – коэффициент использования времени смены ОПШ-15-03 из таблицы 3.6;

$\tau_2 = 0,74$  – коэффициент использования времени смены КОН-2,8.

$$W_{m1} = 0,36 \cdot 0,91 \cdot 15 \cdot 2,7 \cdot 0,44 = 5,83 \text{ га/ч};$$

$$W_{m2} = 0,36 \cdot 0,91 \cdot 2,8 \cdot 1,8 \cdot 0,74 = 1,22 \text{ га/ч}.$$

**6.** Определяем общее нормативное число машин каждого вида в расчете на 100 га по формуле (4.1 часть 1) при тех же обозначениях с учетом

$F_H = 100$  га – нормативная площадь;

$D_{K1} = 3$  дня – нормативная продолжительность операции;

$D_{K2} = 4$  дня;

$\alpha_k = 0,8$  – коэффициент использования календарного времени из таблицы

3.1;

$T_{CM} = 7$ ч – продолжительность смены;

$k_{CM} = 1$  – коэффициент сменности;

$Y_{ГТ1} = 0,98$  – коэффициент готовности;

$Y_{ГТ1} = 0,99$ .

$$m_{H\Sigma} = \frac{F_{H\Sigma}}{D_k \cdot \alpha_k \cdot W_m \cdot T_{CM} \cdot k_{CM} \cdot Y_{ГТ}}$$
$$m_{H\Sigma 1} = \frac{100}{3 \cdot 0,8 \cdot 5,83 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 0,98} = \frac{100}{96} = 1,04$$
$$m_{H\Sigma 2} = \frac{100}{4 \cdot 0,8 \cdot 1,22 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 0,99} = \frac{100}{27} = 3,7$$

**7.** Определяем по формуле (4.8 часть1) число агрегатов для всей обрабатываемой площади

$$m = \frac{F_{\Sigma}}{100} \cdot m_{H\Sigma}$$

$m_1 = 33/100 \cdot 1,04 = 0,34 = 1$  – округляем в большую сторону;

$m_2 = 33/100 \cdot 3,7 = 1,22 = 2$ .

**8.** В качестве вспомогательных агрегатов необходимы транспортные средства для перевозки удобрений, пестицидов и воды.

Производительность вспомогательного транспортного агрегата для всей площади хозяйства определяем по формуле (3.4) с учетом

$Q_{ГН} = 4$ т – номинальная грузоподъемность автомобиля;

$k_r = 0,8$  – коэффициент использования грузоподъемности;

$l_r = 5$  км – среднее расстояние перевозки;

$V_{\text{тех.}} = 30$  км/ч – средняя техническая скорость;

$t_{\text{п.р.}} = 0,5$ ч – время погрузочно-разгрузочных операций и других простоев.

$$W_n = \frac{4 \cdot 0,8}{\frac{2 \cdot 5}{30} + 0,5} = \frac{3,2}{0,33 + 0,5} = \frac{3,2}{0,83} = 3,85 \text{ т/ч}$$

9. Определяем по формуле (3.3) нормативное число вспомогательных агрегатов в расчете на 100 га и для всей площади хозяйства с учетом

$u_1 = 0,5$  т/га – норма расхода пестицидов для картофеля;

$u_2 = 0,25$  т/га – норма внесения удобрений.

$$n_{\text{НС1}} = \frac{1,04 \cdot 5,83 \cdot 0,5}{3,85} = \frac{3,03}{3,85} = 0,78$$

$$n_{\text{НС2}} = \frac{3,7 \cdot 1,22 \cdot 0,25}{3,85} = \frac{1,13}{3,85} = 0,29$$

$$n_{\Sigma 1} = \frac{1 \cdot 5,83 \cdot 0,5}{3,85} = \frac{2,915}{3,85} = 0,75 = 1$$

$$n_{\Sigma 2} = \frac{2 \cdot 1,22 \cdot 0,25}{3,85} = \frac{0,61}{3,85} = 0,16 = 1.$$

### Отчет.

Результаты расчетов систематизировать и представить в виде таблицы 3.7.

Таблица 3.7

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
1	МТА для химической обработки картофеля	ОПШ-15-03
2	МТА по уходу за посадками картофеля	КОН-2,8
3	Обобщающий коэффициент, $K_{\text{об}}$	0,91
4	Ширина захвата ОПШ-15-03, $B_1$	15м
5	Ширина захвата КОН-2,8, $B_2$	2,8м
6	Скорость движения ОПШ-15-03, $V_1$	2,7 м/с
7	Скорость движения КОН-2,8, $V_2$	1,8 м/с
8	Длина гона, $L$	600 м
9	Коэффициент использования времени смены, $\tau_1$	0,44

Продолжение таблицы 3.7

№ пункта	Наименование и обозначение показателя или параметра	Результат расчета с указанием размерности
10	Коэффициент использования времени смены, $\tau_1$	0,74
11	Производительность ОПШ-15-03, $W_{m1}$	5,83 га/ч
12	Производительность КОН-2,8, $W_{m2}$	1,22 га/ч
13	Нормативная площадь, $F_H$	100 га
14	Нормативная продолжительность операции, $D_{k1}$	3 дня
15	Нормативная продолжительность операции, $D_{k2}$	4 дня
16	Коэффициент использования календарного времени, $\alpha_k$	0,8
17	Продолжительность смены, $T_{CM}$	7ч
18	Коэффициент сменности, $K_{CM}$	1
19	Коэффициент готовности, $Y_{гт1}$	0,98
20	Коэффициент готовности, $Y_{гт2}$	0,99
21	Общее нормативное число машин, $m_{H\Sigma1}$	1,04
22	Общее нормативное число машин, $m_{H\Sigma2}$	3,7
23	Число агрегатов для всей площади, $m_1$	1
24	Число агрегатов для всей площади, $m_2$	2
25	Номинальная грузоподъемность автомобиля, $Q_{ГН}$	4т
26	Коэффициент использования грузоподъемности, $k_{Г}$	0,8
27	Среднее расстояние перевозки, $l_{Г}$	5 км
28	Средняя техническая скорость, $V_{тех.}$	30 км/ч
29	Время погрузочно-разгрузочных операций, $t_{п.р.}$	0,5ч
30	Производительность вспомогательного транспортного агрегата, $W_n$	3,85 т/ч
31	Норма расхода пестицидов для картофеля, $u_1$	0,5 т/га
32	Норма внесения удобрений, $u_2$	0,25 т/га
33	Нормативное число вспомогательных агрегатов на 100 га, $n_{H\Sigma1}$	0,78
34	Нормативное число вспомогательных агрегатов на 100 га, $n_{H\Sigma2}$	0,29
35	Нормативное число вспомогательных агрегатов для всей площади, $n_{\Sigma1}$	1
36	Нормативное число вспомогательных агрегатов для всей площади, $n_{\Sigma2}$	1

Сделать выводы по каждому пункту расчетов.

## Контрольные вопросы

1. Какие операции относятся к основной обработке почвы?
2. Какие операции относятся к предпосевной обработке почвы?
3. Назначение основной и предпосевной обработок почвы.
4. В каких случаях применяют отвальную обработку почвы?
5. Какое состояние почвы наиболее благоприятно для вспашки и какими основными показателями оно характеризуется?
6. Какие основные способы движения агрегатов применяют при вспашке?
7. Преимущества безотвальной обработки почвы.
8. Основные агротехнические требования предъявляемые к лущению стерни и дискованию почвы.
9. Основные агротехнические требования, предъявляемые к вспашке.
10. Основные агротехнические требования, предъявляемые к плоскорезной обработке почвы без оборота пласта.
11. Основные агротехнические требования, предъявляемые к сплошной культивации.
12. Основные агротехнические требования, предъявляемые к боронованию зубowymi боронами.
13. Основные агротехнические требования, предъявляемые к предпосевному прикатыванию.
14. Основные агротехнические требования, предъявляемые при комбинированной предпосевной обработке почвы.
15. Основные агротехнические требования, предъявляемые к посеву зерновых культур.
16. Как определить длину вылета маркера?
17. Контроль качества работы посевных агрегатов.
18. Основные операции, выполняемые при уходе за сельскохозяйственными культурами.
19. Основные агротехнические требования, предъявляемые к операциям по уходу за сельскохозяйственными культурами.

## Литература

1. Зангиев А.А., Скороходов А.Н. Практикум по эксплуатации машинно-тракторного парка: учебное пособие. 2-е изд., испр. и доп. СПб.: Изд-во «Лань», 2016. 464 с.: ил.
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. 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.
6. Скороходов А.Н. Эксплуатационное обеспечение безотказной работы агрегатов и комплексов. М.: Изд-во МИИСП, 1990. 122 с.
7. Скороходов А.Н. Методы повышения надежности и эффективности агрегатов и технологических комплексов. М.: ФГОУ ВДО МГАУ, 2003. Ч. 3. 75 с.
8. Типовые нормы выработки и расхода топлива на механизированные полевые работы в сельском хозяйстве. М.: Агропромиздат, 1990. Т. 1. 352 с.
9. Фортуна В.И., Миронюк С.К. Технология механизированных сельскохозяйственных работ. М.: Агропромиздат, 1986. 304 с.

**Учебное издание**

Самусенко Владимир Иванович

Сакович Наталья Евгеньевна

**ОПТИМАЛЬНОЕ ПРОЕКТИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ  
ПРОЦЕССОВ В РАСТЕНИЕВОДСТВЕ**

**Часть II**

Учебно-методическое пособие для выполнения практических работ  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентами инженерно-технологического института  
по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия».

Редактор Аддылина Е.С.

---

Подписано к печати 18.04.2023 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.

Бумага офсетная. Усл. п. л. 4,30. Тираж 25 экз. Изд. №7519

---

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