

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА РФ

ФГБОУ ВО БРЯНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ  
АГРАРНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ИНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ

КАФЕДРА ТЕХНИЧЕСКИХ СИСТЕМ В АГРОБИЗНЕСЕ  
ПРИРОДООБУСТРОЙСТВЕ И ДОРОЖНОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Самусенко В.И.

**ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОСЕВА  
ЗЕРНОВЫХ**

Методические указания для выполнения  
практической работы № 14  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Брянск 2021

УДК 631.331 (076)

ББК 40.724

С 17

Самусенко, В. И. Обоснование структуры и состава технологического комплекса для посева зерновых: методические указания для выполнения практической работы № 14 по дисциплине «Эксплуатация машинно-тракторного парка» студентам инженерно-технологического института по направлению подготовки 35.03.06 «Агроинженерия» / В. И. Самусенко. - Брянск: Изд-во Брянский ГАУ, 2021. - 28 с.

Методические указания предназначены для освоения методики и приобретения навыков в эксплуатационном обеспечении и организации посева зерновых в условиях конкретного хозяйства. Для студентов инженерно-технологического института.

Рецензент: к.т.н., доцент Кузюр В.М.

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

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

## Содержание

|   | стр. |
|---|------|
| ЦЕЛЬ РАБОТЫ .....                         | 4    |
| СОДЕРЖАНИЕ ЗАДАНИЯ .....                  | 4    |
| ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ СИТУАЦИЯ.....            | 7    |
| ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНОСТЬ ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ..... | 7    |
| ОТЧЕТ .....                               | 24   |
| ЛИТЕРАТУРА.....                           | 27   |

**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 14.1-14.3.

Таблица 14.1

### Варианты задания

| № варианта | 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       |                                 |
| 6          | II              | 3000        | 400           | 1                  | 6                        | 220                 | 100       | Аппарат для внесения удобрений  |
| 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       |                                 |
| 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 14.2

### Технические средства хозяйства

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

Таблица 14.3

### Показатели надежности элементов посевных агрегатов

| Элементы посевных агрегатов                           | Наработка на<br>отказ, ч | Среднее время<br>восстановления, ч |
|---|--------------------------|------------------------------------|
| Высевающие аппараты                                   | 250                      | 0,5                                |
| Аппараты для внесения удобрений                       | 200                      | 1,5                                |
| Семяпроводы и тукопроводы                             | 300                      | 0,3                                |
| Сошники   | 300                      | 1,0                                |
| Механизмы подъема сошников<br>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 погоды 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 14.3.

## 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  $L_r$ , м, углом склона  $\alpha^\circ$ , 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  $h_c$ , кг/га; отклонение от заданной нормы высева не более  $\pm 5\%$ ; допустимая неравномерность высева семян отдельными высевающими аппаратами не более  $\pm 4\%$ ; норма внесения удобрений  $h_y$ , кг/га; неравномерность внесения удобрений не более  $\pm 10\%$ ; глубина заделки семян **8 см**; отклонение от средней глубины заделки семян не более  $\pm 1$  см; отклонение ширины стыковых междурядий для смежных сеялок не более  $\pm 2$  см, для смежных проходов не более  $\pm 5$  см; огрехи и просевы не допускаются; агротехнически допустимая скорость **2,5 м/с**.

Для выполнения работ хозяйство располагает техническими средствами, представленными в таблице 14.2.

## Последовательность выполнения работы

Выбираем вариант конкретной производственной ситуации: площадь посева  $F = 4000$  га; длина гона полей  $L_p = 600$  м; угол склона  $\alpha = 0$ ; среднее расстояние перевозок  $S = 5$  км; работу организовать в **2** смены; длительность смены  $T_{см} = 7$  ч; сроки посева **6** дней; норма высева семян  $h_c = 200$  кг/га; норма высева удобрений  $h_y = 100$  кг/га; агротехнически допустимая скорость посева **2,5 м/с**. Для выполнения работ принимаем наличие техники по хозяйству группы.

Выписываем из таблиц 14.1-14.3 соответствующий вариант задания.

Таблица 14.1

| № варианта | 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 14.2

### Технические средства хозяйства

| Марка тракторов, автомобилей и сельскохозяйственной техники | Техническая характеристика (мощность, ширина захвата, грузоподъемность) | Количество в хозяйстве по группам |
|---|---|-----------------------------------|
|   |   | I                                 |
| Тракторы:   |   |                                   |
| Т-150К  | 125,4 кВт   | 3                                 |
| ДТ-75М  | 68,4 кВт  | 6                                 |
| МТЗ-80/82   | 57,0 кВт  | 4                                 |
| Сеялки:   |   |                                   |
| СЗУ-3,6   | 3,6 м   | 12                                |
| СЗ-3,6  | 3,6 м   | 23                                |
| Сцепки:   |   |                                   |
| СП-11   | 7 м   | 6                                 |
| СП-16   | 13,5 м  | 4                                 |
| Бороны:   |   |                                   |
| БЗС-1   | 1,0 м   | 16                                |
| БП-0,6А   | 0,6 м   | 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                                 |

**Показатели надежности элементов посевных агрегатов**

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

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;

$K_{\text{п}}$  – коэффициент погодности.

Часовую производительность агрегатов 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  $T_{\text{см}}$  – длительность смены, ч;  $\alpha_{\text{см}}$  – коэффициент сменности.

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

$$W_{\text{ч}} = 0,36 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau,$$

где  $W_ч$  – ширина захвата агрегата, м;

$B_p$  – ширина захвата агрегата, м;

$V_p$  – агротехнически допустимая скорость движения, м/с;

$\eta$  – 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  $V_x = V_p$ ):

$$K_1 = \left( 1 + \frac{L_{п}}{L_{г}} \right)^{-1},$$

где  $L_{п}$  – средняя длина одного грушевидного поворота (для односеялочного  $L_{п} = 10,9B_p + 1,0$ , для двухсеялочного  $L_{п} = 9,5B_p + 5,8$ , для трехсеялочного  $L_{п} = 8,8B_p + 6,6$ ;  $B_p$  – ширина захвата агрегата, м), м;

$L_{г}$  – 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

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

Коэффициент технологического обслуживания определяется по формуле

$$K_2 = \left(1 + \frac{t_{с.з} \cdot h_c \cdot B_P \cdot V_P}{10^4} + \frac{t_{з.у} \cdot h_y \cdot B_P \cdot V_P}{10^4}\right)^{-1},$$

где  $t_{с.з}$ ,  $t_{з.у}$  – 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

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

- 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

$$K_3 = \left(1 + \frac{t_{у.о} \cdot B_P}{3600}\right)^{-1},$$

где  $t_{у.о}$  – 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 + 4БП-0,6А;**
- **3 агрегата Т-150К + СП-16 + 3СЗ-3,6 + 6БП0,6А;**
- **4 агрегата МТЗ-80 + СЗ-3,6 + 4БЗС-1,0.**

Часовую производительность всех посевных звеньев комплекса определим как

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

где  $j = 1$ ;

$m$  – число звеньев комплекса;

$n_i$  – число агрегатов  $i$ -го типа;  $W_{\text{ч.}i}$  – 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 доста-

точно 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:

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

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

где  $B_P$  – рабочая ширина захвата агрегата, м;

$m$  – ширина стыкового междурядья, м;

$k$  – колея направляющих колес трактора или расстояние между внешними кромками гусеничного трактора, м. (Принимаем  $k = 2,06, 1,53$  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 донных 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:

$$n_K = \frac{l_{\text{техн}}}{2 \cdot L_{\Gamma}} = \frac{4500}{2 \cdot 600} = 3,75, \quad \text{принимаем } n_K = 3.$$

Полученное значение  $n_K$  округляется в меньшую сторону ввиду того, что заправка будет производиться только на поворотной полосе.

Рабочий путь агрегата между заправками  $l_p$  будет

$$l_p = 2 \cdot L_{\Gamma} \cdot n_K = 2 \cdot 600 \cdot 3 = 3600 \text{ м.}$$

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

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

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

Количество сеялок  $n_c$ , которое может загрузить семенами один загрузчик, определяем как

$$n_c = \frac{V_{\text{загр}} \cdot \gamma_c}{Q},$$

где  $V_{\text{загр}}$  – емкость бункера загрузчика, м<sup>3</sup>.

Полученное значение  $n_c$  округляется в сторону уменьшения.

Количество загрузчиков сеялок определяется из условия

$$n_3 = \frac{t_{\text{Ц}} \sum_{i=1}^m n_i}{t_{\text{ВЫС}} \cdot n_c},$$

где  $t_{\text{Ц}}$  – время цикла работы загрузчика, с;

$t_{\text{ВЫС}}$  – 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

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

где  $t_{\text{загр}}$  – время загрузки бункера загрузчика сеялок семенами, которое равно  $t_{\text{загр}} = Q \cdot n_c \cdot t_3 \cdot 10^{-3}$ ,

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

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

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

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

где  $l_p$  – рабочий путь сеялки между заправками, м;

$V_p$  – рабочая скорость посевного агрегата, м/с.

В нашем случае за  $t_{выс} = \frac{3600}{2,5} = 1440$  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:

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

Время движения с грузом:

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

Время движения без груза:

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

Время разгрузки загрузчика с учетом переездов и маневрирования:

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

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:

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

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

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

где  $\sum_{i=1}^m W_{ч} \cdot h_c$  – часовая производительность всех посевных звеньев комплекса, га/ч;

$h_c$  – норма высева семян, т/га.

Тогда

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

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 ( $V_{я} = 0,212 \text{ м}^3$ ):

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

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:  $l_p = 2 \cdot 600 \cdot 3 = 3600 \text{ м}$ .

Потребное количество удобрений для заправки в одну сеялку:

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

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

грузить

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

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:

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

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 14.3);

$t_i$  – среднее время восстановления, ч. (таблица 14.3).

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

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

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 1.3. Сделать выводы по каждому пункту расчетов.

Таблица 14.4

| № 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

|    |   |   |
|----|---|---|
| 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, $W_{\text{ч},\text{у}}$   | 0,0398 га/кВт.                                    |
| 21 | Часовая производительность агрегатов на каждый киловатт мощности для двухсеялочного агрегата, $W_{\text{ч},\text{у}}$   | 0,0605 га/кВт.                                    |
| 22 | Часовая производительность агрегатов на каждый киловатт мощности для односеялочного агрегата, $W_{\text{ч},\text{у}}$   | 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.                                       |
| 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.   |

## Продолжение таблицы

|    |  |                            |
|----|--|----------------------------|
| 35 | Количество сеялок, которое может загрузить семенами один загрузчик, $n_c$  | 15                         |
| 36 | Время загрузки заправщиком сеялок, $t_{загр}$  | 700 с.                     |
| 37 | Время движения с грузом, $t_{гр}$  | 625 с.                     |
| 38 | Время движения без груза, $t_{б.гр}$   | 568 с.                     |
| 39 | Время разгрузки загрузчика с учетом переездов и маневрирования, $t_{раз}$  | 1350 с.                    |
| 40 | Количество загрузчиков сеялок семенами, $n_з$  | 4                          |
| 41 | Часовая потребность в семенном зерне, $Q_ч$  | 9,99 т/ч.                  |
| 42 | Звено подготовки семян   | ЗСП- 100 + ЗАВ-20 + 4ЗАУ-3 |
| 43 | Рабочий путь, который пройдет сеялка, высевая удобрения, $l_{техн}$  | 4770 м.                    |
| 44 | Число рабочих ходов агрегата в прямом и обратном направлении движения, $n_к$   | 3                          |
| 45 | Потребное количество удобрений для заправки в одну сеялку, $Q_y$   | 129,6 кг.                  |
| 46 | Количество сеялок, которое может одновременно загрузить заправщик удобрениями, $n_к$   | 34                         |
| 47 | Время загрузки сеялок из заправщика удобрениями, $t_{загр}$  | 793 с.                     |
| 48 | Время движения заправщика с удобрениями, $t_{гр}$  | 625 с.                     |
| 49 | Время движения заправщика без удобрений, $t_{б.гр}$  | 568 с.                     |
| 50 | Время разгрузки загрузчика удобрений с учетом переездов и маневрирования, $t_{разгр.}$   | 2040 с.                    |
| 51 | Время цикла работы загрузчика удобрений, $t_{ц}$   | 4026 с.                    |
| 52 | Количество загрузчиков сеялок удобрениями, $n_з$   | 2                          |
| 53 | Часовая потребность в удобрениях, $Q_ч$  | 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                         |

## Литература

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

**ОБОСНОВАНИЕ СТРУКТУРЫ И СОСТАВА  
ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА ДЛЯ ПОСЕВА  
ЗЕРНОВЫХ**

Методические указания для выполнения  
практической работы № 14  
по дисциплине: «Эксплуатация машинно-тракторного парка»  
студентам инженерно-технологического института  
по направлению подготовки  
35.03.06 «Агроинженерия»

Редактор Осипова Е.Н.

---

Подписано к печати 22.03.2021 г. Формат 60x84 <sup>1</sup>/<sub>16</sub>.  
Бумага офсетная. Усл. п. л. 1,63. Тираж 25 экз. Изд. № 6868.

---

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