МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з курсів

«Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві»

для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та
133 «Галузеве машинобудування»

Кропивницький
2018

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЦЕНТРАЛЬНОУКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ
ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до виконання практичних робіт з курсів

«Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві»

для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та
133 «Галузеве машинобудування»

Ухвалено
на засіданні кафедри
сільськогосподарського
машинобудування
Протокол № 10
від «28» березня 2018 р.

Кропивницький
2018

Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, Д.І. Петренко, О.М. Васильковський, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с.

Укладачі: професор, доктор техн. наук В.М. Сало,
доцент, канд. техн. наук С.М. Лещенко,
доцент, канд. техн. наук Д.І. Петренко,
доцент, канд. техн. наук О.М. Васильковський,
доцент, канд. техн. наук П.Г. Лузан

Рецензенти: професор, доктор техн. наук М.О. Свірень
доцент, канд. техн. наук В.В. Амосов

ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

ВИВЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ТРАКТОРА

Мета роботи: засвоїти методику кількісної оцінки впливу потужності двигуна, вибраної передачі, конструкції ходової частини на тягові властивості машинних агрегатів в залежності від ґрунтово-кліматичних умов.

1.1. Визначення тягового балансу трактора та його складових

Показники роботи тракторів визначають під час руху на кожному агрофоні окремо. Вихідні дані для розрахунків приймаються за порядковим номером у журналі за варіантами, наведеними у табл. 1. Всі розрахунки для вказаних передач виконують у нижче наведеній послідовності.

Номінальну дотичну силу тяги $P_д$ на ободі ведучого колеса розраховують для всіх заданих передач трактора:

$$P_д = \frac{10^4 \cdot N_{ен} \cdot i_{тр} \cdot \eta_м}{n_н \cdot r_к}, \text{ Н}, \qquad (1.1)$$

де $N_{ен}$ – нормальна потужність двигуна, кВт (табл. 2 – для колісних тракторів, табл. 3 – для гусеничних тракторів);

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії (табл. 2, табл. 3);

$\eta_м$ – механічний коефіцієнт трансмісії (для колісних тракторів $\eta_м = 0,91...0,92$, а для гусеничних з урахуванням втрат на тертя в шарнірах гусениці $\eta_м = 0,86...0,88$);

$n_н$ – номінальна частота обертання колінчастого вала ($хв^{-1}$) (табл. 2, табл. 3);

$r_к$ – радіус кочення ведучого колеса (зірочки) трактора, м (табл. 2, табл. 3).

Для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_к = r_0 + h \cdot \lambda, \text{ м}, \qquad (1.2)$$

де r_0 – радіус обода колеса, м (табл. 2, табл. 3); для гусеничних тракторів радіус ведучого колеса дорівнює радіусу початкового кола зірочки;

h – висота профілю шини, м (табл. 2);

λ – коефіцієнт усадки ведучих коліс; для пневматичних шин низького тиску дорівнює 0,75...0,80.

Нормальну силу зчеплення $P_з$ ведучого механізму трактора з ґрунтом визначають за формулою:

$$P_з = \mu \cdot G_з, \text{ кН}, \tag{1.3}$$

де μ – коефіцієнт зчеплення ведучого механізму з ґрунтом (табл. 4);

$G_з$ – сила тяжіння трактора, що припадає на ведучі колеса, кН (табл. 2, табл. 3).

Для колісного трактора з однією ведучою віссю:

$$G_з \approx \frac{2}{3} G, \text{ кН}, \tag{1.4}$$

де G – сила тяжіння трактора, кН.

Рушійну силу $P_{руш}$ знаходять порівнянням числових значень номінальної дотичної сили $P_д$ і номінальної сили зчеплення $P_з$ (на передачах з урахуванням умов ґрунту). Рушійна сила $P_{руш}$ дорівнює меншій з них $P_д \geq P_{руш} \leq P_з$.

При $P_д \leq P_з$ зчеплення достатнє і $P_{руш} = P_д$, а при $P_д > P_з$ – недостатнє і $P_{руш} = P_з$. В першому випадку $P_д$ може бути повністю використана для тягової роботи, а в другому – тільки частка її, яка дорівнює $P_з$.

Опір коченню трактора можна визначити за формулою:

$$P_f = f \cdot G, \text{ кН}, \tag{1.5}$$

де f – коефіцієнт опору кочення трактора (табл. 4).

Опір руху трактора P_α на місцевості з кутом схилу α визначають:

$$P_\alpha = \pm G \cdot \sin\alpha = G \cdot \frac{h}{l} \approx \pm G \cdot \frac{i}{100}, \text{ кН}, \qquad (1.6)$$

де α – схил місцевості (градус);

h, l – відповідно висота і довжина підйому, м;

i – нахил місцевості (%).

Знак «+» у формулі береться при русі трактора вгору, «-» – при русі вниз.

На кожній з передач визначаємо тягове зусилля трактора P_m:

$$P_m = P_{руш} - P_f - P_\alpha, \text{ кН}, \qquad (1.7)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила, кН;

P_f – опір коченню трактора, кН;

P_α – опір руху трактора, кН.

Графік тягового балансу трактора (рис. 1.1) будують в прямокутних координатах. По осі абсцис відкладають значення коефіцієнта μ зчеплення ведучого рушія з ґрунтом, а по осі ординат – значення складових тягового балансу $P_д$, $P_з$, P_f, P_α для двох станів поля при роботі на одній передачі. На графіку тягового балансу відмічають зони достатнього та недостатнього зчеплення, а також силу тяги трактора P_m.

1.2. Визначення балансу потужності та його складових

Баланс потужності трактора описується таким рівнянням:

$$N_e = N_m + N_{тр} + N_б + N_f + N_\alpha + N_{ВВП}, \text{ кВт}, \qquad (1.8)$$

де N_e – ефективна потужність трактора, кВт;

N_m – тягова потужність трактора, кВт;

$N_{тр}$ – затрати потужності в трансмісії, кВт;

$N_б$ – затрати потужності на буксування, кВт;

N_f – затрати потужності на переміщення, кВт;

N_α – затрати потужності на підйом, кВт;

$N_{ВВП}$ – потужність, яка реалізується через ВВП, кВт.

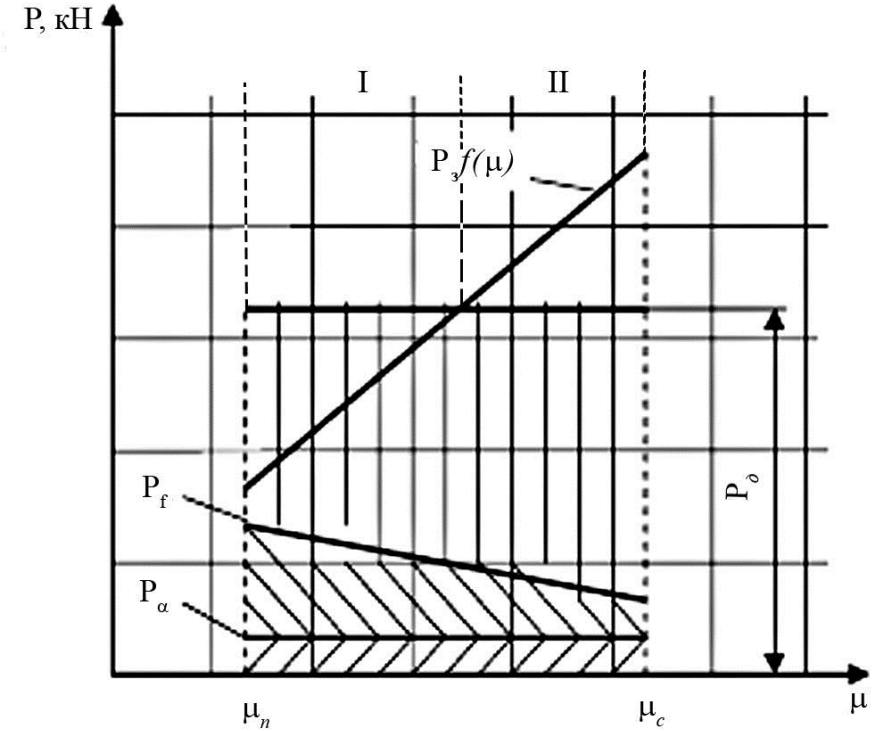


Рис. 1.1. Графік тягового балансу трактора:
I – зона недостатнього зчеплення ($P_д > P_з$);
II – зона достатнього зчеплення ($P_д \le P_з$)

Рівняння балансу потужності трактора використовують в основному в двох випадках: для раціонального комплектування агрегату і для аналізу існуючого агрегату. В першому випадку приймають $N_e = N_{ен}$, тобто рівним номінальному значенню, в другому – приймають розрахункове або дослідне значення N_m, а фактичну ефективну потужність N_e визначають з формули (1.8).

Визначаємо N_m з формули (1.8):

$$N_m = N_e - N_{тр} - N_б - N_f - N_\alpha - N_{ВВП}, \text{ кВт}, \qquad (1.9)$$

Втрати потужності в трансмісії:

$$N_{тр} = N_e \cdot (1 - \eta_м), \text{ кВт}, \quad (1.10)$$

де $\eta_м$ – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії (для колісних тракторів $\eta_м^к = 0,91...0,92$; для гусеничних з урахуванням втрат на тертя в шарнірах гусениці $\eta_м^г = 0,86...0,88$; для трактора ДТ – 175С при включеному гідротрансформаторі $\eta_м = 0,86$, заблокованому – $\eta_м = 0,96$).

При визначенні втрат потужності в трансмісії за достатнім зчепленням ведучого апарату з ґрунтом $N_e = N_{ен}$, а при недостатньому зчепленні N_e визначають за формулою:

$$N_{е\mu} = \frac{P_з \cdot V_р}{3,6 \cdot \eta_м}, \text{ кВт}, \quad (1.11)$$

де $P_з$ – сила зчеплення (рушійна сила), кН;

$V_р$ – робоча швидкість на передачі, км/год.

Робоча швидкість $V_р$ для всіх передач:

$$V_р = 0,377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \text{ км/год}, \quad (1.12)$$

де n – фактична частота обертання колінчастого вала двигуна, хв$^{-1}$;

δ – буксування ведучого механізму, % (приймають відповідно агрофону і тягового зусилля трактора).

Коефіцієнт буксування для практичних розрахунків також можна визначити із таких емпіричних залежностей:

$$p = \frac{P_т \cdot k_{вик}}{P_з}, \quad (1.13)$$

де $P_т$ – тягове зусилля трактора, кН;

$P_з$ – сила зчеплення ведучого механізму трактора з ґрунтом, кН;

$k_{вик}$ – коефіцієнт використання тягового зусилля, який приймають в межах 0,75...0,85.

Далі з таблиці 5 відповідно показнику p вибираємо значення коефіцієнта буксування δ, %, як для колісних, так і для гусеничних тракторів.

В умовах достатнього зчеплення $n = n_н$, а при недостатньому:

$$n = n_н + \left(n_х - n_н\right) \cdot \frac{P_д - P_з}{P_д}, \text{ об/хв.,} \qquad (1.14)$$

де $n_х$ – частота обертання колінчастого вала двигуна на холостому ході за швидкісною характеристикою (табл. 6), об/хв.

Втрати потужності на буксування $N_б$ визначаємо за формулою:

$$N_б = \frac{P_{руш} \cdot \left(V_т - V_р\right)}{3,6} = N_е \cdot \eta_{тр} \cdot \frac{\delta}{100}, \text{ кВт,} \qquad (1.15)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила трактора, кН;

$V_т$ – теоретична швидкість руху, км/год;

δ – коефіцієнт буксування рушіїв трактора, %.

Затрати потужності на переміщення визначаємо за формулою:

$$N_f = \frac{P_f \cdot V_р}{3,6}, \text{ кВт,} \qquad (1.16)$$

Втрати потужності на подолання підйому визначаємо за формулою:

$$N_\alpha = \frac{P_\alpha \cdot V_р}{3,6}, \text{ кВт,} \qquad (1.17)$$

Умовний тяговий ККД трактора:

$$\eta_{тр} = \frac{N_т}{N_{ен}} \ . \qquad (1.18)$$

Питома витрата пального за 1 годину роботи:

$$g_m = \frac{1000 \cdot G_n}{N_m}, \ \frac{г}{кВт \cdot год}, \qquad (1.19)$$

де G_n – витрата пального двигуном трактора за годину, кг/год.

Питому витрату пального на тягову кіловат-годину визначають за швидкісною характеристикою двигуна, відповідно, $N_{ен}$ приймають для умов достатнього зчеплення та $N_{еμ}$ – для недостатнього.

При наявності робочих органів, що працюють від ВВП трактора враховується потужність $N_{ВВП}$, яка реалізується через нього. Якщо ж немає активних робочих органів, в розрахунках слід прийняти, що $N_{ВВП} = 0$ кВт.

Приклад розрахунків

Вихідні дані: В-25 (табл. 1)
Марка трактора – Т-150;
Агрофон – стерня нормальної вологості – 3 фон (таб. 4);
свіжозоране поле – 6 фон;
Передачі – друга і четверта;
Нахил місцевості – 3 %.

Визначаємо тягове зусилля трактора на кожній з передач:

$$P_m = P_{руш} - P_f - P_\alpha, \text{ кН}, \qquad (1.20)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила, кН;

P_f – опір коченню трактора, кН;

P_α – опір руху трактора, кН.

Нормальну дотичну силу тяги $P_д$ розраховуємо за формулою:

$$P_д = \frac{10^4 \cdot N_{ен} \cdot i_{тр} \cdot \eta_м}{n_н \cdot r_к}, \text{ кН}, \qquad (1.21)$$

де $N_{ен}$ – нормальна потужність двигуна, кВт.

$N_{ен} = 110,4$ кВт (табл. 3);

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії (табл. 3);

на 2-й передачі $i_{тр} = 32{,}1$;

на 4-й передачі $i_{тр} = 27$;

$\eta_м$ – механічний коефіцієнт трансмісії (приймаємо $\eta_м = 0{,}88$);

$n_н$ – номінальна частота обертання колінчастого вала (хв$^{-1}$);

$n_н = 2000$ хв.$^{-1}$ (табл. 3);

$r_к$ – радіус кочення ведучої зірочки трактора, м.

$r_к = 0{,}382$ м (табл. 3).

$$P_{д2} = \frac{10^4 \cdot 110{,}4 \cdot 32{,}1 \cdot 0{,}88}{2000 \cdot 0{,}382} = 40{,}82 \text{ кН};$$

$$P_{д4} = \frac{10^4 \cdot 110{,}4 \cdot 27 \cdot 0{,}88}{2000 \cdot 0{,}382} = 34{,}33 \text{ кН}.$$

Нормальну силу зчеплення $P_з$ ведучого механізму трактора з ґрунтом визначають за формулою:

$$P_з = \mu \cdot G_з, \text{ кН}, \qquad (1.22)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення ведучого механізму з ґрунтом (табл. 4);

для стерні нормальної вологості (3 фон) $\mu_3 = 0{,}9$, а для свіжозораного поля (6 фон) $\mu_6 = 0{,}6$.

$G_з$ – сила тяжіння трактора, що припадає на ведучі колеса, ($G_з = 71{,}1$ кН (табл. 3)).

$$P^3_з = 0{,}9 \cdot 71{,}1 = 63{,}99 \text{ кН};$$

$$P^6_з = 0{,}6 \cdot 71{,}1 = 42{,}66 \text{ кН}.$$

Рушійну силу $P_{руш}$ знаходять порівнянням числових значень $P_д$ і $P_з$ (на передачах з урахуванням умов ґрунту).

Рушійна сила на стерні нормальної вологості $\mu_3 = 0{,}9$ становить:

$$P^3_{руш2} = 40,82 \text{ кН, оскільки}$$

$$P^3_з = 63,99 \text{ кН} > P_{д2} = 40,82 \text{ кН} – \underline{\textit{зчеплення достатнє}}$$

$$P^3_{руш4} = 34,33 \text{ кН, оскільки}$$

$$P^3_з = 63,99 \text{ кН} > P_{д4} = 34,33 \text{ кН} – \underline{\textit{зчеплення достатнє}}$$

Рушійна сила на свіжозораному полі $\mu_6 = 0,6$

$$P^6_{руш2} = 40,82 \text{ кН, оскільки}$$

$$P^6_з = 42,66 \text{ кН} > P_{д2} = 40,82 \text{ кН} – \underline{\textit{зчеплення достатнє}}$$

$$P^6_{руш4} = 34,33 \text{ кН, оскільки}$$

$$P^6_з = 42,66 \text{ кН} > P_{д4} = 34,33 \text{ кН} – \underline{\textit{зчеплення достатнє}}$$

Опір коченню трактора визначаємо за формулою:

$$P_f = f \cdot G, \text{ кН,} \qquad (1.23)$$

де G – сила тяжіння трактора, яка припадає на ведучі колеса, $G = 71,1$ кН (таб. 3)

f – коефіцієнт опору кочення трактора (табл. 4)

$f^3 = 0,08$ – для стерні нормальної вологості;

$f^6 = 0,13$ – для свіжозораного поля.

Отже маємо:

$$P^3_f = 0,08 \cdot 71,1 = 5,7 \text{ кН;}$$

$$P^6_f = 0,13 \cdot 71,1 = 9,2 \text{ кН.}$$

Опір руху трактора P_α на місцевості з кутом похилу α визначаємо за формулою:

$$P_\alpha = \pm G \cdot \sin\alpha \approx \pm G \cdot \frac{i}{100}, \text{ кН,} \qquad (1.24)$$

де α – кут схилу (градусів);

i – нахил місцевості (%).

Задаємось умовою, що трактор рухається вгору.

Тоді $P_\alpha = 71,1 \cdot \frac{3}{100} = 2,133$ кН.

На кожній з передач визначаємо тягове зусилля трактора:

- на стерні нормальної вологості при $\mu = 0,9$

$$P^3_{m2} = P_{руш2} - P^3_f - P_\alpha = 40,82 - 5,7 - 2,133 = 32,987 \text{ кН};$$

$$P^3_{m4} = P_{руш4} - P^3_f - P_\alpha = 34,33 - 5,7 - 2,133 = 26,497 \text{ кН};$$

- на свіжозораному полі при $\mu = 0,6$

$$P^6_{m2} = P_{руш2} - P^6_f - P_\alpha = 40,82 - 9,2 - 2,133 = 29,487 \text{ кН};$$

$$P^6_{m4} = P_{руш4} - P^6_f - P_\alpha = 34,33 - 9,2 - 2,133 = 22,997 \text{ кН}.$$

Графік тягового балансу трактора Т–150 (рис. 1.2) будуємо в прямокутних координатах. По осі абсцис відкладаємо значення коефіцієнта зчеплення ведучого апарата з ґрунтом μ, а по осі ординат – значення складових тягового балансу $P_д$, $P_з$, P_f, P_α для двох станів поля при роботі на одній передачі. На графіку тягового балансу відмічаємо зони достатнього та недостатнього зчеплення.

Визначення балансу потужності та його складових

Баланс потужності трактора описується таким рівнянням:

$$N_e = N_m + N_{тр} + N_б + N_f + N_\alpha + N_{ВВП}, \text{ кВт}, \qquad (1.25)$$

де N_e – ефективна потужність трактора, кВт;

N_m – тягова потужність трактора, кВт;

$N_{тр}$ – затрати потужності в трансмісії, кВт;

$N_б$ – затрати потужності на буксування, кВт;

N_f – затрати потужності на переміщення, кВт;

N_α – затрати потужності на підйом, кВт;

$N_{ВВП}$ – потужність, яка реалізується через ВВП, кВт.

Визначаємо N_m з формули (1.25)

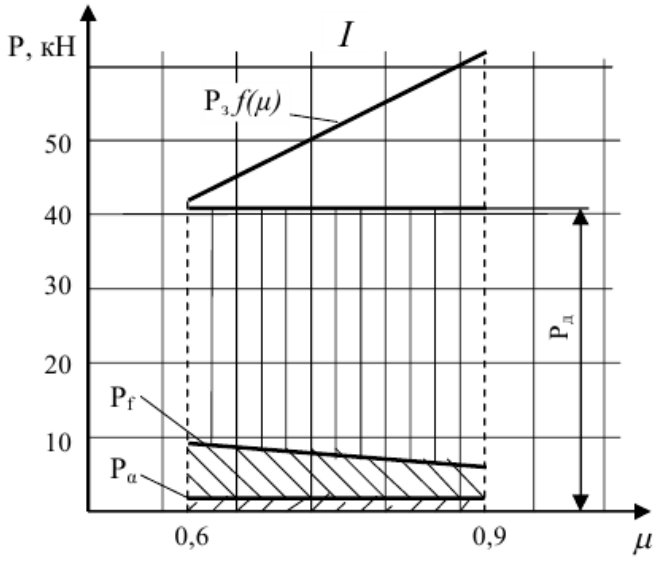
$$N_m = N_e - N_{тр} - N_б - N_f - N_\alpha - N_{ВВП}, \text{ кВт}, \qquad (1.26)$$

Втрати потужності в трансмісії:

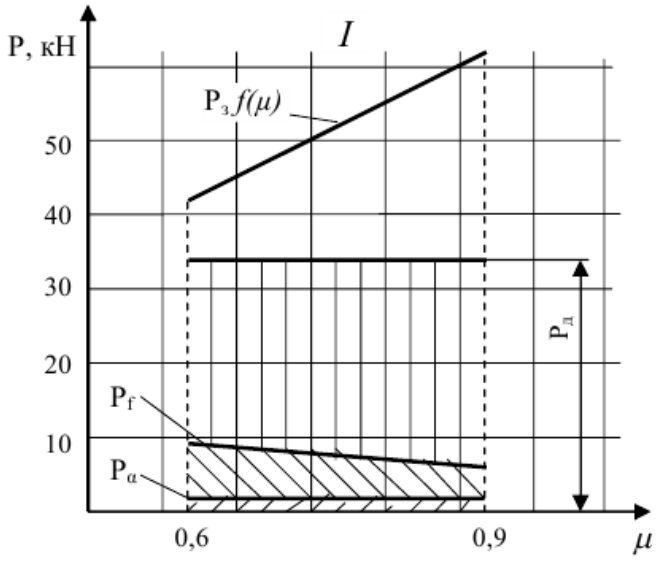
$$N_{тр} = N_e \cdot (1 - \eta_м), \text{ кВт}, \qquad (1.27)$$

де $\eta_м$ – механічний коефіцієнт корисної дії трансмісії

$\eta_м^{\circ} = 0{,}88$ (для гусеничного трактора).



а



б

Рис. 1.2. Графік тягового балансу трактора Т-150
а – на 2-й передачі; б – на 4-й передачі

При визначенні втрат потужності в трансмісії за достатнім зчепленням ведучого апарата з ґрунтом $N_e = N_{ен}$. Отже $N_e = 110,4$ кВт.

$$N_{тр} = 110,4 \cdot (1 - 0,88) = 13,248 \text{ кВт.}$$

Робочу швидкість на 2-й і 4-й передачах визначаємо за формулою:

$$V_p = 0,377 \cdot \frac{n \cdot r_к}{i_{тр}} \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \text{ км/год,} \qquad (1.28)$$

де n – фактична частота обертання колінчастого вала двигуна, $n = n_н = 2000$ хв$^{-1}$;

δ – буксування ведучого механізму, %;

$r_к$ – радіус кочення ведучої зірочки трактора, м;

$i_{тр}$ – передаточне число трансмісії (табл. 3).

Визначаємо коефіцієнт буксування δ на 2-й і 4-й передачах із залежності $\delta = f(p)$ (табл. 5). Для цього визначаємо показник p:

$$p = \frac{P_т \cdot k_{вик}}{P_з}, \qquad (1.29)$$

де $P_т$ – тягове зусилля трактора, кН;

$P_з$ – сила зчеплення ведучого механізму трактора з ґрунтом, кН;

$k_{вик}$ – коефіцієнт використання тягового зусилля, який приймають в межах 0,75...0,85 (приймаємо $k_{вик} = 0,8$).

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$p_2 = \frac{29,487 \cdot 0,8}{42,66} = 0,6, \text{ а } \delta_2^6 = 3,1\% \text{ (табл. 5)}$$

$$p_4 = \frac{22,997 \cdot 0,8}{42,66} = 0,4, \text{ а } \delta_4^6 = 1,5\% \text{ (табл. 5)}$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$p_2 = \frac{32,987 \cdot 0,8}{63,99} = 0,4\text{, а } \delta_2^3 = 1,5\% \text{ (табл. 5)}$$

$$p_4 = \frac{26,497 \cdot 0,8}{63,99} = 0,3\text{, а } \delta_4^3 = 1,1\% \text{ (табл. 5)}$$

Робоча швидкість руху трактора на 2-й і 4-й передачах буде рівна:

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$V_{p2}^6 = 0,377 \cdot \frac{2000 \cdot 0,382}{32,1} \cdot \left(1 - \frac{3,1}{100}\right) = 8,7 \text{ км/год;}$$

$$V_{p4}^6 = 0,377 \cdot \frac{2000 \cdot 0,382}{27} \cdot \left(1 - \frac{1,5}{100}\right) = 10,5 \text{ км/год;}$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$V_{p2}^3 = 0,377 \cdot \frac{2000 \cdot 0,382}{32,1} \cdot \left(1 - \frac{1,5}{100}\right) = 8,8 \text{ км/год;}$$

$$V_{p4}^3 = 0,377 \cdot \frac{2000 \cdot 0,382}{27} \cdot \left(1 - \frac{1,1}{100}\right) = 10,6 \text{ км/год}$$

Втрати потужності на буксування $N_б$ визначаємо за формулою:

$$N_б = \frac{P_{руш} \cdot \left(V_m - V_p\right)}{3,6} = N_e \cdot \eta_{тр} \cdot \frac{\delta}{100}\text{, кВт,} \qquad (1.30)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила трактора, кН;

V_m – теоретична швидкість руху, км/год;

δ – коефіцієнт буксування рушіїв трактора, %.

Втрати потужності на буксування:

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$N^6{}_{б2} = 110,4 \cdot 0,88 \cdot \frac{3,1}{100} = 3,01 \text{ кВт;}$$

$$N^6{}_{б4} = 110,4 \cdot 0,88 \cdot \frac{1,5}{100} = 1,5 \text{ кВт;}$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$N^{3}_{б2} = 110,4 \cdot 0,88 \cdot \frac{1,5}{100} = 1,5 \text{ кВт};$$

$$N^{3}_{б4} = 110,4 \cdot 0,88 \cdot \frac{1,1}{100} = 1,07 \text{ кВт}.$$

Затрати потужності на переміщення визначаємо за формулою:

$$N_f = \frac{P_f \cdot V_p}{3,6}, \text{ кВт}, \qquad (1.31)$$

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$N^{6}_{f2} = \frac{9,2 \cdot 8,7}{3,6} = 22,2 \text{ кВт}; \; N^{6}_{f4} = \frac{9,2 \cdot 10,5}{3,6} = 26,8 \text{ кВт}.$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$N^{3}_{f2} = \frac{5,7 \cdot 8,8}{3,6} = 13,9 \text{ кВт}; \; N^{3}_{f4} = \frac{5,7 \cdot 10,6}{3,6} = 16,8 \text{ кВт}.$$

Втрати потужності на подолання підйому визначаємо за формулою:

$$N_\alpha = \frac{P_\alpha \cdot V_p}{3,6}, \text{ кВт}, \qquad (1.32)$$

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$N^{6}_{\alpha 2} = \frac{2,133 \cdot 8,7}{3,6} = 5,2 \text{ кВт}; \; N^{6}_{\alpha 4} = \frac{2,133 \cdot 10,5}{3,6} = 6,2 \text{ кВт};$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$N^{3}_{\alpha 2} = \frac{2,133 \cdot 8,8}{3,6} = 5,2 \text{ кВт}; \; N^{3}_{\alpha 4} = \frac{2,133 \cdot 10,6}{3,6} = 6,3 \text{ кВт};$$

Визначаємо тягову потужність трактора на різних передачах і фонах за формулою 1.26. В розрахунках приймаємо $N_{ВВП} = 0$ кВт.

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$N^{6}_{т2} = N_e - N_{тр} - N^{6}_{б2} - N^{6}_{f2} - N^{6}_{\alpha 2} =$$

$$= 110,4 - 13,248 - 3,01 - 22,2 - 5,2 = 66,742 \; кВт;$$

$$N^6_{m4} = N_e - N_{mp} - N^6_{б4} - N^6_{f4} - N^6_{\alpha 4} =$$

$$= 110,4 - 13,248 - 1,5 - 26,8 - 6,2 = 62,652 \ кВт;$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$N^3_{m2} = N_e - N_{mp} - N^3_{б2} - N^3_{f2} - N^3_{\alpha 2} =$$

$$= 110,4 - 13,248 - 1,5 - 13,9 - 5,2 = 76,552 \ кВт;$$

$$N^3_{m4} = N_e - N_{mp} - N^3_{б4} - N^3_{f4} - N^3_{\alpha 4} =$$

$$= 110,4 - 13,248 - 1,07 - 16,8 - 6,3 = 72,982 \ кВт;$$

Визначаємо умовний ККД трактора за формулою:

$$\eta_{mp} = \frac{N_m}{N_{en}} \ . \qquad (1.33)$$

На свіжозораному полі ($\mu_6 = 0,6$)

$$\eta^6_{mp2} = \frac{66,742}{110,4} = 0,6; \ \eta^6_{mp4} = \frac{66,652}{110,4} = 0,57.$$

На стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$)

$$\eta^3_{mp2} = \frac{76,552}{110,4} = 0,69; \ \eta^6_{mp4} = \frac{72,982}{110,4} = 0,66.$$

Висновки. Аналізуючи графік тягового балансу трактора Т-150 (рис. 1.2) на 2-й і 4-й передачах, можна зазначити, що:

1) умова достатнього зчеплення рушіїв трактора виконується при його русі як на стерні нормальної вологості, так і на свіжозораному полі;

2) найбільше тягове зусилля P_m (кН) трактор Т-150 розвиває при русі на стерні нормальної вологості ($\mu_3 = 0,9$) $P_m = 32,987$ кН з коефіцієнтом буксування $\delta = 1,5\%$.

Порівнюючи результати розрахунків тягових властивостей трактора на 2-й передачі, бачимо, що тягову потужність трактор розвиває на стерні нормальної вологості більшу, ніж на свіжозораному полі, відповідно - 76,552 кВт і 66,742 кВт, оскільки має меншу втрату потужності на буксування ($N^3_{б2}$) і переміщення (N^3_{f2}).

Коефіцієнт використання тягової потужності двигуна ($\eta_{тр}$) на 4-й передачі при русі на свіжозораному полі становить лише $\eta^{6}_{тр4} = 0,57$, що на 28,75 % менше встановленої норми ($\eta_{тр} \geq 0,7...0,8$). При русі на 2-й передачі на стерні нормальної вологості він досягає майже $\eta^{3}_{тр2} = 0,7$.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №2

РОЗРАХУНОК МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ АНАЛІТИЧНИМ МЕТОДОМ ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ ТЯГОВОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ТРАКТОРА

Мета роботи: засвоїти методику розрахунку машинно-тракторного агрегату.

2.1. Розрахунок МТА аналітичним методом

Вихідні дані для розрахунку наведені в таблиці 7.

Розрахунок складу машинно-тракторних агрегатів аналітичним методом виконують у такій послідовності:

1) вибираємо з таблиці 8 діапазон агротехнічних допустимих швидкостей $V^{агр}_{р}$ для виконання заданої сільськогосподарської операції (для цього вибирають дві-три передачі трактора в межах допустимих швидкостей і визначається для них зусилля на гаку трактора; можна використати значення швидкостей, одержані в роботі № 1 і перевірити, чи входять вони у даний діапазон);

2) визначаємо питомий тяговий опір сільськогосподарських машин для двох вибраних передач:

- для плугів

$$K_{пл} = K_0 \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \left(V^{агр}_{р}{}^{2} - V_0^2\right)\right), \text{ кН/м}^2, \qquad (2.1)$$

- для інших машин

$$K_{м} = K_0 \cdot \left(1 + П \cdot \left(V^{агр}_{р} - V_0\right)\right), \text{ кН/м}^2, \qquad (2.2)$$

де K_0 – питомий тяговий опір машини при швидкості агрегату $V_0 = 5$ км/год (табл. 9), кН/м^2;

$V^{агр}_{р}$ – фактична робоча швидкість машини (агрегату), км/год;

V_0 – початкова швидкість, $V_0 = 5$ км/год;

$П$ – приріст питомого опору агрегату із збільшенням робочої швидкості на 1 км/год (%) (див. табл. 10).

3) визначаємо максимально можливу ширину захвату для:

- *тягового одномашинного причіпного агрегату:*

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_м + g_м \cdot \frac{i}{100}}, \text{ м}, \qquad (2.3)$$

де $g_м$ – вага агрегату, що припадає на 1 м ширини захвату, кН/м;

i – похил місцевості, %.

$$g_м = \frac{G_м}{B_к}, \text{ кН/м}, \qquad (2.4)$$

де $B_к$ – конструктивна ширина захвату, м;

$G_м$ – вага машини, кН.

Вага плуга, що припадає на один корпус визначається із співвідношення:

$$g_к = \frac{G_{пл}}{n_{кор}}, \text{ кН}, \qquad (2.5)$$

де $G_{пл}$ – вага плуга, кН;

$n_{кор}$ – кількість корпусів плуга.

- *тягового причіпного агрегату:*

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_м + g_м \cdot \frac{i}{100} + g_{зч} \cdot \left(f_{зч} + \frac{i}{100} \right)}, \text{ м}, \qquad (2.6)$$

де $g_{зч}$ – вага зчіпки, що припадає на 1 м ширини захвату ($g_{зч} = 0,55...1,40$ кН/м приймаємо $g_{зч} = 0,91$ кН/м);

$f_{зч}$ – коефіцієнт опору перекочуванню зчіпки (табл. 11)

- тягового навісного агрегату:

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_м + g_м \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100} \right)}, \text{ м} \qquad (2.7)$$

де λ – коефіцієнт, що враховує вплив довантаження трактора при роботі з навісними с/г машинами на опір перекочування трактора ($\lambda = 0,5...1,0$ – для оранки; $\lambda = 1,1...1,5$ – для культивації)

$f_{тр}$ – коефіцієнт опору перекочування рушіїв трактора (табл. 4);

- причіпного орного агрегату:

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_{пл} \cdot h_{об} + g_{пл} \cdot c \cdot \frac{i}{100}}, \text{ м}, \qquad (2.8)$$

де $g_{пл}$ – вага плуга, що припадає на 1 м ширини захвату, кН/м;

$h_{об}$ – глибина оранки, м;

c – коефіцієнт, що враховує вагу ґрунту на корпусах плуга ($c = 1,1...1,4$);

- навісного орного агрегату:

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_{пл} \cdot h_{об} + g_{пл} \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + c \cdot \frac{i}{100} \right)}, \text{ м}, \qquad (2.9)$$

- комбінованого тягового агрегату:

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_з + g_з \cdot \frac{i}{100} + g_{зч} \cdot \left(f_{зч} + \frac{i}{100} \right)}, \text{ м}, \qquad (2.10)$$

де $K_з$, $g_з$ – загальна сума питомих опорів та ваги, що припадають на 1 м ширини захвату, для всіх типів машин (наприклад, загальна сума питомого опору комбінованого агрегату в складі трактора, культиватора та сівалки $K_з = K_1 + K_2$,

де K_1, K_2 – питомий опір відповідно культиватора та сівалки);

4) визначаємо розрахункову та фактичну кількість машин чи корпусів плуга:

$$n_м = \frac{B_{\max}}{B_к}, \tag{2.11}$$

де $B_к$ – конструктивна ширина захвату машини, м.

$$n_{кор} = \frac{B_{\max}}{B_{кор}}, \tag{2.12}$$

де $B_{кор}$ – конструктивна ширина захвату одного корпусу плуга, м

Фактичну кількість машин чи корпусів округлюють до цілого числа в меншу сторону за умовою $n_ф < n_м$, $n_ф < n_{кор}$.

Для багатомашинних агрегатів визначається фронт зчіпки $B_{зч}$ (відстань на основному тяговому брусі між місцями кріплення крайніх машин), та вибирається її марка з таблиці 12.

$$B_{зч} = \left(n_ф - 1\right) \cdot B_к, \text{ м}, \tag{2.13}$$

де $B_{зч}$ – фронт зчіпки, м;

$B_к$ – конструктивна ширина захвату машини, м;

5) визначаємо робочу ширину захвату:

$$B_р = B_к \cdot \beta \cdot n_ф, \text{ м}, \tag{2.14}$$

де β – коефіцієнт використання робочої ширини захвату машини (табл. 13);

6) визначаємо тяговий опір: одномашинного причіпного, причіпного, навісного, причіпного орного і навісного орного агрегатів відповідно:

- *одномашинного причіпного агрегату:*

$$R_a = B_к \cdot K_м + G_м \cdot \frac{i}{100}, \text{ кН}, \tag{2.15}$$

- *причіпного:*

$$R_a = n_ф \cdot \left(B_к \cdot K_м + G_м \cdot \frac{i}{100} \right) + G_{зч} \cdot \left(f_{зч} + \frac{i}{100} \right), \text{ кН}, \tag{2.16}$$

- *навісного:*

$$R_a = B_к \cdot K_м + G_м \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + \frac{i}{100} \right), \text{ кН,} \qquad (2.17)$$

- *причіпного орного агрегату:*

$$R_{пл} = B_{пл} \cdot K_{пл} \cdot C + G_{пл} \cdot C \cdot \frac{i}{100}, \text{ кН,} \qquad (2.18)$$

- *навісного орного агрегату:*

$$R_{пл} = K_{пл} \cdot B_{кор} \cdot h_{об} \cdot n_{кор} \pm G_{пл} \cdot \frac{i}{100} \cdot c, \text{ кН.} \qquad (2.19)$$

7) визначаємо тягову потужність агрегату:

$$N_{пл} = \frac{R_a \cdot V_p^{агр}}{3,6}, \text{ кВт} \qquad (2.20)$$

8) визначаємо тяговий ККД на кожній із заданих передач:

$$\eta_{тяг} = \frac{N_m}{N_e}, \qquad (2.21)$$

де N_e – ефективна потужність, кВт.

9) визначаємо умовний ККД трактора:

$$\eta_{ум} = \frac{N_m}{N_{ен}}, \qquad (2.22)$$

де $N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна, кВт.

10) формулюємо і записуємо висновок.

Приклад розрахунків

Вихідні дані: В-25 (табл. 7)
Марка трактора – Т-150;
Операція – оранка;
Марка машини – ПЛН-4-35;
Глибина оранки – 0,30 м;
Похил місцевості – 2,2%;
Номер фону – 2.

Визначаємо питомий тяговий опір плуга для двох вибраних передач за формулою:

$$K_{пл} = K_0 \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \left(V_p{}^2 - V_0^2\right)\right), \text{ кН/м}^2, \qquad (2.23)$$

де K_0 – питомий тяговий опір машини при швидкості $V_0 = 5$ км/год ($K_0 = 41$ Н/м^2 за вихідними даними табл. 7);

V_p – фактична робоча швидкість машини, км/год.

Фактичну швидкість руху трактора на 2-й і 4-й передачах приймаємо згідно попередніх розрахунків для фону стерня нормальної вологості (дивись лаб. роб. № 1). Фактична швидкість руху на другій передачі рівна $V_{p2}^3 = 8,8$ км/год, а на четвертій передачі – $V_{p4}^3 = 10,6$ км/год. Вказані швидкості лежать у межах агротехнічних вимог (табл. 8), а саме, $V_{агр} = 8...12$ км/год.

$$K_{пл2} = 41 \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \left(8,8^2 - 5^2\right)\right) = 53,9, \text{ кН/м}^2;$$

$$K_{пл4} = 41 \cdot \left(1 + 0,006 \cdot \left(10,6^2 - 5^2\right)\right) = 62,5, \text{ кН/м}^2;$$

Визначаємо максимально можливу ширину захвату одного агрегату за формулою:

$$B_{\max} = \frac{P_m}{K_{пл} \cdot h_{об} + g_{пл} \cdot \left(\lambda \cdot f_{тр} + c \cdot \dfrac{i}{100}\right)}, \text{ м}, \qquad (2.24)$$

де P_m – тягове зусилля трактора, кН ($P_{m2}^3 = 32,987$ кН, $P_{m4}^3 = 26,497$ кН (дані з лаб. роб. № 1));

$h_{об}$ – глибина оранки, м;

$g_{пл}$ – вага плуга, яка припадає на 1 м ширини захвату, (кН/м);

$f_{тр}$ – коефіцієнт опору кочення трактора ($f_{тр} = 0,08$ з табл.4);

c – поправочний коефіцієнт, який враховує вагу ґрунту на корпуси плуга (при $h_{об} = 0,22...0,254$ м, $c = 1,2$);

i – схил місцевості (%).

Вага плуга, що припадає на 1 м ширини захвату:

$$g_{пл} = \frac{G_{пл}}{h_{зах}} = \frac{G_{пл}}{n_{кор} \cdot h_{кор}}, \text{ кН/м}, \qquad (2.25)$$

$$g_{пл} = \frac{8,0}{5 \cdot 0,35} = 4,6 \text{ , кН/м,}$$

Максимально можлива ширина захвату:

на 2-й передачі

$$B_{\max 2} = \frac{32,987}{53,9 \cdot 0,3 + 4,6 \cdot \left(0,8 \cdot 0,08 + 1,2 \cdot \frac{2,2}{100} \right)} = 1,99 \text{ , м;}$$

на 4-й передачі

$$B_{\max 4} = \frac{26,497}{62,5 \cdot 0,3 + 4,6 \cdot \left(0,8 \cdot 0,08 + 1,2 \cdot \frac{2,2}{100} \right)} = 1,38 \text{ , м.}$$

Визначаємо розрахункову та фактичну кількість корпусів плуга за формулою:

$$n_p = \frac{B_{\max}}{B_{кор}}, \qquad (2.26)$$

де $B_{кор}$ – конструктивна ширина захвату одного корпусу, м.

Таким чином, розрахункова кількість корпусів плуга буде:

на 2-й передачі $n_{p2} = \frac{1,99}{0,35} = 5,6$;

на 4-й передачі $n_{p4} = \frac{1,38}{0,35} = 3,94$.

Округливши ці значення до меншого цілого числа одержимо фактичну кількість корпусів:

на 2-й передачі $n_{ф2} = 5$, на 4-й передачі $n_{ф4} = 3$.

Робоча ширина захвату:

$$B_p = B_{кор} \cdot \beta \cdot n_ф \text{ , м,} \qquad (2.27)$$

де β – коефіцієнт використання робочої ширини захвату машини, $\beta = 1,02...1,2$.

$$B_{p2} = 0,35 \cdot 1,2 \cdot 5 = 2,1 \text{ , м,}$$

$$B_{p4} = 0,35 \cdot 1,2 \cdot 3 = 1,26 \text{ , м,}$$

Визначаємо тяговий опір плуга за формулою:

$$R_{пл} = K_{пл} \cdot B_{кор} \cdot h_{об} \cdot n_{кор} + G_{пл} \cdot \frac{i}{100} \cdot c \text{, кН,} \qquad (2.28)$$

Тому маємо:

на 2-й передачі

$$R_{пл2} = 53,9 \cdot 0,35 \cdot 0,3 \cdot 5 + 8 \cdot \frac{2,2}{100} \cdot 1,2 = 28,5 \text{, кН;}$$

на 4-й передачі

$$R_{пл4} = 62,5 \cdot 0,35 \cdot 0,3 \cdot 5 + 8 \cdot \frac{2,2}{100} \cdot 1,2 = 19,9 \text{, кН;}$$

Тягову потужність агрегату визначаємо за формулою:

$$N_m = \frac{R_{пл} \cdot V_p}{3,6} \text{, кВт.} \qquad (2.29)$$

Таким чином:

на 2-й передачі $N_{m2} = \frac{28,5 \cdot 8,8}{3,6} = 69,7$, кВт.

на 4-й передачі $N_{m4} = \frac{19,9 \cdot 10,6}{3,6} = 58,6$, кВт.

Визначаємо ККД на кожній із заданих передач:

$$\eta_{тяг} = \frac{N_m}{N_e}, \qquad (2.30)$$

де N_e – ефективна потужність, кВт (згідно даних лаб. роб. №1 $N_e = 110,5$ кВт)

$$\eta_{тяг2} = \frac{69,7}{110,5} = 0,63;$$

$$\eta_{тяг4} = \frac{58,6}{110,5} = 0,53.$$

Висновки. При виконанні технологічної операції оранка з глибиною оранки 0,30 м і схилом місцевості 2,2 %, агрегат у складі Т-150 + ПЛН-5-35 у порівнянні з агрегатом Т-150 + ПЛН-3-35 має більший коефіцієнт використання потужності двигуна (відповідно 0,63 і 0,53). Це пояснюється тим, що трактор рухаючись на 2-й передачі із тяговим зусиллям

$P_{m2} = 32,987$ кН> $P_{m4} = 26,497$ кН, може агрегатувати 5-корпусний плуг, але при меншій швидкості ($V_2 = 8,8$ км/год < $V_4 = 10,6$ км/год). Тому економічним і доцільним при виконанні технологічної операції оранка було б використовувати агрегат у складі Т-150 + ПЛН-5-35 на 2-й передачі.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №3
РОЗРАХУНОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН

Мета роботи: навчитися проводити розрахунок енергетичних показників роботи сільськогосподарських машин, оцінити вплив природно-кліматичних, конструкційних та експлуатаційних факторів на опір машин, засвоїти методику розрахунку тягового опору робочих органів машин, окреслити шляхи його зниження.

3.1. Показники енергетичних властивостей сільськогосподарських машин

Показники енергетичних властивостей характеризують питомі витрати енергії в розрахунку на одиницю об'єму виконаної роботи, яка в повній мірі залежить від сил опору робочих органів при їх взаємодії з середовищем, яке підлягає обробітку.

До основних факторів, які впливають на опір машин можна віднести:

а – природно-кліматичні:

- тип ґрунту, його структура;
- властивості матеріалу, який обробляється;
- метеорологічні умови;

б – конструкційні:

- тип робочих органів, їх форма, число, матеріал виготовлення;
- технологія виготовлення;
- вага машини;

- наявність допоміжних пристроїв;
- тип та конструкція ходового апарату;

в – експлуатаційні:

- технічний стан машин (ступінь спрацьованості, якість проведення ТО, правильність виконання регулювальних робіт);
- режим роботи (швидкість руху, глибина обробки, ступінь використання пропускної здатності).

При визначенні тягового опору дослідним шляхом проводять випробування при швидкості руху $V_0 = 5$ км/год.

В процесі роботи МТА має місце значна нерівномірність опору машин у зв'язку із змінними факторами, що впливають на тяговий опір, це:

- фізико-механічні властивості ґрунту;
- мікрорельєф поля;
- режими роботи (V, P_m, B).

В дійсності при неусталеному русі МТА тяговий опір R (а отже, і зусилля на гаку трактора) в ймовірнісно-статистичному розумінні є випадковою величиною. Тому при визначенні складу агрегату (кількості машин) слід врахувати мінливість цього показника. В експлуатаційних розрахунках випадковий характер опору характеризують ступінню нерівномірності опору δ_R (табл. 14):

$$\delta_R = \frac{R_{\max} - R_{\min}}{R}, \qquad (3.1)$$

де $R_{\max}$, $R_{\min}$, R – відповідно максимальне, мінімальне і середнє значення тягового опору машини за даними тягових випробувань, кН.

З врахуванням того, що щільність розподілу тягового опору машин описується нормальним законом після перетворень можна отримати залежності:

$$R_{\max} = R\left(1 + \delta_R / 2\right); \qquad (3.2)$$

$$R_{\min} = R\left(1 - \delta_R / 2\right). \quad (3.3)$$

Для упорядкування випадкових величин тягових опорів ввели поняття ***питомий опір*** k – це тяговий опір, який припадає на одиницю ширини захвату машини. Цей показник характеризує групи машин з однотипними робочими органами.

Для однотипних машин, які відрізняються тільки шириною захвату (борони, культиватори, сівалки та ін.) він визначається виразом:

$$k = \frac{R}{B}, \text{ кН/м}, \quad (3.4)$$

де R – тяговий опір машини, кН;

B – ширина захвату машини, м.

Для машин, які відрізняються як шириною захвату B, так і глибиною обробітку a, наприклад плугів:

$$k_{пл} = \frac{R_{пл}}{a \cdot B}, \text{ кН/м}^2, \quad (3.5)$$

де a – глибина оранки, м.

Для машин, у яких опір пропорційно зв'язаний з їх вагою (зчіпки):

$$k = \frac{R}{G_м} = f_м, \quad (3.6)$$

де $f_м$ – коефіцієнт опору кочення машин (зчіпки) (табл. 11);

$G_м$ – вага машини, кН.

Для машин, у яких робочі органи приводяться в дію від ВВП трактора:

$$k = \frac{N_{ВВП}}{V \cdot B}, \text{ кН/м}, \quad (3.7)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність, яка витрачається на привід робочих органів від ВВП, кВт;

V – швидкість руху машини, км/год.

Осереднені значення питомого опору, які розраховані на основі тягових опорів і одержані за результатами дослідних

випробувань при швидкості руху $V_0 = 5$ км/год наведені в табл. 15 і позначаються k_0.

Основною конструктивною особливістю являється той факт, що різноманітні робочі органи сільськогосподарських машин мають здатність якісно виконувати конкретну технологічну операцію тільки в певному діапазоні швидкостей (табл. 8).

Вплив швидкості руху на питомий опір в переважній більшості випадків характеризується параболічною залежністю. Ця залежність в межах реального діапазону робочих швидкостей від V_0 до V_p описується формулою:

$$k_V = k\left[1 + \frac{\Delta C}{100}\left(V_p^c - V_0^c\right)\right], \qquad (3.8)$$

де ΔC – темп приросту опору на 1 км/год приросту швидкості (табл. 16);

c – показник степені, величина якої залежить від особливості конструкції машини і від умов роботи.

Для практичних розрахунків частіше всього користуються слідуючими показниками $c = 1$ або $c = 2$ (табл. 16).

3.2. Методика розрахунку тягового опору робочих органів машин

Для розрахунку використовують осередненні значення питомого опору k з урахуванням впливу на нього робочих швидкостей руху, конструктивних параметрів робочих машин B, G і параметрів умов роботи f.

З врахуванням залежностей (3.4)-(3.6) тяговий опір робочих органів:

- для борін, культиваторів, сівалок:

$$R_м = k \cdot B, \qquad (3.9)$$

- для плугів:

$$R_{пл} = k_{пл} \cdot B \cdot a, \qquad (3.10)$$

- для зчіпок:

$$R_{зч} = G_{зч} \cdot f_{зч}. \qquad (3.11)$$

Додатковий опір, який виникає при подоланні підйому:

$$R_{під} = G_м \cdot \sin\alpha . \qquad (3.12)$$

де α – кут схилу (підйому), град.

З врахуванням додаткового опору формули, які приведені вище, набувають вигляду:

$$R_м = k \cdot B \pm G_м \cdot \sin\alpha , \qquad (3.13)$$

$$R_{пл} = k_{пл} \cdot B \cdot a \pm G_{пл} \cdot \sin\alpha , \qquad (3.14)$$

$$R_{зч} = G_{зч} \cdot \left(f_{зч} \pm \sin\alpha \right). \qquad (3.15)$$

Тяговий опір агрегату, який складено з причіпних машин:

$$R_a = R_м + R_{зч}; \qquad (3.16)$$

$$R_a = \left(k \cdot B \pm G_м \cdot \sin\alpha \right) \cdot n_м + G_{зч} \cdot \left(f_{зч} \pm \sin\alpha \right). \qquad (3.17)$$

Тяговий опір агрегату з начіпною машиною:

$$R_{мн} = k \cdot B_м + G_м \left(\lambda_д f_{тр} \pm \sin\alpha \right), \qquad (3.18)$$

де $f_{тр}$ – коефіцієнт опору кочення трактора (табл. 4);

$\lambda_д$ – коефіцієнт довантаження, який враховує частину ваги начіпної машини та вертикальні складові сили тягового опору, які додатково навантажують ходову систему трактора (на оранці – $\lambda_д = 0,5...1,0$; на сівбі, культивації – $\lambda_д = 0,10...0,15$; на глибокому рихленні – $\lambda_д = 1,5...2,0$).

Оскільки начіпні машини мають меншу вагу, ніж відповідні їм по ширині причіпні машини, то їх опір буде меншим на 10-15 %.

Тяговий опір агрегату з тягово-привідними машинами:

$$R_{т-пр} = R_м + P_{пр} , \qquad (3.19)$$

де $P_{пр}$ – зусилля, яке витрачається на привід робочих органів від ВВП, кН.

$$P_{пр} = 0,159 \cdot \frac{N_{ВВП} \cdot \eta_{тр}}{V_р \cdot \eta_{ВВП}} , \qquad (3.20)$$

де $\eta_{ВВП}$ – коефіцієнт корисної дії валу відбору потужності ($\eta_{ВВП} \approx 0,93$).

Зусилля $P_{пр}$ не створює додаткового буксування.

Наведені формули для визначення опору машин дійсні тільки для рівномірного руху, коли прискорення дорівнює нулю. При зрушенні з місця опір агрегату збільшується за рахунок сил інерції, які необхідно перебороти на початку руху.

Складові опору сільськогосподарських машин можуть бути розподілені на корисні і некорисні. Такі, що витрачаються на деформацію матеріалу і на надання кінетичної енергії часткам ґрунту, який підлягає обробітку, будуть корисними. А складові, які йдуть на перекочування (пересування) машини і на подолання сил тертя – некорисні.

Відношення агротехнічно корисної роботи до загальних витрат механічної енергії являє собою коефіцієнт корисної дії (ККД) сільськогосподарських машин. ККД робочих органів машин – величина непостійна, яка залежить від конструктивних і експлуатаційних факторів, характеру технологічного процесу, режимів роботи агрегату, маси машин і маси матеріалу, який вона переміщує тощо. Найбільші значення ККД у плугів і лущильників – 0,7…0,8; у культиваторів і борін – 0,4…0,6; для сівалок – 0,3…0,4; для косарок і жаток – 0,3…0,45; для складних збиральних машин – 0,2…0,3.

Такі порівняно низькі значення ККД машин потребують впровадження заходів, які дозволяють підвищити ККД.

Заходи по зменшенню опору машин і енергоємності технологічних операцій та процесів поділяються на: технологічні, експлуатаційні, конструкційні та покращення природних умов.

Технологічні – удосконалення конструкції робочих органів у відповідності з вимогами технології; використання комбінованих агрегатів; суміщення технологічних операцій.

Експлуатаційні – своєчасне проведення ТО; правильне регулювання механізмів; вірне агрегатування (начіпка); вибір раціональних напрямків руху; підбір машин згідно з умовами роботи; робота на ґрунтах з оптимальним станом.

Конструкційні – зменшення ваги машини; використання начіпних машин; використання пневматичних шин низького

тиску; використання еластичної підвіски; заміна тертя ковзання – коченням; покращення якості робочих органів; використання позиційно-силового регулювання глибини обробки ґрунту начіпними машинами; використання довантажувачів ведучих коліс.

Покращення природних умов – вирівнювання поверхні поля; рекультивація захаращених і засмічених ділянок; поліпшення структури ґрунтів.

Приклад розрахунків

Вихідними даними для виконання роботи є дані табл.17.

Варіант – 25.

С.г. культура – озима пшениця.

Марка трактора – Т-150К.

Марка сівалки – СЗ-3,6.

Схил місцевості – 2 %.

Коефіцієнт опору кочення трактора, сівалки та зчіпки – $f = 0,20;\ f_м = 0,11\ f_{зч} = 0,11$.

Питомий тяговий опір – $k_0 = 1,8\,(\text{кН/м})$.

Темп зростання питомого тягового опору на 1 км/год підвищення робочої швидкості понад 5 км/год – $\Delta_0 = 2\%$.

Ступінь нерівномірності тягового опору 2-3-сівалкових агрегатів – $\delta_р = 0,18$.

Об'ємна вага насіння озимої пшениці – $\rho_н = 750$ кг/м^3.

Об'ємна вага добрив – $\rho_д = 1100$ кг/м^3.

Із технічної характеристики відповідних машин з'ясовуємо: експлуатаційна вага трактора Т-150К – $G = 76$ кН (табл. 2) (для гусеничних табл.3); номінальна потужність двигуна $N_{ен} = 121,3$ кВт (табл. 2); експлуатаційна вага зчіпки СП-11 $G_{зч} = 8,2$ кН., а зчіпки СП-16 $G_{зч} = 17,6$ кН (табл. 12); конструктивна ширина захвату $B_к = 3,6$ м, місткість насіннєвого ящика $\xi_{ня} = 0,453$ м^3 і тукового $\xi_{тя} = 0,212$ м^3 (табл. 18)

Визначаємо опір руху трактора на підйом:

$$P_{\alpha} = i \cdot G = 0,02 \cdot 76 = 1,52 \text{ кН}.$$

Розрізняють конструктивну (суху) та експлуатаційну (в стані повної заправки та з врахуванням маси обслуговуючого працівника) масу машини. Визначимо експлуатаційну масу сівалки за формулою:

$$m_{ем} = m_{км} + \xi_{ня} \cdot \rho_{н} + \xi_{тя} \cdot \rho_{д} + m_{пр}, \qquad (3.21)$$

де $m_{км}$ – конструктивна маса сівалки, кг

$$m_{км} = G_{к} \Big/ g, \qquad (3.22)$$

$G_{к}$ – вага сівалки, Н (табл. 18);

$$m_{км} = 14500 \Big/ 9,81 = 1478 \text{ кг}.$$

$\xi_{ня}$, $\xi_{тя}$ – місткість відповідно насінного і тукового ящиків сівалки, м^3 (табл. 18);

$\rho_{н}$, $\rho_{д}$ – об'ємна маса відповідно насіння та мінеральних добрив, кг/м^3;

$m_{пр}$ – маса працівника, який обслуговує сівалку, кг. (для розрахунків приймаємо $m_{пр} = 70$ кг.

$$m_{ем} = 1478 + 0,453 \cdot 750 + 0,212 \cdot 1100 + 70 = 2120,95 \text{ кг}$$

Знайдемо силу тяжіння від експлуатаційної маси сівалки (експлуатаційна вага сівалки):

$$G_{м} = m_{ем} \cdot g = 2120,95 \cdot 9,81 = 20806,5 \text{Н} = 20,81 \text{ кН}.$$

За даними наведеними в табл. 8 агротехнічно допустима швидкість роботи сівалки СЗ-3,6 обмежена інтервалом $V_{агр}^{\min} = 8$ км/год – $V_{агр}^{\max} = 12$ км/год. Проведемо розрахунок питомого опору сівалки для вказаних швидкостей руху:

$$k = k_0 \left[1 + \left(V_p - V_0 \right) \frac{\Delta_0}{100} \right], \qquad (3.23)$$

де k_0 – питомий опір машини при русі із швидкістю $V_0 = 5$ км/год (табл. 17);

V_p – збільшена швидкість руху агрегату, для якої підраховуємо k;

Δ_0 – темп приросту питомого тягового опору, % на 1 км/год підвищення робочої швидкості руху агрегату від початкового значення $V_0 = 5$ км/год.

$$k_{\min} = 1,8\left[1+(8-5)\frac{2}{100}\right] = 1,9 \text{ кН/м};$$

$$k_{\max} = 1,8\left[1+(12-5)\frac{2}{100}\right] = 2,05 \text{ кН/м}.$$

У подальших розрахунках приймаємо $k = 2,0$ кН/м.

Визначаємо робочий тяговий опір $R_м$, (кН) сівалки за формулою, яку можна використовувати для розрахунку робочого тягового опору всіх причіпних сільськогосподарських знарядь за винятком плугів:

$$R_м = k \cdot B_к + G_м \cdot i, \qquad (3.24)$$

де k – питомий тяговий опір машини, що відповідає обраній швидкості руху, кН/м (знайдений вище);

$B_к$ – конструктивна ширина захвату машини, м (табл. 18) $B_к = 3,6$ м;

$G_м$ – експлуатаційна вага сівалки (розрахована раніше) $G_м = 20,81$ кН;

i – схил місцевості, соті частки одиниці (табл. 17) $i = 0,02$.

Після підстановки відповідних значень у залежність (3.24) одержуємо:

$$R_м = 2 \cdot 3,6 + 20,81 \cdot 0,02 = 7,6 \text{ кН}.$$

При проведенні експлуатаційних розрахунків необхідно визначити холостий тяговий опір, тобто опір, який виникає при русі МТА без виконання технологічних операцій (виникає при поворотах, переїздах із однієї ділянки на іншу). В таких випадках тяговий опір складається тільки з опору кочення ходових коліс машини по ґрунту і його розраховують за формулою:

$$R_{мх} = G_м \left(f_м + i \right), \qquad (3.25)$$

де $R_{мх}$ – холостий тяговий опір причіпної машини, кН;

$G_м$ – експлуатаційна вага машини, кН;

$f_м$ – коефіцієнт опору коченню ходових коліс причіпної машини (табл. 17).

В такому разі холостий тяговий опір машини (сівалки) складає:

$$R_{мх} = 20,81\left(0,11+0,02\right) = 2,7 \text{ кН}.$$

На базі трактора Т-150К можна складати 2-, 3- і 4-сівалкові агрегати. Для агрегатування кількох сівалок з енергетичним засобом потрібна зчіпка (технічна характеристика деяких із них наведена в табл. 12). При виборі зчіпки необхідно знати її фронт $B_{зч}$ (м), тобто відстань по основному тяговому брусу між крайніми можливими точками приєднання подовжувачів, сниць або місць кріплення машин. Необхідний фронт зчіпки визначають з урахуванням кількості машин, які треба з'єднати з трактором:

$$B_{зч} = B_к \left(n_м - 1 \right), \qquad (3.26)$$

де $B_{зч}$ – розрахунковий фронт зчіпки, м;

$B_к$ – конструктивна ширина захвату машини, м;

$n_к$ – кількість машин, які треба з'єднати з трактором.

Для двох сівалок: $B_{зч2} = 3,6\left(2-1\right) = 3,6$ м.

Для трьох сівалок: $B_{зч2} = 3,6\left(3-1\right) = 7,2$ м.

Для чотирьох сівалок: $B_{зч2} = 3,6\left(4-1\right) = 10,8$ м.

З урахуванням визначеного фронту з технічною характеристикою зчіпок (табл. 12) здійснюють їх вибір для складання агрегату. При цьому слід врахувати також конструктивні особливості зчіпок. При складанні двосівалкових агрегатів на базі счіпки СП-11 з останньої знімають бокові секції. Трисівалкові агрегати складають на базі зчіпки СП-11, а чотирисівалкові – зчіпки СП-16.

Провівши вибір зчіпки розраховують її тяговий опір

$$R_{зч} = G_{зч}\left(f_{зч} + i\right), \qquad (3.27)$$

де $G_{зч}$ – експлуатаційна вага зчіпки, кН (табл. 12);

$f_{зч}$ – коефіцієнт опору коченню коліс зчіпки (табл. 17);

i – схил місцевості, соті частки одиниці (табл. 17).

Для зчіпки СП-11 $R_{зч1} = 8,2\left(0,11+0,02\right) = 1,1$ кН;

Для зчіпки СП-16 $R_{зч2} = 17,6\left(0,11+0,02\right) = 2,3$ кН.

Визначаємо можливість складання та доцільність використання агрегатів з різною кількістю сівалок у їх складі.

Для знаходження робочого тягового опору агрегату R_a скористаємось формулою:

$$R_a = n_м\left(k \cdot B_к + G_м \cdot i\right) + G_{зч}\left(f_{зч} + i\right) = n_м \cdot R_м + R_{зч}, \qquad (3.28)$$

де $n_м$ – кількість машин у складі агрегату.

Для агрегату у складі трактор Т-150К + зчіпка СП-11 + 2 сівалки СЗ-3,6:

$$R_{a2} = 2 \cdot 7,6 + 1,1 = 16,3 \text{ кН}.$$

Для агрегату у складі трактор Т-150К + зчіпка СП-11 + 3 сівалки СЗ-3,6:

$$R_{a3} = 3 \cdot 7,6 + 1,1 = 23,9 \text{ кН}.$$

Для агрегату у складі трактор Т-150К + зчіпка СП-16 + 4 сівалки СЗ-3,6:

$$R_{a4} = 4 \cdot 7,6 + 2,3 = 32,7 \text{ кН}.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання номінального тягового зусилля для вибраних передач, використовуючи формулу:

$$\psi_p = R_a \Big/ \left(P_{TH} - P_\alpha\right), \qquad (3.29)$$

де P_{TH} – номінальна сила тяги, що відповідає вибраній передачі (табл. 2, 3).

Для агрегату з двома сівалками:

- на II передачі $\psi_p = 16,3 \Big/ \left(41 - 1,52\right) = 0,41;$

- на VI передачі $\psi_p = {16,3}/{(23,6-1,52)} = 0,74$;

- на VI передачі $\psi_p = {16,3}/{(19,05-1,52)} = 0,93$.

Для агрегату з трьома сівалками:

- на I передачі $\psi_p = {23,9}/{(45-1,52)} = 0,55$;

- на III передачі $\psi_p = {23,9}/{(33,25-1,52)} = 0,75$;

- на VI передачі $\psi_p = {23,9}/{(23,6-1,52)} = 1,08$.

Для агрегату з чотирма сівалками:

- на I передачі $\psi_p = {32,7}/{(45-1,52)} = 0,75$;

- на II передачі $\psi_p = {32,7}/{(41-1,52)} = 0,83$;

- на III передачі $\psi_p = {32,7}/{(33,25-1,52)} = 1,03$

При сівбі зернових вважається що агрегат складений правильно, якщо розрахований коефіцієнт використання номінального тягового зусилля наближається до допустимого, але не перевищує його. Допустимий коефіцієнт використання номінального тягового зусилля для сівби зернових $\psi_д = 0,95...0,97$. Необхідно врахувати, щоб швидкість руху при посівних операціях на обраних передачах не виходила за межі агротехнічно допустимої (табл. 8).

Висновки. Під час проведення розрахунків визначено опір руху трактора Т-150К на підйом 2%, який складає $P_\alpha = 1,52$ кН., знайдено робочий тяговий опір сівалки СЗ-3,6 $R_м = 7,6$ кН та обчислено опори зчіпок. Проведені розрахунки дозволяють знайти робочий тяговий опір МТА у складі 2-х, 3-х та 4-х сівалок, що відповідно дорівнюють $R_{a2} = 16,3$ кН, $R_{a3} = 23,9$ кН та $R_{a4} = 32,7$ кН. При перевірці коефіцієнту використання

тягового зусилля встановлено, що найбільш ефективно агрегат працює з двома сівалками на VI передачі.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №4
ВИЗНАЧЕННЯ ТА АНАЛІЗ КІНЕМАТИЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК МАШИННО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ

Мета роботи: засвоїти методику визначення кінематичних характеристик МТА (оптимальна ширина захвату, ширина поворотної смуги, довжина виїзду, радіус повороту, коефіцієнт робочих ходів).

4.1. Обґрунтування способів руху

Вихідні дані до виконання роботи наведені в таблицях 19 і 20.

Розрізняють три групи способів руху машинно-тракторних агрегатів: гонові, діагональні та кругові.

Гоновий спосіб – агрегат в робочому положенні рухається прямолінійно вздовж загінки, а холості повороти робить на поворотній смузі.

Різновиди основних гонових способів:

- човниковий (сівба, культивація та ін.)
- всклад;
- врозгін;
- по черзі всклад та врозгін

} (оранка, культивація,збирання просапних культур

Діагональний спосіб – робочі ходи агрегату здійснюються діагонально під кутом до сторін загінки (боронування, лущення).

Круговий спосіб – робочі ходи агрегат здійснює паралельно до всіх сторін загінки. Агрегат може рухатись, як від периферії до центру, так і від центру до периферії (збирання зернових культур, льону, трав).

4.2. Визначення кінематичних характеристик ділянки поля та агрегатів

Розглянемо кінематичні характеристики машинно-тракторних агрегатів та робочих ділянок поля.

Кінематичні характеристики робочих ділянок включають такі поняття:

Робоча ділянка – це поле чи частина поля, на якій виконується механізована сільськогосподарська операція (її основні параметри: довжина поля ($L_д$), ширина поля ($C_д$));

Загінка – це частина робочої ділянки, яка виділяється для виконання сільськогосподарської операції у відповідності з прийнятим способом руху (основний параметр ширина загінки (C)).

Оптимальну ширину загінки для різних способів руху визначають за такими формулами:

- всклад, врозгін та з їх чергуванням

$$C_{опт} = \sqrt{16 \cdot \rho^2 + 2 \cdot L_p \cdot B_p}\text{, м} \qquad (4.1)$$

- двозагінковий

$$C_{опт} = \sqrt{4 \cdot L_p \cdot B_p - 4 \cdot \rho^2}\text{, м} \qquad (4.2)$$

- комбінований з перекриттям

$$C_{опт} = \sqrt{3 \cdot L_p \cdot B_P}\text{, м} \qquad (4.3)$$

- по колу

$$C_{опт} = \frac{L}{6}\text{, м} \qquad (4.4)$$

де L_p – робоча довжина гону, м (рис. 4.1);

B_p – робоча ширина захвату машини, м;

ρ – радіус повороту агрегату, м (табл. 21).

Фактичне значення ширини загінки уточнюють за формулою:

$$C_ф = 2 \cdot n \cdot B_p > C_{опт}\text{, м,} \qquad (4.5)$$

де n – коефіцієнт кратності ($n = 1,\ 2,\ 3...$).

Поворотна смуга – це частина загінки, яка тимчасово виділяється для повороту агрегату (її основний параметр – ширина поворотної смуги E_p і її розрахункова ширина залежить від виду повороту:

$$E_p = 3\rho + e \text{ – петльовий поворот,} \quad (4.6)$$

$$E_p = 1{,}5\rho + e \text{ – безпетльовий поворот,} \quad (4.7)$$

де e – довжина виїзду агрегату, м.

Фактичне значення ширини поворотної смуги визначається із умови:

$$E_ф = n \cdot B_p > E_p, \text{ м,} \quad (4.8)$$

де n – коефіцієнт кратності ($n = 1,\ 2,\ 3...$).

Контрольна лінія – це лінія між поворотною смугою та частиною загінки, орієнтуючись на яку, включають чи виключають робочі органи машини.

Робоча довжина гону – це частина довжини робочої ділянки, яка обмежена контрольними лініями (основний параметр – робоча довжини гону L_p; схема робочої ділянки показана на рис. 4.1.).

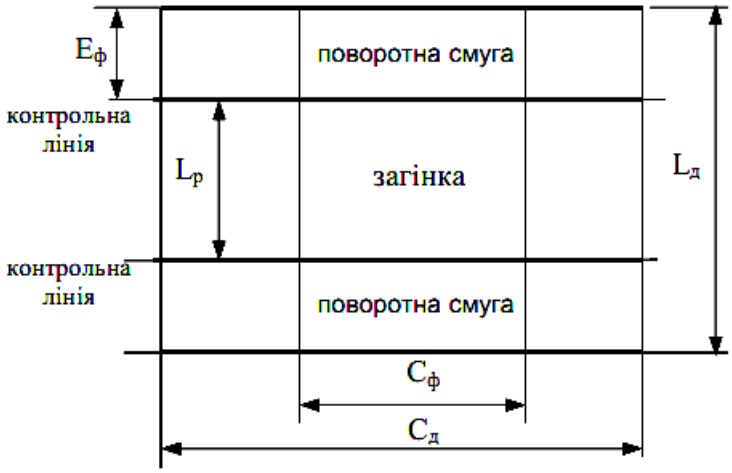


Рис. 4.1. Схема робочої ділянки

До кінематичних характеристик машинно-тракторного агрегату відносять: кінематичний центр агрегату, кінематична довжина, ширина МТА, поздовжня база трактора, довжина виїзду, центр повороту, радіус повороту агрегату.

Кінематичний центр агрегату – це точка агрегату, відносно траєкторії якої розглядається кінематика всіх інших точок.

Умовно прийнято кінематичний центр для агрегатів:

а) з колісними тракторами та самохідними машинами з однією ведучою віссю – це проекція на площину руху середини ведучої вісі;
б) з колісними тракторами з двома ведучими осями – це проекція на площину руху точки середини прямої, що з'єднує середини ведучих осей;
в) з колісними тракторами, що мають шарнірну раму – це проекція на площину руху центра шарніру;
г) з гусеничними тракторами та у самохідних машин з гусеничним ходом – це проекція на площину руху точки перетину поздовжньої осі трактора з вертикальною площиною, проведеною через середини опорних частин гусениць.

Кінематична довжина МТА $L_к$ – це проекція відстані між центром агрегату та лінією розміщення найбільш віддалених робочих органів при прямолінійному русі.

Кінематична довжина агрегату визначається із залежності:

$$L_к = l_т + l_{зч} + l_м, \text{ м}, \qquad (4.9)$$

де $l_т$, $l_{зч}$, $l_м$ – відповідно кінематична довжина трактора, зчіпки та сільськогосподарської машини (табл. 22), м.

Кінематична ширина МТА $b_к$ – це проекція відстані між поздовжньою віссю агрегату, що проходить через його центр, і найбільш віддаленою від цієї осі точкою агрегату.

Розрізняють: $b_к$ – права; $b_к$ – ліва.

Поздовжня база трактора L – відстань для колісних тракторів між осями ведучих та ведених коліс трактора, а для

гусеничних – між осями котків, що обмежують опорну поверхню.

Довжина виїзду e – відстань, на яку необхідно вивести агрегат від контрольної лінії на поворотній смузі до початку повороту, щоб запобігти огріхам у роботі.

Довжина виїзду залежить від кінематичної довжини агрегату:

- *для причіпних агрегатів:*

$$e = (0,50...0,70) \cdot L_к, \text{ м}, \quad (4.10)$$

- *для навісних із задньою навіскою:*

$$e = (0,1...0,2) \cdot L_к, \text{ м}, \quad (4.11)$$

- *для навісних із передньою навіскою:*

$$e = -L_к, \text{ м}, \quad (4.12)$$

де $L_к$ – кінематична довжина агрегату, м.

Центр повороту (ц. п.) – це точка, відносно якої в даний момент здійснюється поворот центру агрегату.

Радіус повороту агрегату ρ – це відстань між центром агрегату та центром повороту (він залежить від ширини захвату агрегату та його швидкості руху (табл. 21)).

4.3. Обґрунтування виду повороту агрегату

Основними видами поворотів МТА є повороти на 180° і 90°. Агрегати, що працюють гоновим способом, повертають на 180°, а агрегати, що рухаються коловим способом – на 90°. При русі діагональним способом агрегат повертається на різні кути.

Повороти діляться також на:

- петльові (з закритою й відкритою петлею);
- безпетльові.

Вид повороту визначається умовою (рис. 4.2):

а) $x < 2 \cdot \rho$ – петльовий поворот; (4.13)

б) $x > 2 \cdot \rho$ – безпетльовий поворот; (4.14)

де x – відстань між початком та кінцем заїзду, м.

З точки зору економії часу найбільш вигідними вважаються способи руху, де є безпетльові повороти – колові,

кутові. Для агрегатів з великою шириною захвату можна використовувати грушеподібні чи односторонні петльові повороти, а для начіпних агрегатів – грибоподібні повороти (з заднім ходом агрегату). Під час збирання сільськогосподарських культур, коли не роблять кутових прокосів чи обкосів кутів загінки, приймають петльовий поворот на 90º.

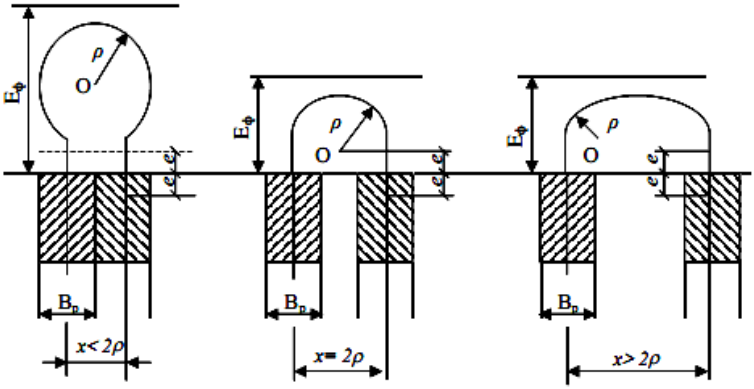


Рис. 4.2. Умови визначення виду повороту

4.4. Визначення коефіцієнта робочих ходів

У всіх способах руху значну частину руху займають повороти та заїзди – холостий хід МТА, величина якого змінюється в межах від 5 до 40 % загального шляху, пройденого агрегатом. Спосіб руху треба вибирати таким чином, щоб холості ходи були найменшими, у результаті чого ефективність використання МТА буде збільшуватись.

Ефективність способів руху оцінюється коефіцієнтом робочих ходів:

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x}, \qquad (4.15)$$

де φ – коефіцієнт робочих ходів.

Сумарну довжину робочих ходів визначають за формулою:

$$S_p = \frac{L_д \cdot C}{B_p}, \text{ м.} \qquad (4.16)$$

Сумарну довжину холостих ходів визначають за формулою:

$$S_x = \frac{L_x \cdot \left(C + 2 \cdot E_\phi\right)}{B_p}, \text{ м}, \qquad (4.17)$$

де L_x – довжина холостого ходу за один прохід агрегату і залежить від способу руху, виду повороту та ширини загінки (табл. 23).

Робоча довжина гону при човниковому русі, (із розширенням прокосів, з чергуванням загонів) визначається так:

$$L_p = L_\partial - 2E, \text{ м}, \qquad (4.18)$$

де E – мінімальна довжина поворотної смуги, м.

Середня робоча довжина гону при русі круговим способом визначається за формулою:

$$L_p = L_\partial - 2E - C, \text{ м}, \qquad (4.19)$$

де C – ширина загінки, м.

При коловому способі руху мінімальна довжина поворотної смуги дорівнює ширині прокосів (4...10 м), тобто узгоджується з шириною захвату жатки.

За результатами розрахунку будується і аналізується графічна залежність коефіцієнта робочих ходів від довжини гонів.

Приклад розрахунків

Визначення та аналіз кінематичних характеристик МТА.

Вихідними даними для виконання роботи є дані таблиць 19 та табл. 20.

Варіант – 25.

С.г. культура – овес.

Марка трактора – Т-150.

Марка сівалки – СТЗ-3,6.

Питомий тяговий опір – 1,9 (кН/м) .

Коефіцієнт опору кочення коліс машини та зчіпки – 0,22.

Схил місцевості – 1,8 %.

Довжина гону – 880 (м).

Норма висіву – 140 (кг/га).

Об'ємна вага насіння – 520 (кг/м^3).

Визначення кінематичних характеристик ділянки поля та агрегату

Оптимальну ширину загінки визначаємо за формулою:

$$C_{опт} = \sqrt{16 \cdot \rho^2 + 2 \cdot L_p \cdot B_p}\ , \text{м}, \qquad (4.20)$$

де ρ – радіус повороту агрегату, м, згідно табл. 21 $\rho = 1{,}1 \cdot B_p \cdot 1{,}57$; який збільшується на величину коефіцієнта 1,57, оскільки швидкість руху сівалки СЗТ-3,6 рівна 8 км/год;

L_p – робоча довжина гону, м;

B_p – робоча ширина захвату машини, м.

Для наведеного прикладу

$$\rho = 1{,}1 \cdot B_p \cdot 1{,}57 = 1{,}1 \cdot 3{,}6 \cdot 1{,}57 = 6{,}2 \text{ м}.$$

Робоча довжина гону L_p визначається за формулою:

$$L_p = L_д - 2 \cdot E_ф\ , \text{м}, \qquad (4.21)$$

Ширину поворотної смуги розраховуємо за формулою:

$$E_p = 3 \cdot \rho + e - (\text{петльовий поворот}), \qquad (4.22)$$

де e – довжина виїзду агрегату (рис. 4.4).

Довжина виїзду агрегату залежить від кінематичної довжини агрегату:

$$e = (0{,}50...0{,}70)\, L_к = 0{,}6 \cdot L_к\ , \text{м} \qquad (4.23)$$

де $L_к$ – кінематична довжина агрегату, м.

Кінематичну довжину агрегату визначаємо із залежності:

$$L_к = l_т + l_{зч} + l_м\ , \text{м}, \qquad (4.24)$$

де $l_т$, $l_{зч}$, $l_м$ – відповідно кінематична довжина трактора, зчіпки та сільськогосподарської машини (табл. 22), м.; для наведених умов $l_т = 2{,}55$ м, $l_{зч} = 0$ м, $l_м = 3{,}7$ м.

Отже, кінематична довжина агрегату буде рівна

$$L_к = 2{,}55 + 3{,}7 = 6{,}25 \text{ м}.$$

Довжина виїзду буде рівна:

$$e = 0,6 \cdot 6,25 = 3,75 \text{ м.}$$

Робоча довжина поворотної смуги:

$$E_p = 3 \cdot 6,2 + 3,75 = 22,35 \text{ м}$$

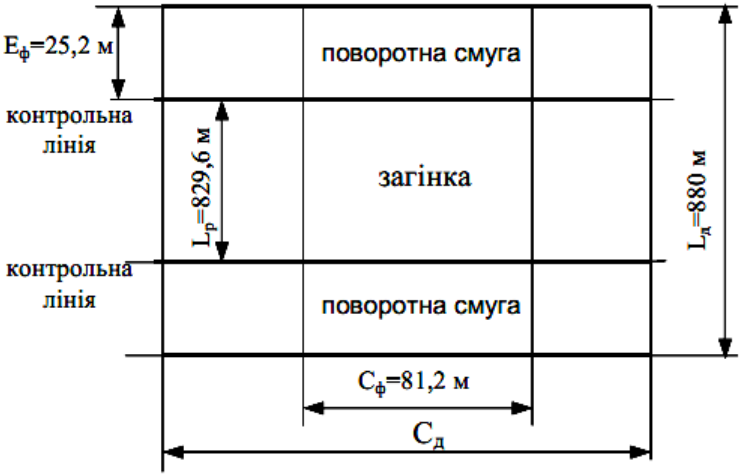


Рис. 4.3. Схема робочої ділянки

Фактичне значення ширини поворотної смуги визначається із умови:

$$E_ф = n \cdot B_p > E_p, \text{ м,} \qquad (4.25)$$

де n – коефіцієнт кратності ($n = 1,\ 2,\ 3...$).

$$E_ф = 7 \cdot 3,6 = 25,2м > 22,35м.$$

Робоча довжина гону буде рівна:

$$L_p = 880 - 2 \cdot 25,2 = 829,6 \text{ м.}$$

Отже, оптимальна ширина загінки рівна:

$$C_{опт} = \sqrt{16 \cdot 6,2^2 + 2 \cdot 829,6 \cdot 3,6} = 81,2 \text{ м.}$$

Фактичне значення ширини загінки уточнюємо за формулою:

$$C_ф = n \cdot 2 \cdot B_p > C_{опт}, \text{ м,} \qquad (4.26)$$

де n – коефіцієнт кратності ($n = 1,\ 2,\ 3...$).

В наведеному прикладі

$$C_ф = 12 \cdot 2 \cdot 3,6 = 86,4м > 81,2м.$$

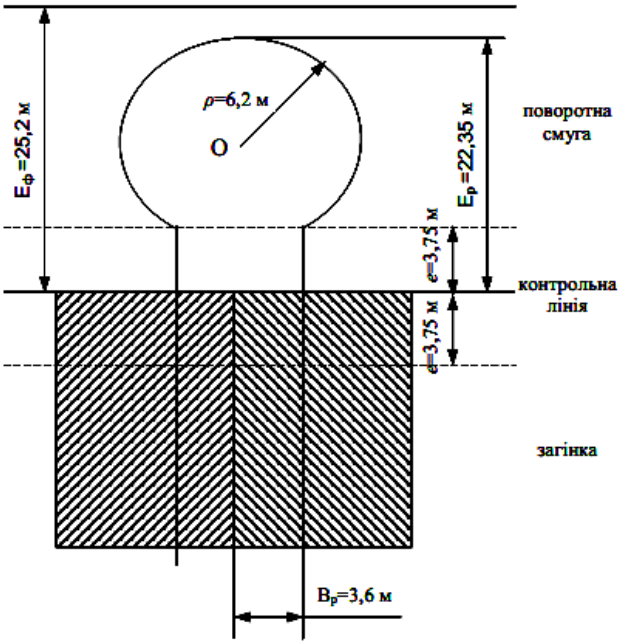


Рис. 4.4. Схема повороту

Визначаємо коефіцієнт робочих ходів:

$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x}, \tag{4.27}$$

де φ – коефіцієнт робочих ходів;

S_p – сумарна довжина робочих ходів, м.

$$S_p = \frac{L_o \cdot C_\phi}{B_p}, \text{ м}, \tag{4.28}$$

S_x – сумарна довжина холостих ходів, м.

$$S_p = \frac{880 \cdot 81,2}{3,6} = 19849 \text{ м}.$$

$$S_x = \frac{L_x \cdot \left(C_\phi + 2E_\phi\right)}{B_p}, \text{ м}, \tag{4.29}$$

де L_x – довжина холостого ходу за один прохід агрегату (визначається способом руху, видом повороту та шириною загінки згідно табл. 23).

Для човникового способу руху з грушоподібним видом повороту довжина холостого ходу буде рівна:

$$L_x = 6 \cdot \rho + 2 \cdot e \text{, м,}$$

Звідки $L_x = 6 \cdot 6,2 + 2 \cdot 3,75 = 44,7$ м.

а $S_x = \dfrac{44,7 \cdot (81,2 + 2 \cdot 25,2)}{3,6} = 1634$ м.

Коефіцієнт робочих ходів буде рівний:

$$\varphi = \frac{19849}{19849 + 1634} = 0,92 .$$

Висновки

Враховуючи вихідні дані (посів – вівса агрегатом у складі Т-150 + СТЗ-3,6 з нормою висіву 140 кг/га, гоновий спосіб руху і човниковий спосіб обробітку поля, рух по полю, яке належить до II групи з довжиною гону $L = 880$ м) знаходимо довжину холостого ходу за один прохід, яка обумовлена способом руху і видом повороту грушеподібний з відкритою петлею, яка рівна $L_x = 44,7$ м, а коефіцієнт використання робочих ходів агрегату – $\varphi = 0,92$. Це свідчить про правильність вибору, як способу руху, так і способу обробітку, хоча коефіцієнт використання робочих ходів φ в основному залежить від довжини гону (чим вона менша, тим коефіцієнт φ менший).

ПРАКТИЧНА РОБОТА №5
ПІДГОТОВКА ПОЛЯ ДО РОБОТИ

Мета роботи: навчитися визначати оптимальну ширину поворотної смуги, ширину загінки для ефективної роботи агрегатів.

Ефективне використання агрегатів і якість виконання операцій залежить від правильної підготовки поля. При підготовці слід оглянути його з метою усунення перешкод, які негативно впливають на якість виконання операцій і продуктивність агрегатів, а також вибрати напрям і спосіб руху. При цьому враховують агротехнічні вимоги до операції та особливості агрегату.

Наприклад, з метою зменшення водної ерозії ґрунтів та створення оптимальних умов для рослин, оранку слід виконувати впоперек схилу, культивацію – впоперек, або під кутом до напрямку оранки. Під час сівби просапних культур, особливо широкорядним способом, наприклад, гречки, напрямок рядків повинен бути спрямований на південь, боронування посівів – під кутом до напряму рядків. При збиранні полеглих хлібів напрямок руху повинен бути проти полеглості, або під кутом.

При виборі способу руху потрібно враховувати вид робіт, форму поля і довжину гонів. Способи руху поділяють на гонові, діагональні та кругові (більш детально розглянуто в практичні роботі №4). Вибраний спосіб руху повинен забезпечувати найбільшу продуктивність і економічність роботи агрегату, а також обов'язкове дотримання агротехнічних вимог.

5.1. Розрахунок поворотних смуг

Для гонових способів руху на кінцях загінок треба залишати смуги для холостих заїздів. Ширина поворотної смуги залежить від складу агрегату і виду поворотів. Орієнтовну величину поворотної смуги визначають за формулами:

- при петльових поворотах:

$$E_p = 3\rho_{\min} + e, \qquad (5.1)$$

- при безпетльових:

$$E_p = 1,5\rho_{\min} + e$$

де $\rho_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м;

e – довжина виїзду агрегату, м.

Довжина виїзду залежить від кінематичної довжини агрегату:

- *для причіпних агрегатів:*

$$e = (0,50...0,70) \cdot L_к, \text{ м}, \quad (5.2)$$

- *для навісних із задньою навіскою:*

$$e = (0,1...0,2) \cdot L_к, \text{ м}, \quad (5.3)$$

- *для навісних із передньою навіскою:*

$$e = -L_к, \text{ м}, \quad (5.4)$$

де $L_к$ – кінематична довжина агрегату, м.

Остаточно ширину поворотної смуги беруть кратною ширині захвату агрегату, так щоб при наступному обробітку її агрегат проходив ціле число разів.

Радіус повороту ρ в залежності від ширини захвату агрегату B_p та коефіцієнт збільшення радіусу при збільшенні швидкості руху представлені в табл. 21.

Для спрощення розрахунків приймають радіус орного агрегату з колісним трактором $\rho_{\min} = 7 \cdot B_p$, з гусеничним $\rho_{\min} = 3,4 \cdot B_p$.

Посівні і культиваторні агрегати під час роботи:

- з однією машиною $\rho_{\min} = 1,7 \cdot B_p$;
- з двома машинами $\rho_{\min} = 1,2 \cdot B_p$;
- з трьома машинами $\rho_{\min} = 0,9 \cdot B_p$;
- з чотирма і більше $\rho_{\min} = 0,8 \cdot B_p$;

Боронувальні і лущильні агрегати $\rho_{\min} = B_p$,

де B_p – ширина захвату агрегату, м.

Радіуси поворотів агрегатів колісних тракторів з начіпними машинами беруть в межах $\rho_{\min} = 2,5...8,0$ м.

Кінематичну довжину агрегатів визначають за формулою:

$$L_к = l_т + l_{зч} + l_м, \text{ м}, \quad (5.5)$$

де $l_т$, $l_{зч}$, $l_м$ – відповідно кінематична довжина трактора, зчіпки та сільськогосподарської машини (табл. 22)

Приклад розрахунків

ПРИКЛАД 1. Визначити ширину поворотної смуги для орного агрегату:

- трактор Т-150К з плугом ПЛН-6-35 з 6-ма корпусами.

Знаходимо ширину захвату агрегату:

$$B_р = b_к \cdot n_к \cdot \beta = 0,35 \cdot 6 \cdot 1,05 = 2,2 \text{ м}, \quad (5.6)$$

де $b_к$ – ширина захвату одного корпусу, м;

$n_к$ – кількість корпусів;

β – коефіцієнт використання ширини захвату (табл. 13).

При петльовому способі повороту

$$E_р = 3\rho_{\min} + e, \quad (5.7)$$

де $\rho_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м

$$\rho_{\min} = 3 \cdot B_р = 3 \cdot 2,2 = 6,6 \text{ м}$$

e – довжина виїзду агрегату, м.

$$e = 0,6 \cdot L_к = 0,6 \cdot (l_т + l_{зч} + l_м) = 0,6 \cdot (2,4 + 1,8) = 2,52 \text{ м}$$

$$E_р = 3 \cdot 6,6 + 2,52 = 22,32 \text{ м}.$$

Беремо кратну ширині захвату

$$E_р = K \cdot B_р, \quad (5.8)$$

де K – число кратності ширини захвату, заокруглюється до цілого числа.

$$K = \frac{E_р}{B_р} = \frac{22,32}{2,2} = 10,14;$$

$$E = 10 \cdot 2,2 = 22 \text{ м}.$$

Поворот смуги відмічають вішками з наступним нарізанням борозен.

Розбивання поля на загінки

Загінка – це ділянка поля призначена для роботи агрегату протягом двох-трьох змін. Для кожного агрегату відводять індивідуальну загінку. Для орних агрегатів, щоб зменшити шлях холостих ходів і забезпечити мінімальну кількість розгінних борозен, ширину загінки беруть оптимальну, яка залежить від способу радіусу повороту.

Орієнтовну оптимальну ширину загінки при русі всклад і врозгін визначають за формулою:

$$C_{опт} = \sqrt{2\left(L \cdot B_p + 8\rho_{\min}^2\right)}, \qquad (5.9)$$

де L – довжина загінки, м (довжину загінки для розрахунків приймають із табл. 20);

B_p – ширина захвату агрегату, м (знайдена за ф. 5.6);

$\rho_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м.

$$C_{опт} = \sqrt{2 \cdot \left(880 \cdot 2,2 + 8 \cdot 6,6^2\right)} = 67,6 \text{ м}$$

Оптимальну ширину загінки приймають кратною ширині захвату агрегату.

$$C_{опт} = k \cdot B_p;$$

$$k = \frac{C_{опт}}{B_p} = \frac{67,6}{2,2} = 30,7$$

Приймаємо $k = 30$

Отже $C_{опт} = k \cdot B_p = 30 \cdot 2,2 = 66$ м

Кількість загінок визначається за формулою:

$$n_з = \frac{10^4 F}{L C_{опт}}, \qquad (5.10)$$

де F – площа оранки, га (для розрахунків приймаємо $F = 60$ га);

L – довжина загінки, м.

$$n_з = \frac{10^4 \cdot 60}{880 \cdot 66} = 10,33$$

Приймаємо 9 загінок $C_{опт} = 66$ м і 1 загінку 85,8 м.

Для інших агрегатів ширину загінки визначають за формулою:

$$C = \frac{10^4 (2...3) W_{зм}}{L}, \qquad (5.11)$$

де $W_{зм}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

L – довжина загінки, м.;

$(2...3)$ – тривалість роботи в загінці, в змінах.

ПРИКЛАД 2. При розкиданні органічних добрив розкидачем РУН-15Б, щоб забезпечити рівномірність внесення, потрібно розмістити купи по полю. Відстань між рядами беруть рівною робочій ширині розкидання РУН-15Б, а відстань між купами в ряду залежить від маси добрив у купі і норми внесення. Відстань між купами визначають за формулою:

$$L = \frac{10^4 Q_к}{H \cdot B_р}, \qquad (5.12)$$

де $Q_к$ – маса добрив в одній купі, т ($Q_к = 4$ т)

H – норма внесення добрив, т/га ($H = 55$ т/га);

$B_р$ – робоча ширина розкидання, м ($B_р = 30$ м).

Отже,

$$L = \frac{10^4 \cdot 4}{55 \cdot 30} = 24 \text{ м.}$$

Ефективне використання агрегатів залежить і від організації їх технологічного обслуговування. Для прикладу виконаємо розрахунки технологічного обслуговування агрегатів для садіння картоплі у складі: трактор ДТ-75 і картоплесаджалка СКС-4, кількість агрегатів 2. Для визначення місць завантаження слід знати довжину в м робочого ходу $L_р$ саджалки за час висаджування бульб одного завантаження:

$$L_р = \frac{10 \cdot Б_с \cdot \gamma}{B_р \cdot H_б}, \qquad (5.13)$$

де $Б_с$ – місткість бункера саджалки, кг ($Б_с = 1500$ кг);

γ – ступінь використання місткості ($\gamma = 0,92$);

B_p – ширина захвату саджалки, м ($B_p = 2,8$ м);

$H_б$ – норма садіння бульб, т/ га ($H_б = 4,85$).

Отже,

$$L_p = \frac{10 \cdot 1500 \cdot 0,92}{2,8 \cdot 4,8} = 1027 \text{ м.}$$

За цією довжиною визначають місця завантаження. При довжині гонів 1000 м саджалку слід завантажувати бульбами на поворотних смугах з обох боків, а при довжині гонів 500 м – з одного боку. Кількість транспортних засобів для підвезення садивного матеріалу до місць завантаження визначають за формулою:

$$m_{тр} = \frac{0,1 \cdot V_p \cdot H_б \cdot t_p \cdot n_a \cdot \tau}{q \cdot \gamma}, \qquad (5.14)$$

де V_p – робоча швидкість агрегату, км/год ($V_p = 6,3$ км/год);

t_p – час рейсу транспортних засобів, год ($t_p = 1,2$ год);

n_a – кількість садильних агрегатів ($n_a = 2$);

τ – коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0,75$);

q – вантажопід'ємність транспортних засобів, т ($q = 4$ т);

γ – коефіцієнт використання вантажопід'ємності (із пристосуванням $\gamma = 0,75$).

Отже,

$$m_p = \frac{0,1 \cdot 6,3 \cdot 4,85 \cdot 1,2 \cdot 0,75 \cdot 2}{4 \cdot 0,75} = 1,83.$$

Приймаємо 2 транспортних засоби. Аналогічно виконуються розрахунки для інших операцій. Схему підготовки поля до роботи з проставленими розмірами і схемою руху показують на кресленні.

Завдання до практичної роботи:

1. Визначити оптимальну ширину поворотної смуги і ширину загінки для орного агрегату розрахованого в практичній роботі № 2. (Вихідні дані: табл. 7; довжина гону – табл. 20)

ПРАКТИЧНА РОБОТА №6
ПІДГОТОВКА АГРЕГАТУ ДО РОБОТИ, ЙОГО РОБОТА В ЗАГІНЦІ ТА КОНТРОЛЬ ЗА ЯКІСТЮ

Мета роботи: засвоїти методику розрахунку по підготовці агрегатів до роботи та контролю за якістю виконання технологічних операцій згідно агротехнічних вимог.

Якісна підготовка агрегатів до роботи має важливе практичне значення в забезпеченні своєчасного виконання технологічних операцій на високому агротехнічному рівні. Суть підготовки до роботи полягає в перевірці комплектності машин, правильності їх складання відповідно до заводських інструкцій, складання агрегату в натурі, обладнання його додатковими пристроями (ємності для аміачної води, маркери, слідопокажчики та ін.), проведення технічного обслуговування.

Важливою складовою частиною підготовки агрегату до роботи є технологічне налагодження (регулювання робочих органів). Підготовка плуга включає встановлення потрібної кількості (згідно з розрахунком) корпусів, передплужників, дискового ножа, з'єднання плуга з трактором та встановлення на задану глибину, використовуючи для цього дерев'яні підкладки. Підготовка сівалок полягає в перевірці їх технічного стану, проведенні технічного обслуговування, встановленні на задану глибину загортання насіння і задану норму висіву, а також у встановленні вильоту маркера або слідопокажчика.

1. Для встановлення на задану норму висіву розраховують кількість насіння q, яке висівається при заданій нормі висіву за 15 або 30 обертів ходового колеса сівалки, кг:

$$q = \frac{Q_н \cdot \pi \cdot D \cdot m \cdot B_p}{10^4 \cdot 2 \cdot 0,96}, \qquad (6.1)$$

де $Q_н$ – задана норма висіву, кг/га;

πD – довжина обода колеса, м;

m – кількість обертів колеса;

B_p – ширина захвату сівалки, м;

10^4 – коефіцієнт переведення;

0,96 — коефіцієнт буксування.

Якщо фактично висівається більше або менше, то відповідно зменшують чи збільшують висів механізмом передач або зміною робочої частини висівного апарата.

2. Розрахунок вильоту маркера (рис. 6.1 а) визначається за формулою:

$$L_m = \frac{B_p + Ш + A}{2}, \qquad (6.2)$$

де B_p – ширина захвату агрегату, м;

$Ш$ – ширина міжрядь посіву, м;

A – відстань між серединами гусениць (передніх коліс), м;

П р и м і т к а: «+» – для лівого маркера;

«-» – для правого маркера.

3. Розрахунок вильоту слідопокажчика (рис. 6.1 б) визначають за формулою:

$$L_c = B_p \cdot K \Big/ 2, \qquad (6.3)$$

де B_p – ширина захвату агрегату, м;

K – відстань між крайніми колесами, які залишають слід (зчіпки, сівалки), м.

Виліт маркерів (слідопокажчика) слід показати на схемі агрегату.

Підготовка борін включає перевірку кріплення зубів, стан тяг і брусів зчіпки. У ланці всі зуби борін повинні бути однакової довжини. Підготовка агрегатів для внесення добрив, крім операцій ТО і комплектування агрегатів, включає підбір передаточного відношення до висівних апаратів і перевірку норми внесення добрив Q, після чого здійснюють пробний прохід по площі з робочою швидкістю, заміряють шлях, протягом якого зважені добрива будуть розкидані. Цей шлях повинен дорівнювати розрахунковому:

$$S = \frac{10^4 Q}{H \cdot B_p}, \qquad (6.4)$$

де Q – зважена кількість добрив, кг;

H – норма внесення, кг/га;

B_p – робоча ширина захвату розкидача, м;

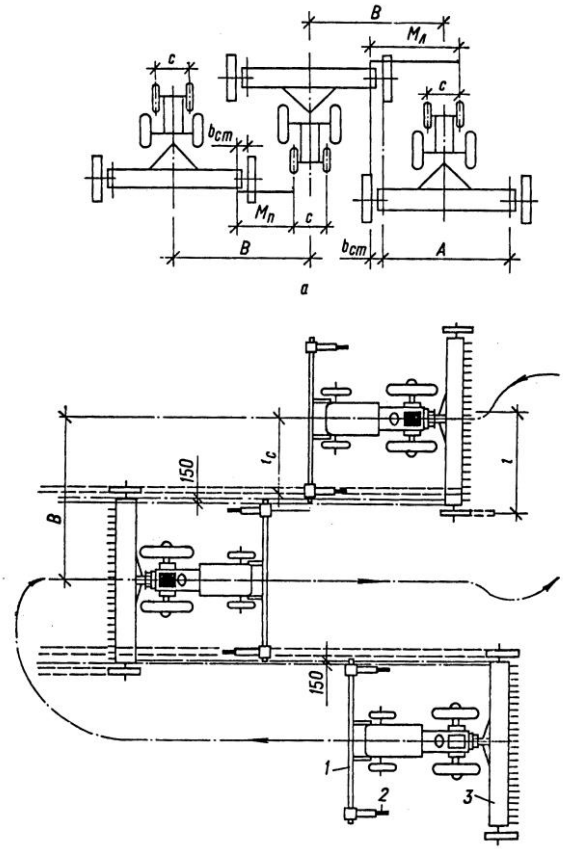


Рис. 6.1. Схема для визначення вильоту:
а – маркеру; б – слідопокажчика;
1 – слідопокажчик; 2 – покажчик; 3 – сівалка

Аналогічний порядок підготовки інших агрегатів.

Проблема якості виконання механізованих робіт є основною в сільськогосподарському виробництві. Кожна операція оцінюється відповідною кількістю показників, які регламентують відповідність операції агротехнічним умовам. У рекомендаціях контролю за якістю виконання операції потрібно

вказати основні показники контролю й допущення відхилень їх виконання.

Наприклад, один із показників контролю якості оранки – глибина, допуск відхилення ±1 см, міжрядного обробітку – допуск підрізання культурних рослин 1% і т. д.

Є три види контролю якості роботи агрегату: первинний, поточний і приймальний. При оцінці якості роботи агрегату потрібно враховувати додаткові показники: загортання пожнивних решток, огріхи, обробка поворотних смуг тощо. Подати рекомендовані нормативи оцінки якості, які зводяться в таблицю 6.1.

Таблиця 6.1

Показники і оцінка якості оранки

Показники	Нормативи	Бал	Методи визначення
Відхилення від заданої норми оранки, см	±1 ±2 Більше ±2	3 2 1	Замір глибини здійснюється в 10 місцях по діагоналі площі
Вирівняність (довжина профілю перевищує довжину проекції), см	Не більше 5 Не більше 7 Більше 7	3 2 1	Заміряти довжину профілю впоперек напряму оранки 10-метровим шнуром, з'єднаним з 2-метровою стрічкою
Гребнистість (висота гребенів), см	Поверхня рівна, розгінні борозни вирівняні Не більше 7 Більше 7	3 2 1	Заміряти гребні і борозни, в тому числі звальні гребні і розвальні борозни

Завдання:

Вихідні дані табл. 24.

1. Визначити кількість насіння, яке висівається при заданій нормі висіву.
2. Виконати розрахунок вильоту маркерів та побудувати схему для визначення вильоту маркеру.
3. Заповнити таблицю по оцінці якості для своєї операції.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №7
ВИЗНАЧЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ МОБІЛЬНИХ АГРЕГАТІВ

Мета роботи: оволодіти методикою розрахунку продуктивності посівних агрегатів з урахуванням умов їх експлуатації.

7.1. Визначення змінної продуктивності та аналіз балансу часу зміни

Вихідні дані варіантів завдань наведені в таблицях 19 та 20.

Продуктивність за годину зміни визначається рівнянням:

$$W_{год} = 0{,}1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \text{, га/год} \qquad (7.1)$$

де B_p – робоча ширина захвату машини, м;

V_p – робоча швидкість машини (агрегату), км/год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Робоча ширина захвату обчислюється за формулою:

$$B_p = B_к \cdot \beta \text{, м,} \qquad (7.2)$$

де $B_к$ – конструктивна ширина захвату, м;

β – коефіцієнт використання конструктивної ширини захвату (таблиця 13)

Коефіцієнт використання часу зміни обчислюється за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \qquad (7.3)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

T_p – чистий робочий час, год.

Тривалість зміни можна знайти за формулою:

$$T_{зм} = T_p + T_{пов} + T_{то} + T_{тех} + T_{пер} + T_ф \text{, год,} \qquad (7.4)$$

де T_p – чистий робочий (основний) час, год;

$T_{пов}$ – час, що витрачається на повороти, год;

$T_{то}$ – час, що витрачається на технічне обслуговування, год;

$T_{тех}$ – час, що витрачається на планово-технологічне обслуговування, год;

$T_{пер}$ – час, що витрачається на переїзди з ділянки на ділянку, год;

$T_{ф}$ – час на регламентовані внутрішньозмінні перерви, на відпочинок, час на особисті потреби персоналу (год).

Складові балансу часу зміни мають імовірний характер. Середнє їх значення отримують дослідним шляхом, але з певною точністю їх можна і розрахувати.

Розрахунки можна вести, виходячи з величини одного циклу, тобто суми елементів часу, які повторюються.

Час циклу визначається за формулою:

$$T_{ц} = T_{рц} + T_{повц} + T_{тц}, \text{ год}, \quad (7.5)$$

де $T_{рц}$ – час чистої роботи, год;

$T_{повц}$ – час поворотів, год;

$T_{тц}$ – час планово-технологічного обслуговування, год.

За час чистої роботи в одному циклі $T_{рц}$ приймають:

- для агрегатів, робота яких не потребує планового технологічного обслуговування (оранка, культивація та ін.), час одного робочого ходу, який обчислюється за формулою:

$$T_{рц} = \frac{10^{-3} \cdot L}{V_{р}}, \text{ год}, \quad (7.6)$$

де L – довжина робочої ділянки, м.

- для посівних агрегатів та агрегатів для внесення добрив - час роботи до випорожнення насіннєвого ящика або бункера, який розраховують за формулою:

$$T_{рц} = \frac{10^{-3} \cdot L \cdot n_{р}}{V_{р}}, \text{ год}, \quad (7.7)$$

де $n_{р}$ – кількість робочих проходів між заправками, який визначають за формулою:

$$n_p = l \diagup L, \tag{7.8}$$

де l – довжина шляху між заправками, м.

Довжина шляху між заправками визначається за формулою:

$$l = \frac{10^{-4} \cdot V \cdot K_a \cdot \gamma}{B_p \cdot H}, \text{ м}, \tag{7.9}$$

де V – об'єм насіннєвого ящика кузова чи бункера, м^3;

K_a – коефіцієнт використання об'єму, приймають у межах $K_a = 0,85...1,0$;

γ – густина матеріалу, кг/м^3;

H – норма висіву, кг/га.

Якщо обслуговування проводять з однієї сторони (часто для сівалок), значення n_p округлюють до меншого парного числа.

Час, що витрачається на повороти в одному циклі, визначається з рівняння:

$$T_{повц} = \frac{10^{-3} \cdot L_x \cdot n_p}{V_n}, \text{ год}, \tag{7.10}$$

де L_x – довжина траєкторії повороту (довжина холостого ходу) згідно табл. 23, м;

V_n – швидкість руху агрегату в процесі повороту (приймаємо не більше 7 км/год).

Час планового технологічного обслуговування на один цикл ($T_ц$) залежить від виду робіт та рівня механізації виконаних навантажувально-розвантажувальних робіт. Час розвантаження бункера комбайна – 0,04-0,06 год, час заміни причепу – 0,01-0,05 год.

Після визначення часу циклу визначається кількість циклів за зміну:

$$n_ц = \frac{T^н_{зм} - \left(T_{те} + T_{пер} + T_ф\right)}{T_ц}, \tag{7.11}$$

де $T^{н}_{зм}$ – час робочої зміни (для розрахунків приймають $T^{н}_{зм} = 7$ год).

Для розрахунків простих машин (плуги, культиватори) приймають $T_{то} = 0,025T^{н}_{зм}$, для комбайнів – $T_{то} = 0,055T^{н}_{зм}$; час на переїзди та на відпочинок і особисті потреби для всіх видів агрегатів – $T_{пер} = T_{ф} = 0,025T^{н}_{зм}$.

Визначають складові часу циклу:

$$T_{р} = T_{рц} \cdot n_{ц}; \quad T_{повц} = T_{повц} \cdot n_{ц}; \quad T_{тс} = T_{тц} \cdot n_{ц}. \qquad (4.12)$$

7.2. Визначення продуктивності агрегату за ефективною потужністю двигуна трактора

Продуктивність тягового агрегату за годину чистої роботи за ефективною потужністю двигуна трактора визначають з рівняння:

$$W_{год} = \frac{0,36 \cdot N_{гак}}{K} = \frac{0,36 \cdot N_{е} \cdot \eta_{т}}{K}, \text{ га/год}, \qquad (7.13)$$

де $N_{гак}$ – потужність трактора на гаку, кВт;

$N_{е}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

K – питомий опір робочої машини, кН/м;

$\eta_{т}$ – ККД трактора.

7.3. Перерахунок продуктивності, вираженої у фізичних гектарах, в продуктивність в умовних еталонних гектарах

Для оцінки рівня використання тракторів машинно-тракторного парку, планування потреби в тракторах і паливо-мастильних матеріалах, планування технічного обслуговування і ремонту, облік тракторних робіт проводять в умовних еталонних гектарах.

Для того, щоб отримати об’єм роботи в умовних еталонних гектарах, використовують формулу:

$$S_{уе} = \frac{S_{ф} \cdot W^{е}_{зм}}{W^{н}_{зм}}, \text{ ум.ет.га}, \qquad (7.14)$$

де $S_ф$ – об'єм робіт в фізичних одиницях (га, т, ткм);

$W^e_{зм}$ – змінний еталонний виробіток трактора (продуктивність), (ум.ет.га);

$W^н_{зм}$ – технічно обґрунтована продуктивність для даного господарства (га/зм, т/зм, ткм/зм) приймають, що $W^н_{зм} = W_{зм}$ де $W_{зм}$ – продуктивність за зміну, яка обчислюється за формулою $W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}$.

Приклад розрахунків

Вихідні дані (табл. 19 і 20).
Варіант – 25.
С.-г. культура – овес.
Марка трактора – Т-150.
Марка сівалки – СЗТ-3,6.
Довжина гону – 880 м.

Визначення змінної продуктивності

Продуктивність за годину зміни визначаємо з рівняння:

$$W_{год} = 0{,}1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \text{, га/год}$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни;

V_p – робоча швидкість машини (рекомендована швидкість $V_p = 8...12$ км/год згідно табл. 8, а тому приймаємо $V_p = 10$ км/год);

B_p – робоча ширина захвату машини:

$$B_p = B_к \cdot \beta \text{, м,}$$

де β – коефіцієнт використання робочої ширини захвату (згідно табл. 13 $\beta = 1$).

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}},$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни, год.

Розрахунок ведемо, виходячи з величини циклу, тобто суми елементів часу, які повторюються.

Час циклу визначаємо за формулою:

$$T_{ц} = T_{рц} + T_{повц} + T_{тц}, \text{ год},$$

де $T_{рц}$ – час чистої роботи, год;

$T_{повц}$ – час поворотів, год;

$T_{тц}$ – час планово-технологічного обслуговування, год.

Час чистої роботи в одному циклі $T_{рц}$ приймаємо:

$$T_{рц} = \frac{10^{-3} \cdot L \cdot n_p}{V_p}, \text{ год},$$

де n_p – кількість робочих проходів між заправками.

Кількість робочих проходів між заправками визначаємо за формулою:

$$n_p = \frac{l}{L},$$

де l – довжина шляху між заправками, м

$$l = \frac{10^{-4} \cdot V \cdot K_a \cdot \gamma}{B_p \cdot H}, \text{ м},$$

де V – об'єм насіннєвого ящика (бункера) (із табл. 18 вибираємо $V = 0,453$ м^3);

K_a – коефіцієнт використання об'єму (оскільки $K_a = 0,85...1,0$ то приймаємо $K_a = 0,95$);

γ – густина матеріалу (із табл. 20 вибираємо $\gamma = 520$ кг/м^3);

H – норма висіву (із табл. 20 вибираємо $H = 140$ кг/га).

Довжина шляху між заправками буде становити:

$$l = \frac{10^{-4} \cdot 0,453 \cdot 0,95 \cdot 520}{3,6 \cdot 140} = 4440 \text{ м}.$$

Кількість робочих проходів між заправками:

$$n_p = \frac{4440}{880} = 5,04.$$

Час чистої роботи в одному циклі:

$$T_{рц} = \frac{10^{-3} \cdot 880 \cdot 5,04}{10} = 0,44 \text{ год.}$$

Час поворотів в одному циклі визначається з рівняння:

$$T_{повц} = \frac{10^{-3} \cdot L_x \cdot n_p}{V_n}, \text{ год,}$$

де L_x – довжина траєкторії повороту (довжина холостого ходу) згідно табл. 23, м;

V_n – швидкість руху агрегату в процесі повороту (приймаємо $V_n = 5$ км/год).

Довжина траєкторії повороту для (човникового з грушеподібним поворотом) буде:

$$L_x = 6R + 2e, \text{ м,}$$

де R – радіус повороту (табл. 21), м;

e – довжина виїзду, м.

Тому радіус повороту буде

$$R = 1,1 \cdot B_p = 1,1 \cdot 3,6 = 3,96 \text{ м.}$$

Довжину виїзду визначаємо за формулою:

$$e = 0,1 \cdot L_к, \text{ м,}$$

де $L_к$ – кінематична довжина агрегату, м.

Кінематичну довжину агрегату визначаємо з а формулою:

$$L_к = l_т + l_{зч} + l_м, \text{ м}$$

де $l_т$; $l_{зч}$; $l_м$ – відповідно кінематична довжина трактора, зчіпки та с.-г. машини згідно табл. 22.

Для наших умов: $l_т = 2,4$ м; $l_{зч} = 0$ м; $l_м = 3,7$ м.

Звідки

$$L_к = 2,4 + 3,7 = 6,1 \text{ м;}$$

$$e = 0,1 \cdot 6,1 = 0,61 \text{ м;}$$

$$L_x = 6 \cdot 3,96 + 2 \cdot 0,61 = 24,98 \text{ м.}$$

Час поворотів в одному циклі:

$$T_{повц} = \frac{10^{-3} \cdot 24,54 \cdot 4,15}{5} = 0,02 \text{ год.}$$

Час планового технічного обслуговування на один цикл $T_{тц}$ залежить від виду робіт та рівня механізації виконаних навантажувальних робіт. Час завантаження бункера насінням становить 3,8 хв. або $T_{тц} = 0,06$ год.

Тому час циклу буде рівний:

$$T_{тц} = 0,44 + 0,02 + 0,06 = 0,52 \text{ год.}$$

Визначаємо кількість циклів за зміну:

$$n_ц = \frac{T^н_{зм} - \left(T_{то} + T_{пер} + T_ф\right)}{T_ц},$$

де $T^н_{зм}$ – час робочої зміни (приймаємо $T^н_{зм} = 7$ год);

$T_{то}$ – час технічного обслуговування, який визначається як

$$T_{то} = 0,025 T^н_{зм} = 0,175 \text{ год;}$$

$T_{пер}$ – час на переїзди, відпочинок та особисті потреби, визначається як $T_{пер} = T_ф = 0,025 T^н_{зм} = 0,175$ год.

Підставивши дані маємо:

$$n_ц = \frac{7 - \left(0,175 + 0,175 + 0,175\right)}{0,54} = 11,9 \approx 12 \text{ циклів}$$

Визначаємо складові часу циклу:

$$T_р = T_{рц} \cdot n_ц = 0,44 \cdot 12 = 5,52 \text{ год;}$$

$$T_{пов} = T_{пов.ц} \cdot n_ц = 0,02 \cdot 12 = 0,24 \text{ год;}$$

$$T_{тц} = T_{тц} \cdot n_ц = 0,06 \cdot 12 = 0,72 \text{ год.}$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{5,52}{7} = 0,79.$$

Продуктивність за годину зміни:

$$W_{год} = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 10 \cdot 0,79 = 2,844 \text{ га/год.}$$

Продуктивність агрегату за ефективною потужністю двигуна трактора визначаємо за формулою:

$$W_{год} = \frac{0,36 \cdot N_e \cdot \eta_m}{K}, \text{ га/год}$$

де N_e – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт (приймаємо $N_e = 121,3$ кВт згідно табл. 2);

η_m – ККД трактора (приймаємо $\eta_m = 0,92$);

K – питомий опір робочої машини (приймаємо $K = 1,8$ кН/м згідно табл. 15)

$$W_{год} = \frac{0,36 \cdot 121,3 \cdot 0,92}{1,8} = 22,3 \text{ га/год.}$$

Виконаємо перерахунок продуктивності, вираженої у фізичних гектарах, у продуктивність в умовних еталонних гектарах за формулою:

$$S_{уе} = \frac{S_ф \cdot W^e_{зм}}{W^н_{зм}}, \text{ ум.ет.га,}$$

де $S_ф$ – об'єм робіт в фізичних одиницях (приймаємо $S_ф = 100$ га);

$W^e_{зм}$ – змінний еталонний виробіток трактора ($W^e_{зм} = 4,9$ ум.ет.га);

$W^н_{зм}$ – технічно обґрунтована продуктивність для даного господарства (приймають $W^н_{зм} = W_{зм}$ – продуктивність за зміну, га/зм.).

Продуктивність агрегату за зміну визначають за формулою:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}, \text{ га/зм,}$$

$$W_{зм} = 2,844 \cdot 7 = 19,9 \text{ га/зм.}$$

$$S_{уе} = \frac{100 \cdot 4,9}{19,9} = 24,6 \text{ ум.ет.га.}$$

Висновки.

Агрегат у складі Т-150 + СЗТ-3,6, виконуючи посів озимої пшениці, досягає продуктивності роботи за годину зміни 2,844 га/год. За ефективною потужністю двигуна трактора продуктивність агрегату становить 22,3 га/год. Тому доцільніше агрегатувати одночасно 2, 3 сівалки, використовуючи додатково зчіпку СП–11. Це дозволить підвищити продуктивність агрегату і використання тягової потужності трактора, проте, у деякій мірі, призведе до зменшення маневреності і швидкості руху агрегату.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №8
ВИЗНАЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ МТА

Мета роботи: засвоїти методику визначення витрати пального та змінної витрати пального на роботу машинно-тракторних агрегатів.

8.1. Визначення енергетичних показників

У розрахунках, пов'язаних із використанням машинно-тракторних агрегатів, розрізняють годинну витрату пального (кг/год) на відповідних режимах роботи; змінну витрату пального, яку визначають за часом роботи, та годинною витратою пального на кожному режимі; питому витрату пального на одиницю потужності двигуна або на одиницю гакової потужності трактора при відповідних режимах роботи; погектарну витрату пального; питому витрату, віднесену до одиниці вирощеної або обробленої продукції (наприклад, на 1 т вирощеного і зібраного врожаю, чи на 1 т обробленого на току зерна та на одиницю витрачених коштів (кг/грн)).

Годинну і питому витрату пального на різних режимах роботи трактора визначають за швидкісною характеристикою двигуна або тяговою характеристикою трактора.

Середньозмінну витрату пального за годину роботи можна визначити за формулою:

$$G_{год} = \frac{N_{ер} \cdot q_p \cdot T_p + N_{ех} \cdot q_x \cdot T_x + N_{ео} \cdot q_o \cdot T_o}{1000 \cdot \left(T_p + T_x + T_o\right)}, \text{ кг/год,} \quad (8.1)$$

де $N_{ер}$, $N_{ех}$, $N_{ео}$ – ефективна потужність двигуна, відповідно, на режимах: робочому, холостому ході, зупинках, кВт.;

q_p, q_x, q_o – питомі витрати пального, відповідно на трьох вищевказаних режимах, г/кВт·год;

T_p, T_x, T_o – тривалість роботи двигуна на відповідних режимах, год.

Для конкретних умов ефективні потужності та питомі витрати пального на різних режимах визначити складно, тому для розрахунків користуються середніми значеннями годинних витрат пального на кожному режимі (див. табл. 25). В такому випадку рівняння 8.1 прийме вигляд:

$$G_{год} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{T_p + T_x + T_o}, \text{ кг/год,} \quad (8.2)$$

де G_p, G_x, G_o – годинна витрата пального відповідно при робочому ході агрегату з навантаженням; при холостому (на поворотах, заїздах і переїздах); на зупинках з працюючим двигуном (згідно табл. 25), кг/год;

T_p, T_x, T_o – відповідно – чистий робочий час; час холостих поворотів, заїздів і переїздів; час зупинок з працюючим двигуном, год.

Витрати пального на одиницю площі визначаються за формулою:

$$G_{га} = \frac{G_{год}}{W_{год}}, \text{ кг/га,} \quad (8.3)$$

де $W_{год}$ – продуктивність агрегату за годину, га/год.

Витрати пального на заданий об'єм роботи складає:

$$G = G_{га} \cdot S, \text{ кг,} \quad (8.4)$$

де S – оброблена площа, га.

8.2. Визначення витрат робочого часу

Втрати робочого часу на виконання певної операції визначають за формулою:

$$H = \frac{n_м}{W_{год}}, \text{ люд. год.}, \qquad (8.5)$$

де $n_м$ – кількість робітників, які обслуговують даний агрегат.

Якщо робітники працюють на агрегаті протягом певного проміжку часу, затрати робочого часу визначаються наступним співвідношенням:

$$H = \frac{\sum n_{мі} \cdot T_i}{W_{зм}}, \text{ люд. год.}, \qquad (8.6)$$

де $n_{мі}$ – кількість обслуговуючого персоналу і-тої категорії, люд.;

T_i – відпрацьований робітником час і-тої категорії протягом зміни, год.;

$W_{зм}$ – змінна продуктивність, га/зм.

Приклад розрахунків

Вихідними даними для виконання практичної роботи є результати, одержані в практичній роботі №7

Визначення енергетичних показників

Середньозмінну витрату пального за годину визначаємо за формулою (8.2):

$$G_{год} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{T_p + T_x + T_o}, \text{ кг/год},$$

де G_p, G_x, G_o – годинна витрата пального відповідно при робочому ході агрегату з навантаженням; при холостому (на поворотах, заїздах і переїздах); на зупинках з працюючим двигуном (згідно табл. 25), $G_p = 24,0$ кг/год, $G_x = 12,5$ кг/год, $G_o = 2,5$ кг/год;

T_p, T_x, T_o – відповідно – чистий робочий час; час холостих поворотів, заїздів і переїздів; час зупинок з працюючим двигуном (дані приймаються із практичної роботи №7 $T_p = 5,52$ год, $T_x = 0,24$ год, $T_o = 0,72$ год).

Середньозмінна витрата пального дорівнює:

$$G_{год} = \frac{24,0 \cdot 5,52 + 12,5 \cdot 0,24 + 2,5 \cdot 0,72}{5,52 + 0,24 + 0,72} = 21,2 \text{ кг/год}$$

Витрату пального на одиницю площі визначаємо за формулою (8.3):

$$G_{га} = \frac{G_{год}}{W_{год}}, \text{ кг/га},$$

де $W_{год}$ – продуктивність агрегату за годину (із практичної роботи №7, $W_{год} = 2,844$ га/год).

$$G_{га} = \frac{21,2}{2,844} = 7,45 \text{ кг/га}.$$

Витрати пального на заданий об'єм роботи визначаємо за формулою (8.4):

$$G = G_{га} \cdot S, \text{ кг},$$

де S – оброблена площа (приймаємо $S = 100$ га).

Тоді $G = 7,45 \cdot 100 = 745$ кг.

Визначення витрат робочого часу

Витрати робочого часу визначаємо за формулою (8.5):

$$H = \frac{n_м}{W_{год}}, \text{ люд.год.},$$

де $n_м$ – кількість робітників, які обслуговують даний агрегат (приймаємо $n_м = 2$ чол.).

$$H = \frac{2}{2,844} = 0,7, \text{ люд.год.}$$

Висновки.

Враховуючи результати попередньої практичної роботи бачимо, що для посіву озимої пшениці агрегат у складі Т-150 +

СЗТ-3,6 потребує за годину змінної роботи 21,2 кг/год пального. На одиницю площі витрата пального становить 7,45 кг/га. Витрата робочого часу на обслуговування даного агрегату рівна 0,7 люд.год.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №9
РОЗРАХУНОК І КОМПЛЕКТУВАННЯ ТРАКТОРНИХ ТРАНСПОРТНИХ АГРЕГАТІВ

Мета роботи: навчитись розраховувати склад тракторно-транспортних агрегатів та освоїти основи їх комплектування.

Ефективність використання тракторів на транспортних роботах значною мірою залежить від правильного вибору складу тракторно-транспортного агрегату, тобто кількості причепів, їх типу та загальної вантажопідйомності. Основними чинниками, що визначають склад тракторного поїзда, є тягові можливості трактора за потужністю двигуна і зчепленням ведучих коліс із ґрунтом, стан шляхів тощо. Тягові можливості трактора за потужністю двигуна і зчепленням ведучих коліс із ґрунтом визначають максимально допустиму повну масу і вантажопідйомність агрегатованих причепів, а вони, в свою чергу, – продуктивність тракторно-транспортного агрегату. Остання залежить також від швидкості його руху, яка відповідно до марки трактора, типу причепа, групи доріг та класу вантажу коливається в межах 7,8-30 км/год.

Максимально допустиму за потужністю двигуна загальну вагу причепів (вага причепів + вага вантажу) $G_{пр.max}$ (кН) визначають за формулою:

$$G_{пр.max} = \frac{P_д - G\left(f\left(\alpha_{тр} - 1\right) + i\right)}{f_{пр} \cdot \alpha_{пр} + i}, \qquad (9.1)$$

де $P_д$ – номінальна дотична сила тяги трактора, кН;

G – вага трактора, кН;

f, $f_{пр}$ – коефіцієнти опору коченню відповідно трактора і причепа;

$\alpha_{тр}$, $\alpha_{пр}$ – коефіцієнти підвищення опору руху (розгону) відповідно трактора і причепа в момент рушання агрегату з місця у певних дорожніх умовах;

i – нахил місцевості, соті частки одиниці.

Далі розраховують номінальну дотичну силу тяги трактора $P_д$. При цьому необхідні для підрахунку $P_д$ вихідні величини є в технічних характеристиках тракторів. Слід зазначити, що максимально допустиму вагу буксированих причепів визначають щодо ділянки маршруту з найбільшим опором коченню і при тяговому зусиллі чи дотичній силі тяги, які відповідають другій передачі. При цьому перша передача залишається резервною для подолання підйомів та інших особливо важких ділянок шляху.

Радіус кочення для гусеничних тракторів дорівнює радіусу початкового кола $r_{пк}$ ведучих зірочок, а для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_{вк} = r_0 + k_ш \cdot h, \qquad (9.2)$$

де r_0 – радіус сталевого обода колеса, м (табл. 2);

$k_ш$ – коефіцієнт усадки шини (на твердому ґрунті $k_ш = 0,7$; на стерні і перелозі $k_ш = 0,75$; на зораному полі $k_ш = 0,8$);

h – висота профілю шин ведучих коліс, м (табл. 2).

Коефіцієнти підвищення опору розгону трактора і причепа характеризують відносний запас сили тяги трактора, необхідний для подолання додаткових опорів, що виникають при рушанні та розгоні агрегату до визначеної швидкості. Ці додаткові опори зумовлені подоланням інерції спокою мас трактора і причепа (причепів), які рухаються. Кількісні значення коефіцієнтів опору коченню причепів дещо

відрізняються від їх значень для тракторів на пневматичних шинах через більший тиск усередині коліс.

При комплектуванні тракторних поїздів слід узгоджувати вантажопідйомність причепів із потужністю тракторів. Зокрема, причепи з малою вантажопідйомністю не можуть бути достатньо ефективно використані з потужними тракторами. При повному навантаженні за тягою одержують дуже довгий поїзд, маневрувати яким утруднено, особливо на вузьких польових шляхах. До складу тракторних поїздів доцільно включати один одновісний причіп, який іде безпосередньо за трактором, і один або кілька двовісних причепів. Включати до складу поїзда більш як один напівпричіп не можна, оскільки наступний у результаті перерозподілу його маси за точками опори буде перевантажувати колеса попереднього.

На поліпшених шляхах на транспортних роботах варто використовувати трактори К-701 та Т-150К. З ними можна скласти такі поїзди: К-701 + напівпричіп ОЗТП-9954 вантажопідйомністю 10 т + причіп ОЗТП-8572 вантажопідйомністю 13 т; К-701 + напівначіпний причіп 03ТП-8573 вантажопідйомністю 14,5 + причіп ОЗТП-8572; Т-150К + напівначіпний причіп 1-ПТС-9 моделі ММЗ-771Б вантажопідйомністю 9 т + причіп 3-ПТС-12Б моделі ММЗ-768Б вантажопідйомністю 12 т. За несприятливих шляхових умов і при значних схилах з трактором Т-150К агрегатують один причіп 1-ПТС-9, а в особливо важких умовах - 2-ПТС-6.

Комплектуючи тракторно-транспортні агрегати, слід упевнитися в справності гальмівної системи, засобів світлової і звукової сигналізації (покажчики поворотів, гальмування і габаритів, освітлення номерних знаків, сигналу).

При агрегатуванні тракторів класу 1,4 з напівпричепами їх з'єднують за допомогою гідрогака. Їх з'єднання з вилкою причіпного пристрою не допускається, оскільки розвантажуються передні колеса й погіршується керування трактором.

Для роботи з двовісними причепами на трактор установлюють буксирний пристрій, що має амортизуючу пружину. Його кріплять до кронштейна механізму навішування при знятій центральній тязі. Колію передніх і задніх коліс трактора встановлюють не менш як 1600 мм, а педалі гальм лівого та правого коліс блокують, а колеса перевіряють на одночасність гальмування.

Приклад розрахунків

Вихідні дані для розрахунків приймаються за таблицею 26. Для прикладу виконаємо розрахунок агрегату для перевезення органічних добрив по ґрунтовій дорозі II групи трактором МТЗ-80, з причепом 2ПТС-4М із швидкістю до 12 км/год. Розрахунок транспортних агрегатів полягає у визначенні раціональної кількості причепів, які можна агрегатувати з трактором.

Розрахунки виконуємо в такій послідовності:

1. Визначаємо загальну допустиму масу агрегатованих причепів (маса причепів + вантаж) з урахуванням тягових властивостей трактора і стану шляхів, кН

$$G_{пр.мах} = \frac{P_д - G_{тр} \cdot f \cdot \alpha_{тр}}{f \cdot \alpha_{пр}}, \qquad (9.3)$$

де $P_д$ – дотична сила тяги трактора, кН;

$G_{тр}$ – маса трактора, кН ($G_{тр} = 31,5$ (табл. 2));

$\alpha_{тр}$, $\alpha_{пр}$ – відповідно коефіцієнти, що враховують підвищення опору трактора і машини при рушанні з місця ($\alpha_{тр} = 2,48$; $\alpha_{пр} = 1,8$ див. табл. 27);

f – коефіцієнт опору коченню ($f = 0,08$, див. табл. 28).

Дотичну силу тяги визначаємо за формулою:

$$P_д = \frac{10^4 \cdot N_e \cdot i_т \cdot \eta_{тр}}{n_{дв} \cdot r_{вк}}, \qquad (9.4)$$

де N_e – ефективна потужність двигуна ($N_e = N_{ен} = 58,9$ кВт (табл. 2));

i_m – передаточне число трансмісії (за даних умов трактор може працювати на V і VI передачах, $i_m^{V} = 57,4$; $i_m^{VI} = 49$ (табл. 2);

$\eta_{m\text{р}}$ – механічний ККД трансмісії трактора ($\eta_{m\text{р}} = 0,92$);

$n_{дв}$ – частота обертання колінчастого вала двигуна трактора, хв$^{-1}$ ($n_{дв} = n_н = 2200$ хв$^{-1}$ (табл. 2);

$r_{вк}$ – радіус ведучих коліс, м, за табл. 2 та згідно формули (9.2) $r_{вк} = 0,76$ м.

Отже

$$P_д^V = \frac{10^4 \cdot 58,9 \cdot 57,4 \cdot 0,92}{2200 \cdot 0,788} = 17,45 \text{ кН};$$

$$P_д^{VI} = \frac{10^4 \cdot 58,9 \cdot 49 \cdot 0,92}{2200 \cdot 0,788} = 14,9 \text{ кН};$$

$$G_{пр.мах}^V = \frac{17,45 - 31,5 \cdot 0,08 \cdot 2,48}{0,08 \cdot 1,8} = 77,5 \text{ кН};$$

$$G_{пр.мах}^{VI} = \frac{14,9 - 31,5 \cdot 0,08 \cdot 2,48}{0,08 \cdot 1,8} = 60,0 \text{ кН}.$$

2. Визначаємо кількість причепів в агрегаті

$$n_{пр} = \frac{G_{пр.мах}}{G_o + q_{пр}\gamma}, \qquad (9.5)$$

де G_o – маса причепа без вантажу, кН ($G_o = 15,3$ кН);

$q_{пр}$ – вантажопід'ємність причепа, кН($q_{пр} = 40$ кН, табл. 26);

γ – коефіцієнт використання вантажопід'ємності ($\gamma = 0,9$, табл. 26);

Отже

$$n_{пр}^V = \frac{77,5}{15,3 + 40 \cdot 0,9} = 1,51;$$

$$n_{пр}^{VI} = \frac{60,0}{15,3 + 40 \cdot 0,9} 1,16 .$$

Приймаємо один причіп. Як видно з розрахунків трактор МТЗ-80 за заданих умов може працювати з одним причепом 2ПТС-4М на V і VI передачах.

3. Визначаємо опір транспортного агрегату в конкретних умовах, враховуючи величину підйому ($i = 3\%$), кН

$$R_{агр} = \left(G_o + q_{пр}\gamma\right)\left(f + i\right)n_{пр}, \qquad (9.6)$$

або

$$R_{агр} = \left(15,3 + 4 \cdot 0,9\right)\left(0,08 + 0,03\right) = 5,6 \text{ кН}.$$

4. Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора

$$\eta_{тз} = \frac{R_{агр}}{P_{н.гак}}, \qquad (9.7)$$

де $R_{агр}$ – опір агрегату, кН (розраховано вище);

$P_{н.гак}$ – номінальне тягове зусилля трактора відповідної передачі, ($P_{н.гак}{}^{V} = 11,5$ кН; $P_{н.гак}{}^{VI} = 9,5$ кН; див. табл.2).

Тоді маємо:

$$\eta_{тз}^{V} = \frac{5,6}{11,5} = 0,49 ;$$

$$\eta_{тз}^{VI} = \frac{5,6}{9,5} = 0,58 .$$

Як видно із розрахунків більш раціонально використовувати агрегат на VI передачі.

За результатами проведених розрахунків слід зробити висновки про ефективність використання тракторного транспортного агрегату.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №10
РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ВНЕСЕННЯ ТВЕРДИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Мета роботи: навчитись проектувати потокові лінії внесення твердих мінеральних добрив.

Проектування потокової технологічної лінії внесення твердих мінеральних добрив виконують у наступній послідовності:

1. Вибирають спосіб внесення твердих мінеральних добрив та наводять агровимоги до операції;

2. Підбирають марку енергозасобу для комплектування машинно-тракторного агрегату;

3. Визначають необхідну кількість агрегатів для внесення (розкидання) добрив за умови потоковості процесу:

$$W_{гн} \cdot n_н = W_{гр} \cdot n_р, \qquad (10.1)$$

де $W_{гн}$ і $W_{гр}$ – продуктивність за годину змінного часу відповідно навантажувача і розкидача, т;

$n_н$ і $n_р$ – кількість навантажувачів і розкидачів.

Знайдемо кількість розкидачів із рівняння (10.1)

$$n_р = \frac{W_{гн} \cdot n_н}{W_{гр}}, \qquad (10.2)$$

Продуктивність розкидача через продуктивність обробленої за годину змінного часу площі знайдемо за рівнянням:

$$W_{гр} = W'_{гр} \cdot H_д, \text{ т/год} \qquad (10.3)$$

де $W'_{гр}$ – продуктивність агрегату на внесенні добрив за годину змінного часу, га/год;

$H_д$ – норма внесення добрив, т/га.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу і за зміну знайдемо за наступними формулами:

$$W'_{гр} = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot \tau, \text{ га/год} \qquad (10.4)$$

$$W'_{гр_{зм}} = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot T_р \text{, га/зм} \qquad (10.5)$$

де $B_р$ – робоча ширина захвату агрегату на внесення добрив, м;

$V_р$ – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

$T_р$ – час основної (чистої) роботи агрегату.

Коефіцієнт використання часу зміни розраховуємо за формулою:

$$\tau = \frac{T_р}{T_{зм}}, \qquad (10.6)$$

Розрахуємо час основної (чистої) роботи агрегату:

$$T_р = n_ц \cdot t_{рх}, \qquad (10.7)$$

де $n_ц$ – кількість робочих циклів (поїздок) агрегату на внесенні мінеральних добрив протягом зміни;

$t_{рх}$ – тривалість робочого ходу (чистого часу розкидання добрив) агрегату за цикл, хв.

Кількість циклів (поїздок) агрегату за зміну знайдемо за формулою:

$$n_ц = \frac{T_ц}{t_ц}, \qquad (10.8)$$

де $T_ц$ – час циклів агрегату на внесенні добрив за зміну, хв.;

$t_ц$ – час одного циклу (поїздки) агрегату, хв.

Час циклів агрегату дорівнює:

$$T_ц = T_{зм} - T_{пз} - T_{відп} - T_{оп} - T_{обсл} \text{, хв.} \qquad (10.9)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, хв.;

$T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

$T_{відп}$ – час на відпочинок протягом зміни, хв.;

$T_{оп}$ – час на особисті потреби механізаторів, хв.;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування агрегату, хв.

При розрахунках рекомендується прийняти такі значення витрат часу: $T_{зм} = 420$ хв.; $T_{пз} = 35...40$ хв. (більші значення для

розкидачів вантажопідйомністю понад 8 тонн); $T_{відп} = T_{оп} = 20$ хв.; $T_{обсл} = 10...12$ хв.

Час циклу роботи машинного агрегату на внесенні мінеральних добрив розраховують за формулою:

$$t_ц = t_{зав} + t_{пер} + t_{розк} + t_{зв}, \quad (10.10)$$

де $t_{зав}$ – час завантажування добрив у розкидач, хв.;

$t_{пер}$ – час перевезення добрив від складу до поля, хв.;

$t_{розк}$ – час розкидання (внесення) добрив з кузова , хв.;

$t_{зв}$ – час зважування розкидача з добривами, хв. Приймаємо $t_{зв} = 2$ хв.

Час завантажування добрив у розкидач дорівнює:

$$t_{зав} = \frac{g_н \cdot 60}{W_{г.нав}}, \text{ хв.} \quad (10.11)$$

де $g_н$ – номінальна вантажопідйомність розкидача, т (табл. 30);

$W_{г.нав}$ – продуктивність навантажувача добрив за годину змінного часу, т.

Продуктивність навантажувача добрив за годину змінного часу визначають за формулою:

$$W_{г.нав} = W'_{г.нав} \cdot \tau_{нав}, \text{ т/год.} \quad (10.12)$$

де $W'_{г.нав}$ – продуктивність навантажувача добрив за годину основної (чистої) роботи, т/год, (табл. 30);

$\tau_{нав}$ – коефіцієнт використання часу зміни роботи навантажувача.

За даними хронометражних спостережень $\tau_{нав} = 0,55...0,60$.

Час перевезення добрив від складу до поля знайдемо за формулою:

$$t_{пер} = \frac{120 \cdot S}{V_{техн}}, \text{ хв.} \quad (10.13)$$

де S – віддаль перевезення добрив від складу до поля, км;

$V_{техн}$ – середньотехнічна швидкість руху агрегату, км/год.

Приймають для розрахунків $V_{техн} = 15...18$ км/год.

Час розкидання мінеральних добрив з кузова машини знайдемо за формулою:

$$t_{розк} = \frac{l_{розк} \cdot 60}{V_p \cdot 1000} + \frac{l_x \cdot 60}{V_x \cdot 1000}, \text{ хв.} \quad (10.14)$$

або

$$t_{розк} = 0,06 \cdot \left(\frac{l_{розк}}{V_p} + \frac{l_x}{V_x} \right), \text{ хв.} \quad (10.15)$$

де $l_{розк}$ і l_x – робочий і холостий шлях руху розкидача добрив, м;

V_p і V_x – робоча і холоста (на поворотах) швидкість руху агрегату, км/год.

Орієнтовно приймають $V_p = 12...15$ км/год, а $V_x = (0,7...0,8) \cdot V_p$, км/год.

Шлях розкидання (внесення) добрив з кузова машини дорівнює:

$$l_{розк} = \frac{10^4 \cdot g_н}{B_p \cdot H_д}, \text{ м.} \quad (10.16)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату для внесення добрив, м;

$g_н$ – номінальна вантажопідйомність розкидача, т (табл. 30);

$H_д$ – норма внесення добрив, т/га.

Холостий шлях руху (поворотів) розкидача за час спорожнення бункера визначають за формулою:

$$l_x = S_x \cdot n_x, \text{ м.} \quad (10.17)$$

де S_x – шлях одного холостого повороту агрегату, м;

n_x – кількість холостих поворотів агрегату за час спорожнення бункера машини.

За умови грушоподібного повороту агрегату шлях одного холостого повороту агрегату визначають за формулою:

$$S_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e, \text{ м.} \quad (10.18)$$

де R – радіус повороту агрегату, м. (Який для причіпних машин визначається із залежності $R = 1,2 \cdot B_p$);

e – довжина виїзду агрегату, м.

Для причіпних агрегатів довжина виїзду становить:

$$e = (0,50...0,75) \cdot l_a \text{, м.} \qquad (10.19)$$

де l_a – кінематична довжина агрегату, м.

$$l_a = l_{mp} + l_м \text{, м.} \qquad (10.20)$$

де l_{mp} і $l_м$ – кінематична довжина трактора і машини, м. (табл. 30 табл. 22).

Кількість холостих поворотів агрегату:

$$n_x = \frac{l_{розр}}{L_p}, \qquad (10.21)$$

де L_p – робоча довжина гону поля, м.

$$L_p = L - 2 \cdot E \text{, м.} \qquad (10.22)$$

де L – довжина гону поля, м.

E – ширина поворотної смуги, м.

Ширина поворотної смуги залежить від виду повороту:

$E = 3 \cdot R + e$ – петльовий поворот,

$E = 1,5 \cdot R + e$ – безпетльовий поворот.

Час робочого ходу агрегату дорівнює:

$$t_{px} = \frac{l_{розк} \cdot 60}{V_p \cdot 1000} = 0,06 \cdot \frac{l_{розк}}{V_p} \text{, хв.} \qquad (10.23)$$

Підставивши значення t_{px} в формулу (10.7), знайдемо час чистої роботи T_p, останнє підставляємо в формулу (10.5) і розраховуємо продуктивність агрегату за зміну в гектарах. Розділивши останню на тривалість зміни (7 год.), знайдемо продуктивність агрегату за годину змінного часу. Продуктивність агрегату в тоннах внесених мінеральних добрив визначимо за формулою (10.3), а кількість машинно-тракторних агрегатів для забезпечення умови потоковості процесу – за формулою (10.2).

Необхідну кількість агрегатів для виконання заданого обсягу робіт визначаємо за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{W'_{гр} \cdot T_{зм} \cdot K_{зм} \cdot n_д}, \qquad (10.24)$$

де Ω – обсяг роботи (площа), га.;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності;

$n_д$ – агротехнічний термін виконання роботи, днів.

Коефіцієнт змінності визначаємо за формулою:

$$K_{зм} = \frac{T_д}{T_{зм}}, \qquad (10.25)$$

де $T_д$ – тривалість роботи агрегату за добу, год.

Приклад розрахунків

Вихідні дані: Варіант 30 (табл. 29);
Площа – 925 га;
Норма внесення – 0,78 т/га;
Довжина гону поля – 1500 м;
Термін роботи – 7 днів;
Віддаль перевезення добрив – 7 км;
Марка навантажувача – ПЭ-0,8Б;
Марка внесення добрив – МВУ-8Б.

1. Агротехнічні вимоги для внесення добрив.

При поверхневому внесенні мінеральних добрив відцентровими розкидачами нерівномірність розподілу по всій площі поля не повинна перевищувати 25 %. Відхилення фактичної дози внесення добрив від заданої ± 10 %.

Розриви між суміжними проходами розкидачів не допускаються. Перекриття у стикових міжряддях має бути не більш як 5 % ширини захвату агрегату. При внесенні у ґрунт мінеральних добрив глибина стрічкового внесення основних доз мінеральних добрив до сівби становить, см: під зернові культури на суглинкових дерново-опідзолених ґрунтах 8...10; на піщаних і супіщаних ґрунтах 10...12; на різних ґрунтах посушливої

степової зони 12...15; під кукурудзу і цукрові буряки 12...15; під бобові і соняшник 10...12.

2. Комплектуємо машину для внесення добрив МВУ-8Б енергетичним засобом – трактором Т-150К.

3. Визначаємо необхідну кількість агрегатів для внесення (розкидання) добрив за умови потоковості процесу:

$$W_{гн} \cdot n_н = W_{гр} \cdot n_р, \qquad (10.1)$$

де $W_{гн}$ і $W_{гр}$ – продуктивність за годину змінного часу відповідно навантажувача і розкидача, т;

$n_н$ і $n_р$ – кількість навантажувачів і розкидачів.

Знайдемо кількість розкидачів із рівняння (10.1)

$$n_р = \frac{W_{гн} \cdot n_н}{W_{гр}}, \qquad (10.2)$$

Продуктивність розкидача через продуктивність обробленої за годину змінного часу площі знайдемо за рівнянням:

$$W_{гр} = W'_{гр} \cdot H_д, \text{ т/год} \qquad (10.3)$$

де $W'_{гр}$ – продуктивність агрегату на внесенні добрив за годину змінного часу, га/год;

$H_д$ – норма внесення добрив, т/га.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу і за зміну знайдемо за наступними формулами:

$$W'_{гр} = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot \tau, \text{ га/год} \qquad (10.4)$$

$$W'_{гр_{зм}} = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot T_р, \text{ га/зм} \qquad (10.5)$$

де $B_р$ – робоча ширина захвату агрегату на внесення добрив, м;

$V_р$ – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

$T_р$ – час основної (чистої) роботи агрегату.

Звідси коефіцієнт використання часу зміни розраховуємо за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \qquad (10.6)$$

Розрахуємо час основної (чистої) роботи агрегату:

$$T_p = n_ц \cdot t_{рх}, \qquad (10.7)$$

де $n_ц$ – кількість робочих циклів (поїздок) агрегату на внесенні мінеральних добрив протягом зміни;

$t_{рх}$ – тривалість робочого ходу (чистого часу розкидання добрив) агрегату за цикл, хв.

Кількість циклів (поїздок) агрегату за зміну знайдемо за формулою:

$$n_ц = \frac{T_ц}{t_ц}, \qquad (10.8)$$

де $T_ц$ – час циклів агрегату на внесенні добрив за зміну, хв.;

$t_ц$ – час одного циклу (поїздки) агрегату, хв.

Час циклів агрегату дорівнює:

$$T_ц = T_{зм} - T_{пз} - T_{відп} - T_{оп} - T_{обсл}, \text{ хв.} \qquad (10.9)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, хв.;

$T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, хв.;

$T_{відп}$ – час на відпочинок протягом зміни, хв.;

$T_{оп}$ – час на особисті потреби механізаторів, хв.;

$T_{обсл}$ – час на обслуговування агрегату, хв.

При розрахунках рекомендується прийняти такі значення витрат часу: $T_{зм} = 420$ хв.; $T_{пз} = 35...40$ хв. (більші значення для розкидачів вантажопідйомністю понад 8 тонн); $T_{відп} = T_{оп} = 20$ хв.; $T_{обсл} = 10...12$ хв.

$$T_ц = 420 - 40 - 20 - 10 = 350 \text{ хв.}$$

Час циклу роботи машинного агрегату на внесенні мінеральних добрив визначаємо за формулою:

$$t_ц = t_{зав} + t_{пер} + t_{розк} + t_{зв}, \qquad (10.10)$$

де $t_{зав}$ – час завантажування добрив у розкидач, хв.;

$t_{пер}$ – час перевезення добрив від складу до поля, хв.;

$t_{розк}$ – час розкидання (внесення) добрив з кузова , хв.;

$t_{зв}$ – час зважування розкидача з добривами, хв. Приймаємо $t_{зв} = 2$ хв.

Час завантажування добрив у розкидач дорівнює:

$$t_{зав} = \frac{g_н \cdot 60}{W_{г.нав}}, \text{ хв.} \qquad (10.11)$$

де $g_н$ – номінальна вантажопідйомність розкидача, т (табл. 30) $g_н = 8$ т.;

$W_{г.нав}$ – продуктивність навантажувача добрив за годину змінного часу, т.

$$W_{г.нав} = W'_{г.нав} \cdot \tau_{нав}, \text{ т/год.} \qquad (10.12)$$

де $W'_{г.нав}$ – продуктивність навантажувача добрив за годину основної (чистої) роботи, т/год, (табл. 30) $W'_{г.нав} = 100$ т/год;

$\tau_{нав}$ – коефіцієнт використання часу зміни роботи навантажувача.

За даними хронометражних спостережень $\tau_{нав} = 0,55...0,60$.

Отже:

$$W_{г.нав} = 100 \cdot 0,6 = 60 \text{ т/год.}$$

Час завантажування добрив у розкидач становить:

$$t_{зав} = \frac{8 \cdot 60}{60} = 8 \text{ хв.}$$

Час перевезення добрив від складу до поля знайдемо за формулою:

$$t_{пер} = \frac{120 \cdot S}{V_{техн}}, \text{ хв.} \qquad (10.13)$$

де S – віддаль перевезення добрив від складу до поля, км, $S = 7$ км.;

$V_{техн}$ – середньотехнічна швидкість руху агрегату, км/год.

Приймаємо $V_{техн} = 15$ км/год.

$$t_{пер} = \frac{120 \cdot 7}{15} = 56 \text{ хв.}$$

Час розкидання мінеральних добрив з кузова машини знаходимо за формулою:

$$t_{розк} = \frac{l_{розк} \cdot 60}{V_p \cdot 1000} + \frac{l_x \cdot 60}{V_x \cdot 1000}, \text{ хв.} \qquad (10.14)$$

або

$$t_{розк} = 0,06 \cdot \left(\frac{l_{розк}}{V_p} + \frac{l_x}{V_x} \right), \text{ хв.} \qquad (10.15)$$

де $l_{розк}$ і l_x – робочий і холостий шлях руху розкидача добрив, м;

V_p і V_x – робоча і холоста (на поворотах) швидкість руху агрегату, км/год.

Приймаємо $V_p = 12$ км/год, а $V_x = 0,8 \cdot V_p = 9,6$, км/год.

Далі визначаємо шлях розкидання (внесення) добрив з кузова машини:

$$l_{розк} = \frac{10^4 \cdot g_н}{B_p \cdot H_д}, \text{ м.} \qquad (10.16)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату для внесення добрив, м;

$g_н$ – номінальна вантажопідйомність розкидача, т (табл. 30);

$H_д$ – норма внесення добрив, т/га.

$$l_{розк} = \frac{10^4 \cdot 8}{18 \cdot 0,78} = 5714 \text{ м.}$$

Холостий шлях руху (поворотів) розкидача за час спорожнення бункера визначають за формулою:

$$l_x = S_x \cdot n_x, \text{ м.} \qquad (10.17)$$

де S_x – шлях одного холостого повороту агрегату, м;

n_x – кількість холостих поворотів агрегату за час спорожнення бункера машини.

Прийнявши схему грушоподібного повороту агрегату визначаємо шлях одного холостого повороту агрегату за формулою:

$$S_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e \text{, м.} \qquad (10.18)$$

де R – радіус повороту агрегату, м. Радіус повороту для причіпних машин визначають із залежності:

$$R = 1,2 \cdot B_p = 1,2 \cdot 10 = 12 \text{ м.;}$$

e – довжина виїзду агрегату, м.

Для причіпних агрегатів довжина виїзду становить:

$$e = (0,50...0,75) \cdot l_a \text{, м.} \qquad (10.19)$$

де l_a – кінематична довжина агрегату, м.

$$l_a = l_{тр} + l_м \text{, м.} \qquad (10.20)$$

де $l_{тр}$ і $l_м$ – кінематична довжина трактора і машини, м. (табл. 30 табл. 22).

Для трактора Т-150К $l_{тр} = 2,4$ м а машини МВУ-8Б $l_м = 4,7$ м.

$$l_a = l_{тр} + l_м = 2,4 + 4,7 = 7,1 \text{ м.}$$

Довжина виїзду:

$$e = 0,7 \cdot 7,1 = 5 \text{ м.}$$

Отже шлях одного холостого повороту агрегату буде становити:

$$S_x = 6 \cdot 12 + 2 \cdot 5 = 82 \text{ м.}$$

Далі визначаємо кількість холостих поворотів агрегату:

$$n_x = \frac{l_{розр}}{L_p}, \qquad (10.21)$$

де L_p – робоча довжина гону поля, м.

$$L_p = L - 2 \cdot E \text{, м.} \qquad (10.22)$$

де L – довжина гону поля, м.

E – ширина поворотної смуги, м.

Ширину поворотної смуги визначаємо для умови безпетльового повороту за формулою:

$$E = 1,5 \cdot R + e \text{, м.}$$

Тоді

$$E = 1,5 \cdot 12 + 5 = 23 \text{ м.}$$

Робоча довжина гону буде становити:

$$L_p = 1500 - 2 \cdot 23 = 1454 \text{ м.}$$

Кількість холостих поворотів агрегату складає:

$$n_x = \frac{5714}{1454} \approx 4$$

Тоді холостий шлях руху (поворотів) розкидача за час спорожнення бункера становитиме

$$l_x = 82 \cdot 4 = 328 \text{ м.}$$

Час розкидання мінеральних добрив з кузова машини складає:

$$t_{розк} = 0,06 \cdot \left(\frac{5714}{12} + \frac{328}{9,6} \right) = 31 \text{ хв.}$$

Отже, час циклу роботи машинного агрегату на внесенні мінеральних добрив:

$$t_ц = 8 + 56 + 31 + 2 = 97 \text{ хв.}$$

Кількість циклів (поїздок) агрегату за зміну складе:

$$n_ц = \frac{350}{97} \approx 3,6 .$$

Час робочого ходу агрегату дорівнює:

$$t_{рх} = \frac{l_{розк} \cdot 60}{V_p \cdot 1000} = 0,06 \cdot \frac{l_{розк}}{V_p} = 0,06 \cdot \frac{5714}{12} = 29 \text{ м.}$$

Розраховуємо час основної (чистої) роботи агрегату:

$$T_p = 3,6 \cdot 29 = 103 \text{ } хв = 1,7 \text{ } год.$$

Тоді коефіцієнт використання часу зміни буде рівний:

$$\tau = \frac{1,7}{7} = 0,24 .$$

Отже, продуктивність агрегату за годину змінного часу і за зміну буде дорівнювати:

$$W'_{гр} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau = 0,1 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 0,24 = 5,2 \text{ га/год.}$$

$$W'_{гр_{зм}} = 0,1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot T_р = 0,1 \cdot 18 \cdot 12 \cdot 1,7 = 36,7 \text{ га/змін.}$$

А продуктивність розкидача:

$$W_{гр} = W'_{гр} \cdot H_д = 5,2 \cdot 0,78 = 4,1 \text{ т/год.}$$

Необхідну кількість агрегатів для внесення (розкидання) добрив за умови потоковості процесу становитиме:

$$n_р = \frac{W_{гн} \cdot n_н}{W_{гр}} = \frac{60 \cdot 1}{4,1} = 14,6 \text{ розкидачів.}$$

Прийнявши тривалість роботи агрегату за добу $T_д = 7$ год, коефіцієнт змінності буде становити:

$$K_{зм} = \frac{7}{7} = 1.$$

Тоді необхідна кількість агрегатів для виконання заданого обсягу робіт буде рівною:

$$n_а = \frac{925}{4,1 \cdot 7 \cdot 1 \cdot 7} = 4,6 \approx 5.$$

Висновок.

Для забезпечення умови потоковості процесу внесення добрив на один навантажувач ПЭ-0,8Б необхідно 15 машинно-тракторних агрегатів Т-150К + МВУ-8Б. Така кількість МТА пояснюється великою відстанню перевезення добрив до поля, яка складає 7 км.

Для виконання заданого обсягу робіт (внесення мінеральних добрив на площі 925 га) протягом визначеного терміну 7 днів необхідно 5 машинно-тракторних агрегатів Т-150К + МВУ-8Б.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №11
РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ САДІННЯ КАРТОПЛІ

Мета роботи: оволодіти методикою розрахунку технологічної лінії садіння картоплі.

Розрахунок технологічної лінії садіння картоплі виконують у наступній послідовності:

1. Наводяться агротехнічні вимоги до садильних машин.

2. Визначають добовий і змінний темп проведення робіт для забезпечення садіння бульб у встановлені агротехнічні строки (8…10 днів).

$$W_д = \frac{\Omega_з}{D_д}, \qquad (11.1)$$

де $\Omega_з$ – загальний об'єм робіт, га;

$D_д$ – агротехнічно допустимий строк сівби, днів.

Змінний темп робіт залежить від коефіцієнта змінності ($K_{зм} = 1;\ 1{,}5;\ 2;\ 3$), який обумовлюється об'ємом робіт і наявністю кадрів механізаторів. У кожному конкретному випадку величину коефіцієнта змінності студент приймає самостійно.

Змінний темп робіт визначають за формулою:

$$W_{зм} = \frac{\Omega_з}{D_д \cdot K_{зм}}, \text{ га/зм.} \qquad (11.2)$$

3. За рекомендаціями заводів-виготовлювачів картоплесаджалок для заданої рядності вибирають марку енергетичного засобу з метою комплектування машинно-тракторного агрегату [табл. 32 і 33].

Визначають необхідну для роботи агрегату потужність двигуна та ступінь її використання за такими розрахунковими формулами:

$$N_e = \frac{\left[R_a + G_m \cdot (f_m + i)\right] \cdot V_p}{3{,}6 \cdot \eta_{mг} \cdot \eta_б} + \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}}, \text{ кВт,} \qquad (11.3)$$

де R_a – тяговий опір картоплесаджалки, кН;

G_m – сила ваги трактора, кН [табл. 33];

f_m – коефіцієнт опору коченню трактора; для гусеничних тракторів $f_m = 0{,}10...0{,}12$, а для колісних – 0,15…0,20;

i – нахил місцевості (поля) в сотих долях (в розрахунках значення його рекомендується прийняти рівним 0,01...0,05);

V_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год (агротехнічно допустима швидкість руху дорівнює 6...9 км/год);

$\eta_{mг}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії і гусеничної ланки трактора, (в розрахунках його значення можна орієнтовно прийняти рівним 0,78...0,80);

$\eta_б$ – коефіцієнт корисної дії буксування; для гусеничних тракторів $\eta_б = 0{,}95...0{,}98$; для колісних – 0,85...0,95;

$N_{ВВП}$ – потужність на привід картоплесаджалки, кВт;

$\eta_{ВВП}$ – коефіцієнт корисної дії ВВП; орієнтовно приймають $\eta_{ВВП} = 0{,}95$.

Тяговий опір картоплесаджалки можна розрахувати за формулою:

$$R_a = k_c \cdot B_p, \text{ кН}, \qquad (11.4)$$

де k_c – питомий опір картоплесаджалки, кН/м. Його значення приймають за даними довідкової літератури з урахуванням швидкості руху рівним 2...3 кН/м;

B_p – робоча ширина захвату картоплесаджалки, м [табл. 32].

Ступінь використання потужності двигуна трактора знайдемо за такою формулою:

$$\eta_e = \frac{N_e}{N_{ен}}, \qquad (11.5)$$

де $N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна, кВт [табл. 33].

Рекомендовані значення η_e знаходяться в межах 0,91...0,96.

За умови відхилення фактичного значення ступеня використання потужності двигуна від рекомендованих значень вибирають іншу марку енергетичного засобу (більш або менш потужну) і виконують відповідні розрахунки.

4. Визначають продуктивність агрегату на садінні картоплі за годину змінного часу та затрати робочого часу (праці) на одиницю виконаної роботи. Проводять розрахунок кількості саджальних агрегатів.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу і за зміну знаходять відповідно за такими формулами:

$$W_г' = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot \tau \text{, га/год,} \qquad (11.6)$$

$$W_{зм}' = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot T_р \text{, га/зм,} \qquad (11.7)$$

де $B_р$ – робоча ширина захвату агрегату на садінні картоплі, м [табл. 32];

$V_р$ – робоча швидкість руху агрегату, км/год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни;

$T_р$ – час основної (чистої) роботи за зміну, год.

Коефіцієнт використання часу зміни визначають як:

$$\tau = \frac{T_р}{T_{зм}}, \qquad (11.8)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, год. Приймають рівним 7 год.

Час основної роботи визначають наступним чином:

$$T_р = T_ц - T_з - T_х \text{, год,} \qquad (11.9)$$

де $T_ц$ – час робочих циклів включає (час основної роботи, завантаження бульб у картоплесаджалку і холостих поворотів агрегату), год;

$T_з$ – час завантаження бульб протягом зміни, год;

$T_х$ – час холостих поворотів агрегату протягом зміни, год.

Час робочих циклів агрегату протягом зміни знаходять за формулою:

$$T_ц = T_{зм} - T_{пз} - T_в - T_{ос} - T_{об} \text{, год,} \qquad (11.10)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, год. За даними довідкової літератури приймають $T_{пз} = 0,5$ год;

$T_в$ і $T_{ос}$ – час на відпочинок і особисті потреби протягом зміни, год. За даними довідкової літератури приймають $T_в + T_{ос} = 0,33$ год;

$T_{об}$ – час обслуговування агрегату у загінці, год. Його значення приймають рівним $T_{об} = 0,34$ год.

Час завантаження бульб протягом зміни визначають за формулою:

$$T_з = t_з \cdot n_з, \text{ год}, \tag{11.11}$$

де $t_з$ – час одного завантаження бункера картоплесаджалки, год; Приймають в межах $t_з = 0,07...0,10$ год;

$n_з$ – кількість завантажень бункера протягом зміни.

$$n_з = \frac{G_б}{V_б}, \tag{11.12}$$

де $G_б$ – кількість бульб, висаджених за зміну, т;

$V_б$ – місткість бункера картоплесаджалки, т [табл. 32].

Кількість бульб висаджених за зміну визначають за формулою:

$$G_б = W_{зм}' \cdot N_б, \text{ т}, \tag{11.13}$$

де $W_{зм}'$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

$N_б$ – норма садіння бульб, т/год (вихідні дані).

Зміну продуктивність агрегату $W_{зм}'$ попередньо визначають орієнтовно прийнявши коефіцієнт використання часу зміни рівним $\tau = 0,65$ а час основної роботи $T_р = 7$ год за формулами 10.6 і 10.7.

Час холостих поворотів агрегату протягом зміни визначають за формулою:

$$T_x = 0,001 \cdot \left(\frac{S_x \cdot n_x}{V_x} \right), \text{ год} \qquad (11.14)$$

де S_x – довжина холостого ходу одного повороту агрегату, м;

n_x – кількість холостих поворотів агрегату протягом зміни;

V_x – швидкість руху агрегату на поворотах, км/год. Орієнтовно можна прийняти $V_x = V_p = 9$ км/год.

Довжину холостого ходу при повороті агрегату знаходять із залежності:

$$S_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e \text{, м}, \qquad (11.15)$$

де R – радіус повороту агрегату, м;

e – виїзд агрегату, м

Для напівпричіпних картоплесаджальних агрегатів радіус повороту становить:

$$R = 1,6 \cdot B_p \text{, м}, \qquad (11.16)$$

Виїзд напівпричіпного агрегату становить:

$$e = (0,5...0,75) \cdot l_a \text{, м}, \qquad (11.17)$$

де l_a – кінематична довжина агрегату, м.

Кінематичну довжину агрегату визначають як суму:

$$l_a = l_m + l_c \text{, м}, \qquad (11.18)$$

де l_m і l_c – кінематична довжина відповідно трактора і саджалки, м [табл. 32 і 33].

Кількість холостих поворотів агрегату протягом зміни знаходять за формулою:

$$n_x = n_p = \frac{10^4 \cdot W_{зм}'}{L_p \cdot B_p}, \qquad (11.19)$$

де $W_{зм}'$ – попередньо визначена зміна продуктивність агрегату, га/зм;

L_p – робоча довжина гону, м.

Робочу довжину гону визначають за формулою:

$$L_p = L - 2 \cdot E_ф \text{, м}, \qquad (11.20)$$

де L – середньозважена довжина гону поля, м (вихідні дані).

$E_ф$ – фактична ширина поворотної смуги, м.

Фактична ширина поворотної смуги $E_ф$ повинна бути рівною або дещо більшою від розрахункової $E_р$, але обов'язково кратною ширині захвату агрегату:

$$E_ф = n \cdot B_р \geq E_р, \text{ м}, \qquad (11.21)$$

де n – ціле число проходів агрегату ($n = 1, 2, 3\ldots$).

Розрахункова ширина поворотної смуги агрегату залежить від виду повороту і розраховується за формулою:

- *при петльовому* $E_р = 3 \cdot R + e$, м, (11.22)

- *при безпетльовому* $E_р = 1{,}5 \cdot R + e$, м, (11.23)

Підставивши значення розрахованих величин у формули (11.8), (11.6) і (11.7), знаходять в кінцевому результаті продуктивність картоплесаджального агрегату за годину змінного часу.

Затрати робочого часу (праці) на одиницю виконаної роботи знаходять за формулою:

$$H = \frac{n_{мех} + n_{доп}}{W_г'}, \qquad (11.24)$$

де $n_{мех}$ і $n_{доп}$ – кількість механізаторів і допоміжних працівників на агрегаті [табл. 32].

Кількість саджальних агрегатів для виконання роботи у встановлені агротехнічні строки знаходять за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega_з}{W_г' \cdot T_{зм} \cdot K_{зм} \cdot D_д}, \qquad (11.25)$$

де $\Omega_з$ – заданий обсяг робіт, га;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності;

$D_д$ – агротехнічний строк робіт (кількість робочих днів, $D_д = 8-10$ днів).

Добову кількість агрегатів слід заокруглити у більший бік.

5. Розраховують необхідну кількість транспортних засобів для доставки бульб в поле і завантаження картоплесаджалок.

Кількість транспортних засобів знаходимо за умови потоковості технологічної лінії:

$$W_{кс} \cdot n_{кс} = W_{зав} \cdot n_{зав}, \qquad (11.26)$$

де $W_{кс}$ і $W_{зав}$ – продуктивність картоплесаджалки і завантажувача, т/год;

$n_{кс}$ і $n_{зав}$ – кількість картоплесаджалок і завантажувачів.

З формули 11.26 маємо:

$$n_{зав} = \frac{W_{кс}}{W_{зав}} \cdot n_{кс}. \qquad (11.27)$$

Продуктивність картоплесаджалки у тоннах висаджених за годину змінного часу визначають за формулою:

$$W_{кс} = W_{г}' \cdot N_{б}, \text{ т/год}, \qquad (11.28)$$

Продуктивність завантажувача знаходять за формулою:

$$W_{зав} = \frac{60}{t_{ц}} \cdot V_{б} \cdot n_{б}, \text{ т/год}, \qquad (11.29)$$

де $t_{ц}$ – час циклу (рейсу) транспортно-завантажувального засобу, хв;

$V_{б}$ – місткість бункера картоплесаджалки, т [табл. 32];

$n_{б}$ – кількість бункерів бульб, яка вміщується в кузові завантажувача.

Необхідно самостійно вирішити, яким чином у кузові транспортно-завантажувального засобу при необхідності можна розмістити дві і більше порцій бульб, рівних місткості бункера картоплесаджалки.

Час циклу завантажувального засобу становитиме:

$$t_{ц} = \left(t_{з} + t_{зв}\right) + \frac{2 \cdot 60 \cdot S}{V_{з}} + \left(t_{а} + t_{п}\right) \cdot n_{а}, \text{ хв.}, \qquad (11.30)$$

де $t_{з}$ – час завантаження бульб у транспортно-завантажувальний засіб (наприклад автомобіль), хв.

$t_{зв}$ – тривалість зважування бульб, хв. На підставі хронометражних спостережень орієнтовно можна прийняти $t_{зв} = 2$ хв.;

S – відстань перевезення бульб, км (вихідні дані);

$V_з$ – середньотехнічна швидкість руху завантажувача, км/год. При русі по польових дорогах автомобільного завантажувача $V_з = 20...25$ км/год, тракторного – 12…15 км/год;

$t_а$ – час завантаження садивного агрегату, хв. За даними хронометражних спостережень цей час орієнтовно становить 1,5…2 хв;

$t_п$ – час переїзду завантажувача від одного садивного агрегату до іншого, хв. Його слід визначити за умови переїзду завантажувача на довжину гону поля;

$n_а$ – кількість садивних агрегатів, які можуть бути заправлені з кузова завантажувача.

Час завантаження бульб у транспортно-завантажувальний засіб обчислюють за формулою:

$$t_з = \frac{V_б \cdot n_б}{W_{г.з}} \cdot 60 \text{, хв.,} \qquad (11.31)$$

де $W_{г.з}$ – продуктивність завантажувача транспортно-завантажувального засобу за годину змінного часу, т/год.

Як завантажувач рекомендується використати транспортер ТЗК-30 з приставкою ТПК-30 або картоплесортувальні пункти типу КСП-15Б чи КСП-25. Продуктивність ТЗК-30 складає до 10,5 т/год.

Приклад розрахунків

Вихідні дані: Варіант 30 (табл. 31);
Площа – 200 га;
Середньозважена довжина гону поля – 440 м;
Норма садіння бульб – 3,9 т/га;
Норма внесення мінеральних добрив – 0,39 т/га;
Відстань перевезення бульб і добрив – 6,8 км;

Потужність на привід саджалки $N_{ВВП}$ – 9,9 кВт;

Рядність машини – шестирядна.

1. Наведемо вимоги до садіння картоплі і картоплесаджалок

Починають саджати бульби тоді, коли ґрунт досягнув фізичної спілості, добре розпушується із створенням дрібно грудкуватої структури в усьому орному шарі, а його температура на глибині загортання бульб не нижче 5 – 7 ºС.

Картоплесаджалки мають висаджувати відкалібровані бульби масою 25...50 г, 50...80 і 80...120 г рядковим способом з міжряддями 60 і 70 см та відстанню між бульбами в рядку 20...40 см. Залежно від призначення і насіннєвої фракції вони мають забезпечувати при вирощуванні продовольчої картоплі норму садіння 50...60 тис. бульб на 1 га, а для насіннєвої – 70...80 тис. Відхилення від норми садіння становить не більше ніж 10 %. Пошкодження бульб садильними апаратами не допускається. Садіння потрібно завершити в оптимальні строки за 8 – 10 днів.

Картоплю висаджують гребеневим і гладеньким способами. При гребеневому садінні висота гребенів має бути 12...20 см, а глибина садіння – 6...12 см. На рівній поверхні поля глибина садіння становить 6...14 см. Відхилення від встановленої глибини не перевищує ± 2 см. Картоплесаджалки одночасно із садінням забезпечують внесення мінеральних добрив від 100 до 500 кг/га на дно борозни в одну стрічку 5...7 см завширшки і нижче від бульб на 2...5 см.

2. Визначаємо добовий і змінний темп проведення робіт для забезпечення садіння бульб у встановлені агротехнічні строки (8…10 днів).

$$W_д = \frac{\Omega_з}{D_д}, \qquad (11.1)$$

де $\Omega_з$ – загальний об’єм робіт, га;

$D_д$ – агротехнічно допустимий строк сівби, днів. Приймаємо $D_д = 8$ днів.

$$W_д = \frac{\Omega_з}{D_д} = \frac{200}{8} = 25,0 \text{ га/добу.}$$

Оскільки за умовою задана шестирядна машина приймаємо картоплесаджалку КСМ-6 і агрегатуємо її з трактором Т-150К, технічні характеристики яких наведені у таблиці 32 і 33.

Змінний темп робіт залежить від коефіцієнта змінності $K_{зм}$, який обумовлюється об'ємом робіт і наявністю кадрів, механізаторів у господарстві. Змінний темп робіт визначають за формулою:

$$W_{зм} = \frac{\Omega_з}{D_д \cdot K_{зм}}, \text{ га/зм.} \qquad (11.2)$$

Приймаємо коефіцієнт змінності рівним $K_{зм} = 1,5$.

Тоді

$$W_{зм} = \frac{200}{8 \cdot 1,5} = 16,7 \text{ га/зм.}$$

3. Визначаємо необхідну для роботи агрегату потужність двигуна та ступінь її використання за наступною розрахунковою формулою:

$$N_e = \frac{\left[R_a + G_m \cdot (f_m + i)\right] \cdot V_p}{3,6 \cdot \eta_{mг} \cdot \eta_б} + \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}}, \text{ кВт,} \qquad (11.3)$$

де R_a – тяговий опір картоплесаджалки, кН;

G_m – сила ваги трактора, кН [табл. 33], $G_m = 76$ кН;

f_m – коефіцієнт опору коченню трактора. Приймаємо для колісного трактора $f_m = 0,2$;

i – нахил місцевості (поля) в сотих долях (в розрахунках значення його рекомендується прийняти рівним 0,01...0,05). Приймаємо $i = 0,03$;

V_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год (агротехнічно допустима швидкість руху дорівнює 6...9 км/год). Приймаємо $V_p = 9$ км/год;

$\eta_{тг}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії і гусеничної ланки трактора, (в розрахунках його значення можна орієнтовно прийняти рівним 0,78...0,80). Приймаємо $\eta_{тг} = 0,79$;

$\eta_{б}$ – коефіцієнт корисної дії буксування; для гусеничних тракторів $\eta_{б} = 0,95...0,98$; для колісних – 0,85...0,95. Приймаємо $\eta_{б} = 0,9$;

$N_{ВВП}$ – потужність на привід картоплесаджалки, кВт. За умовою завдання $N_{ВВП} = 9,9$ кВт;

$\eta_{ВВП}$ – коефіцієнт корисної дії ВВП. Приймаємо $\eta_{ВВП} = 0,95$.

Тяговий опір картоплесаджалки розраховуємо за формулою:

$$R_a = k_c \cdot B_p, \text{ кН}, \qquad (11.4)$$

де k_c – питомий опір картоплесаджалки, кН/м. Приймаємо $k_c = 3$ кН/м;

B_p – робоча ширина захвату картоплесаджалки, м [табл. 32]. Для КСМ-6 $B_p = 4,2$ м.

Тоді

$$R_a = 3 \cdot 4,2 = 12,6 \text{ кН}.$$

Отже необхідна для роботи агрегату потужність двигуна буде становити:

$$N_e = \frac{\left[12,6 + 67 \cdot (0,2 + 0,03)\right] \cdot 9}{3,6 \cdot 0,79 \cdot 0,9} + \frac{9,9}{0,95} = 116,2 \text{ кВт}.$$

Ступінь використання потужності двигуна трактора знаходимо за формулою:

$$\eta_e = \frac{N_e}{N_{ен}}, \qquad (11.5)$$

де $N_{ен}$ – номінальна потужність двигуна, кВт [табл. 33]. $N_{ен} = 121,3$ кВт.

Рекомендовані значення η_e знаходяться в межах 0,91...0,96.

$$\eta_e = \frac{116,2}{121,3} = 0,96 .$$

Оскільки ступінь використання потужності двигуна знаходиться у рекомендованих межах, а саме $\eta_e = 0,96$, залишаємо для подальшого розрахунку прийняту марку енергетичного засобу.

4. Визначаємо продуктивність агрегату Т-150К+КСМ-6 на садінні картоплі за годину змінного часу та затрати робочого часу (праці) на одиницю виконаної роботи. Розрахуємо також кількість саджальних агрегатів.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу і за зміну знайдемо відповідно за такими формулами:

$$W_e' = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \text{, га/год,} \qquad (11.6)$$

$$W_{зм}' = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_p \text{, га/зм,} \qquad (11.7)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату на садінні картоплі, м [табл. 32], $B_p = 4,2$ м;

V_p – робоча швидкість руху агрегату, км/год. Прийняли $V_p = 9$ км/год;

T_p – час основної (чистої) роботи за зміну, год.;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Коефіцієнт використання часу зміни можна записати як:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}, \qquad (11.8)$$

де $T_{зм}$ – час зміни, год. Приймаємо $T_{зм} = 7$ год.

Час основної роботи визначаємо наступним чином:

$$T_p = T_ц - T_з - T_х \text{, год,} \qquad (11.9)$$

де $T_ц$ – час робочих циклів включає (час основної роботи, завантаження бульб у картоплесаджалку і холостих поворотів агрегату), год;

$T_з$ – час завантаження бульб протягом зміни, год;

T_x – час холостих поворотів агрегату протягом зміни, год.

Час робочих циклів агрегату протягом зміни знаходимо за формулою:

$$T_ц = T_{зм} - T_{пз} - T_в - T_{ос} - T_{об}, \text{ год}, \quad (11.10)$$

де $T_{пз}$ – підготовчо-заключний час, год. За даними довідкової літератури приймаємо $T_{пз} = 0,5$ год;

$T_в$ і $T_{ос}$ – час на відпочинок і особисті потреби протягом зміни, год. За даними довідкової літератури приймаємо $T_в + T_{ос} = 0,33$ год;

$T_{об}$ – час обслуговування агрегату у загінці, год. Його значення приймаємо рівним $T_{об} = 0,34$ год.

Тоді час робочих циклів буде рівний:

$$T_ц = 7 - 0,5 - 0,33 - 0,34 = 5,83 \text{ год}.$$

Час завантаження бульб протягом зміни визначаємо з формули:

$$T_з = t_з \cdot n_з, \text{ год}, \quad (11.11)$$

де $t_з$ – час одного завантаження бункера картоплесаджалки, год; Приймаємо $t_з = 0,08$ год;

$n_з$ – кількість завантажень бункера протягом зміни.

$$n_з = \frac{G_б}{V_б}, \quad (11.12)$$

де $G_б$ – кількість бульб, висаджених за зміну, т;

$V_б$ – місткість бункера картоплесаджалки, т [табл. 32]. Для картоплесаджалки КСМ-6 $V_б = 3,2$ т.

Кількість бульб висаджених за зміну визначають за формулою:

$$G_б = W_{зм}' \cdot N_б, \text{ т}, \quad (11.13)$$

де $W_{зм}'$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

$N_б$ – норма садіння бульб, т/год. За умовою $N_б = 3,9$ т/га.

Попередньо визначимо годину і зміну продуктивність агрегату $W_{зм}'$, орієнтовно прийнявши коефіцієнт використання часу зміни рівним $\tau = 0,65$ а час основної роботи $T_p = 7$ год. за формулами 11.6 і 11.7:

$$W_г' = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 9 \cdot 0,65 = 2,5 \text{ га/год},$$

$$W_{зм}' = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 9 \cdot 0,65 \cdot 7 = 17,2 \text{ га/зм}.$$

Тоді кількість бульб висаджених за зміну буде рівна:

$$G_б = 17,2 \cdot 3,9 = 67,08 \text{ т}.$$

Кількість завантажень бункера протягом зміни буде становити:

$$n_з = \frac{67,08}{3,2} \approx 21.$$

Час завантаження бульб протягом зміни:

$$T_з = 0,08 \cdot 21 = 1,68 \text{ год}.$$

Час холостих поворотів агрегату протягом зміни визначимо за формулою:

$$T_x = 0,001 \cdot \left(\frac{S_x \cdot n_x}{V_x} \right), \text{ год} \qquad (11.14)$$

де S_x – довжина холостого ходу одного повороту агрегату, м;

n_x – кількість холостих поворотів агрегату протягом зміни;

V_x – швидкість руху агрегату на поворотах, км/год. Орієнтовно можна прийняти $V_x = V_p = 9$ км/год.

Довжину холостого ходу при повороті агрегату знаходимо із залежності:

$$S_x = 6 \cdot R + 2 \cdot e \text{, м}, \qquad (11.15)$$

де R – радіус повороту агрегату, м;

e – виїзд агрегату, м

Враховуючи те, що картоплесаджалка КСМ-6 напівначіпна приймаємо наступну розрахункову формулу для визначення радіусу повороту агрегату:

$$R = 1,6 \cdot B_p \text{, м}, \qquad (11.16)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату, м.

$$R = 1,6 \cdot 4,2 = 6,72 \text{ м.}$$

Виїзд напівначіпного агрегату становитиме:

$$e = (0,5...0,75) \cdot l_a \text{, м,} \qquad (11.17)$$

де l_a – кінематична довжина агрегату, м.

Кінематичну довжину агрегату визначають як суму:

$$l_a = l_m + l_c \text{, м,} \qquad (11.18)$$

де l_m і l_c – кінематична довжина відповідно трактора і саджалки, м [табл. 32 і 33]. $l_m = 2,4$ м, $l_c = 3,5$ м.

Тоді

$$l_a = 2,4 + 3,5 = 5,9 \text{ м.}$$

У свою чергу виїзд напівначіпного агрегату буде становити:

$$e = 0,55 \cdot 5,9 = 3,3 \text{ м.}$$

Тоді довжина холостого ходу при повороті агрегату становитиме:

$$S_x = 6 \cdot 6,72 + 2 \cdot 3,3 = 46,9 \text{ м.}$$

Кількість холостих поворотів агрегату протягом зміни знайдемо за формулою:

$$n_x = n_p = \frac{10^4 \cdot W_{зм}'}{L_p \cdot B_p}, \qquad (11.19)$$

де $W_{зм}'$ – попередньо визначена зміна продуктивність агрегату, га/зм;

L_p – робоча довжина гону, м.

Робочу довжину гону визначають за формулою:

$$L_p = L - 2 \cdot E_ф \text{, м,} \qquad (11.20)$$

де L – середньозважена довжина гону поля, м. За умовою $L = 440$ м;

$E_ф$ – фактична ширина поворотної смуги, м.

При петльовому повороті агрегату ширина поворотної смуги становить:

$$E_p = 3 \cdot R + e, \text{ м}, \qquad (11.21)$$

$$E_p = 3 \cdot 6,72 + 3,3 = 23,46 \text{ м}.$$

Фактична ширина поворотної смуги $E_ф$ повинна бути рівною або дещо більшою від розрахункової E_p, але обов'язково кратною ширині захвату агрегату:

$$E_ф = n \cdot B_p \geq E_p, \text{ м}, \qquad (11.22)$$

де n – ціле число проходів агрегату ($n = 1, 2, 3\ldots$). Приймаємо $n = 6$.

Тоді

$$E_ф = 6 \cdot 4,2 = 25,2 \geq E_p = 23,46 \text{ м}.$$

Робоча довжина гону буде становити:

$$L_p = 440 - 2 \cdot 25,2 = 389,6 \text{ м}.$$

Отже кількість холостих поворотів агрегату протягом зміни буде рівна:

$$n_x = \frac{10^4 \cdot 17,2}{389,6 \cdot 4,2} = 105.$$

Час холостих поворотів агрегату протягом зміни дорівнюватиме:

$$T_x = 0,001 \cdot \left(\frac{46,7 \cdot 105}{9} \right) = 0,54 \text{ год}.$$

Тоді час чистої роботи буде становити:

$$T_p = 5,83 - 1,68 - 0,54 = 3,61 \text{ год}.$$

Підставивши значення розрахованих величин у формули (11.8), (11.6) і (11.7), знайдемо в кінцевому результаті продуктивність картоплесаджального агрегату за годину змінного часу.

$$\tau = \frac{3,61}{7} = 0,52,$$

$$W_г' = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 9 \cdot 0,52 = 1,97 \text{ га/год},$$

$$W_{зм}' = 0,1 \cdot 4,2 \cdot 9 \cdot 3,61 = 13,6 \text{ га/зм}.$$

Затрати робочого часу (праці) на одиницю виконаної роботи знайдемо за формулою:

$$H = \frac{n_{мех} + n_{доп}}{W_г'}, \text{ люд·год/га,} \qquad (11.24)$$

де $n_{мех}$ і $n_{доп}$ – кількість механізаторів і допоміжних працівників на агрегаті [табл. 32]. $n_{мех} = 1$; $n_{доп} = 2$.

$$H = \frac{1+2}{1,97} = 1,52 \text{, люд·год/га.}$$

Кількість саджальних агрегатів для виконання роботи у встановлені агротехнічні строки знайдемо за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega_з}{W_г' \cdot T_{зм} \cdot K_{зм} \cdot D_д}, \qquad (11.25)$$

де $\Omega_з$ – заданий обсяг робіт, га;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності. $K_{зм} = 1,5$;

$D_д$ – агротехнічний строк робіт (кількість робочих днів, $D_д = 8-10$ днів). Приймаємо $D_д = 8$ днів.

$$n_a = \frac{200}{1,97 \cdot 7 \cdot 1,5 \cdot 8} = 1,2.$$

Добову кількість агрегатів слід заокруглити у більший бік. Приймаємо $n_a = 2$.

5. Розраховуємо необхідну кількість транспортних засобів для доставки бульб в поле і завантаження картоплесаджалок.

Кількість транспортних засобів знаходимо за умови потоковості технологічної лінії:

$$W_{кс} \cdot n_{кс} = W_{зав} \cdot n_{зав}, \qquad (11.26)$$

де $W_{кс}$ і $W_{зав}$ – продуктивність картоплесаджалки і завантажувача, т/год;

$n_{кс}$ і $n_{зав}$ – кількість картоплесаджалок і завантажувачів.

З формули 11.26 маємо:

$$n_{зав} = \frac{W_{кс}}{W_{зав}} \cdot n_{кс}. \qquad (11.27)$$

Продуктивність картоплесаджалки у тоннах висаджених за годину змінного часу визначаємо за формулою:

$$W_{кс} = W_г' \cdot N_б, \text{ т/год}, \qquad (11.28)$$

$$W_{кс} = 1,97 \cdot 3,9 = 7,68 \text{ т/год}$$

Продуктивність завантажувача знаходимо за формулою:

$$W_{зав} = \frac{60}{t_ц} \cdot V_б \cdot n_б, \text{ т/год}, \qquad (11.29)$$

де $t_ц$ – час циклу (рейсу) транспортно-завантажувального засобу, хв;

$V_б$ – місткість бункера картоплесаджалки, т [табл. 32]. $V_б = 3,2$ т;

$n_б$ – кількість бункерів бульб, яка вміщується в кузові завантажувача.

Час циклу завантажувального засобу становитиме:

$$t_ц = \left(t_з + t_{зв}\right) + \frac{2 \cdot 60 \cdot S}{V_з} + \left(t_а + t_п\right) \cdot n_а, \text{ хв.}, \qquad (11.30)$$

де $t_з$ – час завантаження бульб у транспортно-завантажувальний засіб (наприклад автомобіль), хв.

$t_{зв}$ – тривалість зважування бульб, хв. На підставі хронометражних спостережень орієнтовно можна прийняти $t_{зв} = 2$ хв.;

S – відстань перевезення бульб, км. За умовою $S = 6,8$ км;

$V_з$ – середньотехнічна швидкість руху завантажувача, км/год. При русі по польових дорогах автомобільного завантажувача $V_з = 20...25$ км/год, тракторного – 12…15 км/год. Приймаємо $V_з = 25$ км/год;

$t_а$ – час завантаження садивного агрегату, хв. За даними хронометражних спостережень цей час орієнтовно становить 1,5…2 хв. Приймаємо $t_а = 2$ хв;

t_n – час переїзду завантажувача від одного садивного агрегату до іншого, хв. Його слід визначити за умови переїзду завантажувача на довжину гону поля;

n_a – кількість садивних агрегатів, які можуть бути заправлені з кузова завантажувача.

Час завантаження бульб у транспортно-завантажувальний засіб обчислюємо за формулою:

$$t_з = \frac{V_б \cdot n_б}{W_{г.з}} \cdot 60 \text{ , хв.,} \qquad (11.31)$$

де $W_{г.з}$ – продуктивність завантажувача транспортно-завантажувального засобу за годину змінного часу, т/год.

Як завантажувач рекомендується використати транспортер ТЗК-30 з приставкою ТПК-30 або картоплесортувальні пункти типу КСП-15Б чи КСП-25. Продуктивність ТЗК-30 складає до 10,5 т/год.

В якості транспортно-завантажувального засобу приймаємо ЗАК-3 вантажопідйомністю 3 тонни, тоді кількість бункерів бульб, яка вміщується в кузові завантажувача буде становити:

$$n_б = \frac{V_m}{V_б}, \qquad (11.32)$$

де V_m – місткість кузова транспортно-завантажувального засобу, т. $V_m = 3$ т.

$$n_б = \frac{3}{2} = 1,5.$$

Тоді час завантаження бульб у транспортно-завантажувальний засіб буде становити

$$t_з = \frac{2 \cdot 1,5}{10,5} \cdot 60 = 17 \text{ хв.}$$

Час переїзду завантажувача від одного садивного агрегату до іншого складає:

$$t_n = \frac{L}{V_з} \text{, хв.,} \qquad (11.33)$$

де L – середньозважена довжина гону поля, м;

$$t_n = \frac{440}{25} = 17,6 \text{ хв.}$$

Час циклу завантажувального засобу буде складати:

$$t_ц = (17+2) + \frac{2 \cdot 60 \cdot 6,8}{25} + (2+17,6) \cdot 2 = 90,8 \text{ хв.}$$

Тоді продуктивність завантажувача буде наступною:

$$W_{зав} = \frac{60}{90,8} \cdot 3,2 \cdot 1,5 = 3,2 \text{ т/год.}$$

Отже кількість транспортних засобів за умови потоковості технологічної лінії садіння картоплі буде рівною:

$$n_{зав} = \frac{7,68}{3,2} \cdot 2 = 4,8 .$$

Приймаємо 5 транспортних засобів

Висновок.

При агрегатуванні картоплесаджалки КСМ-6 з трактором Т-150К ступінь використання потужності двигуна трактора становить $\eta_e = 0,96$. Продуктивність агрегату за годину змінного часу при коефіцієнті використання часу зміни $\tau = 0,52$ рівна $W_г' = 1,97$ га/год, а за зміну $W_{зм}' = 13,6$ га/год. Затрати робочого часу (праці) на одиницю виконаної роботи – $H = 1,52$ люд·год/га. Кількість саджальних агрегатів для виконання роботи у встановлені агротехнічні строки ($D_д = 8$ днів.) – $n_a = 2$ агрегати. Необхідно 5 транспортно-завантажувальних засобів ЗАК-3 для доставки бульб в поле і завантаження картоплесаджалок.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №12
РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ЗБИРАННЯ ОЗИМОЇ ПШЕНИЦІ

Мета роботи: оволодіти методикою проектування технологічних ліній збирання озимої пшениці.

1. Обґрунтуйте спосіб збирання озимої пшениці та подайте агровимоги до нього. Залежно від агрокліматичних умов стану хлібів та наявності техніки спеціалісти господарств вибирають однофазний (пряме комбайнування) чи двофазний (укладання хлібів у валки з наступним обмолотом) спосіб збирання.

2. Розрахуйте ширину захвату жатки (хедера), робочу швидкість руху комбайна, його продуктивність, затрати робочого часу (праці), витрату палива і приведені затрати. Робоча ширина захвату жатки для скошування зернових культур у валки визначається за формулою:

$$B_p = \frac{10 \cdot Q_z}{U_з \cdot (1+\gamma_c)}, \text{ м} \qquad (12.1)$$

де Q_z – маса погонного метра валка, кг;

$U_з$ – урожайність зерна, т/га (табл. 35);

γ_c – соломистість хлібів (табл. 35).

Рекомендованою шириною захвату жатки для комбайнів ЛАН є 6 м, ДОН-1500 – 8,6 м, МФ-38 – 6 м. Проте, в залежності від урожайності зернових культур використовують жатки різної ширини захвату, наприклад комбайн ЛАН можна комплектувати жатками ширина захвату яких становить 4, 5, 6 і 7 м.

Кількість хлібної маси на 1 м довжини валка, необхідна для завантаження молотарки комбайна дорівнює:

$$Q_z = \frac{3,6 \cdot g_{опт}}{V_p}, \text{ кг/м} \qquad (12.2)$$

де $g_{опт}$ – оптимальна пропускна здатність молотарки, кг/с;

V_p – робоча швидкість руху комбайна, км/год. Доцільною є швидкість руху комбайна 3…4 км/год.

Оптимальна пропускна здатність молотарки залежить від стану посівів на момент збирання:

$$g_{опт} = g_р \cdot K_с \cdot K_з \cdot K_в \text{, кг/с} \qquad (12.3)$$

де $g_р$ – розрахункова (паспортна) пропускна здатність, кг/с (табл. 35);

$K_с$, $K_з$, $K_в$ – коефіцієнти, які враховують відповідно соломистість, забур'яненість і вологість хлібів.

Розрахункова (паспортна) пропускна здатність комбайна приймається на збиранні озимої пшениці соломистістю 1,5 і вологістю 15...16 % при відсутності забур'яненості.

При відхиленні стану хлібів вказаного вище рекомендується приймати такі значення коефіцієнтів: $K_с = 0,80...0,90$ $K_з = 0,85...0,95$; $K_в = 0,70...0,90$. Менші значення коефіцієнтів приймають для важких умов роботи (соломистість 2,5, висока забур'яненість і вологість хлібів близько 25%).

Робочу швидкість руху комбайна, при якій буде забезпечено його оптимальну пропускну здатність, знайдемо за такою формулою:

$$V_р = \frac{36 \cdot g_{опт}}{B_к \cdot \beta \cdot U_з \cdot (1+\gamma_с)} \text{, км/год} \qquad (12.4)$$

де $B_к$ – конструктивна ширина захвату жатки, м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки, приймають в межах $\beta = 0,94...0,95$.

Продуктивність зернозбирального комбайна за годину змінного часу дорівнює:

$$W_г = \frac{3,6 \cdot g_{опт}}{U_з \cdot (1+\gamma_с)} \cdot \tau \text{, га/год} \qquad (12.5)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни, $\tau = 0,60...0,75$.

Менші значення τ рекомендується приймати для вітчизняних комбайнів, як поки ще недостатньо надійних, та при роботі на полях з короткими гонами і складної конфігурації.

Затрати робочого часу (праці):

$$H = \frac{n}{W_г}, \text{ год/га} \qquad (12.6)$$

де n – кількість механізаторів, працюючих на комбайні одночасно, чол.

Витрату палива на одиницю роботи визначаємо за такою формулою:

$$Q = \frac{N_{en} \cdot g_e \cdot K_з}{W_г}, \text{ кг/га} \qquad (12.7)$$

де N_{en} – номінальна потужність двигуна комбайна, кВт (табл. 35);

g_e – питома витрата палива, кг/кВт·год. Для двигунів типу СМД $g_e = 0,24...0,25$ кг/кВт·год, а для двигунів іноземних фірм $g_e = 0,18...0,20$ кг/кВт·год;

$K_з$ – коефіцієнт завантаження двигуна. Орієнтовно рекомендується прийняти $K_з = 0,70...0,85$ (більші значення $K_з$ будуть при роботі комбайна з подрібнювачем).

Приведені затрати на зернозбиральний комбайн дорівнюють:

$$П = C + E \cdot K, \text{ грн./га} \qquad (12.8)$$

де C – прямі експлуатаційні затрати, грн/га;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

K – величина капітальних вкладень, грн/га.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю роботи визначаємо так:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн./га} \qquad (12.9)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, який працює на комбайні, грн/га;

C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га;

C_3 – відрахування на амортизацію комбайна, грн/га;

C_4 – відрахування на технічне обслуговування комбайна, грн/га.

Оплата праці обслуговуючого персоналу дорівнює:

$$C_1 = \frac{n_5 \cdot T_5 + n_6 \cdot T_6}{W_г}, \qquad (12.10)$$

де n_5 і n_6 – кількість механізаторів, які працюють на комбайні за кожною кваліфікацією (розрядом);

T_5 і T_6 – оплата праці за змінну норму виробітку працівника кожної кваліфікації (п'ятого і шостого розряду), грн. (табл. 36).

За умови роботи лише комбайнера у формулі (12.10) маємо:

$$n_5 \cdot T_5 = 0.$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначаємо так:

$$C_2 = Ц_К \cdot Q_з, \text{ грн./га} \qquad (12.11)$$

де $Ц_К$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн.

Приймаємо $Ц_К = 14,0$ грн.

Відрахування на амортизацію зернозбирального комбайна дорівнюють:

$$C_з = \frac{Б_к \cdot a_к}{100 \cdot W_г \cdot t_к}, \text{ грн./га} \qquad (12.12)$$

де $Б_к$ – балансова вартість комбайна, грн. (табл. 37);

$a_к$ – норма відрахувань на амортизацію, % (табл. 37);

$t_к$ – річне завантаження комбайна, год (табл. 37).

Відрахування на технічне обслуговування визначаємо так:

$$C_4 = \frac{Б_к \cdot P_к}{100 \cdot W_г \cdot t_к}, \text{ грн./га} \qquad (12.13)$$

де $P_к$ – сумарна норма відрахувань на технічне обслуговування комбайна, % (табл. 37).

Величина капітальних вкладень дорівнює:

$$K = \frac{Б_к}{W_г \cdot t_к}, \qquad (12.14)$$

3. Розрахуйте склад комбайно-транспортної ланки.

Структурний склад ланки включає зернозбиральні комбайни заданої за варіантом марки та автомобілі обраної студентом марки для відвезення зерна з поля на тік. Необхідну кількість зернозбиральних комбайнів для виконання заданого об'єму робіт у встановлені агростроки знайдемо так:

$$n_к = \frac{S}{W_г \cdot T_{зм} \cdot K_{зм} \cdot n_{дн}}, \qquad (12.15)$$

де S – площа озимої пшениці, га (табл. 35);

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності (приймається студентом в залежності від наявності комбайнерів у господарстві);

$n_{дн}$ – тривалість збиральних робіт, днів. При розрахунках приймають $n_{дн} = 6...8$ днів.

Необхідну кількість автомобілів для відвезення зерна від групи зернозбиральних комбайнів визначаємо за формулою:

$$n_а = \frac{n_к \cdot t_а}{\left(t_б + t_{р.б.}\right) \cdot n_б}, \qquad (12.16)$$

де $t_а$ – час циклу (рейсу) автомобіля, хв.

$t_б$, $t_{р.б.}$ – час відповідно заповнення бункера комбайна зерном і його розвантаження, хв.;

$n_б$ – кількість бункерів зерна, яка вміщується в кузові автомобіля.

Тривалість рейсу автомобіля визначають так:

$$t_а = \left(t_{р.б.} + t_{пер}\right) \cdot n_б + \frac{120 \cdot L}{V_а} + t_{зв} + t_{розв}, \text{ хв.} \qquad (12.17)$$

де $t_{пер}$ – час переїзду автомобіля від краю поля до комбайна або від одного комбайна до іншого, хв.;

L – відстань перевезення зерна на тік, км.;

$V_а$ – середньотехнічна швидкість руху автомобіля, км/год;

$t_{зв}$ і $t_{розв}$ – тривалість зважування і розвантаження зерна, хв.

За даними хронометражних спостережень можна прийняти: $t_{р.б.} = t_{розв} = 5$ хв.; $t_{зв} = 2$ хв. Середньотехнічна швидкість руху автомобіля в польових умовах знаходиться в межах 23…27 км/год.

Час заповнення бункера комбайна зерном дорівнює:

$$t_б = \frac{L_б \cdot 60}{V_р \cdot 1000} = 0,06 \cdot \left(\frac{L_б}{V_р} \right), \text{ хв.} \qquad (12.18)$$

де $L_б$ – шлях заповнення бункера, м;

$V_р$ – робоча швидкість руху комбайна, км/год.

$$L_б = \frac{10^4 \cdot V_б \cdot \gamma_з \cdot \varphi}{B_к \cdot \beta \cdot U_з}, \text{ м} \qquad (12.19)$$

де $V_б$ – місткість бункера, м^3;

$\gamma_з$ – насипна маса зерна, т/м^3; для озимої пшениці $\gamma_з = 0,78...0,82$ т/м^3;

φ – коефіцієнт заповнення – спорожнення бункера комбайна. $\varphi = 0,90...0,95$;

$B_к$ – конструктивна ширина захвату жатки, м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки, приймають в межах $\beta = 0,94...0,95$.

Кількість бункерів, що поміщаються у кузові автомобіля визначають за формулою:

$$n_б = \frac{q_{на}}{V_б \cdot \gamma_з \cdot \varphi}, \qquad (12.20)$$

де $q_{на}$ – номінальна вантажопідйомність автомобіля, т (табл. 38).

Після підстановки розрахункових значень величин у формулу (12.16) знайдемо необхідну кількість автомобілів.

Приклад розрахунків

Вихідні дані: Варіант 30 (табл. 35);

Площа збирання озимої пшениці – 150 га;

Середньозважена довжина гону поля – 500 м;
Урожайність зерна – 6 т/га;
Соломистість хлібів – 1,2;
Відстань перевезення зерна на тік – 3 км;
Марка зернозбирального комбайна – МФ-38;
Стан хлібів – чисті (450 рослин на 1 м^2).

1. Приймаємо двофазний комбайновий спосіб збирання озимої пшениці (роздільне комбайнування) оскільки густота не менше ніж 300-350 рослин на 1 м^2.

Агротехнічні вимоги. Втрати зерна за валковою жаткою для прямостоячих хлібів допускається не більше ніж 0,5 %, для полеглих 1,5 %. Втрати за молотаркою не повинні перевищувати 1 %. Чистота зерна в бункері має бути не менше ніж 96 %.

2. Робочу ширину захвату жатки для скошування зернових культур у валки визначаємо за формулою:

$$B_p = \frac{10 \cdot Q_z}{U_з \cdot (1+\gamma_c)}, \text{ м} \qquad (12.1)$$

де Q_z – маса погонного метра валка, кг;

$U_з$ – урожайність зерна, т/га. $U_з = 6$ т/га;

γ_c – соломистість хлібів, $\gamma_c = 1,2$.

Кількість хлібної маси на 1 м довжини валка, що необхідна для завантаження молотарки комбайна дорівнює:

$$Q_z = \frac{3,6 \cdot g_{опт}}{V_p}, \text{ кг/м} \qquad (12.2)$$

де $g_{опт}$ – оптимальна пропускна здатність молотарки, кг/с;

V_p – робоча швидкість руху комбайна, км/год. Приймаємо $V_p = 3,5$ км/год.

Оптимальна пропускна здатність молотарки залежить від стану посівів на момент збирання і визначається за формулою:

$$g_{опт} = g_p \cdot K_c \cdot K_з \cdot K_в, \text{ кг/с} \qquad (12.3)$$

де g_p – розрахункова (паспортна) пропускна здатність, кг/с (табл. 35) $g_p = 9$ кг/с;

K_c, $K_з$, $K_в$ – коефіцієнти, які враховують відповідно соломистість, забур'яненість і вологість хлібів. Приймаємо такі значення коефіцієнтів: $K_c = 0,85$; $K_з = 0,90$; $K_в = 0,80$.

Тоді оптимальна пропускна здатність молотарки буде становити:

$$g_{опт} = 9 \cdot 0,85 \cdot 0,9 \cdot 0,8 = 5,5 \text{ кг/с}.$$

Кількість хлібної маси на 1 м довжини валка, що необхідна для завантаження молотарки комбайна буде рівна:

$$Q_z = \frac{3,6 \cdot 5,5}{3,5} = 5,7 \text{ кг/м}.$$

Отже робоча ширина захвату жатки буде становити:

$$B_p = \frac{10 \cdot 5,7}{6 \cdot (1+1,2)} = 4,3 \text{ м}.$$

Приймаємо для комбайна МФ-38 жатку шириною захвату 5 м. Дійсна робоча швидкість руху комбайна, при якій буде забезпечено його оптимальну пропускну здатність, знаходимо за формулою:

$$V_p = \frac{36 \cdot g_{опт}}{B_к \cdot \beta \cdot U_з \cdot (1+\gamma_c)}, \text{ км/год} \qquad (12.4)$$

де $B_к$ – конструктивна ширина захвату жатки, м. $B_к = 5,0$ м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки, приймаємо $\beta = 0,95$.

$$V_p = \frac{36 \cdot 5,5}{B_к \cdot 0,95 \cdot 6 \cdot (1+1,2)} = 3,15 \text{ км/год}.$$

Продуктивність зернозбирального комбайна МФ-38 за годину змінного часу дорівнює:

$$W_г = \frac{3,6 \cdot g_{опт}}{U_з \cdot (1+\gamma_c)} \cdot \tau, \text{ га/год} \qquad (12.5)$$

де τ – коефіцієнт використання часу зміни. Приймаємо $\tau = 0,75$.

Отже

$$W_г = \frac{3,6 \cdot 5,5}{6 \cdot (1+1,2)} \cdot 0,75 = 1,13 \text{ га/год.}$$

Затрати робочого часу (праці) визначаємо за формулою:

$$H = \frac{n}{W_г}, \text{ год/га} \qquad (12.6)$$

де n – кількість механізаторів, працюючих на комбайні одночасно, чол. Приймаємо лише одного механізатора.

Тоді

$$H = \frac{1}{1,13} = 0,9 \text{ га/год.}$$

Витрату палива на одиницю роботи визначаємо за такою формулою:

$$Q = \frac{N_{en} \cdot g_e \cdot K_з}{W_г}, \text{ кг/га} \qquad (12.7)$$

де N_{en} – номінальна потужність двигуна комбайна, кВт (табл. 35) $N_{en} = 219$ кВт;

g_e – питома витрата палива, кг/кВт·год. Приймаємо як для двигунів іноземних фірм $g_e = 0,20$ кг/кВт·год;

$K_з$ – коефіцієнт завантаження двигуна. Приймаємо $K_з = 0,80$.

$$Q = \frac{219 \cdot 0,2 \cdot 0,8}{1,13} = 31 \text{ кг/га.}$$

Приведені затрати на зернозбиральний комбайн дорівнюють:

$$П = C + E \cdot K, \text{ грн./га} \qquad (12.8)$$

де C – прямі експлуатаційні затрати, грн/га;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

K – величина капітальних вкладень, грн/га.

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю роботи визначаємо так:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн./га} \qquad (12.9)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, який працює на комбайні, грн/га;

C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га;

C_3 – відрахування на амортизацію комбайна, грн/га;

C_4 – відрахування на технічне обслуговування комбайна, грн/га.

Оплата праці обслуговуючого персоналу дорівнює:

$$C_1 = \frac{n_5 \cdot T_5 + n_6 \cdot T_6}{W_г}, \qquad (12.10)$$

де n_5 і n_6 – кількість механізаторів, які працюють на комбайні за кожною кваліфікацією (розрядом);

T_5 і T_6 – оплата праці за змінну норму виробітку працівника кожної кваліфікації (п'ятого і шостого розряду), грн. (табл. 36) $T_6 = 38,8$ грн.

Оскільки у роботі задіяний лише один механізатор за 6-тим розрядом то $n_5 \cdot T_5 = 0$.

Тоді

$$C_1 = \frac{1 \cdot 38,8}{1,13} = 34,3 \text{ грн./га.}$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначаємо за формулою:

$$C_2 = Ц_K \cdot Q_з, \text{ грн./га} \qquad (12.11)$$

де $Ц_K$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн. Приймаємо $Ц_K = 14,0$ грн.

$Q_з$ – витрата палива на 1 га.

Отже

$$C_2 = 14,0 \cdot 31 = 434 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на амортизацію зернозбирального комбайна дорівнюють:

$$C_з = \frac{Б_к \cdot a_к}{100 \cdot W_г \cdot t_к}, \text{ грн./га} \qquad (12.12)$$

де $Б_к$ – балансова вартість комбайна, грн. (табл. 37). $Б_к = 450000$ грн;

$a_к$ – норма відрахувань на амортизацію, % (табл. 37). $a_к = 0,12$;

$t_к$ – річне завантаження комбайна, год (табл. 37) $t_к = 190$ год.

$$C_з = \frac{450000 \cdot 0,12}{100 \cdot 1,13 \cdot 190} = 2,5 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на технічне обслуговування визначаємо як:

$$C_4 = \frac{Б_к \cdot P_к}{100 \cdot W_г \cdot t_к}, \text{ грн./га} \qquad (12.13)$$

де $P_к$ – сумарна норма відрахувань на технічне обслуговування комбайна, % (табл. 37). $P_к = 0,75$.

$$C_4 = \frac{450000 \cdot 0,75}{100 \cdot 1,13 \cdot 190} = 15,7 \text{ грн./га.}$$

Величина капітальних вкладень дорівнює:

$$K = \frac{Б_к}{W_г \cdot t_к}, \qquad (12.14)$$

$$K = \frac{450000}{1,13 \cdot 190} = 2096 \text{ грн./га.}$$

Прямі експлуатаційні затрати на одиницю роботи визначаємо як:

$$C = 34,3 + 434 + 2,5 + 15,7 = 486,5 \text{ грн./га.}$$

Приведені затрати на зернозбиральний комбайн будуть становити:

$$П = 486,5 + 0,15 \cdot 2096 = 800,9 \text{ грн./га.}$$

3. Розрахунок складу комбайно-транспортної ланки

Структурний склад ланки включає зернозбиральний комбайн МФ-38 та вантажний автомобіль марки ЗИЛ-130, що обраний для відвезення зерна з поля на тік.

Необхідну кількість зернозбиральних комбайнів для виконання заданого об'єму робіт у встановлені агростроки знаходимо за формулою:

$$n_к = \frac{S}{W_г \cdot T_{зм} \cdot K_{зм} \cdot n_{дн}}, \qquad (12.15)$$

де S – площа озимої пшениці, га (табл. 35). $S = 150$ га;

$T_{зм}$ – тривалість зміни, год. $T_{зм} = 7$ год;

$K_{зм}$ – коефіцієнт змінності. Приймаємо $K_{зм} = 2$;

$n_{дн}$ – тривалість збиральних робіт, днів. Приймаємо $n_{дн} = 6$ днів.

Тоді

$$n_к = \frac{150}{1{,}13 \cdot 7 \cdot 2 \cdot 6} = 1{,}58.$$

Приймаємо два зернозбиральних комбайна марки МФ-38.

Необхідну кількість автомобілів для відвезення зерна від двох зернозбиральних комбайнів визначаємо за формулою:

$$n_а = \frac{n_к \cdot t_а}{\left(t_б + t_{р.б.}\right) \cdot n_б}, \qquad (12.16)$$

де $t_а$ – час циклу (рейсу) автомобіля, хв.

$t_б$, $t_{р.б.}$ – час відповідно заповнення бункера комбайна зерном і його розвантаження, хв. Приймаємо час розвантаження рівним $t_{р.б.} = 5$ хв;

$n_б$ – кількість бункерів зерна, яка вміщується в кузові автомобіля.

Тривалість рейсу автомобіля визначаємо за формулою:

$$t_а = \left(t_{р.б.} + t_{пер}\right) \cdot n_б + \frac{120 \cdot L}{V_а} + t_{зв} + t_{розв}, \text{ хв.} \qquad (12.17)$$

де $t_{пер}$ – час переїзду автомобіля від краю поля до комбайна або від одного комбайна до іншого, хв. Приймаємо $t_{пер} = 3$ хв.;

L – відстань перевезення зерна на тік, км.;

V_a – середньотехнічна швидкість руху автомобіля, км/год. Приймаємо $V_a = 25$ км/год.;

$t_{зв}$ і $t_{розв}$ – тривалість зважування і розвантаження зерна, хв. Приймаємо $t_{зв} = 2$ хв.

$t_{р.б.} = t_{розв} = 5$ хв.

Час заповнення бункера комбайна зерном дорівнює:

$$t_б = \frac{L_б \cdot 60}{V_p \cdot 1000} = 0,06 \cdot \left(\frac{L_б}{V_p} \right), \text{ хв.} \qquad (12.18)$$

де $L_б$ – шлях заповнення бункера, м;

V_p – робоча швидкість руху комбайна, км/год.

Шлях заповнення бункера комбайна визначають за формулою:

$$L_б = \frac{10^4 \cdot V_б \cdot \gamma_з \cdot \varphi}{B_к \cdot \beta \cdot U_з}, \text{ м} \qquad (12.19)$$

де $V_б$ – місткість бункера, м^3. $V_б = 7,9$ м^3;

$\gamma_з$ – насипна маса зерна, т/м^3; Приймаємо для озимої пшениці $\gamma_з = 0,8$ т/м^3;

φ – коефіцієнт заповнення – спорожнення бункера комбайна. Приймаємо $\varphi = 0,90$;

$B_к$ – конструктивна ширина захвату жатки, м. $B_к = 5$ м;

β – коефіцієнт використання ширини захвату жатки, приймаємо $\beta = 0,95$.

$$L_б = \frac{10^4 \cdot 7,9 \cdot 0,8 \cdot 0,9}{5 \cdot 0,95 \cdot 6} = 1995 \text{ м.}$$

Отже час заповнення бункера комбайна зерном дорівнює:

$$t_б = 0,06 \cdot \left(\frac{1995}{3,15} \right) = 38 \text{ хв.}$$

Для перевезення зерна від комбайна на тік був прийнятий автомобіль ЗИЛ-130, місткість його кузова рівна місткості бункера комбайна. Отже кількість бункерів комбайна, яка вмішується в кузові автомобіля $n_б = 1$.

Тривалість рейсу автомобіля буде становити:

$$t_a = (5+3) \cdot 1 + \frac{120 \cdot 3}{25} + 2 + 5 = 30 \text{ хв.}$$

Після підстановки розрахункових значень величин у формулу (12.16) знаходимо необхідну кількість автомобілів.

$$n_a = \frac{2 \cdot 30}{(38+5) \cdot 1} = 1,4$$

Приймаємо $n_a = 2$.

Висновок.

При збиранні озимої пшениці з площі 150 га зернозбиральним комбайном МФ-38 урожайністю 6 т/га і соломистістю 1,2 конструктивна ширина захвату жатки становить 5,0 м а розрахункова швидкість руху комбайна – 3,15 км/год. Продуктивність комбайна за годину змінного часу становить – 1,13 га/год, затрати робочого часу – 0,9 год/га а приведені затрати – 800,9 грн/га.

Для забезпечення збирання озимої пшениці роздільним способом з площі 150 га протягом шести днів потрібно два комбайна МФ-38 і два вантажних автомобіля марки ЗИЛ-130.

ПРАКТИЧНА РОБОТА №13
РОЗРОБКА ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ

Мета роботи: навчитися розробляти операційні технологічні карти на основні технологічні процеси по виробництву продукції рослинництва.

Операційні технології і правила проведення механізованих робіт складають з врахуванням досягнень науки і передового досвіду в області використання техніки. Як правило операційні технологічні карти включають в себе наступні основні елементи: агротехнічні вимоги на виконання даної операції, раціональне комплектування і підготовку агрегатів до роботи, підготовку поля, роботу агрегатів в загінці, контроль якості виконаних робіт, вказівки по охороні праці (техніка безпеки і протипожежні заходи).

Агротехнічні вимоги регламентують якість проведення сільськогосподарських робіт. При цьому визначальним фактором повинно бути отримання максимальної кількості продукції і збереження родючості ґрунтів.

В операційній технології агротехнічні вимоги представлені наступними основними показниками: а) строками і тривалістю робіт; б) технологічними параметрами, що характеризують якість сільськогосподарської операції; в) показниками, які визначають витрати матеріалів (насіння, пального, добрив тощо) і допустимими втратами продукції (ступінь подрібнення зерна, недомолот зерна та ін.).

На виконання агротехнічних вимог можуть впливати зовнішні умови роботи (стан поля, рельєф місцевості, фізико-механічні властивості оброблюваних матеріалів і ін.) і експлуатаційні режими роботи (швидкість, рівномірність і прямолінійність робочого ходу, спосіб руху і ін.)

Операційні технологічні карти повинні передбачати такі експлуатаційні режими і регулювання машин, які б при існуючих умовах найбільш повно забезпечували виконання агротехнічних вимог.

Комплектування і підготовка агрегатів. Агрегати комплектуються із числа машин, що є наявними в господарстві. Склад агрегатів і режими їх роботи визначають розрахунково чи вибирають за довідниковими матеріалами.

Підготовка агрегату до роботи включає в себе наступні операції: підготовка трактора, зчіпки і машин, що входять в агрегат та установка робочих органів машин; складання агрегату і за необхідності оснащення його додатковими пристосуваннями (маркерами, слідопоказчиками, візирними пристосуваннями і ін.); випробування агрегату на холостому ходу і в роботі.

Під час складання агрегату необхідно правильно поєднувати колію трактора з розстановкою робочих органів машин.

Для отримання найвищої продуктивності вибирають оптимальну швидкість руху агрегату. Обмеженнями являються граничні (чи оптимальні) швидкості за потужністю двигуна, за пропускною здатність агрегату, за агротехнічними і іншими вимогами. Останнє обмеження обумовлене головним чином тим, що швидкість (а також рівномірність) руху агрегату в значній мірі визначає якість роботи. Перевищення швидкості призводить до недопустимого зниження врожайності.

При зміні технології робіт або конструкції машин значення раціональних робочих швидкостей можуть змінюватись.

Підготовка поля. При підготовці поле оглядають і усувають причини (перешкоди), що можуть знизити якість чи створити несприятливі умови для роботи агрегату; вибирають спосіб і напрямки руху, по яким встановлюють розміщення загінок; відбивають поворотні смуги, встановлюють віхи і нарізають контрольні борозни при гоновому русі; розбивають поля на загінки і роблять прокоси на поворотних полосах чи кутах загінок при збиранні, тощо.

При огляді планують заходи по очищенню поля від залишків соломи, полови, бур’янів, каміння і ін. Перешкоди, усунути які неможливо, наприклад балки, кургани, заболочені місця, кущі, камені-валуни, що можуть призвести до аварій і

поломки машини, необхідно огородити і встановити біля них попереджувальні знаки.

Під час вибору напрямку руху агрегату слід врахувати напрямок попереднього обробітку, конфігурацію поля і специфіку машин, що використовуються для операцій, а також передбачити заходи по захисту від водної та вітрової ерозій.

Спосіб руху вибирають з врахуванням вимог агротехніки, стану полів і самого машинно-тракторного агрегату так, щоб він забезпечував найвищу продуктивність і найкращі якісні показники. При цьому намагаються підвищити зручність технічного і технологічного обслуговування агрегату, враховують розміри поворотних смуг, що потребують додаткового обробітку та інші показники.

Поворотні смуги відбивають після вибору напрямку основного руху агрегату для роботи гоновими способами. Якщо в процесі роботи є можливість виїхати за межі поля, поворотні смуги відбивати на окремих операціях недоцільно.

При затінкових способах руху важливо ретельно розбити поле на загінки. Робота на загінках, розмічених без відбивки перших проходів агрегату і меж ділянок, супроводжується відхиленням від прямолінійності робочих ходів, а це, в свою чергу, призводить до зниження продуктивності і підвищення витрат пального, крім цього різко погіршується якість виконання операцій.

Для розмітки перших проходів і меж поворотних смуг, а також для позначення меж між загінками і іншими допоміжними лініями застосовують вішки, паколи, двохметровку, еккери, кутики і інший інструмент.

При розмітці полів необхідно намічати загінки паралельно довгій стороні поля, оскільки зі збільшенням довжини гонів підвищується продуктивність агрегату. Однак не слід захоплюватись довгими загінками, оскільки при них ускладнюється технічне та технологічне обслуговування.

Для вказаних цілей на багатьох закордонних машинах застосовуються різноманітні системи GPS навігації, при яких розмітка поля відбувається з допомогою спеціального

програмного забезпечення з врахуванням супутникових знімків місцевості, що скорочує витрати ручної праці на такі операції.

Робота агрегату в загінці. В операційно-технологічній карті відмічають які регулювання необхідно виконати в загінці (при першому і наступних проходах); порядок його роботи, в тому числі і при обробці поворотних смуг; використовувані режими, способи руху і ін.

Порядок роботи агрегату в загінці включає в себе виведення на лінію першого проходу, переведення із транспортного положення в робоче, перший прохід, переведення із робочого положення в транспортне, виконання повороту і вихід на лінію наступного проходу.

В таблиці 12.1 наведено загальний вигляд операційної технологічної карти із відміченими показниками, що їх слід приводити.

Таблиця 12.1

Операційна технологічна карта

Показники (найменування, одиниця виміру)	**Значення показника**	**Схема**
1	2	3
Умови роботи (вихідні дані) Площа поля, га. Довжина і ширина поля, м. Нахил поля, град. Питомий опір, кН/м^2 Відстань перевезення, км.		Загальний вигляд поля
Агротехнічні нормативи (параметри) і допустимі відхилення їх від норми Глибина обробки або висота зрізання, см Норма висіву, см Засміченість, якість матеріалу, ступінь подрібнення		Агрегат в плані
Склад, технологічна характеристика основного і		Регулю-вання

допоміжного МТА Марка трактора Марка машини і число машин в агрегаті Марка зчіпки		робочих органів
Ширина захвату і довжина агрегату, м Пропускна здатність, кг/с. Об'єм бункера, $м^3$ Регулювання (технологічні) Радіус повороту, м		
Стан поля і схема руху агрегату Спосіб руху Види поворотів Підготовка поля до роботи Оптимальна ширина загінки, м. Число загінок Ширина поворотних смуг, м Коефіцієнт робочих ходів		Спосіб руху агрегату
Режим роботи і показники продуктивності Швидкість руху агрегату, км/год. Складова балансу часу зміни, год. Продуктивність за цикл, рейс, зміну, кг. Витрати палива, кг/га		
Контроль якості роботи Прилади і інструменти Методика вимірювань і розрахунків		
Оплата праці механізаторів		

Наведений перелік показників (таблиця 12.1) може змінюватись в залежності від виду робіт.

Приклад розрахунків

Вихідні дані:

Вихідні дані та необхідні для розрахунку формули приймаються із практичних робіт 2 та 5.

1. Визначаємо тривалість одного циклу, хв.

$$T_ц = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2 \cdot t_n, \quad (12.1)$$

де L_p – робоча довжина загінки, м;

V_p – робоча швидкість агрегату, км/год;

t_n – час повороту в кінці загінки, хв (t_n=1,5...2 хв);

$$L_p = L - 2 \cdot E$$

де L – довжина загінки, м (L=800 м);

E – ширина поворотної смуги, м (E=17,6 м).

Визначаємо робочу довжину загінки

$$L_p = 800 - 2 \cdot 17,6 = 728,4 \text{ м.}$$

Отже

$$T_ц = \frac{12 \cdot 782,4}{100 \cdot 8,25} + 2 \cdot 1,5 = 14 \text{ хв.} = 0,23 \text{ год.}$$

2. Визначаємо технічну продуктивність за цикл, га/ц

$$W_ц = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_ц \cdot \tau, \quad (12.2)$$

де B_p, V_p, τ – використовуємо з попередніх розрахунків

$$W_ц = 0,1 \cdot 2,2 \cdot 8,25 \cdot 0,23 \cdot 0,8 = 0,33 \text{ га/ц.}$$

3. Кількість циклів за зміну

$$n_ц = \frac{W_{зм}}{W_ц}, \quad (12.3)$$

$$n_ц = \frac{10,16}{0,33} = 30,8 \text{ ц/зм.}$$

4. Витрати палива за зміну

$$Q_{зм} = Q_{га} \cdot W_{зм}, \quad (12.4)$$

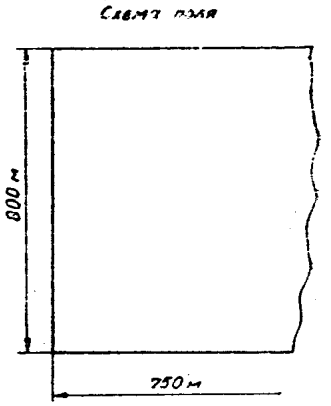
$$Q_{зм} = 22,08 \cdot 10,16 = 224,35 \text{ кг/зм.}$$

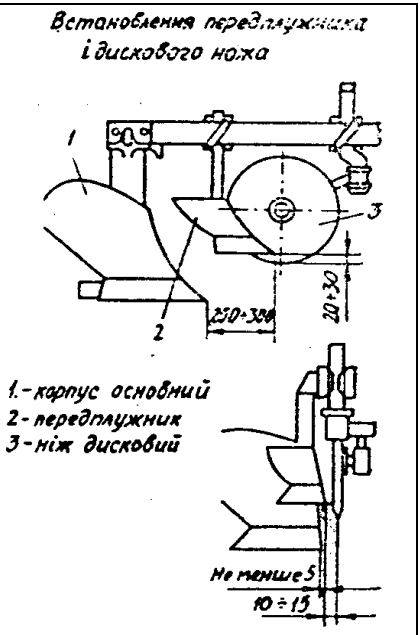
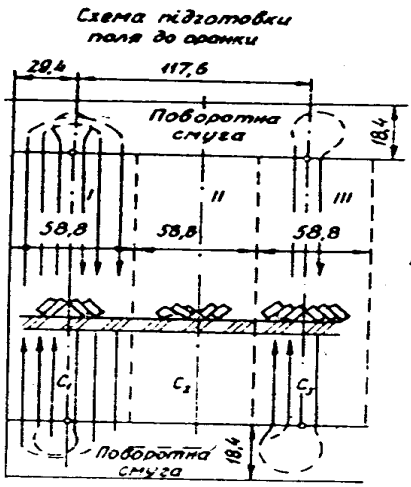
На основі проведених розрахунків заповнюється операційна технологічна карта табл. 12.2.

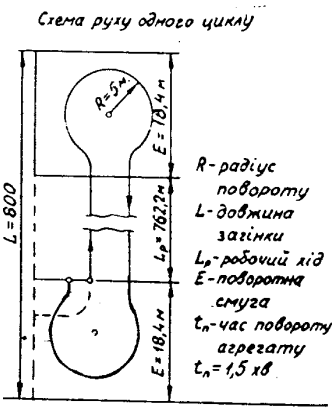
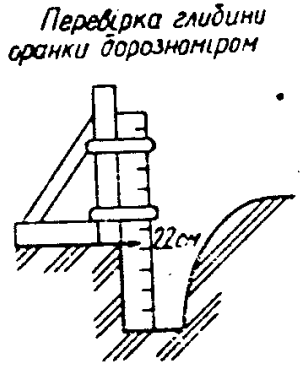
На основі проведених розрахунків заповнюється операційна технологічна карта табл. 12.2.

Таблиця 12.2

Операційна технологічна карта на _____оранку_____

Назва груп показ-ників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
1	2	3
Умови роботи	Площа – 60 га; довжина гонів – 800 м; величина підйому – 8°; питомий опір з поправкою на швидкість – 52,5 кН/м^2; глибина оранки – 22см.	
Агротех нічні вимоги	Відхилення від заданої глибини ±1 см; повне обертання пласта і повне заорювання органічних добрив і рослинних решток; поверхня поля не повинна мати глибоких розгінних борозен, високих гребенів і огріхів.	

Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор Т-150К, плуг ПЛН-6-35 (6 корпусів) ; робоча ширина захвату – 2,2 м; мінімальний радіус повороту – 5 м; кінематична довжина агрегату –2,7 м. Підготовка агрегату: 1. Провести щозмінний технічний огляд трактора і плуга; 2. Перевірити робочі по-верхні плуга, загострення лемешів, кріплення вузлів; 3. Перевірити правильність розміщення корпусів, передплужників, дискового ножа. 4. Відрегулювати плуг на за-дану глибину.	
Підготовка поля	Перед початком оранки поле оглянути, виявлені перешкоди усунути. Ширина поворотної смуги – 17,6 м; оптимальна ширина загінки – 61,6 м; кількість загінок –12 (11– шириною по 61,6 м; 1– шириною 72,4 м).	
Спосіб руху	Спосіб руху – комбінований: непарні загінки (I, III, V і т. д.) орати всклад, парні (II, IV, VI і т. д.) орати врозгін.	
Швидкість руху	Робоча передача – II, враховуючи буксування, робоча швидкість – V_p=8,2 км/год.	

Показники організації процесу	1. Тривалість циклу – 14 хв. 2. Технічна продуктивність за цикл – 0,33 га/ц. 3. Змінна продуктивність агрегату – 10,16 га/зм. 4. Кількість циклів за зміну – 30,8 ц/зм. 5. Витрати палива на 1 га – 22,08 кг/га. 6. Витрати палива за зміну – 224,35 кг.	
Контроль за якістю	1. Виконати 15 замірів глибини оранки по діагоналі загінки. Відхилення середнього значення глибини не повинно перебільшувати ±1 см. 2. На зораному полі не повинно бути незаораних добрив, рослинних решток, огріхів. 3. Поворотні смуги мають бути зорані, глибина розгінних борозен не повинна перебільшувати 10 см.	

Література

1. Механізація технологічних процесів в землеробстві: Навч.-метод. комплекс: навч. посіб. / С.М. Грушецький, І.М. Бендера, Т.Д . Іщенко та ін.. Кам'янець-Подільський : ФОП Сисин О.В., 2011. 352 с.
2. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995 237 с.
3. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1992. 448 с.
4. Діденко М.К. Експлуатація МТП. К.: Вища школа, 1983. 447 с.
5. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін.; За ред. В.Д. Гречкосія. 2-е вид. перероб. і доп. К.: Урожай, 1991. 400 с.
6. Землеробство/ В.П. Гудзь, І.Д. Приймак, Ю.В. Будьонний; За ред. В.П. Гудзя. К.: Урожай, 1996. 384 с.
7. Ільченко В.Ю., Карасьов П.І., Лімонт А.С. та ін. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / За ред. В.Ю. Ільченка. К.: Урожай, 1993. 288 с.
8. Довідник з машиновикористання в землеробстві / За ред. В.І. Пастухова. Харків: «Веста». 2001. 347 с.
9. Сільськогосподарські машини/ В.Ю. Комаристов, М.М. Петренко, М.М. Косінов. К.: Урожай, 1966. 240 с.
10. Бондаренко М.Г., Демещук В.А. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві. К.: Вища школа, 1995. 237 с.
11. Агулов І.І., Вознюк Л.В., Левченко О.В. Довідник з технічного обслуговування сільськогосподарських машин. К.: Урожай, 1989. 271 с.
12. Довідник сільського інженера / В.Д. Гречкосій, О.М. Погорілець, І.І. Ревенко та ін.; За ред. В.Д. Гречкосія. 2-е вид. перероб. і доп. К.: Урожай, 1991. 400 с.
13. Марченко В.В. Механізація технологічних процесів у рослинництві: навч. посіб. Київ: «Кондор», 2007. 332 с.
14. Лауш П.В., Клименчук П.Н. Експлуатація і ремонт машинно-тракторного парку (курсове і дипломне проектування). К. : Вища школа, 1984. 205 с.

15. Головчук А.С. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник: Кн.1. Трактори. К.: Грамота, 2003. 336 с.
16. Діденко М.К. Експлуатація МТП. К.: Вища школа, 1983. 447 с.
17. Лімонт А.С., Мельник І.І., Малиновський А.С. і ін. Практикум із машиновикористання в рослинництві: навч. посібник /. За ред. І.І. Мельника. Київ: Кондор, 2004. 284 с.
18. Практикум із землеробства: навч. посібник. / М.С. Кравченко, О.М. Царенко, Ю.Г. Міщенко та ін.: За ред.. М.С. Кравченка і З.М. Томашівського. К.: Мета, 2003. 320 с.
19. Ярош Ю.М., Трусов Б.А. Технологія виробництва сільськогосподарської продукції. К.: Український Центр духовної культури, 2005. 524 с.
20. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисциплін: "Технологія механізованих робіт в рослинництві" / В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, С.М. Мороз. Кіровоград: КНТУ, 2014.
21. Кірса В.І., Деревець Ї.С., Потапенко М.Х. та ін. Технічна діагностика машин. К.: Урожай, 1986.
22. Машиновикористання у землеробстві / За ред. В.Ю.Ільченко і Ю.П.Нагірного. К.: Урожай, 1996. 381 с.
23. Шмат К.І., Диневич Д.Ю., Карманов В.В., Іванов Г.І. Машиновикористання в землеробстві: навч. посібник Херсон: Олді-Плюс, 2002, 160 с.

ДОДАТКИ

Таблиця 1. Варіанти завдань для розрахунку тягових властивостей трактора

Варіант	Марка трактора	Агрофон	Передача	Похил місцевості, %
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	Т-16М	Тверда дернина, поле підготовлене до сівби	1, 4	1,5
2	Т-25А	-"-	1, 3	2
3	Т-40М	-"-	2, 4	2
4	Т-40АМ	-"-	2, 4	2
5	ЮМЗ-6АЛ	-"-	1, 3	2
6	МТЗ-80	-"-	3, 6	2
7	МТЗ-82	-"-	3, 6	2
8	Т-150К	-"-	1, 4	2
9	К-701	-"-	3-1р, 2р	2
10	Т-70С	-"-	2, 4	2
11	ДТ-75	-"-	1, 4	2
12	ДТ-75М	-"-	1, 4	2
13	Т-150	-"-	1, 3	2
14	Т-16М	Стерня нормальної вологості, свіжозоране поле	2, 4	3
15	Т-25А	-"-	2, 4	3
16	Т-40М	-"-	3, 5	3
17	Т-40АМ	-"-	3, 5	3
18	ЮМЗ-6АЛ	-"-	2, 3	3
19	МТЗ-80	-"-	2, 5	3
20	МТЗ-82	-"-	2, 5	3
21	Т-150К	-"-	2, 4	3
22	К-701	-"-	2-1р, 3р	3
23	ДТ-75	-"-	2, 5	3
24	ДТ-75М	-"-	2, 5	3
25	Т-150	-"-	2, 4	3

Таблиця 2. Короткі технічні характеристики колісних тракторів

Показник	Т-16М	Т-25А	Т-40М	Т-40АМ	ЮМЗ-6Л	МТЗ-80	МТЗ-82	Т-150К	К-701
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Номінальна потужність двигуна, $N_{ен}$, кВт	14,7	18,4	36,8	36,8	44,2	58,9	58,9	121,3	221,0
Номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна $n_н$, хв.$^{-1}$	1600	1800	1800	1800	1750	2200	2200	2100	1900
Експлуатаційна вага трактора $G_{тр}$, кН	19,0	17,6	26,3	28,2	33,3	31,5	33,6	76,0	131,3
Витрати пального за годину $G_{год}$, кг/год	3,8	4,75	9,5	9,5	11,2	15,2	15,2	31,4	54,0
Число (шт.) і маса додаткових вантажів, кг	2×20	2×20	11×20	-	4×32	4×32	4×32		
Радіус r_0 стального ободу коліс, м	0,406	0,406	0,483	0,483	0,483	0,483	0,483	0,305	0,332
Висота h профілю шин ведучих коліс, м	0,216	0,216	0,262	0,262	0,305	0,305	0,395	0,395	0,523
Колія, м	1,2-1,8	1,2-1,5	1,2-1,8	1,2-1,8	1,3-1,9	1,2-1,8	1,2-1,8	1,7-1,9	2,1

Продовження таблиці 2

Передаточні числа трансмісії на передачах									
трактор / передача	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**
1	97,0	63,6	260,0	260,0	62,0	241,9	241,9	64,9	1р-175 2р-71,7 3р-53,7 4р-26,4
2	78,0	50,3	68,7	68,7	52,31	142,0	142,0	55,41	1р-145,4 2р-59,6 3р-53,7 4р-21,9
3	64,0	43,4	57,6	57,6	42,67	83,5	83,5	48,61	1р-121,3 2р-49,5 3р-44,5 4р-18,2
4	54,0	34,2	49,0	49,0	25,15	68,0	68,0	41,4	-
5	27,0	27,3	41,8	41,8	19,0	57,4 69,81	57,4 75,8	29,8 75,8	-
6	19,0	18,2	22,6	22,6	-	49,0 64,8	49,0 64,8	25,2	-
7	-	-	15,8	15,8	-	39,9 52,7	39,9 52,7	22,2	-
8	-	-	-	-	-	33,7 44,5	33,7 44,5	19,0	-
9	-	-	-	-	-	18,1	18,1	-	-
Розрахункові швидкості руху (без врахування буксування) на передачах, км/год.									
1	4,89	6,4	1,82	1,82	7,6	2,5	2,5	7,45	1р-3,51 2р-8,57 3р-9,51 4р-23,26
2	6,25	8,1	6,9	6,9	9,0	4,26	4,26	8,53	1р-4,23 2р-10,33 3р-11,47 4р-28,04

Продовження таблиці 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
3	7,62	9,4	8,22	8,22	11,1	7,24	7,24	10,08	1р-5,09 2р-12,44 3р13,81 4р-33,75
4	9,02	11,9	9,69	9,69	19,0	8,9	8,9	13,38	-
5	14,57	14,9	11,32	11,32	24,5 6,8	10,54 7,97	10,54 7,97	16,25	-
6	20,6	21,9	20,96	20,96	-	12,33 9,33	12,33 9,33	18,65	-
7	-	-	30,0	30,0	-	15,15 11,46	15,15 11,46	22,00	-
8	-	-	-	-	-	17,95 13,58	17,95 13,58	30,07	-
9	-	-	-	-	-	33,39	33,39	-	-
Сила тяги по передачах, кН									
1	7,00	7,74	11,00	13,20	14,00	14,00	14,00	45,00	1р-65,0 2р-62,8 3р-55,96 4р-19,04
2	5,89	5,76	10,45	11,00	12,50	14,00	14,00	41,00	1р-65,0 2р-51,0 3р-45,29 4р-14,61
3	4,49	4,70	8,45	9,60	9,60	14,00	14,00	33,25	1р-65,0 2р-41,25 3р-36,51 4р-11,10
4	3,49	3,38	6,45	7,20	4,30	14,00	14,00	23,60	-
5	2,35	2,36	-	-	2,65 14,0	11,50	11,50	21,90	-
6	1,41	1,06	-	-	-	9,50	9,50	19,05	-
7	-	-	-	-	-	7,50	7,50	18,80	-

Таблиця 3. Короткі технічні характеристики гусеничних тракторів

Показник	Т-70С	ДТ-75	ДТ-75М	ДТ-175С	Т-150
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**
Номінальна потужність двигуна, N_e, кВт	51,5	55,1	66,1	125	110,4
Номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, $n_н$, хв.$^{-1}$	2100	1700	1750	1900	2000
Витрата пального за годину, $G_{год}$, кг/год	15,2	14,2	17,2	31	28,6
Експлуатаційна вага трактора, $G_{тр}$, кН	44,8	60,5	64	80,3	71,1
Радіус початкового кола ведучої зірочки, м	0,326	0,355	0,355	0,355	0,382
Передаточні числа трансмісії на передачах:					
1	154,6	44,36	44,36	8…16*	7,5
2	90,6	39,74	39,74	10,8..21*	32,1
3	56,4	35,69	35,69	-	29,7
4	45,8	32,14	32,14	-	27
5	38,7	28,88	28,88	-	25,1
6	33,1	25,95	25,95	-	22,2
7	26,9	21,04	21,04	-	19,7
8	22,7	-	-	-	18,1
Сила тяги по передачах, кН					
1	24,52	36,5	36,5	40…25,5	60
2	24,52	32,2	32,2	25,5…18	53,6
3	24,52	28,5	28,5		45,6
4	24,52	25,1	25,1		37,2
5	22,55	21,4	21,4		30,2
6	18,63	18,8	18,8		25,4
7	14,22	14,3	14,3		20,3
8	11,28	-	-		18,1
Колія, м	1340	1330	1435	-	1435
Ширина гусениці, мм	300	390	390	-	415

* - розрахункові швидкості руху при включеному гідротрансформаторі

Таблиця 4. Коефіцієнти зчеплення μ ведучого механізму з ґрунтом та f опору коченню рушіїв трактора

Умова руху	Колісні трактори		Гусеничні трактори	
	μ	f	μ	f
1	**2**	**3**	**4**	**5**
Ґрунтова суха дорога	0,7…0,6	0,03…0,05	0,9	0,05…0,07
Сніжна вкатана дорога	0,3	0,03…0,05	0,6	0,06…0,07
Цілина, переліг, тверда дернина, дуже ущільнена стерня	0,8…0,9	0,03…0,06	1,0	0,05…0,07
Стерня нормальної вологості, поле після збирання кукурудзи	0,7…0,8	0,06…0,08	0,9…1,0	0,07…0,09
Волога стерня	0,6…0,7	0,08…0,10	0,9	0,08…0,11
Злежане рілля	0,5…0,6	0,10…0,12	0,7	0,07…0,08
Свіжозоране поле	0,4…0,5	0,18…0,22	0,6	0,12…0,14
Підготовлене до сівби поле, чистий пар, поле після збирання картоплі	0,5…0,7	0,16…0,20	0,6…0,7	0,10…0,12
Сухий пісок	0,3	0,15…0,20	0,4	0,10…0,12
Глибока багнюка	0,1	0,25…0,30	0,3…0,5	0,10…0,25

Примітка: При роботі на пухких ґрунтах коефіцієнт опору коченню для тракторів з чотирма ведучими колесами на 10...15% менший за наведені значення.

Фони: 1 – ґрунтова дорога;
2 – цілина, луг;
3 – стерня;
4 – підготовлене до сівби поле;
5 – культивоване поле;
6 – свіжозоране поле;
7 – глибокий сніг;
8 – глибока багнюка;
9 – сухий пісок

Таблиця 5. Значення коефіцієнта буксування, % $\delta = f(p)$, $p = \dfrac{P_m \cdot k_{вик}}{P_з}$

p		0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
Колісні	δ,%	5,1	5,4	6,7	8,1	9,6	11,7	15,8	24,4	40,6	68,2
Гусеничні	δ,%	0,5	0,8	1,1	1,5	2,4	3,1	5,1	10,3	21,3	41,6

Таблиця 6. Вихідні характеристики тракторних двигунів

Показник	Значення показника							
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
Двигун Д-37-Е (*трактори Т-40М, Т-40АНМ)*								
n , хв.$^{-1}$	1950	1900	1850	1800	1600	1400	1200	1000
M_c , кНм.	0	0,081	0,168	0,195	0,210	0,220	0,266	0,224
G_n , кг/год	2,8	5,2	8,4	9,25	8,7	8,05	7,4	6,4
Двигун Д-21-А (*трактор Т-25А)*								
n , хв.$^{-1}$	1920	1875	1850	1800	1700	1550	1400	1200
M_c , кНм.	0	0,039	0,64	0,10	0,108	0,112	0,113	0,109
G_n , кг/год	1,35	2,75	3,50	4,75	4,60	4,38	4,17	3,72
Двигун Д-65Н (*трактор ЮМЗ-6Л/6М)*								
n , хв.$^{-1}$	1870	1840	1800	1750	1600	1450	1300	1150
M_c , кНм.	0	0,058	0,157	0,242	0,260	0,269	0,270	0,265
G_n , кг/год	3,2	5,4	8,2	11,2	10,8	10,2	9,5	8,5
Двигун Д-240 (*трактори МТЗ-80, МТЗ-82)*								
n , хв.$^{-1}$	2350	2300	2250	2200	2000	1800	1600	1400
M_c , кНм.	0	0,092	0,186	0,255	0,272	0,283	0,292	0,98
G_n , кг/год	3,8	8,5	13,0	14,8	14,3	13,9	13,5	13,0
Двигун АМ-41 (*трактор ДТ-75М)*								
n , хв.$^{-1}$	1870	1840	1800	1750	1600	1400	1300	1150
M_c , кНм.	0	0,107	0,241	0,360	0,381	0,410	0,423	0,432
G_n , кг/год	4,5	8,0	12,3	16,65	16,0	15,0	14,4	13,25
Двигун СМД-60 (*трактор Т-150)*								
n , хв.$^{-1}$	2180	2140	2100	2000	1800	1600	1400	
M_c , кНм.	0	0,145	0,302	0,523	0,556	0,580	0,606	
G_n , кг/год	6,0	11,8	18,1	27,7	25,9	24,0	22,2	
Двигун СМД-62 (*трактор Т-150К)*								
n , хв.$^{-1}$	2280	2220	2160	2100	2000	1800	1600	1400
M_c , кНм.	0	0,205	0,446	0,550	0,576	0,606	0,623	0,635
G_n , кг/год	7,5	14,8	26,0	30,5	30,2	28,2	27,0	25,0
Двигун ЯМЗ-240Б (*трактор К-701)*								
n , хв.$^{-1}$	2150	2050	2000	1900	1750	1500	1200	1000
M_c , кНм.	0	0,479	0,735	1,110	1,185	1,214	1,20	1,120
G_n , кг/год	22,5	37,5	45,0	54,0	51,9	45,5	37,6	31,2
Трактор Favorit 816 Turbo								
n , хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2150	

M_c, кНм.	0,700	0,745	0,745	0,720	0,670	0,610	0,555	
G_n, кг/год	14,47	17,64	20,88	23,40	24,73	25,49	26,50	
Трактор Favorit 818 Turbo								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
M_c, кНм.	0,680	0,797	0,815	0,798	0,742	0,683	0,620	
G_n, кг/год	17,24	16,69	22,86	25,67	27,25	28,40	29,81	
Трактор Favorit 822 Turbo								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
M_c, кНм.	0,780	0,888	0,892	0,860	0,803	0,745	0,680	
G_n, кг/год	17,46	22,10	25,99	28,51	30,35	32,04	32,94	
Трактор Favorit 824 Turbo								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2300
M_c, кНм.	0,832	0,938	0,955	0,938	0,882	0,817	0,738	0,700
G_n, кг/год	17,68	22,39	27,00	30,46	32,76	34,78	35,82	36,32
Трактор MAGNUM 7210 ***(фірма Case)***								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	2300
M_c, кНм.	0,618	0,639	0,638	0,617	0,578	0,539	0,497	0,480
G_n, кг/год	14,72	17,75	19,51	21,92	23,76	24,98	26,21	24,91
Трактор MAGNUM 7220 ***(фірма Case)***								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
M_c, кНм.	0,674	0,773	0,790	0,790	0,752	0,714	0,612	
G_n, кг/год	15,78	21,04	24,62	28,14	30,70	31,04	32,66	
Трактор MAGNUM 7230 ***(фірма Case)***								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
M_c, кНм.	0,680	0,815	0,850	0,848	0,808	0,854	0,664	
G_n, кг/год	17,78	21,38	26,35	30,96	34,34	36,04	36,47	
Трактор MAGNUM 7240 ***(фірма Case)***								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
M_c, кНм.	0,702	0,900	0,990	0,993	0,938	0,872	0,750	
G_n, кг/год	16,51	24,04	30,12	35,20	39,00	41,57	41,06	
Трактор MAGNUM 7250 ***(фірма Case)***								
n, хв.$^{-1}$	1000	1200	1400	1600	1800	2000	2200	
M_c, кНм.	0,700	1,045	1,065	1,065	1,030	0,945	0,800	
G_n, кг/год	16,46	27,65	31,78	36,86	40,88	43,26	42,50	
Трактор John Deere ***(з механічним регулятором двигуна)***								
n, с.$^{-1}$	16,6	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	35,8	

M_c, кНм.	0,860	1,007	1,066	1,040	0,963	0,875	0,787	
Трактор John Deere ***(з електронною системою управління двигуна)***								
n, с.$^{-1}$	16,6	20,0	23,3	26,7	30,0	33,3	35,8	
M_c, кНм.	1,022	1,059	1,118	1,081	1,000	0,904	0,816	

Таблиця 7. Варіанти завдань з короткою характеристикою агрегатів та умовами їх використання

Варіант	Склад агрегату				Агрофон	Питомий опір, кН/м^2	Глибина обробіт-ку, м.	Похил місцевості %
	трактор		плуг					
	марка	вага, кН.	Марка	Вага, кН				
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**
1	К-701	131,3	ПТК-9-35	28,0	1*	46	0,27	1,4
2	Т-150К	76,0	ПЛП-6-35	12,3	2	42	0,24	1,6
3	Т-150	71,1	ПЛП-6-35	12,3	1	38	0,27	1,8
4	ДТ-75М	63,0	ПЛН-4-35	6,6	3	51	0,27	2,0
5	Т-70С	44,8	ПЛН-3-35	4,45	3	49	0,27	1,4
6	МТЗ-80	31,5	ПЛН-3-35	4,45	2	40	0,25	2,0
7	МТЗ-82	33,5	ПЛН-3-35	4,45	3	45	0,27	1,2
8	ЮМЗ-6Л	33,3	ПЛН-3-35	4,45	1	36	0,22	1,6
9	Т-40АМ	28,2	ПН-2-30Р	2,65	1	38	0,24	1,8
10	К-701	131,3	ПН-8-35	19,7	3	52	0,27	2,2
11	Т-150К	76,0	ПЛН-5-35	8,0	3	51	0,27	2,0
12	Т-150	71,1	ПЛН-3-35	8,0	3	52	0,30	2,4
13	ДТ-75М	63,0	ПЛН-4-35	6,6	2	44	0,30	1,8
14	Т-150К	76,0	ППЛ-10-25	12,1	3	47	0,14	1,6
15	Т-150К	76,0	ППЛ-10-25	12,1	2	38	0,12	2,4
16	Т-150К	76,0	ПТК-7-35	22,0	1	39	0,26	2,2
17	ЮМЗ-6Л	33,3	ПЛН-3-35	4,45	1	35	0,24	1,8
18	МТЗ-80	31,5	ППЛ-5-25	4,5	2	40	0,12	1,6
19	МТЗ-82	33,5	ПЛН-3-35	4,45	1	38	0,30	1,4
20	Т-40АМ	28,2	ПН-2-30Р	2,65	2	40	0,25	1,6
21	ДТ-75М	63,0	ПЛН-4-35	6,6	3	48	0,30	2,4
22	К-701	131,3	ПТК-9-35	28,0	2	39	0,30	1,8
23	Т-150К	76,0	ПЛП-6-35	12,3	2	38	0,28	1,6
24	ЮМЗ-6Л	33,3	ППЛ-5-25	4,5	3	42	0,12	1,8
25	Т-150	76,0	ПЛН-5-35	8,0	2	41	0,30	2,2

1 – стерня нормальної вологості;
2 – волога стерня;
3 – дуже ущільнена стерня, поле після багаторічних трав.

Таблиця 8. Агротехнічно допустимі робочі швидкості МТА

Технологічна операція	Марка с/г машини	Інтервал робочих швидкостей, км/год.
1	**2**	**3**
Оранка	ПТК-9-35; ПЛН-6-35; ПЛН-5-35; ПЛН-3-35 ПН-8-35; ПН-2-30Р ПН-4-35 «Пахарь»; ПН-4-40	8…12 5…8 7…10
Лущення дисковими лущильниками	ЛДГ-15; ЛДГ-10; ЛДГ-5	 8…12
Обробіток культиваторами-плоскорізами	КПГ-250; КПГ-2-150; КПШ-9; КПЄ-3,8	7…10 9…12 8…10
Знаряддя для безполицевого обробітку багаторічних трав	ОПТ-3-5	7…10
Культивація	КПС-4 БП-8	7…12 8…12
Боронування зубовими боронами	БЗТС-1,0; БЗСС-1,0	7…12
Боронування дисковими боронами	БД-10; БДТ-7; БДН-3	8…10
Коткування	ЗККШ-6 ККН-2,8, СКТ-2	6…13 6…9
Обробіток голчастими боронами	БИГ-3	7…10
Сівба сівалками: зернових кукурудзи буряків овочевих культур	 СЗ-3,6; СЗП-3,6; СЗУ-3,6 СЗС-2,1; СЗС-2,1М СУПН-8 СПЧ-6 ССТ-12А СКОН-4,2; СКОСШ-2,8	 8…12 7…9 6…9 4…7 5…8 5…7
Садіння картоплі	СКС-4 СКМ-6	6…9 5…7
Лущення плугами-лущильниками	ППЛ-10-25 ППЛ-5-25	7…12 5…8
Міжрядний обробіток	КРН-4,2; КРН-5,6 УСМК-5,4А; УСМП-5,4 КОР-4,2	6…9 6…8 6…10

Продовження таблиці 8

1	2	3
Внесення добрив:		
мінеральних	1-РМГ-4; НРУ-0,5	9…12
	РУМ-8	12…15
	РУП-8	9…12
органічних	ПРТ-10; ПРТ-16;	
	1-ПТУ-4	8…12
	РУН-15Б	3…7,5
рідких	РЖТ-8; РЖТ-4	8…12
	ПОМ-630	6…10
Обприскування та обпилювання	ПОМ-630; ОПШ-15	4,5…9,5
	ОП-2000, ОШУ-50	6…8
Скошування трав:		
на сіно	КС-2,1	9…12
	КДП-4; КТП-6;	
	КПВ-3	6…9
	КРН-2,1	9…15
	Е-301	8…23
з подрібненням	КУФ-1,8, КСК-100;	
	Е-280; КСС-2,6	5…7
зерновими жатками	КПКУ-75	9…12
	ЖРС-4,9А; ЖВН-6;	6…10
	ЖРБ-4,2	5…8
Згрібання та ворушіння сіна	ГВК-6; ГПП-6	6…9
Збирання врожаю:		
цукрових буряків:		
гички	БМ-6	8…10
коренеплодів	РКС-6	5…9
картоплі:		
гички	КИР-1,5Б	6…8
бульбоплодів	КСТ-1,4; УКВ-2	3…8
	ККУ-2А «Дружба»	1,4…5,4
Кормових коренеплодів	МКК-6	3…7

Таблиця 9. Питомий опір плугів, кН/м^2

Ґрунт	Агрофон	Питомий опір на ґрунтах			
		глинистих	важкосуглинистих	середньосуглинистих	супісках і суглинкових
1	2	3	4	5	6
Чорнозем	Стерня озимих	68	49	35	25
	Багаторічні трави	86	57	45	31
	Цілина, переліг	90	71	52	39
Дерново-підзолистий	Стерня озимих	66	47	34	26
	Багаторічні трави	74	56	43	30
	Цілина, переліг	92	71	50	40
Каштановий	Стерня озимих	69	47	36	22
	Багаторічні трави	-	-	-	-
	Цілина, переліг	98	68	55	29
Засолений	Стерня озимих	-	82	73	65

Таблиця 10. Темпи зростання питомого опору сільськогосподарських машин при збільшенні швидкості руху на 1 км/год.

Вид роботи	Сільськогосподарська машина	П, %
1	2	3
Оранка цілини, перелігу, багаторічних трав, стерні озимих при $K_{пл} > 60$ кН/м^3	Плуг	5…7
Оранка стерні озимих, кукурудзи, соняшника при $K_{пл} = 45...60$ кН/м^3	Плуг	3…5
Оранка легких і пухких (піщані, супіщані) ґрунтів при $K_{пл} < 45$ кН/м^3	Плуг	2…3
Сівба зернових	Сівалка	1,5…3,0
Лущення стерні озимих	Лущильники: лемішний дисковий	2,5…3,5 2…3
Дискування	Дискова борона	2,5…4,0
Коткування	Коток	1…2
Боронування	Зубова борона	1,5…2,5
Культивація	Культиватор паровий	2…5
Міжрядний обробіток	Культиватор просапний	2,5…3,5
Збирання коренеплодів	Комбайн	3…6

Таблиця 11. Значення коефіцієнтів опору кочення машин $f_м$ або зчіпки $f_{зч}$

Умова руху	На пневматичних шинах			На металевих колесах
	навесні	наприкінці весни, влітку, на початку осені	восени	
1	2	3	4	5
Польова дорога	0,15…0,17	0,06…0,04	0,06…0,09	0,06…0,08
Стерня багаторічних трав	0,17…0,07	0,06…0,05	0,08…0,09	0,08…0,1
Стерня після озимих	0,24…0,09	0,09…0,07	0,09…0,15	0,09…0,11
Стерня злущена	-	-	0,10…0,12	0,16…0,18
Стерня після картоплі	0,27…0,13	0,11…0,09	0,12…0,18	-
Стерня після культивації	0,33…0,15	0,13…0,11	0,14…0,20	0,22…0,24
Злежана рілля	0,40…0,20	0,15…0,12	0,12…0,19	-
Свіжозоране поле	0,44…0,24	0,25…0,18	0,20…0,30	-

Таблиця 12. Коротка технічна характеристика зчіпок

Марка зчіпки	Ширина захвату, м	Фронт, м	Вага, кН	Агрегатується з тракторами
1	2	3	4	5
СГ-21	21,0	18,5	15,7	К-700А, К-701, Т-150, Т-150К, ДТ-75
СП-16	16,0	13,5	17,6	К-700А, К-701, Т-150, Т-150К, ДТ-75, Т-70С
СП-11	10,8	8,0	8,2	Т-150, Т-150К, ДТ-75, ЮМЗ-6Л, МТЗ-80/82, Т-70С
С-18У	21,6	18,0	10,1	К-700А, К-701, Т-150, Т-150К, ДТ-75

Таблиця 13. Значення коефіцієнту використання ширини захвату

Сільськогосподарські машини	β
1	2
Відвальний плуг	1,05-1,20
Зубова борона, коток	0,96-0,98
Лущильник, дискова борона, паровий культиватор	0,96
Сівалка, просапний культиватор	1,00
Рядкова жатка, косарка	0,93-0,95
Зернозбиральні комбайни на скошуванні	0,96
Кукурудзо- і цукрозбиральні комбайни	1,00
Комбайни при збиранні кукурудзи на силос	1,08-1,16

Таблиця 14. Ступінь нерівномірності тягового опору

Вид роботи	Значення δ_R при числі плужних корпусів або машин в агрегаті					
	1	2	3	4	5	6
Оранка:						
легких ґрунтів	0,18	0,15	0,12	0,10	0,08	0,07
важких і задернілих ґрунтів	–	0,25	0,23	0,20	0,18	0,16
дуже важких пересохлих і кам'янистих ґрунтів	–	–	0,35	0,30	0,27	0,25
Суцільна культивація	0,40	0,30	0,24	0,18	0,15	–
Боронування (на 10 ланок)	0,25	0,20	0,16	0,12	0,10	–
Сівба зернових	0,22	0,18	0,15	0,12	0,10	–
Лущення стерні (захват 5 м)	0,15	0,12	0,09	0,07	–	–
Скошування:						
зернових (захват 4, 8 м)	0,16	0,14	0,12	–	–	–
трав (захват 2 м)	0,15	0,12	0,10	–	–	–

Таблиця 15. Питомий тяговий опір сільськогосподарських машин k_0 при швидкості $V_0 = 5$ км/год

Технологічна робота	Сільськогосподарські машини	k_0, кН/м
1	2	3
Оранка на глибину 25 см:	Плуги безполицеві	
легких ґрунтів;		3,0…8,0
середніх ґрунтів;		12,0…15,0
важких ґрунтів		19,0…25,0

Продовження таблиці 15

1	2	3
Боронування	Борони зубові:	
	важкі	0,4…0,7
	середні	0,3…0,6
	легкі або посівні	0,25…0,45
	сітчасті або шлейф борони	0,45…0,65
	пружинні та лапчасті	1,0…1,8
	голчасті (мотики)	0,45…0,65
	Борони дискові	
	на дискуванні стерні	1,6…2,2
	на дискуванні оранки	3,0…6,0
	на дискуванні луків	4,0…6,0
Культивація суцільна	Культиватори:	
	паровий – глибина обробітку 6-8 см	1,2…2,6
	паровий – глибина обробітку 10-12 см	1,6…3,0
	штанговий – глибина обробітку 10-12 см	1,6…2,6
Глибоке рихлення	Глибокорозпушувачі	8,0…13,0
Обробіток плоскорізами	Плоскорізи	4,0…6,0
Лущення стерні	Лущильники:	
	дисковий – глибина обробітку 8-10 см	1,2…2,6
	лемішний – глибина обробітку 10-14 см	2,5…6,0
	лемішний – глибина обробітку 14-18 см	6,0…10,0
Рядковий посів зернових	Сівалки:	
	дискова з міжряддям 0,15 м	1,1…1,6
	вузькорядна	1,5…2,5
	зернопресова	1,2…1,8
	сівалка-лущильник	1,2…2,8
Сівба буряків		0,6…1,0
Сівба кукурудзи		1,0…1,4
Посадка картоплі		2,5…3,5
Коткування	Котки:	
	гладкі водоналивні	0,55…1,2
	кільцево-шпорові	0,6…1,0
Обробіток міжряддя цукрових буряків	Культиватори:	
	із стрільчастими лапами	1,2…1,8

Продовження таблиці 15

1	2	3
	проріджувач	1,2…2,0
	підживлювач	1,4…1,8
	окучник	1,5…2,5
Збирання трав і зернових (соломи)	Косарки брусові	0,7…1,1
	Косарки-подрібнювачі	0,8…1,3
	Жатки валкові	1,2…1,5
	Граблі: поперечні	0,50…0,75
	Колісно-пальцеві	0,7…0,9
Збирання технічних культур	Комбайни:	
	силосозбиральні	1,2…1,6
	кукурудзозбиральні	1,5…1,7
	бурякозбиральні	8,0…12,0
	картоплезбиральні	10,0…12,0
	льонозбиральні	4,0…6,0
	Бурякокопачі	3,0…4,0
	Картоплекопачі	5,8…6,5
	Гичкозбиральні	2,0…3,5
Снігозатримання	Валкувачі	1,0…1,5

Таблиця 16. Доля приросту $\left(\frac{\Delta C}{100}\right)$ тягового опору і показник степені (c) залежно від виду роботи

Вид роботи	$\left(\frac{\Delta C}{100}\right)$		c	
	зв	шв	зв	шв
1	2	3	4	5
Оранка на глибину 20…22 см	0,006	0,005	2,0	1,50
Культивація	0,005	0,004	1,8	1,30
Боронування	0,005	0,004	1,9	1,40
Сівба	0,004	0,003	1,6	1,20
Дискування (лущення)	0,002	–	1,5	–
Коткування	0,002	–	0,9	–
Скошування у валки	–	0,003	–	1,25

Таблиця 17. Варіанти індивідуальних завдань для виконання роботи 3

Варіант	Культура	Трактор	Сівалка	i, %	Коефіцієнт опору коченню			k_0, кН/м	Δ_0 %	δ_R	Об'ємна маса, кг/м^3	
					f	$f_{зч}$	$f_м$				$\rho_н$	$\rho_д$
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**	**8**	**9**	**10**	**11**	**12**	**13**
1	Просо	Т-70С	СЗ-3,6	2	0,12	0,23	0,23	1,25	2,3	0,22	890	1070
2	Льон-довгунець	МТЗ-82	СЗТ-3,6	2	0,19	0,16	0,16	1,4	2,0	0,25	770	1180
3	Овес	ЮМЗ-6	СЗУ-3,6	3	0,16	0,17	0,17	2,0	2,5	0,20	400	1160
4	Озиме жито	МТЗ-82	СЗП-36	4	0,19	0,13	0,13	1,6	3,0	0,22	770	1010
5	Ярий ячмінь	ДТ-75	СЗ-3,6	1	0,16	0,18	0,18	1,2	1,0	0,35	690	1040
6	Льон-довгунець	Т-40АМ	СЗТ-3,6	4	0,17	0,19	0,19	1,3	1,4	0,30	750	1060
7	Озиме жито	МТЗ-80	СЗ-3,6	3	0,17	0,14	0,14	1,2	2,0	0,32	680	1020
8	Ярий ячмінь	ДТ-175	СЗС-2,1	2	0,16	0,20	0,20	3,0	2,8	0,31	575	1050
9	Озиме жито	Т-150	ЛДС-6	1	0,18	0,15	0,15	3,4	2,9	0,37	660	1110
10	Озима пшениця	К-701	СЗАС-2,1	2	0,20	0,12	0,12	2,8	1,8	0,12	800	1130
11	Просо	ДТ-75М	СЗТ-3,6	4	0,14	0,22	0,22	1,35	1,9	0,18	810	1180
12	Озима пшениця	ДТ-175	СЗ-3,6	2	0,13	0,12	0,12	1,7	2,1	0,13	750	1090
13	Ярий ячмінь	ЮМЗ-6	СЗУ-3,6	1	0,12	0,24	0,24	2,5	2,2	0,15	540	1100
14	Горох	ДТ-75М	СЗ-3,6	4	0,11	0,26	0,26	1,4	2,3	0,24	770	1115
15	Ярий ячмінь	Т-150К	СЗП-3,6	1	0,13	0,33	0,33	1,9	2,4	0,38	620	1120
16	Озиме жито	Т-150	СЗТ-3,6	2	0,12	0,30	0,30	1,6	2,6	0,24	710	1140
17	Озима пшениця	ДТ-75	ЛДС-6	3	0,15	0,12	0,12	3,1	2,7	0,26	700	1150
18	Озима пшениця	МТЗ-82	СЗ-5,4	3	0,15	0,16	0,16	2,5	3,1	0,12	850	1170
19	Овес	МТЗ-80	СЗП-3,6	2	0,12	0,27	0,27	1,4	3,2	0,16	500	1195
20	Озима пшениця	ЮМЗ-6	СЗ-3,6	4	0,19	0,13	0,13	1,1	1,3	0,24	830	1185

Продовження таблиці 17

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
21	Ярий ячмінь	К-701	ЛДС-6	3	0,16	0,17	0,17	3,9	1,2	0,18	610	1175
22	Озиме жито	МТЗ-80	СЗ-5,4	4	0,19	0,11	0,11	3,6	1,6	0,22	670	1155
23	Овес	Т-150	СЗ-5,4	2	0,11	0,21	0,21	2,4	1,8	0,20	450	1185
24	Овес	Т-70	СЗ-3,6	1	0,10	0,19	0,19	2,2	1,6	0,12	550	1025
25	Озима пшениця	Т-150К	СЗ-3,6	2	0,20	0,11	0,11	1,8	2	0,18	750	1100

Таблиця 18. Коротка технічна характеристика сівалок

Марка сівалки	Ширина захвату, м	Місткість ящиків, дм^3		Вага, кН
		для насіння	для добрив	
1	2	3	4	5
СЗ-3,6	3,6	453	212	14,5
СЗУ-3,6	3,6	453	212	14,8
СЗТ-3,6	3,6	453	212/86*	18,3
СЗП-3,6	3,6	453	212	18,7
СЗ-5,4	5,4	680	318	25,1
ЛДС-6	5,5	690	360	28,5
СЗС-2,1	2,05	275	140	12,5
СЗАС-2,1	2,05	275	140	11,2

Таблиця 19. Варіанти завдань для розрахунку посівних агрегатів

Варіант	Сільськогосподарська культура	Марка трактора	Марка сівалки	Питомий тяговий опір k_0, кН/м
1	2	3	4	5
1	Озима пшениця	МТЗ-80	СЗ-3,6	1,8
2	Жито	Т-150К	СЗ-3,6	1,6
3	Овес	Т-150	СЗУ-3,6	1,9
4	Ячмінь ярий	ДТ-75	СПЗ-3,6	1,6
5	Озима пшениця	К-701	СЗС-2,1	2,5
6	Ячмінь ярий	Т-150	СЗС-2,1	2,6
7	Овес	ЮМЗ-6Л	СЗТ-3,6	1,4
8	Озима пшениця	ДТ-75	ЛДС-6	3,2
9	Горох	МТЗ-80	СЗ-3,6	1,6
10	Овес	Т-150К	ЛДС-6	3,0
11	Жито	Т-150	СЗС-2,1	2,2
12	Озима пшениця	Т-40М	СЗУ-3,6	1,2
13	Ячмінь ярий	МТЗ-82	СЗП-3,6	1,4

14	Горох	ДТ-75	СЗ-3,6	1,6
15	Жито	Т-150	ЛДС-6	2,8
16	Овес	Т-150К	СЗП-3,6	1,9
17	Озима пшениця	Т-40АМ	СЗ-3,6	1,4
18	Жито	К-701	СЗУ-3,6	1,6
19	Горох	ЮМЗ-6Л	СЗП-3,6	1,5
20	Овес	Т-70С	СЗТ-3,6	1,7
21	Ячмінь ярий	ДТ-75С	СЗС-2,1	2,8
22	Озима пшениця	Т-70С	СЗ-3,6	1,4
23	Горох	МТЗ-82	СЗУ-3,6	1,6
24	Жито	Т-70С	СЗП-3,6	1,5
25	Овес	Т-150	СЗТ-3,6	1,9

Таблиця 20. Варіанти завдань для розрахунку посівних агрегатів

Варіант	**Сільськогос-подарська культура**	**Коефіцієнт опору коченню коліс машини та зчіпки**	**Похил місцевості, %**	**Довжина гону, *L* , м.**	**Норма висіву, кг/га**	**Об'ємна вага насіння, кг/м^3**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	Озима пшениця	0,20	2,0	1100	220	840
2	Жито	0,22	1,8	1050	180	700
3	Овес	0,21	2,4	980	140	450
4	Ячмінь ярий	0,30	2,2	420	160	740
5	Озима пшениця	0,14	2,5	1300	190	820
6	Ячмінь ярий	0,12	1,6	940	210	730
7	Овес	0,20	1,8	450	150	520
8	Озима пшениця	0,14	2,2	640	220	800
9	Горох	0,20	2,4	480	290	680
10	Овес	0,13	2,5	620	170	540
11	Жито	0,12	2,2	840	190	760
12	Озима пшениця	0,11	1,4	350	210	830
13	Ячмінь ярий	0,32	1,6	550	240	710
14	Горох	0,11	2,0	780	280	660
15	Жито	0,12	2,5	820	190	780
16	Овес	0,18	2,2	960	170	440
17	Озима пшениця	0,16	1,8	460	200	810
18	Жито	0,20	2,4	1180	210	690
19	Горох	0,22	1,4	640	300	690
20	Овес	0,24	2,6	730	150	510

21	Ячмінь ярий	0,26	2,2	810	180	680
22	Озима пшениця	0,18	2,8	960	210	820
23	Горох	0,16	2,0	480	290	670
24	Жито	0,18	1,6	650	200	780
25	Овес	0,22	1,8	880	140	520

Таблиця 21. Радіус повороту ρ в залежності від ширини захвату агрегату B_p та коефіцієнт збільшення радіусу при збільшенні швидкості руху

Агрегати	Радіус повороту при швидкості 5 км/год		Коефіцієнт збільшення при швидкості, км/год					
			7		8		9	
	навісні	причіпні	нав.	прич.	нав.	прич.	нав.	прич.
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Орні	$3B_p$	$4,5B_p$	1,05	1,15	1,20	1,42	1,35	1,60
Культиваторні (для суцільної обробки) та боронувальні	$0,9B_p$	$(1-1,5)B_p$	1,06	1,25	1,32	1,55	1,46	1,75
Посівні одно- та двосівалкові	$1,1B_p$	$1,6B_p$	1,09	1,32	1,41	1,57	1,58	1,80
Посівні трьох- та п'ятисівалкові	$0,9B_p$	$(1,1-1,3)B_p$						
Пропашні (культиваторні)	$0,8B_p$	$(1,1-1,2)B_p$	1,06	1,35	1,34	1,68	1,48	1,85
Жатвенні	$0,9B_p$	$(1,2-1,4)B_p$	1,09	1,30	1,46	1,62	1,52	1,82

Таблиця 22. Значення кінематичної довжини

Марка трактора	L_m ,м	Марка зчіпки, сівалки, іншої машини	$l_з$, і $l_м$, м
1	2	3	4
Т-40М	1,32	СГ-21	8,0
МТЗ-50/52	0,94	СП-16	6,4
ЮМЗ-6Л	1,3	СП-11	6,7
МТЗ-80/82	1,3	СЗ-3,6; СЗУ-3,6	3,49
Т-150К	2,4	СЗП-3,6	3,98
К-701	2,9	СЗТ-3,6	3,70
Т-70С	1,85	СЗС-2,1	3,92
ДТ-75	1,55	СЗС-2,1М	3,85
Т-150	2,55	ЛДС-6	7,50
Т-4А	1,62	Культиватори	3,4

		причіпні	
		Культиватори начіпні	1,0
		Лущильники	4,9-6,5
		Котки	2,3
		Косарки	2,0
		Плуги причіпні	5,8
		Плуги начіпні	1,5-1,8

Таблиця 23. Середня питома довжина холостого ходу на загінці, яка приходиться на один робочий хід

Спосіб руху	L_x, **м**
1	**2**
Всклад та врозгін	$0,5C+2,5R+2e$
З чергуванням загонів всклад та врозгін	$0,5C+3R+2e$
Човниковий з грушоподібними поворотами	$6R+2e$
Двозагінковий комбінований безпетльовий	$0,5C+2R+2e$
Перекриттям	$0,5C+1,5R+2e$
Однозагінковий комбінований	$0,5C+2,5R+2e$
Діагональний човниковий	$6R+2e$

Таблиця 24. Варіанти завдань для розрахунку практичної роботи №6

Варіант	**Сільськогос-подарська культура**	**Норма висіву, кг/га**	**Обід колеса, м**	**Ширина міжрядь, м.**	**Ширина захвату агрегату, м**	**Відстань між середи-нами гусениць (коліс), м**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
1	Озима пшениця	840	1,2	15	3,6	1,2
2	Жито	700	1,25	7,5	3,6	1,3
3	Овес	450	1,22	15	5,4	1,4
4	Ячмінь ярий	740	1,22	15	2,05	1,3
5	Озима пшениця	820	1,25	15	2,05	1,4
6	Ячмінь ярий	730	1,25	15	5,5	1,7
7	Овес	520	1,2	15	5,5	1,8
8	Озима пшениця	800	1,2	7,5	5,4	1,3
9	Горох	680	1,2	1,8	3,6	1,4
10	Овес	540	1,2	15	2,05	1,4
11	Жито	760	1,25	7,5	3,6	1,3

12	Озима пшениця	830	1,25	15	3,6	1,2
13	Ячмінь ярий	710	1,22	7,5	3,6	1,4
14	Горох	660	1,22	15	5,5	1,3
15	Жито	780	1,25	15	5,4	1,2
16	Овес	440	1,25	15	5,4	1,6
17	Озима пшениця	810	1,25	15	2,05	1,8
18	Жито	690	1,25	15	2,05	1,7
19	Горох	690	1,2	15	2,05	1,6
20	Овес	510	1,2	7,5	5,4	1,4
21	Ячмінь ярий	680	1,22	7,5	3,6	1,2
22	Озима пшениця	820	1,22	15	3,6	1,5
23	Горох	670	1,25	7,5	3,6	1,6
24	Жито	780	1,25	15	3,6	1,4
25	Овес	520	1,25	15	3,6	1,3

Таблиця 25. Годинні витрати пального на різних режимах роботи тракторів, кг/год.

Марка трактора	**Холоста робота двигуна**	**Холостий хід трактора**	**Холостий хід на переїзд**	**Робоче завантаження трактора**
1	2	3	4	5
Т-25А	0,8	1,5-2,0	2,0-3,0	3,6-4,8
Т-40М	1,1	2,8-4,5	4,2-5,5	6,5-9,5
ЮМЗ-6Л	1,3	3,3-4,5	4,2-6,5	8,5-11,6
МТЗ-80	1,4	5,0-7,0	5,5-8,5	10,5-15,0
МТЗ-82	-.-	-.-	-.-	-.-
МТЗ-100	2,1	6,6-9,0	7,2-11,0	13,8-19,5
Т-70С	1,2	5,2-7,2	6,0-8,0	11,5-13,5
ДТ-75М	1,9	6,5-7,2	7,5-10,0	14,0-16,5
Т-150К	2,5	10,0-13,5	11,5-17,0	25,0-30,0
Т-150	2,5	10,0-12,0	11,5-14,0	22,0-26,5

Таблиця 26. Вихідні дані для виконання практичної роботи №9.

Варіант	Трактор	Причеп	Маса причепа без вантажу G_0, кН	Вантажо-підємність причепа, $q_{пр}$, кН	Коефіцієнт використання вантажо-підємності
1	2	3	4	5	6
1	МТЗ-80	2ПТС-4М	15,3	40	0,40
2	ЮМЗ-6Л	2ПТС-4М	15,3	40	0,60
3	Т-40М	2ПТС-4М	15,3	40	0,80
4	Т-150К	3ПТС-12Б	52,1	125	0,90
5	Т-25А	ПСМ-2,5	5,4	25	0,85
6	ЮМЗ-6Л	2ПТС-4М	15,3	40	0,40
7	Т-40М	ПСМ-2,5	5,4	25	0,75
8	МТЗ-80	2ПТС-4М	15,3	40	0,70
9	Т-25А	ПСМ-2,5	5,4	25	0,45
10	ЮМЗ-6Л	2ПТС-4М	15,3	40	0,90
11	Т-150К	2ПТС-4М	15,3	40	0,90
12	МТЗ-80	ПС-2,0	6,2	20	0,95
13	Т-40М	ПС-2,0	6,2	20	0,95
14	Т-150К	2ПТС-4М	15,3	40	0,45
15	ЮМЗ-6Л	ПС-2,0	6,2	20	0,95
16	Т-150К	НТС-10	48,5	100	0,90
17	Т-40М	ПТС-Т-1	1,4	10	0,95
18	МТЗ-80	ПТС-Т-1	1,4	10	0,95
19	Т-25А	ПТС-Т-1	1,4	10	0,90
20	Т-150К	НТС-10	48,5	100	0,95
21	Т-25А	2ПТС-4М	15,3	40	0,55
22	Т-40М	ПСМ-2,5	5,4	25	0,85
23	ЮМЗ-6Л	2ПТС-4М	15,3	40	0,80
24	МТЗ-80	2ПТС-4М	15,3	40	0,85
25	Т-150К	НТС-10	48,5	100	0,75

Таблиця 27. Значення коефіцієнтів підвищення опору руху трактора $\alpha_{тр}$ і причепа $\alpha_{пр}$ при рушанні з місця.

Шляхові умови	Коефіцієнти		
	$\alpha_{тр}$	$\alpha_{пр}$	загальний
Асфальтові, бетонні	1,32	1,5	1,4
Ґрунтові:			
- сухі	1,8	2,48	2,10
- вологі	1,76	1,84	1,82
- рілля	1,87	2,42	2,12

Таблиця 28. Примірні значення коефіцієнта опору коченню при рухові трактора і машини (зчіпки)

Стан поля або дороги	На пневматичних шинах		На гусеничному ходу (сталеві гусениці)	На сталевих колесах
	сприятливі умови	несприятливі умови		
Асфальтна дорога	0,03...0,04	-	-	0,20...0,30
Ущільнена грунтова польова дорога	0,03...0,05	0,05...0,08	0,05...0,07	-
Польова дорога	0,04...0,06	0,07...0,15	-	0,06...0,08
Цілина, переліг, щільна дернина, травостій висотою до 10 см	0,05...0,07	0,07...0,16	0,06...0,07	0,05...0,07
Суха стерня кліверу	0,05...0,06	-	-	0,08...0,10
Стерня кліверу після дощу	0,12...0,14	0,14...0,17	-	09,18...0,20
Клєверище, густий травостій висотою до 20 см	0,07...0,09	0,09...0,16	-	-
Клєверище, оброблене на глибину 5-6 см	0,08...0,09	0,09...0,20	-	-
Стерня після зернових	0,07...0,09	0,09...0,15	0,07...0,09	0,09...0,11
Стерня на супіску	0,09...0,10	0,10...0,16	-	-
Стерня після лущення	-	0,10...0,12	-	0,16...0,18
Засніжена дорога	0,03...0,06	-	0,06	0,08...0,10
Поле після збирання картоплі	0,09...0,11	0,12...0,18	-	-
Поле після культивації	0,11...0,13	0,15...0,20	-	0,22...0,24
Минулорічний зяб, пар (свіжозоране поле)	0,12...0,15	0,15...0,19	0,09...0,11	-
Розпушений грунт, сухий пісок	0,16...0,19	-	0,09...0,11	-
Глибокий сніг	-	0,23...0,30	0,09...0,22	0,09...0,22

Таблиця 29. Варіанти завдань для розрахунку потокової технологічної лінії внесення твердих мінеральних добрив.

Варіант	Площа, га	Норма внесення добрив, т/га	Термін роботи, днів	Довжина гону поля, м	Віддаль перевезення добрив, км	Марка навантажувача	Марка машини для внесення добрив
1	2	3	4	5	6	7	8
1	200	0,20	2	900	2	ПКУ-0,8А	МВУ-5А
2	225	0,22					
3	250	0,24					
4	275	0,26					
5	300	0,28					
6	325	0,30	3	1000	3		
7	350	0,32					
8	375	0,34					
9	400	0,36					
10	425	0,38					
11	450	0,40	4	1100	4	ПЭ-Ф-1А	РУМ-8
12	475	0,42					
13	500	0,44					
14	525	0,46					
15	550	0,48					
16	575	0,5	5	1200	5		
17	600	0,52					
18	625	0,54					
19	650	0,56					
20	675	0,58					
21	700	0,6	6	1400	6	ПЭ-0,8Б	МВУ-8Б
22	725	0,62					
23	750	0,64					
24	775	0,66					
25	800	0,68					
26	825	0,7	7	1500	7		
27	850	0,72					
28	875	0,74					
29	900	0,76					
30	925	0,78					

Таблиця 30. Довідникові дані для розрахунку лінії внесення твердих мінеральних добрив

Показник	Розкидачі			Енергозасоби			Навантажувачі		
	МВУ-5А	РУМ-8	МВУ-8Б	ЮМЗ-6Л	МТЗ-80/82	Т-150К	ПКУ-0,8А	ПЭ-Ф-1А	ПЭ-0,8Б
Кінематична довжина, м	3,7	4,4	4,7	1,3	1,3	2,4			
Номінальна вантажопідйомність, т	5	8	8						
Ширина захвату агрегату, м	8-16	16-20	14-22						
Продуктивність за годину основного часу, т							60	100	100

Таблиця 31. Варіанти завдань для розрахунку технологічної лінії садіння картоплі

Варіант	Площа, га	Середньозважена довжина гону поля, м	Норма садіння бульб, т/га	Норма внесення мінеральних добрив, т/га	Відстань перевезення бульб і добрив, км	Потужність на привід саджалки $N_{ввп}$, кВт	Рядність машини
1	50	150	3,0	0,10	1,0	7,0	Восьмирядні
2	55	160	3,1	0,11	1,2	7,1	
3	60	170	3,2	0,12	1,4	7,2	
4	65	180	3,3	0,13	1,6	7,3	
5	70	190	3,4	0,14	1,8	7,4	
6	75	200	3,5	0,15	2,0	7,5	
7	80	210	3,6	0,16	2,2	7,6	
8	85	220	3,7	0,17	2,4	7,7	
9	90	230	3,8	0,18	2,6	7,8	
10	100	240	3,9	0,19	2,8	7,9	
11	105	250	4,0	0,20	3,0	8,0	Чотирирядні
12	110	260	3,9	0,21	3,2	8,1	
13	115	270	3,8	0,22	3,4	8,2	
14	120	280	3,7	0,23	3,6	8,3	
15	125	290	3,6	0,24	3,8	8,4	
16	130	300	3,5	0,25	4,0	8,5	
17	135	310	3,4	0,26	4,2	8,6	
18	140	320	3,3	0,27	4,4	8,7	
19	145	330	3,2	0,28	4,6	8,8	
20	150	340	3,1	0,29	4,8	8,9	
21	155	350	3,0	0,30	5,0	9,0	Шестирядні
22	160	360	3,1	0,31	5,2	9,1	
23	165	370	3,2	0,32	5,4	9,2	
24	170	380	3,3	0,33	5,6	9,3	
25	175	390	3,4	0,34	5,8	9,4	
26	180	400	3,5	0,35	6,0	9,5	
27	185	410	3,6	0,36	6,2	9,6	
28	190	420	3,7	0,37	6,4	9,7	
29	195	430	3,8	0,38	6,6	9,8	
30	200	440	3,9	0,39	6,8	9,9	

Таблиця 32. Технічна характеристика картоплесаджалок

Показники	КСМ-4	КСМГ-4	КСМ-6	КСМГ-6	КСМ-8
Агрегатується з трактором класу	1,4	1,4	1,4; 2; 3	1,4; 2; 3	3
Робоча швидкість, км/год.	5-9	6-9	5-9	6-9	5-9
Ширина захвату, м	2,8	2,8	4,2	4,2	5,6
Місткість бункерів для картоплі, т.	2,3	2,3	3,2	3,2	4,5
Кінематична довжина, м	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
Маса, кг	2460	2000	3020	2500	4200
Обслуговуючий персонал:					
- тракторист	1	1	1	1	1
- саджальник	2	2	2	2	2

Таблиця 33. Технічна характеристика тракторів

Показники	МТЗ-82	ЮМЗ-6Л	Т-70С	ДТ-75	Т-150	Т-150К
Експлуатаційна вага трактора, кН.	33,5	33,3	44,8	60,5	71,1	76
Номінальна потужність двигуна, кВт	58,9	44,2	51,5	55,1	110,4	121,3
Кінематична довжина, м	1,3	1,3	1,85	2,35	2,12	2,4
Колія, м	1,2-1,8	1,3-1,9	1,34	1,33	1,435	1,7-1,9
Витрати пального за годину, кг/год	15,2	11,2	15,2	14,2	28,6	31,4

Таблиця 34. Класифікація тракторів

Клас тяги	Тягове зусилля, кН	Марка трактора
0,2	2	Т-010, Т-012, МТ-14С
0,6	6	Т-25А, Т-30А, СШ-28, ХТЗ-32-10
0,9	9	Т-40М, АМ
1,4	14	ЮМЗ-6,АКЛ, МТЗ-80, (82, 100, 102)
2	20	Т-70С, (90С)
3	30	ДТ-75М, (175С), Т150, (150К, 151К, 153), ХТЗ-120, (121)
4	40	Т-4А
5	50	К-701, (701М)
6	60	Т-130
8	80	К-710

Таблиця 35. Варіанти завдань для розрахунку технологічної лінії збирання озимої пшениці

Варіант	Площа збирання пшениці, га	Середньозважена довжина гону поля, м	Урожайність зерна, т/га	Соломистість хлібів	Стан хлібів, %	Відстань перевезення зерна на тік, км	Марка зернозбирального комбайна
1	1600	1950	3,1	2,5	Забур'янені (30% площі)	15	Лан
2	1550	1900	3,2	2,4		15	Лан
3	1500	1850	3,3	2,3		14	Лан
4	1450	1800	3,4	2,2		14	Лан
5	1400	1750	3,5	2,1		13	Лан
6	1350	1700	3,6	2,0		13	Лан
7	1300	1650	3,7	1,9		12	Лан
8	1250	1600	3,8	1,8		12	Лан
9	1200	1550	3,9	1,7		11	Лан
10	1150	1500	4,0	1,6		11	Лан
11	1100	1450	4,1	1,5	Низькорослі (30% площі)	10	ДОН-1500
12	1050	1400	4,2	1,4		10	ДОН-1500
13	1000	1350	4,3	1,3		9	ДОН-1500
14	950	1300	4,4	1,2		9	ДОН-1500
15	900	1250	4,5	1,1		8	ДОН-1500
16	850	1200	4,6	1,0		8	ДОН-1500
17	800	1150	4,7	0,9		7	ДОН-1500
18	750	1100	4,8	1,0		7	ДОН-1500
19	700	1050	4,9	1,1		6	ДОН-1500
20	650	1000	5,0	1,2		6	ДОН-1500
21	600	950	5,1	1,3	Чисті (450 рослин на 1 м^2)	5	МФ-38
22	550	900	5,2	1,4		5	МФ-38
23	500	850	5,3	1,5		5	МФ-38
24	450	800	5,4	1,6		5	МФ-38
25	400	750	5,5	1,7		4	МФ-38
26	350	700	5,6	1,6		4	МФ-38
27	300	650	5,7	1,5		4	МФ-38
28	250	600	5,8	1,4		3	МФ-38
29	200	550	5,9	1,3		3	МФ-38
30	150	500	6,0	1,2		3	МФ-38

Таблиця 36. Тарифні ставки працівників за 7-годинний робочий день, грн.

Категорії робітників	Розряд					
	1	2	3	4	5	6
Трактористи - машиністи	6,99	7,62	8,38	9,43	10,83	12,58
На ручних роботах у тваринництві	6,93	7,55	8,31	9,35	10,74	12,47
На ручних роботах у рослинництві	5,99	6,52	7,18	8,08	9,28	10,78
На ремонтних і верстатних роботах	6,34	6,91	7,60	8,55	9,82	11,41
На верстатних роботах та обробці матеріалів на верстатах	7,10	7,73	8,52	9,58	11,00	12,78

Таблиця 37. Довідникові дані для зернозбиральних комбайнів

Показник	Марка комбайна		
	Лан	ДОН-1500	МФ-38
Пропускна здатність, кг/с	9	8	9
Номінальна потужність двигуна, кВт	195	173	219
Балансова вартість, грн	331250	263400	450000
Норма відрахувань на амортизацію, %	11,1	10	12
Річне завантаження комбайна, год.	170	120	190
Норма відрахувань на ТО, %	6,5	6,5	7,5
Місткість бункера, $м^3$	7	6	7,9
Витрата палива на 1га, кг/га	20	33	31

Таблиця 38. Довідникові дані автомобілів

Марка автомобіля	Місткість кузова, $м^3$	Вантажопідйомність, т
ГАЗ-52-04	5	4
САЗ-3502	6	4,5
САЗ-3503, ГАЗ-53А, САЗ-3504	6,5	5
ЗИЛ-130, ЗИЛ-ММЗ-555, ЗИЛ-133ГЯ	7,9	6
ЗИЛ-161	9,2	7
КамАЗ-53212, Урал-377Н	10,5	8
КамАЗ-5511	11,8	9
КамАЗ-5320, МАЗ-5549	13	10

ЗМІСТ

	Назва роботи	Сторінка
Практична робота № 1	Вивчення та аналіз експлуатаційних показників трактора	4
Практична робота № 2	Розрахунок машинно-тракторних агрегатів аналітичним методом із використанням тягової характеристики трактора	19
Практична робота № 3	Розрахунок енергетичних показників сільськогосподарських машин	27
Практична робота № 4	Визначення та аналіз кінематичних характеристик машинно-тракторних агрегатів	39
Практична робота № 5	Підготовка поля до роботи	50
Практична робота № 6	Підготовка агрегату до роботи, його робота в загінці та контроль за якістю	56
Практична робота № 7	Визначення продуктивності мобільних агрегатів	60
Практична робота № 8	Визначення експлуатаційних показників використання МТА	69
Практична робота № 9	Розрахунок і комплектування тракторних транспортних агрегатів	73
Практична робота № 10	Розрахунок технологічної лінії внесення твердих мінеральних добрив	79
Практична робота № 11	Розрахунок технологічної лінії садіння картоплі	92
Практична робота № 12	Розрахунок технологічної лінії збирання озимої пшениці	112
Практична робота № 13	Розробка операційної технологічної карти	126
	Література	135
	Додатки	137

Навчально-методичне видання

Методичні вказівки
до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування»

Укладачі: професор, доктор техн. наук В.М. Сало,
доцент, канд. техн. наук С.М. Лещенко,
доцент, канд. техн. наук Д.І. Петренко,
доцент, канд. техн. наук О.М. Васильковський,
доцент, канд. техн. наук П.Г. Лузан