

Міністерство освіти і науки України
Державний біотехнологічний університет
Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра оптимізації технологічних
систем в рослинництві

**КОМПЛЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ В СИСТЕМАХ
РОСЛИННИЦТВА. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**

Методичні вказівки № 4
до виконання практичних робіт
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти, денної (заочної) форми навчання ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 Агроінженерія

Харків
2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет мехатроніки та інжинірингу

Кафедра оптимізації технологічних систем в рослинництві

**КОМПЛЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ АГРЕГАТІВ В СИСТЕМАХ
РОСЛИННИЦТВА. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**

Методичні вказівки № 4
до виконання практичних робіт
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти, денної (заочної) форми навчання ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 Агроінженерія

Затверджено
на засіданні Методичної ради
факультету мехатроніки та
інжинірингу
Протокол № 6 від 17.02.2022

Харків
2022

УДК 631.3.62-5

Е 45

Схвалено на засіданні кафедри
оптимізації технологічних систем в рослинництві
Протокол № 8 від 10.01.2022 р.

Рецензенти:

В. М. Зубко, докт. техн. наук, доц., зав. кафедри тракторів, сільськогосподарських машини та транспортних технологій Сумського національного аграрного університету;

М. В. Бакум, канд. техн. наук, доц. кафедри сільськогосподарських машин Державного біотехнологічного університету.

К 63 Комплектування оптимальних агрегатів в системах рослинництва. Експлуатація машин і обладнання: метод. вказівки № 4 до виконання практ. робіт студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч. ОПП «Агроінженерія» спец. 208 Агроінженерія; Харків. дер. біотех. ун-т; уклад.: В. І. Мельник, М. П. Артёмов, О. І. Анікеев, К. Г. Сировицький, С. А. Чигрина, О. А. Романашенко – Харків, 2022. – 60 с.

Методичні вказівки включають 3 практичні роботи та список літератури до них. Складено у відповідності з програмою дисципліни «Експлуатація машин та обладнання» для виконання завдань з організації технологічних процесів, оволодіння методами розрахунку експлуатаційних показників роботи агрегатів, які вибрано для заданих умов, з визначенням основних експлуатаційних показників.

Видання призначене студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної та заочної форм навчання ОПП «Агроінженерія» спеціальності 208 Агроінженерія.

УДК 631.3.62-5

Відповідальний за випуск: М. П. Артёмов, докт. техн. наук, проф. зав. кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві.

© В. І. Мельник, М. П. Артёмов,
О. І. Анікеев, К. Г. Сировицький,
С. А. Чигрина, О. А. Романашенко,
2022

© ДБТУ, 2022

Таблиця 8.1 – Технічні характеристики і енергетичні параметри робочої машини [6, табл. X.1 – X.6]

Назва і марка	Маса $M_{рд}$, кг	Ширина розподілу технологічного матеріалу, $B_{тм}$, м	Об'єм ємкості обприскувача, $U_{к}$, м ³ (л)	Потужність на привід робочих органів від ВВП, $N_{ВВП}$, кВт	Інтервал агротехнічно-допустимих швидкостей V_{lim} , км/год
1	2	3	4	5	6

Примітки: Колонку 6 заповнюють після виконання пункту 2.2.

Таблиця 8.2 – Технічні характеристики трактора [6, табл. I.1]

Марка	Маса $M_{тр}$, кг	Номінальна потужність, $N_{ен}$, кВт	Передача	Швидкість V_p , км/год	Тягове зусилля $P_{тн}$, кН
1	2	3	4	5	6

Примітки: Колонки 4, 5, 6 заповнюють після виконання пункту 2.2.

2.2.А Із збірника методик [6] вибрати енергетичні параметри робочих машин і режимні параметри тракторів:

– встановити інтервал агротехнічно-допустимих швидкостей (V_{lim} , км/год) [6, табл. D.4], в межах якого забезпечується висока якість роботи с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію і занести інтервал в табл. 8.1;

– із тягової характеристики [6, табл. D.7] трактора в режимі експлуатації $N_T = N_{Tmax}$ з урахуванням агрофону вибрати тягові параметри на передачах, які по чисельному значенні швидкості входять в інтервал агротехнічно-допустимих швидкостей і занести значення в табл. 8.3.

Таблиця 8.3 – Тягові параметри трактора [6, табл. D.7]

передача					
Параметри					
V_p , км/год					
$P_{тн}$, кН					
N_{Tmax} , кВт					

З метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач приймаємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність (N_{Tmax}). Робоча швидкість (V_p) і

номінальне тягове зусилля ($P_{ТН}$) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку і занести їх необхідно в табл. 8.2.

2.3.А Розрахувати сумарний (приведений) тяговий опір агрегату із причіпною тягово-привідною машиною, кН (для умов підйом):

- причіпні машини, які обладнані ємкістю для обприскування і обпилювання:

$$R_a = [(G_{рд} + Q_v)(f_m + \sin\alpha)] + P_{ВВП}; \quad (8.1)$$

$$R_a = \frac{[(G_{рд} + Q_v)(f_m + \sin\alpha)] + P_{ВВП}}{1}$$

- начіпні машини, які обладнані ємкістю для обприскування і обпилювання:

$$R_a = [(G_{рд} + Q_v)(\lambda_d f_{тр} + \sin\alpha)] + P_{ВВП}, \quad (8.2)$$

де f_m – коефіцієнт опору кочення опорних коліс с.-г. машини [6, табл. D.10];

$f_{тр}$ – коефіцієнт опору руху рушіїв трактора [6, табл. D.11];

λ_d – коефіцієнт довантаження, який враховує масу і вертикальні складові тягового опору начіпної робочої машини, що діють на ходову систему трактора ($\lambda_d = 0,2 \dots 0,5$) [3];

$G_{рд}$ – вага обприскувача, кН:

$$G_{рд} = 10^{-3} M_{рд} g, \quad (8.3)$$

де $M_{рд}$ – маса обприскувача, кг (табл. 8.1);

g – прискорення сили земного тяжіння, ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

Q_v – вага розчину ядохікатів в ємкості, кН:

$$Q_v = U_k \rho_{тм} g \psi_k, \quad (8.4)$$

де U_k – об'єм ємкості обприскувача, м^3 (табл. 8.1);

$\rho_{тм}$ – об'ємна маса технологічного матеріалу (розчину ядохікатів), т/м^3 [6, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м^3);

ψ_k – коефіцієнт використання об'єму ємкості – ($\psi_k = 0,8 \dots 0,9$) [3].

Втрати дотичної сили тяги трактора при передачі частини потужності його двигуна на привід механізмів тягово-привідних машин від ВВП, кН:

$$P_{ВВП} = \frac{3,6 \cdot N_{ВВП} \eta_{тр}}{V_p \eta_{ВВП}}, \quad (8.5)$$

де $N_{ВВП}$ – потужність на привід робочих органів від ВВП, кВт [6, табл. 10.1];

$\eta_{ВВП}$ – коефіцієнт корисної дії приводу ВВП ($\eta_{ВВП} = 0,94 \dots 0,96$) [3];

$\eta_{тр}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії рушіїв трактора (колісний – $\eta_{тр} = 0,9$; гусеничний – $\eta_{тр} = 0,86$) [3].

$$P_{ВВП} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$G_{рд} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$Q_{в} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$R_a = \underline{\hspace{10em}}$$

2.4.А Оцінка правильності вибору швидкісного режиму роботи агрегату виконується при визначенні коефіцієнта використання номінального тягового зусилля:

$$\eta_p = \frac{R_a}{P_{тн} - G_{тр} \sin \alpha}, \quad (8.6)$$

де $G_{тр}$ – вага трактора, кН:

$$G_{тр} = 10^{-3} M_{тр} g, \quad (8.7)$$

(знак “–” в формулі 8.6 відповідає руху на підйом)

де $M_{тр}$ – маса трактора, кг (табл. 8.2).

Коефіцієнт використання номінального тягового зусилля повинен відповідати табличним значенням [6, табл. D.9]. В тому випадку, коли значення коефіцієнта (η_p) перевищують допустимі табличні, то розрахунок необхідно повторити з використанням суміжної нижчої передачі, а якщо значення коефіцієнта нижче допустимого табличного, то – суміжної вищої передачі.

$$G_{тр} = \underline{\hspace{10em}}$$

- умови руху на підйом:

$$\eta_p = \frac{\quad}{\quad}$$

- умови руху на спуск:

$$\eta_p = \frac{\quad}{\quad}$$

Обґрунтована при виконанні п.2.2.А робоча швидкість (V_p) повинна знаходитись в інтервалі агротехнічно – допустимих швидкостей (V_{lim}).

2.6.А Фактична потужність двигуна трактора, яка витрачається в конкретних заданих умовах виконання технологічної операції, та маневруванні на поворотах, розворотах.

2.6.1.А Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушіями трактора в процесі виконання роботи для умов підйом, кВт:

$$N_{\phi}^p = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{тр} \eta_{\delta}}, \quad (8.8)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила для умов «підйом», кН:

$$P_{руш} = G_{тр} (f_{тр} - \sin \alpha) + R_a, \quad (8.9)$$

(Для розрахунку залежності використовуємо опір агрегату (R_a) при виконанні технологічної операції також для умов «підйом»)

η_{δ} – коефіцієнт, що відображає втрати швидкості при наявності буксування:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (8.10)$$

де δ – буксування на вибраній передачі, % [6, табл. D.7].

$$\eta_{\delta} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$P_{руш} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$N_{\phi}^p = \frac{P_{руш.п} \cdot V_{п}}{3,6 \eta_{тр} \eta_{б}}$$

2.6.2.А Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушіями трактора в процесі виконання повороту агрегату, кВт.

$$N_{\phi}^п = \frac{P_{руш.п} \cdot V_{п}}{3,6 \eta_{тр} \eta_{б}}, \quad (8.11)$$

Рушійна сила при виконанні поворотів розраховується при умові $\alpha^0 = 0$:

$$P_{руш} = G_{тр} f_{тр} + R_a. \quad (8.12)$$

(Опір агрегату (R_a) при поворотах розраховуємо, приймаючи до уваги, що $k_V = 0$ та $\alpha^0 = 0$).

Швидкість на повороті ($V_{п}$), приймаємо самостійно з урахуванням складу агрегату та умовам руху.

$$P_{руш} = \frac{G_{тр} f_{тр} + R_a}{\eta_{тр}}$$

$$N_{\phi}^п = \frac{P_{руш} \cdot V_{п}}{3,6 \eta_{б}}$$

2.7.А Ступінь використання ефективної потужності двигуна розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату (виконання технологічної операції – N_{ϕ}^p та повороти – $N_{\phi}^п$):

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{ен}}, \quad (8.13)$$

де $N_{ен}$ – номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт; (табл. 8.2) при виконанні роботи:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}^п}{N_{ен}}$$

- на поворотах:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}^p}{N_{ен}}$$

Економічній роботі двигуна трактора відповідають такі режими роботи агрегату, при яких ефективна номінальна потужність в процесі виконання роботи використовується не менше ніж на 70...80%.

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі трактора _____, обприскувача _____, який виконує технологічну операцію на _____ передачі, $V_p = \text{--- км/год}$ (рух на підйом) і на _____ передачі, $V_p = \text{--- км/год}$ (рух на спуск).

2.1.Б Обґрунтувати режим роботи самохідного агрегату обприскувача

У відповідності із призначенням технологічної операції, агротехнічними вимогами до її виконання і технологічними умовами роботи, та з урахуванням результатів багатокритеріального аналізу, вибрати по технічним характеристикам марку самохідного обприскувача [6, табл. X.7].

Марка самохідного обприскувача _____ (параметри занести в табл. 8.4)

Таблиця 8.4 – Технічні характеристики і енергетичні параметри самохідного обприскувача [6, табл. X.7]

Марка	Маса, M_{ca} , кг	Ширина розподілу технологічного матеріалу, B_{tm} , м	Ефективна номінальна потужність двигуна самохідного агрегату $N_{ен}$, кВт	Потужність на привід механізмів обприскувача від ВВП $N_{рх}$, кВт	Об'єм ємкості обприскувача U_e , л
1	2	3	4	5	6

2.2.Б Розрахувати максимальну технічно – можливу швидкість руху агрегату обумовлену потужністю двигуна, км/год (для умов підйом):

$$V_{pN} = \frac{3,6(N_{ен} - N_{рх})\eta_{тр.а}}{G_{e.a}(f_{c.a} + \sin\alpha)}, \quad (8.14)$$

де $N_{ен}$ – ефективна номінальна потужність двигуна самохідного агрегату, кВт; (табл. 8.4)

$N_{рх}$ – потужність на привід механізмів обприскувача від ВВП для виконання технологічної операції, кВт (табл. 8.4);

$\eta_{тр.а}$ – ККД трансмісії самохідного агрегату, ($\eta_{тр.а} = 0,8 \dots 0,95$) [3];

$f_{c.a}$ – коефіцієнт опору руху рушіїв самохідного агрегату [6, табл. D.11];

$G_{e.a}$ – експлуатаційна вага самохідного агрегату, кН:

$$G_{e.a} = G_{ca} + Q_{tm}, \quad (8.15)$$

$G_{c.a}$ – конструкційна вага самохідного агрегату, кН:

$$G_{c.a} = 10^{-3} M_{c.a} g, \quad (8.16)$$

де $M_{c.a}$ – маса самохідного агрегату, кг (табл. 8.4);

g – прискорення сили земного тяжіння, ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

$Q_{тм}$ – вага розчину ядохімікатів в ємкості обприскувача, кН:

$$Q_{тм} = 10^3 U_{\epsilon} \rho_{тм} g \psi_{\epsilon}, \quad (8.17)$$

де U_{ϵ} – об'єм ємкості обприскувача, л (табл. 8.4);

$\rho_{тм}$ – об'ємна маса розчину ядохімікатів, т/м³ [6, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м³);

ψ_{ϵ} – коефіцієнт використання об'єму ємкості – ($\psi_{\epsilon} = 0,8 \dots 0,9$) [3].

$$Q_{тм} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$G_{c.a} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$G_{e.a} = \underline{\hspace{15em}}$$

$$V_{pN} = \underline{\hspace{15em}}$$

2.3.Б Обґрунтований вибір швидкості руху.

Розрахована швидкість повинна знаходитись в інтервалі агротехнічно – допустимих швидкостей (V_{lim}) [6, табл. D.4].

2.4.Б Фактична потужність двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах виконання технологічної операції, та маневруванні на поворотах, розворотах.

2.4.1.Б Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована самохідним обприскувачем в процесі виконання роботи (розподілення ядохімікатів) для умов підйом, кВт:

$$N_{\phi}^p = \left[\frac{V_p}{3,6} \cdot \frac{G_{e.a} (f_{c.a} + \sin \alpha)}{\eta_{тр}} + N_{px} \right] \cdot \xi_{Ne}, \quad (8.18)$$

де ξ_{Ne} – нормативний коефіцієнт використання ефективної потужності двигуна самохідного агрегату ($\xi_{Ne} = 0,8 \dots 0,9$);

$$N_{\phi}^p = \frac{\dots}{\dots}$$

2.4.2.Б Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушіями самохідного агрегату в процесі виконання поворотів, приймаючи до уваги що $\alpha^o = 0$, робочі органи працюють в режимі холостого ходу ($N_{px} = 0$), а швидкість на поворотах (V_{Π}) вибираємо з урахуванням умов руху, кВт:

$$N_{\phi}^{\Pi} = \left[\frac{V_{\Pi}}{3,6} \cdot \frac{G_{e.a.f.c.a}}{\eta_{тp.a}} \right] \cdot \xi_{Ne} \cdot \quad (8.19)$$

$$N_{\phi}^{\Pi} = \frac{\dots}{\dots}$$

2.5.Б Ступінь використання ефективної потужності двигуна розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату (виконання технологічної операції – N_{ϕ}^p та повороти – N_{ϕ}^n):

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{eH}} \quad (8.20)$$

- при виконанні роботи:

$$\xi_N = \frac{\dots}{\dots}$$

на поворотах

$$\xi_N = \frac{\dots}{\dots}$$

Економічній роботі двигуна самохідного обприскувача відповідають такі режими роботи агрегату, при яких ефективна номінальна потужність використовується не менше ніж на 70...80%.

В результаті розрахунків обґрунтовано швидкісний режим роботи самохідного агрегату для заданих умов виконання технологічної операції: агрегат _____, із шириною розподілення технологічного матеріалу $B_K = \dots$, який виконує технологічну операцію на швидкості $V_p = \dots$ км/год.

4.2 Параметри робочої ділянки в залежності від кінематичних параметрів агрегату для обґрунтування вибраного способу руху.

4.2.1 Розрахувати довжину робочої частини гону (L_p , м). Вона визначається за допомогою схеми [6, рис. X.1 – X.3] і залежності:

$$L_p = L - 2E, \quad (8.21)$$

де L – довжина гону поля, м (із вихідних даних);
 E – ширина поворотної смуги, м ($E = 12 \dots 16$ м).

$$L_p = \underline{\hspace{10em}}$$

4.3 Оцінка досконалості вибраного способу руху і виду поворотів виконується при визначенні коефіцієнту використання довжини гону:

– при виконанні поверхневого розподілення ядохімікатів човниковим способом руху обприскувача:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (8.22)$$

де L_x – довжина холостого ходу при повороті, м:

$$\varphi = \underline{\hspace{10em}}$$

$$L_x = l_{\pi}, \quad (8.23)$$

де l_{π} – довжина петлі повороту, м (при петльовому повороті):

$$l_{\pi} = \gamma_L \cdot r_{\pi}, \quad (8.24)$$

де γ_L – коефіцієнт, який характеризує співвідношення довжини петлі повороту до його радіусу [6, рис. D.1, табл. D.13];

r_{π} – радіус повороту агрегату, м (для розрахунку приймаємо $r_{\pi} \approx B_{TM}$);
 B_{TM} – ширина розподілу ядохімікатів, м (табл. 8.4).

$$l_{\pi} = \underline{\hspace{10em}}$$

Довжина холостого ходу (L_x) при безпетльовому повороті з прямолінійною ділянкою, м:

$$L_x = \gamma_L \cdot r_{II} + \chi, \quad (8.25)$$

де χ – довжина прямолінійної ділянки петлі повороту, м:

$$\chi = 0,5(C - B_{TM}), \quad (8.26)$$

де C – ширина ділянки поля, м (із вихідних даних).

$$\chi = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$L_x = \underline{\hspace{4cm}}$$

5 Обґрунтувати параметри технологічного циклу обприскування.

5.А Розрахувати параметри технологічного циклу розподілення розчином ядохімікатів **причінними та самохідними цистерновими машинами** при організації робіт по **перевантажувальній схемі**

5.1.А Розрахувати параметри по визначенню місця заправок цистернових машин розчином ядохімікатів.

5.1.1.А Відстань між місцями заповнення ємностей машин розчином ядохімікатів по довжині гону, м:

$$l_{M3} = \frac{10^7 U_{\epsilon} \rho_{TM} \psi_{\epsilon}}{H_{TM} B_{TM}}, \quad (8.27)$$

де U_{ϵ} – об'єм ємності машини, м³ (табл. 8.3; 8.4);

ρ_{TM} – об'ємна маса розчину ядохімікатів, $\frac{T}{M^3}$ [6, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м³);

ψ_{ϵ} – коефіцієнт використання об'єму ємностей машин, ($\psi_{\epsilon} = 0,8$);

H_{TM} – норма внесення розчину ядохімікатів – л/га (із вихідних даних);

B_{TM} – ширина розподілу розчину ядохімікатів, м (із вихідних даних).

$$l_{M3} = \underline{\hspace{4cm}}$$

5.1.2.А Відстань між місцями заповнення ємності машини розчином ядохімікатів по ширині ділянки (загінки), м:

$$C_{M3} = 2B_{TM} n_{кр}, \quad (8.28)$$

де $n_{кр}$ – кількість кругів між місцями заправки:

$$n_{кр} = \frac{l_{мз}}{2L_p}. \quad (8.29)$$

(результат округлити до цілого меншого числа)

$$C_{мз} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n_{кр} = \underline{\hspace{2cm}}$$

5.2.А Розрахувати складові часу технологічного циклу розподілення ядохімікатів, год:

$$t_{ц} = t_{рц} + t_{хц} + t_{тц}, \quad (8.30)$$

де $t_{рц}$ – тривалість основної роботи за один цикл розподілення ядохімікатів, год:

$$t_{рц} = \frac{l_{мз}}{10^3 V_p}, \quad (8.31)$$

$t_{хц}$ – тривалість холостих поворотів в циклі, год:

$$t_{хц} = \frac{t_{тц}(1 - \tau_{рух})}{\tau_{рух}}, \quad (8.32)$$

$t_{тц}$ – тривалість одного технологічного обслуговування агрегату в циклі, год:

$$t_{тц} = t_{зд}, \quad (8.33)$$

де $t_{зд}$ – тривалість одного завантаження ємкостей машин розчином ядохімікатів, год $t_{зд} = (0,1..0,2)$ год;

$\tau_{рух}$ – коефіцієнт використання часу руху.

$$t_{хц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$t_{рц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$t_{ц} = \frac{\dots}{\dots}$$

Для визначення коефіцієнту використання часу руху ($\tau_{рух}$) задаємося такими умовами:

при $V_p = V_{п}$ маємо $\tau_{рух} = \varphi,$ (8.34)

а при $V_p \neq V_{п}$ маємо $\tau_{рух} = \frac{k\varphi}{(k-1)\varphi + 1}$ (8.35)

де – $k = \frac{V_{п}}{V_p}$ (8.36)

$V_{п}$ – швидкість руху при виконанні поворотів (приймаємо з урахуванням складу агрегату та умовам руху), км/год.

$$k = \frac{\dots}{\dots}$$

$$\tau_{рух} = \frac{\dots}{\dots}$$

6 Обґрунтувати параметри режиму робочої зміни агрегату із визначенням складових елементів часу зміни.

Час зміни складається із таких елементів:

$$T_{зм} = T_p + T_x + T_T + T_{оп} \quad (8.45)$$

де $T_{зм}$ – нормативний час зміни, год (при роботі з ядохімікатами – 6 год).

T_p – час чистої роботи на протязі зміни, год;

T_x – час на повороти, заїзди, холості переїзди і т.ін., год;

T_T – тривалість технологічного обслуговування агрегату, год;

$T_{оп}$ – час регламентованих перерв на відпочинок і особисті потреби, год

$$T_{оп} = (0,07 \dots 0,10)T_{зм}.$$

6.1 Розрахувати час чистої (корисної) роботи агрегату за зміну, год:

$$T_p = t_{pц} \cdot n_{ц} \quad (8.46)$$

6.2 Розрахувати час, витрачений на повороти за зміну, год:

$$T_x = t_{xц} \cdot n_{ц} \quad (8.47)$$

6.3 Розрахувати час на технологічне обслуговування (T_T) агрегату при виконанні операції внесення добрив розділяють на:

– циклове ($T_{T.цц}$) (завантаження ємностей машин розчином ядохімікатів, транспортування агрегатом води у поле і переїзди порожнього агрегату під завантаження), год;

– позациклове ($T_{T.пц}$) (контроль якості роботи, перевірка регульовальних параметрів і т.ін.), год:

$$T_T = T_{T.цц} + T_{T.пц}, \quad (8.48)$$

6.3.1 Час на позациклове технологічне обслуговування агрегату, год:

$$T_{T.пц} = (0,04 \dots 0,05) \cdot T_{зм} \quad (8.49)$$

6.3.2 Час на циклове технологічне обслуговування агрегату, год:

$$T_{T.цц} = t_{T.цц} \cdot n_{ц} \quad (8.50)$$

де $n_{ц}$ – кількість технологічних циклів за зміну:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - (T_{T.пц} + T_{оп})}{t_{ц}} \quad (8.51)$$

(Кількість технологічних циклів за зміну округлюємо до цілого більшого числа)

$$T_p = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_x = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_{T.цц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n_{ц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

6.4 Оцінка повноти використання часу зміни на виконання корисної роботи визначається при розрахунку коефіцієнту:

$$\tau_{3M} = \frac{T_p}{T_{3M}} \quad (8.52)$$

$$\tau_{3M} = \frac{\quad}{\quad}$$

7 Розрахувати обсяг роботи, виконаної агрегатом при внесенні технологічного матеріалу:

– за годину змінного часу, га/год:

$$W_{Г.3M} = 0,1 B_{TM} V_p \tau_{3M} \quad (8.53)$$

– за зміну, га:

$$W_{3M} = W_{Г.ТМ} T_{3M} \quad (8.54)$$

$$W_{Г.3M} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$W_{3M} = \frac{\quad}{\quad}$$

8 Експлуатаційні витрати на роботу агрегатів.

8.1 Розрахувати витрати пального на одиницю обсягу роботи, кг/га:

– тягово-привідного агрегату:

$$q_{га} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_x + G_{Tз} T_{зуп}}{T_{3M} W_{Г.ТМ}} \quad (8.55)$$

де G_{Tp} , G_{Tx} , $G_{Tз}$ – витрати пального двигуном трактора, відповідно, при робочому ході, на поворотах і зупинках кг/год [6, табл. D.18];

$T_{зуп}$ – час регламентованих зупинок, год:

$$T_{зуп} = T_T + T_{оп}, \quad (8.56)$$

$$T_{зуп} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$q_{га} = \frac{\quad}{\quad}$$

– самохідного агрегату:

$$q_{\text{га}} = \frac{10^{-3} N_{\text{ен}} g_{\text{ен}}}{W_{\text{г.тм}}}, \quad (8.57)$$

де $g_{\text{ен}}$ – питомі витрати пального двигуном обприскувача, г/кВт год [6, табл. X.7];

$$q_{\text{га}} = \text{_____}$$

8.2 Розрахувати прямі затрати праці на одиницю обсягу роботи, люд·год/га:

$$z_{\text{п}} = \frac{n_{\text{мех}}}{W_{\text{г.тм}}} \quad (8.58)$$

де $n_{\text{мех}}$ – кількість механізаторів, що обслуговують агрегат, люд.

$$z_{\text{п}} = \text{_____}$$

8.3 Розрахувати повну питому енергоємність технологічної операції (витрати енергії пального на одиницю обсягу роботи), Дж/га:

$$A_{\text{п}} = H_{\text{п}} q_{\text{га}}, \quad (8.59)$$

де $H_{\text{п}}$ – питома теплота згорання пального, Дж/кг : (дизельне пальне – $4,166 \cdot 10^7$; бензин – $4,38 \cdot 10^7$).

$$A_{\text{п}} = \text{_____}$$

Якщо врахувати, що $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,36 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, то повну питому енергоємність можна виразити в кВт·год/га.

9 Обґрунтувати системну цілісність технологічного процесу.

9.1.А Для забезпечення системної цілісності комплексу машин для обприскування і максимального завантаження всіх його ланок при перевантажувальній схемі необхідно виконати умову потоковості технологічного процесу:

$$W_{Г.ТМ} n_{а.ТМ} = \frac{W_{Г.ТЗ} n_{ТЗ}}{H_{ТМ}}, \quad (8.60)$$

де $W_{Г.ТМ}$ – продуктивність агрегатів для розподілу ядохімікатів по поверхні рослин, га/год;

$n_{а.ТМ}$ – кількість агрегатів для розподілу ядохімікатів по поверхні рослин, шт. (для розрахунків приймаємо $n_{а.ТМ} = 1$ шт);

$W_{Г.ТЗ}$ – продуктивність транспортних засобів для підвезення води, т/год;

$n_{ТЗ}$ – кількість транспортних засобів для підвезення води, шт;

$H_{ТМ}$ – норма внесення розчину ядохімікатів (із вихідних даних).

9.2.А Розрахувати продуктивність ($W_{Г.ТЗ}$) транспортного засобу для підвезення води, т/год:

$$W_{Г.ТЗ} = \frac{M_{В}}{t_{об.ТЗ}} \quad (8.61)$$

де $M_{В}$ – маса вантажу (води) в транспортному засобі, т;

$t_{об.ТЗ}$ – час обороту транспортного засобу, год;

9.2.1.А Розрахувати масу ($M_{В}$) вантажу в транспортному засобі, т:

$$M_{В} = U_{К} \rho_{ТМ} \psi_{К}, \quad (10.62)$$

де $U_{К}$ – об'єм ємкості транспортного засобу, м³ [б, табл. XII];

$\rho_{ТМ}$ – об'ємна маса технологічного матеріалу ядохімікатів, т/м³ [б, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м³);

$\psi_{К}$ – коефіцієнт використання об'єму ємкості транспортного засобу, ($\psi_{К} = 0,8$).

$$M_{В} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$W_{Г.ТЗ} = \underline{\hspace{10em}}$$

9.2.2.А Розрахувати час ($t_{об.ТЗ}$) обороту транспортного засобу, год:

$$t_{\text{об.тз}} = t_{\text{зав}} + \frac{S_{\text{км}}}{V_{\text{рв}}} + t_{\text{роз}} + \frac{S_{\text{тм}}}{V_{\text{рх}}}, \quad (8.63)$$

де $t_{\text{зав}}$ – час завантаження транспортного засобу, год;

$S_{\text{тм}}$ – відстань перевезення води, км (із вихідних даних);

$V_{\text{рв}}$ – швидкість руху транспортного засобу по польовим дорогам з вантажем, км/год (для розрахунків можна прийняти $V_{\text{рв}} = 20$ км/год);

$V_{\text{рх}}$ – швидкість руху транспортного засобу по польовим дорогам без вантажу, км/год (для розрахунків можна прийняти $V_{\text{рх}} = 30$ км/год);

$t_{\text{роз}}$ – час розвантаження транспортного засобу, год; (приймаємо з урахуванням часу технологічного обслуговування агрегату в одному циклі робіт (завантаження ємкості обприскувача)) і часу на виконання основної роботи за один цикл внесення ядохімікатів (опорожнення ємностей обприскувача).

$$t_{\text{об.тз}} = \frac{\dots}{\dots}$$

9.3.А Розрахувати кількість ($n_{\text{тз}}$) транспортних засобів для підвезення води:

$$n_{\text{тз}} = \frac{W_{\text{г.тм}}}{W_{\text{г.тз}}} H_{\text{тм}} n_{\text{а.тм}} \quad (8.64)$$

$$n_{\text{тз}} = \frac{\dots}{\dots}$$

Висновки

В результаті розрахунків по представленій методиці виконано:

а) обґрунтування оптимального складу агрегату і швидкісний режим його роботи для заданих умов виконання технологічної операції ($\eta_p = \dots$; $\xi_N = \dots$);

б) оцінювання досконалості вибраного способу руху і виду поворотів ($\varphi = \dots$);

в) розрахунки параметрів:

– технологічного циклу робіт по внесенню добрив ($t_{\text{ц}} = \dots$, $n_{\text{ц}} = \dots$);

– режиму робочої зміни агрегату із аналізом її складових та оцінкою повноти використання часу зміни на виконання корисної роботи ($\tau_{\text{рух}} = \dots$, $\tau_{\text{зм}} = \dots$);

- г) розрахунки обсягу роботи, виконаної агрегатом:
- за годину змінного часу ($W_T = \text{_____}$, га/год);
 - за зміну ($W_{зм} = \text{_____}$, га);
- д) розрахунки експлуатаційних витрат на роботу агрегатів:
- витрати пального на одиницю виробітку агрегату ($q_{га} = \text{_____}$, кг/га);
 - прямі затрати праці на одиницю виконаних робіт ($Z_{п} = \text{_____}$, люд · год/га);
 - повна питома енергоємність технологічної операції ($A_{п} = \text{_____}$, Дж/га).
- е) обґрунтування системної цілісності технологічного процесу розподілу ядохімікатів по поверхні рослин.

Практична робота № 9
«Технологія та організація внесення добрив кузовними розкидачами»

Вихідні дані:

Вид добрив (сипкі мінеральні, тверді органічні, рідкі мінеральні і органічні)

Технологічна схема внесення (перевантажувальна, прямоточна)

Конфігурація поля (бажано вибрати безпосередньо із карти землекористування реального господарства) _____

Розміри поля: площа, га (F) ____; довжина, м (L) ____; ширина, м (C) ____

Рельєф поля, град (α°) _____

Норма внесення технологічного матеріалу (H_{TM}):

- твердих органічних добрив – т/га: _____

- сипких мінеральних – кг/га: _____

- рідких мінеральних і органічних – л/га: _____

Відстань перевезення технологічного матеріалу, км (S_{TM}) _____

Послідовність виконання завдання

1 Коротко описати особливості технологічної операції, перелічити технологічні схеми внесення, привести агротехнічні вимоги і методи контролю їх виконання [1].

2 Обґрунтувати швидкісний режим роботи агрегату для заданих умов виконання технологічної операції

2.1.А Обґрунтувати режим роботи тракторного агрегату із **тягово-привідною** машиною (транспортуювання і внесення добрив).

У відповідності із призначенням технологічної операції, агротехнічними вимогами до її виконання і технологічними умовами роботи, та з урахуванням результатів багатокритеріального аналізу, вибрати по технічним характеристикам марку робочої машини [6, табл. X.1 – X.6] і трактора [6, табл. I.1], який її агрегує.

Марка робочої машини _____ (параметри занести в табл. 9.1)

Марка трактора _____ (параметри занести в табл. 9.2)

Таблиця 9.1 – Технічні характеристики і енергетичні параметри робочої машини [6, табл. X.1 – X.6]

Назва і марка	Маса $M_{рд}$, кг	Ширина розподілу технологічного матеріалу, $B_{тм}$, м	Об'єм кузова розкидача, $U_{кв}$, м ³ (л)	Потужність на привід робочих органів від ВВП, $N_{ВВП}$, кВт	Інтервал агротехнічно-допустимих швидкостей V_{lim} , км/год
1	2	3	4	5	6

Примітки: Колонку 6 заповнюють після виконання пункту 2.2.

Таблиця 9.2 – Технічні характеристики трактора [6, табл. I.1]

Марка	Маса $M_{тр}$, кг	Номінальна потужність, $N_{ен}$, кВт	Передача	Швидкість V_p , км/год	Тягове зусилля $P_{тн}$, кН
1	2	3	4	5	6

Примітки: Колонки 4, 5, 6 заповнюють після виконання пункту 2.2.

2.2.А Із збірника методик [6] вибрати енергетичні параметри робочих машин і режимні параметри тракторів:

– встановити інтервал агротехнічно-допустимих швидкостей (V_{lim} , км/год) [6, табл. D.4], в межах якого забезпечується висока якість роботи с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію і занести інтервал в табл. 10.1;

– із тягової характеристики [6, табл. D.7] трактора в режимі експлуатації $N_T = N_{Tmax}$ з урахуванням агрофону вибрати тягові параметри на передачах, які по чисельному значенні швидкості входять в інтервал агротехнічно-допустимих швидкостей і занести значення в табл. 9.3.

Таблиця 9.3 – Тягові параметри трактора [6, табл. D.7]

передача					
Параметри					
V_p , км/год					
$P_{тн}$, кН					
N_{Tmax} , кВт					

З метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач приймаємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність (N_{Tmax}). Робоча швидкість (V_p) і

номінальне тягове зусилля ($P_{\text{ТН}}$) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку і занести їх необхідно в табл. 9.2.

2.3.А Розрахувати сумарний (приведений) тяговий опір агрегату із причіпною (начіпною) тягово-привідною машиною, кН (для умов підйом):

- причіпні машини, які обладнані кузовом для поверхневого внесення добрив:

$$R_a = [(G_{\text{рд}} + Q_{\text{в}})(f_{\text{м}} + \sin\alpha)] + P_{\text{ВВП}}; \quad (9.1)$$

$$R_a = \frac{[(G_{\text{рд}} + Q_{\text{в}})(f_{\text{м}} + \sin\alpha)] + P_{\text{ВВП}}}{\dots}$$

- начіпні машини, які обладнані кузовом для поверхневого внесення добрив:

$$R_a = [(G_{\text{рд}} + Q_{\text{в}})(\lambda_{\text{д}}f_{\text{тр}} + \sin\alpha)] + P_{\text{ВВП}}, \quad (9.2)$$

де $f_{\text{м}}$ – коефіцієнт опору кочення опорних коліс с.-г. машини (причіпного розкидача) [6, табл. D.10];

$f_{\text{тр}}$ – коефіцієнт опору руху рушіїв трактора [6, табл. D.11];

$\lambda_{\text{д}}$ – коефіцієнт довантаження, який враховує масу і вертикальні складові тягового опору начіпної робочої машини, що діють на ходову систему трактора ($\lambda_{\text{д}} = 0,2 \dots 0,5$) [3];

$G_{\text{рд}}$ – вага розкидача добрив, кН:

$$G_{\text{рд}} = 10^{-3} M_{\text{рд}} g, \quad (9.3)$$

де $M_{\text{рд}}$ – маса розкидача добрив, кг (табл. 9.1);

g – прискорення сили земного тяжіння, ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$);

$Q_{\text{в}}$ – вага технологічного вантажу в кузові, кН:

$$Q_{\text{в}} = U_{\text{к}} \rho_{\text{тм}} g \psi_{\text{к}}, \quad (9.4)$$

де $U_{\text{к}}$ – об'єм кузова розкидача, м^3 (табл. 9.1);

$\rho_{\text{тм}}$ – об'ємна маса технологічного матеріалу (добрив в різному агрегатному стані, технологічної рідини для приготування розчину і т.ін.), т/м^3 [6, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м^3);

$\psi_{\text{к}}$ – коефіцієнт використання об'єму кузова – ($\psi_{\text{к}} = 0,8 \dots 0,9$) [3].

Втрати дотичної сили тяги трактора при передачі частини потужності його двигуна на привід механізмів тягово-привідних машин від ВВП, кН:

$$P_{\text{ВВП}} = \frac{3,6 \cdot N_{\text{ВВП}} \eta_{\text{тр}}}{V_{\text{р}} \eta_{\text{ВВП}}}, \quad (9.5)$$

де $N_{\text{ВВП}}$ – потужність на привід робочих органів від ВВП, кВт (табл. 8.1);
 $\eta_{\text{ВВП}}$ – коефіцієнт корисної дії приводу ВВП ($\eta_{\text{ВВП}} = 0,94 \dots 0,96$) [3];
 $\eta_{\text{тр}}$ – коефіцієнт корисної дії трансмісії рушіїв трактора
(колісний – $\eta_{\text{тр}} = 0,9$; гусеничний – $\eta_{\text{тр}} = 0,86$) [3].

$$P_{\text{ВВП}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$G_{\text{рд}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$Q_{\text{в}} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$R_{\text{а}} = \underline{\hspace{15em}}$$

2.4.А Оцінка правильності вибору швидкісного режиму роботи агрегату виконується при визначенні коефіцієнта використання номінального тягового зусилля:

$$\eta_{\text{р}} = \frac{R_{\text{а}}}{P_{\text{тн}} - G_{\text{тр}} \sin \alpha}, \quad (9.6)$$

де $G_{\text{тр}}$ – вага трактора, кН:

$$G_{\text{тр}} = 10^{-3} M_{\text{тр}} g, \quad (9.7)$$

(знак “–” в формулі 10.6 відповідає руху на підйом)
де $M_{\text{тр}}$ – маса трактора, кг (табл. 8.2).

Коефіцієнт використання номінального тягового зусилля повинен відповідати табличним значенням [6, табл. D.9]. В тому випадку, коли значення коефіцієнта ($\eta_{\text{р}}$) перевищують допустимі табличні, то розрахунок необхідно повторити з використанням суміжної нижчої передачі, а якщо значення коефіцієнта нижче допустимого табличного, то – суміжної вищої передачі.

$$G_{\text{тр}} = \underline{\hspace{10em}}$$

- умови руху на підйом:

$$\eta_{\text{р}} = \underline{\hspace{10em}}$$

- умови руху на спуск:

$$\eta_p = \underline{\hspace{10em}}$$

Обґрунтована при виконанні п.2.2.А робоча швидкість (V_p) повинна знаходитись в інтервалі агротехнічно – допустимих швидкостей (V_{lim}).

2.6.А Фактична потужність двигуна трактора, яка витрачається в конкретних заданих умовах виконання технологічної операції, та маневруванні на поворотах, розворотах.

2.6.1.А Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушіями трактора в процесі виконання роботи (*внесення добрив*) для умов підйом, кВт:

$$N_{\Phi}^p = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{тр} \eta_{\delta}}, \quad (9.8)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила для умов «підйом», кН:

$$P_{руш} = G_{тр} (f_{тр} - \sin \alpha) + R_a, \quad (9.9)$$

(Для розрахунку залежності використовуємо опір агрегату (R_a) при виконанні технологічної операції також для умов «підйом»)

η_{δ} – коефіцієнт, що відображає втрати швидкості при наявності буксування:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (9.10)$$

де δ – буксування на вибраній передачі, % [6, табл. D.7].

$$\eta_{\delta} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$P_{руш} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$N_{\Phi}^p = \underline{\hspace{10em}}$$

2.6.2.А Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушійними трактора в процесі виконання повороту агрегату, кВт.

$$N_{\Phi}^{\Pi} = \frac{P_{руш.п} \cdot V_{\Pi}}{3,6\eta_{тр}\eta_{б}}, \quad (9.11)$$

Рушійна сила при виконанні поворотів розраховується при умові $\alpha^0 = 0$:

$$P_{руш} = G_{тр}f_{тр} + R_a . \quad (9.12)$$

(Опір агрегату (R_a) при поворотах розраховуємо, приймаючи до уваги, що $k_V = 0$ та $\alpha^0 = 0$).

Швидкість на повороті (V_{Π}), приймаємо самостійно з урахуванням складу агрегату та умовам руху.

$$P_{руш} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$N_{\Phi}^{\Pi} = \underline{\hspace{10em}}$$

2.7.А Ступінь використання ефективної потужності двигуна розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату (виконання технологічної операції – N_{Φ}^p та повороти – N_{Φ}^n):

$$\xi_N = \frac{N_{\Phi}}{N_{ен}}, \quad (9.13)$$

де $N_{ен}$ – номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт; (табл. 9.2):

- при виконанні роботи:

$$\xi_N = \underline{\hspace{10em}}$$

- на поворотах:

$$\xi_N = \underline{\hspace{10em}}$$

4.2 Параметри робочої ділянки в залежності від кінематичних параметрів агрегату для обґрунтування вибраного способу руху.

4.2.1 Розрахувати довжину робочої частини гону (L_p , м). Вона визначається за допомогою схеми [6, рис. X.1 – X.3] і залежності:

$$L_p = L - 2E, \quad (9.14)$$

де L – довжина гону поля, м (*із вихідних даних*);
 E – ширина поворотної смуги, м ($E = 12 \dots 16$ м).

$$L_p = \underline{\hspace{2cm}}$$

4.3 Оцінка досконалості вибраного способу руху і виду поворотів виконується при визначенні коефіцієнту використання довжини гону:

– при виконанні поверхневого розподілення добрив човниковим способом руху розкидача:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (9.15)$$

де L_x – довжина холостого ходу при повороті, м:

$$\varphi = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$L_x = l_{\pi}, \quad (9.16)$$

де l_{π} – довжина петлі повороту, м (*при петльовому повороті*):

$$l_{\pi} = \gamma_L \cdot r_{\pi}, \quad (9.17)$$

де γ_L – коефіцієнт, який характеризує співвідношення довжини петлі повороту до його радіусу [6, рис. D.1 і табл. D.13];

r_{π} – радіус повороту агрегату, м (для розрахунку приймаємо $r_{\pi} \approx B_{\text{ТМ}}$);

$B_{\text{ТМ}}$ – ширина розподілу технологічного матеріалу, м [6, табл. 9.4].

$$l_{\pi} = \underline{\hspace{2cm}}$$

Довжина холостого ходу (L_x) при *безпетльовому* повороті з *прямолінійною ділянкою*, м;

$$L_x = \gamma_L \cdot r_{\Pi} + \chi, \quad (9.18)$$

де χ – довжина прямолінійної ділянки петлі повороту, м:

$$\chi = 0,5(C - B_{\text{TM}}), \quad (9.19)$$

де C – ширина ділянки поля, м (із вихідних даних).

$$\chi = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$L_x = \underline{\hspace{2cm}}$$

5 Обтунтувати параметри технологічного циклу внесення добрив.

5.А Розрахувати параметри технологічного циклу внесення сипких мінеральних добрив **начіпними розкидачами** і внесення рідких добрив при організації робіт по **перевантажувальній схемі**

5.1.А Розрахувати параметри по визначенню місця заправок начіпних розкидачів і цистернових машин технологічним матеріалом.

5.1.1.А Відстань між місцями заповнення ємностей машин технологічним матеріалом по довжині гону, м:

$$l_{\text{мз}} = \frac{10^7 U_{\epsilon} \rho_{\text{TM}} \psi_{\epsilon}}{H_{\text{TM}} B_{\text{TM}}}, \quad (9.20)$$

де U_{ϵ} – об'єм ємностей машин, м³ (табл. 9.3; 9.4);

ρ_{TM} – об'ємна маса технологічного матеріалу (добрив в різному агрегатному стані, ядохімікатів, технологічної рідини для приготування розчину і т.ін.), т/м³ [6, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м³);

ψ_{ϵ} – коефіцієнт використання об'єму ємностей машин, ($\psi_{\epsilon} = 0,8$);

H_{TM} – норма внесення технологічного матеріалу, (сипких мінеральних добрив – кг/га; рідких добрив, або ядохімікатів – л/га) (із вихідних даних);

B_{TM} – ширина розподілу технологічного матеріалу, м (із вихідних даних).

$$l_{\text{мз}} = \underline{\hspace{2cm}}$$

5.1.2.А Відстань між місцями заповнення ємностей машин технологічним матеріалом по ширині ділянки (загінки), м:

$$C_{\text{мз}} = 2B_{\text{TM}} n_{\text{кр}}, \quad (9.21)$$

де $n_{кр}$ – кількість кругів між місцями заправки:

$$n_{кр} = \frac{l_{мз}}{2L_p}. \quad (9.22)$$

(результат округлити до цілого меншого числа)

$$C_{мз} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n_{кр} = \underline{\hspace{2cm}}$$

5.2.А Розрахувати складові часу технологічного циклу внесення добрив, год:

$$t_{ц} = t_{рц} + t_{хц} + t_{тц}, \quad (9.23)$$

де $t_{рц}$ – тривалість основної роботи за один цикл внесення добрив, год:

$$t_{рц} = \frac{l_{мз}}{10^3 V_p}, \quad (9.24)$$

$t_{хц}$ – тривалість холостих поворотів в циклі, год:

$$t_{хц} = \frac{t_{тц}(1 - \tau_{рух})}{\tau_{рух}}, \quad (9.25)$$

$t_{тц}$ – тривалість одного технологічного обслуговування агрегату в циклі, год:

$$t_{тц} = t_{зд}, \quad (9.26)$$

де $t_{зд}$ – тривалість одного завантаження ємкостей машин технологічним матеріалом, год $t_{зд} = (0,1 \dots 0,2)$ год;

$\tau_{рух}$ – коефіцієнт використання часу руху.

$$t_{хц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$t_{рц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$t_{\text{ц}} = \text{_____}$$

Для визначення коефіцієнту використання часу руху ($\tau_{\text{рух}}$) задаємося такими умовами:

при $V_p = V_{\text{п}}$
маємо $\tau_{\text{рух}} = \varphi,$ (9.27)

а при $V_p \neq V_{\text{п}}$
маємо $\tau_{\text{рух}} = \frac{k\varphi}{(k-1)\varphi + 1}$ (9.28)

де – $k = \frac{V_{\text{п}}}{V_p}$ (9.29)

$V_{\text{п}}$ – швидкість руху при виконанні поворотів (приймаємо з урахуванням складу агрегату та умовам руху), км/год.

$$k = \text{_____}$$

$$\tau_{\text{рух}} = \text{_____}$$

5.Б Розрахувати параметри технологічного циклу внесення сипких мінеральних добрив і твердих органічних добрив причінними розкидачами по прямоточній схемі.

Складові часу технологічного циклу внесення добрив, год:

$$t_{\text{ц}} = t_{\text{рц}} + t_{\text{хц}} + t_{\text{тц}},$$
 (9.30)

де $t_{\text{рц}}$ – тривалість основної роботи за один цикл внесення добрив, год;

$t_{\text{хц}}$ – тривалість холостих поворотів в циклі, год;

$t_{\text{тц}}$ – тривалість одного технологічного обслуговування агрегату в циклі, год.

5.1.Б Тривалість основної роботи за один цикл внесення добрив, год:

$$t_{\text{рц}} = \frac{10^4 U_{\epsilon} \rho_{\text{ТМ}} \psi_{\epsilon}}{H_{\text{ТМ}} B_{\text{ТМ}} V_p},$$
 (9.31)

де U_{ϵ} – об'єм ємкостей машин, м³ (табл. 9.3; 9.4);

$\rho_{\text{ТМ}}$ – об’ємна маса технологічного матеріалу (добрих в різному агрегатному стані, технологічної рідини для приготування розчину і т.ін.), т/м³ [6, табл. D.16] (для рідини – 1 т/ м³);

ψ_{ϵ} – коефіцієнт використання об’єму ємкостей машин, ($\psi_{\epsilon} = 0,8$);

$H_{\text{ТМ}}$ – норма внесення технологічного матеріалу, (сипких мінеральних і твердих органічних добрив – т/га) (із вихідних даних);

$B_{\text{ТМ}}$ – ширина розподілу технологічного матеріалу, м (із вихідних даних).

5.2.Б Тривалість холостих поворотів в межах одного циклу, год:

$$t_{\text{хц}} = \frac{t_{\text{рц}}(1 - \tau_{\text{рух}})}{\tau_{\text{рух}}} \quad (9.32)$$

де $\tau_{\text{рух}}$ – коефіцієнт використання часу руху;

Для визначення коефіцієнту використання часу руху ($\tau_{\text{рух}}$) задаємося такими умовами:

при $V_{\text{р}} = V_{\text{п}}$

маємо

$$\tau_{\text{рух}} = \varphi, \quad (9.33)$$

а при $V_{\text{р}} \neq V_{\text{п}}$

маємо

$$\tau_{\text{рух}} = \frac{k\varphi}{(k - 1)\varphi + 1} \quad (9.34)$$

де –

$$k = \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{р}}} \quad (9.35)$$

$V_{\text{п}}$ – швидкість руху при виконанні поворотів (приймаємо з урахуванням складу агрегату та умовам руху), км/год.

$$k = \text{_____}$$

$$\tau_{\text{рух}} = \text{_____}$$

$$t_{\text{хц}} = \text{_____}$$

$$t_{\text{рц}} = \text{_____}$$

$$t_{\text{ц}} = \text{_____}$$

5.3.Б Тривалість технологічного обслуговування агрегату в одному циклі робіт по внесенню добрив, год:

$$t_{\text{тц}} = t_{\text{зд}} + t_{\text{пер}}, \quad (9.36)$$

де $t_{\text{зд}}$ – тривалість одного завантаження ємкостей машин технологічним матеріалом, год (для розрахунків приймаємо $t_{\text{зн}} = (0,1 \dots 0,2)$ год);

$t_{\text{пер}}$ – час на переїзди, як завантаженого агрегату від складу до поля, так і розвантаженого – в зворотному напрямку, год:

$$t_{\text{пер}} = \frac{S_{\text{тм}}}{V_{\text{рв}}} + t_{\text{зав}} + \frac{S_{\text{тм}}}{V_{\text{рх}}}, \quad (9.37)$$

де $V_{\text{рв}}$ – швидкість руху агрегату з вантажем, км/год (для розрахунків можна прийняти $V_{\text{рв}} = 8 \dots 10$ км/год);

$V_{\text{рх}}$ – швидкість руху агрегату без вантажу, км/год (для розрахунків можна прийняти $V_{\text{рх}} = 15 \dots 20$ км/год);

$S_{\text{тм}}$ – відстань перевезення технологічного матеріалу, км (із вихідних даних);

$t_{\text{зав}}$ – час завантаження транспортного засобу, год (залежить від способу завантаження “вручну” чи “механізоване”, затареності вантажу та його кількості і т. ін.):

$$t_{\text{пер}} = \frac{\dots}{\dots}$$

$$t_{\text{тц}} = \frac{\dots}{\dots}$$

6 Обґрунтувати параметри режиму робочої зміни агрегату із визначенням складових елементів часу зміни.

Час зміни складається із таких елементів:

$$T_{\text{зм}} = T_{\text{р}} + T_{\text{х}} + T_{\text{т}} + T_{\text{оп}} \quad (9.38)$$

де $T_{\text{зм}}$ – нормативний час зміни, год (при роботі майже на всіх с.-г. операціях дорівнює 7 год; при роботі з ядохімікатами – 6 год).

$T_{\text{р}}$ – час чистої роботи на протязі зміни, год;

$T_{\text{х}}$ – час на повороти, заїзди, холості переїзди і т.ін., год;

$T_{\text{т}}$ – тривалість технологічного обслуговування агрегату, год;

$T_{\text{оп}}$ – час регламентованих перерв на відпочинок і особисті потреби, год
 $T_{\text{оп}} = (0,07 \dots 0,10)T_{\text{зм}}$;

6.1 Розрахувати час чистої (корисної) роботи агрегату за зміну, год:

$$T_p = t_{pц} \cdot n_{ц} \quad (9.39)$$

6.2 Розрахувати час, витрачений на повороти за зміну, год:

$$T_x = t_{xц} \cdot n_{ц} \quad (9.40)$$

6.3 Розрахувати час на технологічне обслуговування (T_T) агрегату при виконанні операції внесення добрив розділяють на:

– циклове ($T_{T.цц}$) (завантаження ємностей машин технологічним матеріалом, транспортування агрегатом добрив у поле і переїзди порожньої машини на склади під завантаження), год;

– позациклове ($T_{T.пц}$) (контроль якості роботи, перевірка регулювальних параметрів і т.ін.), год:

$$T_T = T_{T.цц} + T_{T.пц}, \quad (9.41)$$

6.3.1 Час на позациклове технологічне обслуговування агрегату, год:

$$T_{T.пц} = (0,04 \dots 0,05) \cdot T_{зм} \quad (9.42)$$

6.3.2 Час на циклове технологічне обслуговування агрегату, год:

$$T_{T.цц} = t_{T.цц} \cdot n_{ц} \quad (9.43)$$

де $n_{ц}$ – кількість технологічних циклів за зміну:

$$n_{ц} = \frac{T_{зм} - (T_{T.пц} + T_{оп})}{t_{ц}} \quad (9.44)$$

(Кількість технологічних циклів за зміну округлюємо до цілого більшого числа)

$$T_p = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_x = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_T = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$T_{T.цц} = \underline{\hspace{2cm}}$$

$$n_{ц} = \underline{\hspace{3cm}}$$

6.4 Оцінка повноти використання часу зміни на виконання корисної роботи визначається при розрахунку коефіцієнту:

$$\tau_{3M} = \frac{T_p}{T_{3M}} \quad (9.45)$$

$$\tau_{3M} = \frac{\quad}{\quad}$$

7 Розрахувати обсяг роботи, виконаної агрегатом при внесенні технологічного матеріалу:

– за годину змінного часу, га/год:

$$W_{Г.3M} = 0,1 B_{TM} V_p \tau_{3M} \quad (9.46)$$

– за зміну, га:

$$W_{3M} = W_{Г.ТМ} T_{3M} \quad (9.47)$$

$$W_{Г.3M} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$W_{3M} = \frac{\quad}{\quad}$$

8 Експлуатаційні витрати на роботу агрегатів.

8.1 Розрахувати витрати пального на одиницю обсягу роботи, кг/га:

– тягово-привідного агрегату:

$$q_{га} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_x + G_{Tз} T_{зуп}}{T_{3M} W_{Г.ТМ}} \quad (9.48)$$

де G_{Tp} , G_{Tx} , $G_{Tз}$ – витрати пального двигуном трактора, відповідно, при робочому ході, на поворотах і зупинках кг/год [6, табл. D.18];

$T_{зуп}$ – час регламентованих зупинок, год:

$$T_{зуп} = T_T + T_{оп}, \quad (9.49)$$

$$T_{зуп} = \frac{\quad}{\quad}$$

$$q_{га} = \frac{\quad}{\quad}$$

– самохідного агрегату:

$$q_{\text{га}} = \frac{10^{-3} N_{\text{ен}} g_{\text{ен}}}{W_{\text{г.тм}}}, \quad (9.50)$$

де $g_{\text{ен}}$ – питомі витрати пального двигуном комбайну, г/кВт год [6, табл. X.7];

$$q_{\text{га}} = \text{—————}$$

8.2 Розрахувати прямі затрати праці на одиницю обсягу роботи, люд·год/га:

$$z_{\text{п}} = \frac{n_{\text{мех}}}{W_{\text{г.тм}}} \quad (9.51)$$

де $n_{\text{мех}}$ – кількість механізаторів, що обслуговують агрегат, люд.

$$z_{\text{п}} = \text{—————}$$

8.3 Розрахувати повну питому енергоємність технологічної операції (витрати енергії пального на одиницю обсягу роботи), Дж/га:

$$A_{\text{п}} = H_{\text{п}} q_{\text{га}}, \quad (9.52)$$

де $H_{\text{п}}$ – питома теплота згорання пального, Дж/кг : (дизельне пальне – $4,166 \cdot 10^7$; бензин – $4,38 \cdot 10^7$).

$$A_{\text{п}} = \text{—————}$$

Якщо врахувати, що $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,36 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, то повну питому енергоємність можна виразити в кВт·год/га.

9 Обґрунтувати системну цілісність технологічного процесу.

9.1.А Для забезпечення системної цілісності комплексу машин для внесення добрив і максимального завантаження всіх його ланок при перевантажувальній схемі необхідно виконати умову потоковості технологічного процесу:

$$W_{Г.ТМ} n_{а.ТМ} = \frac{W_{Г.ТЗ} n_{ТЗ}}{H_{ТМ}}, \quad (9.53)$$

де $W_{Г.ТМ}$ – продуктивність агрегатів для внесення технологічного матеріалу, га/год;

$n_{а.ТМ}$ – кількість агрегатів для внесення технологічного матеріалу, шт. (для розрахунків приймаємо $n_{а.ТМ} = 1$ шт);

$W_{Г.ТЗ}$ – продуктивність транспортних засобів для підвезення технологічного матеріалу, т/год;

$n_{ТЗ}$ – кількість транспортних засобів для підвезення технологічного матеріалу, шт;

$H_{ТМ}$ – норма внесення технологічного матеріалу: сипких мінеральних добрив – кг/га; рідких мінеральних і органічних – л/га (із вихідних даних).

9.2.А Розрахувати продуктивність ($W_{Г.ТЗ}$) транспортного засобу для підвезення технологічного матеріалу, т/год:

$$W_{Г.ТЗ} = \frac{M_B}{t_{об.ТЗ}} \quad (9.54)$$

де M_B – маса вантажу (технологічного матеріалу) в транспортному засобі, т;

$t_{об.ТЗ}$ – час обороту транспортного засобу, год;

9.2.1.А Розрахувати масу (M_B) вантажу в транспортному засобі, т:

$$M_B = U_K \rho_{ТМ} \psi_K, \quad (9.55)$$

де U_K – об'єм кузова (ємкості) транспортного засобу, м³ [6, табл. XII];

$\rho_{ТМ}$ – об'ємна маса технологічного матеріалу (добрив в різному агрегатному стані, технологічної рідини для приготування розчину і т.ін.), т/м³ [6, табл. D.17] (для рідини – 1 т/м³);

ψ_K – коефіцієнт використання об'єму кузова (ємкості) транспортного засобу, ($\psi_K = 0,8$).

$$M_B = \underline{\hspace{10em}}$$

$$W_{Г.ТЗ} = \underline{\hspace{10em}}$$

9.2.2.А Розрахувати час ($t_{об.ТЗ}$) обороту транспортного засобу, год:

$$t_{об.ТЗ} = t_{зав} + \frac{S_{КМ}}{V_{РВ}} + t_{роз} + \frac{S_{ТМ}}{V_{РХ}}, \quad (9.56)$$

де $t_{\text{зав}}$ – час завантаження транспортного засобу, год (залежить від способу завантаження “вручну” чи “механізоване”, затареності вантажу та його кількості і т. ін.);

$S_{\text{тм}}$ – відстань перевезення технологічного матеріалу, км (із вихідних даних);

$V_{\text{рв}}$ – швидкість руху транспортного засобу по польовим дорогам з вантажем, км/год (для розрахунків можна прийняти $V_{\text{рв}} = 20$ км/год);

$V_{\text{рх}}$ – швидкість руху транспортного засобу по польовим дорогам без вантажу, км/год (для розрахунків можна прийняти $V_{\text{рх}} = 30$ км/год);

$t_{\text{роз}}$ – час розвантаження транспортного засобу, год; (приймаємо з урахуванням часу технологічного обслуговування агрегату в одному циклі робіт (завантаження кузова розкидача) і часу на виконання основної роботи за один цикл внесення технологічного матеріалу (опорожнення ємностей розкидача).

$$t_{\text{об.тз}} = \frac{S_{\text{тм}}}{V_{\text{рв}}} + \frac{S_{\text{тм}}}{V_{\text{рх}}} + t_{\text{роз}}$$

9.3.А Розрахувати кількість ($n_{\text{тз}}$) транспортних засобів для підвезення технологічного матеріалу:

$$n_{\text{тз}} = \frac{W_{\text{г.тм}}}{W_{\text{г.тз}}} H_{\text{тм}} n_{\text{а.тм}} \quad (9.57)$$

$$n_{\text{тз}} = \frac{W_{\text{г.тм}}}{W_{\text{г.тз}}} H_{\text{тм}} n_{\text{а.тм}}$$

9.1.Б Для забезпечення системної цілісності комплексу машин для внесення *сипких мінеральних і твердих органічних добрив причіпними розкидачами* і максимального завантаження всіх його ланок по прямоточній схемі необхідно виконати умову потоковості технологічного процесу:

$$W_{\text{г.тм}} n_{\text{а.тм}} = W_{\text{г.зр}} n_{\text{а.зр}} , \quad (9.58)$$

де $W_{\text{г.тм}}$ – продуктивність агрегатів для внесення технологічного матеріалу, га/год;

$n_{\text{а.тм}}$ – кількість агрегатів для внесення технологічного матеріалу, шт. (для розрахунків приймаємо $n_{\text{а.тм}} = 1$ шт);

$W_{\text{г.зр}}$ – продуктивність агрегатів для заробки добрив у ґрунт, га/год [7];

$n_{a.зр}$ – кількість агрегатів для заробки добрив у ґрунт, шт;

9.2.Б Розрахувати кількість ($n_{a.зр}$) агрегатів для заробки добрив у ґрунт:

$$n_{a.зр} = \frac{W_{г.тм} n_{a.тм}}{W_{г.зр}} \quad (9.59)$$

$$n_{тз} = \frac{\quad}{\quad}$$

Висновки

В результаті розрахунків по представленій методиці виконано:

а) обґрунтування оптимального складу агрегату і швидкісний режим його роботи для заданих умов виконання технологічної операції ($\eta_p = \quad$; $\xi_N = \quad$);

б) оцінювання досконалості вибраного способу руху і виду поворотів ($\varphi = \quad$);

в) розрахунки параметрів:

– технологічного циклу робіт по внесенню добрив ($t_{ц} = \quad$, $n_{ц} = \quad$);

– режиму робочої зміни агрегату із аналізом її складових та оцінкою повноти використання часу зміни на виконання корисної роботи ($\tau_{рух} = \quad$, $\tau_{зм} = \quad$);

г) розрахунки обсягу роботи, виконаної агрегатом:

– за годину змінного часу ($W_{г} = \quad$, га/год);

– за зміну ($W_{зм} = \quad$, га);

д) розрахунки експлуатаційних витрат на роботу агрегатів:

– витрати пального на одиницю виробітку агрегату ($q_{га} = \quad$, кг/га);

– прямі затрати праці на одиницю виконаних робіт ($З_{п} = \quad$, люд · год/га);

– повна питома енергоємність технологічної операції ($A_{п} = \quad$, Дж/га).

е) обґрунтування системної цілісності технологічного процесу внесення добрив.

Таблиця 10.1 – Технічні характеристики і енергетичні параметри робочої машини [6, табл. XI.1]

Назва і марка	Маса валкувача-розкидача $M_{в-р}$, кг	Ширина розподілу органічних добрив B_p , м	Пропускна здатність робочих органів машини, q_m , т/год
1	2	3	4

Таблиця 10.2 – Технічні характеристики трактора [6, табл. I.1]

Марка	Маса $M_{тр}$, кг	Номінальна потужність, $N_{ен}$, кВт	Передача	Швидкість V_p , км/год	Тягове зусилля $P_{тн}$, кН
1	2	3	4	5	6

Колонки 4, 5, 6 заповнюють після виконання пунктів 2.2 – 2.3.

2.2 Обґрунтувати робочу швидкість агрегату у відповідності із агротехнічними вимогами, які пред'являються до операції:

2.2.1 Розрахувати максимальну технічно – можливу швидкість агрегату, яка обумовлена потужністю двигуна, км/год (для умов підйом):

$$V_{pN} = \frac{3,6 \left(N_{ен} \xi_{Ne} - \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}} \right) \eta_{тр} \eta_{\delta}}{R_{т-пр}}, \quad (10.1)$$

де $N_{ен}$ – ефективна номінальна потужність двигуна трактора, кВт (табл. 10.2);

ξ_{Ne} – нормативний коефіцієнт використання ефективної потужності двигуна трактора ($\xi_{Ne} = 0,8 \dots 0,9$) [3];

$N_{ВВП}$ – потужність, яка передається на привід робочих органів від ВВП трактора в залежності від норми внесення добрив, кВт [6, табл. D.25];

$\eta_{ВВП}$ – ККД приводу ВВП ($\eta_{ВВП} = 0,94 \dots 0,96$) [3];

$\eta_{тр}$ – ККД трансмісії трактора (колісний – $\eta_{тр} = 0,9$; гусеничний – $\eta_{тр} = 0,86$) [3];

η_{δ} – коефіцієнт, що відображає втрати швидкості при наявності буксування:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100} \right), \quad (10.2)$$

де δ – буксування на вибраній передачі, % [6, табл. D.7]:

$$\eta_6 = \frac{\quad}{\quad}$$

$$V_{pN} = \frac{\quad}{\quad}$$

2.2.1.1 Розрахувати приведений опір ($R_{T-пр}$) тягово-привідної машини, який виникає при виконанні технологічної операції, кН:

$$R_{T-пр} = R_a + R_{зр} + P_{ВВП}, \quad (10.3)$$

де R_a – навантаження на трактор, яке створює начіпна машина, кН;
 $R_{зр}$ – опір, який треба подолати трактору при зрушенні купи добрив, кН;
 $P_{ВВП}$ – втрати дотичної сили тяги трактора при передачі частини потужності його двигуна на привід механізмів тягово-привідних машин від ВВП, кН.

2.2.1.2 Розрахувати тяговий опір (R_a), який створює начіпна машина при виконанні агрегатом технологічної операції (особливо на підйом), кН:

$$R_a = G_{в-р}(\lambda_d f_{тр} + \sin\alpha), \quad (10.4)$$

де $f_{тр}$ – коефіцієнт опору руху рушіїв трактора [6, табл. D.11];
 λ_d – коефіцієнт, який враховує величину довантаження ходової системи трактора начіпними машинами ($\lambda_d = 1$);
 $G_{в-р}$ – вага валкувача-розкидача, кН:

$$G_{в-р} = 10^{-3} M_{в-р} g, \quad (10.5)$$

де $M_{в-р}$ – маса валкувача-розкидача, кг (табл. 10.1);
 g – прискорення сили земного тяжіння, ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$)

2.2.1.3 Розрахувати опір зрушення ($R_{зр}$) купи добрив, кН:

$$R_{зр} = M_{кд} g f_{т-к}, \quad (10.6)$$

де $f_{т-к}$ – коефіцієнт внутрішнього тертя-ковзання перегною к = 0,5...1,0. При збільшенні вологості перегною (78...83)% значення коефіцієнту зменшуються.

$M_{кд}$ – маса купи органічних добрив, т.

Кількість добрив у купі ($M_{\text{кд}}$) залежить від параметрів технологічної схеми внесення добрив [6, табл. D.26], керуючись якою вибираємо транспортний засіб [6, табл. XII.1...XII.2].

Марка транспортного засобу _____,

$$M_{\text{кд}} = U_{\text{к}} \rho_{\text{тд}} \quad (10.7)$$

де $U_{\text{к}}$ – об’єм кузова транспортного засобу, м^3 ;

$\rho_{\text{тд}}$ – об’ємна маса твердих органічних добрив, $\text{т}/\text{м}^3$ [6, табл. D.17];

Довідка:(при купах масою до 4 т розподілення органічних добрив виконується за один прохід агрегату, якщо маса купи більше 4 т – за два проходи: спочатку – формування валка, а потім – розкидання [4, с.125...126]). Враховуючи технологію процесу внесення добрив приймаємо масу купи добрив $M_{\text{кд}} = \underline{\hspace{2cm}}$.

2.2.1.4 Розрахувати втрати дотичної сили тяги трактора ($P_{\text{ВВП}}$) при передачі частини потужності його двигуна на привід механізмів тягово-привідних машин від ВВП, кН :

$$P_{\text{ВВП}} = \frac{3,6 \cdot N_{\text{ВВП}} \eta_{\text{тр}} B_{\text{р}} H_{\text{тд}}}{10 \cdot q_{\text{м}} \eta_{\text{ВВП}}}, \quad (10.8)$$

де $q_{\text{м}}$ – пропускна здатність робочих органів валкувача-розкидача, $\text{т}/\text{год}$; ($q_{\text{м}} = 364 \text{ т}/\text{год}$) [2];

$B_{\text{р}}$ – ширина розподілу органічних добрив, м (табл. 11.1)

$$P_{\text{ВВП}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$M_{\text{кд}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$R_{\text{зр}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$G_{\text{в-р}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$R_{\text{а}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$R_{\text{т-пр}} = \underline{\hspace{10cm}}$$

2.3 Обґрунтований вибір швидкості руху.

Із тягової характеристики трактора [6, табл. D.7], з урахуванням агрофону, вибираємо передачу на якій робоча швидкість (V_p) матиме найближче значення до розрахованої (V_{pN}). Робоча швидкість (V_p) і номінальне тягове зусилля ($P_{тн}$) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку і занести їх необхідно в табл. 10.2.

2.4 Оцінка правильності вибору швидкісного режиму роботи агрегату виконується при визначенні коефіцієнта використання номінального тягового зусилля:

$$\eta_p = \frac{R_{т-пр}}{P_{тн} - G_{тр} \sin \alpha} \quad (10.9)$$

де $G_{тр}$ – вага трактора, кН;

$$G_{тр} = 10^{-3} M_{тр} g, \quad (10.10)$$

(знак “–” в формулі відповідає руху на підйом)

де $M_{тр}$ – маса трактора, кг (табл. 11.2).

$$G_{тр} = \underline{\hspace{10em}}$$

$$\eta_p = \underline{\hspace{10em}}$$

Коефіцієнт використання номінального тягового зусилля повинен відповідати табличним значенням [6, табл. D.9]. В тому випадку, коли значення коефіцієнта (η_p) перевищують допустимі табличні, то розрахунок технологічного процесу розподілення добрив виконують в два етапи.

За першим проходом агрегат формує валок (*при цьому роторний робочий орган піднято в транспортне положення*), а за другим – агрегат виконує процес розкидання добрив роторним робочим органом із сформованого валка.

2.4.1 Уточнити значення робочої швидкості по етапах:

– формування валка:

$$V_{рф} = \frac{3,6 N_{ен} \eta_{тр} \eta_{б}}{R_a + R_{зр}} \quad (10.11)$$

$$V_{рф} = \frac{N_{ен} - \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}}}{R_a + P_{ВВП}} \eta_{тр} \eta_{б}$$

– розкидання добрив:

$$V_{рр} = \frac{3,6 \left(N_{ен} - \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}} \right) \eta_{тр} \eta_{б}}{R_a + P_{ВВП}} \quad (10.12)$$

$$V_{рр} = \frac{N_{ен} - \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}}}{R_a + P_{ВВП}} \eta_{тр} \eta_{б}$$

2.5 Фактична потужність двигуна трактора, яка витрачається в конкретних заданих умовах виконання технологічної операції, та маневруванні на поворотах, розворотах.

2.5.1 Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушіями трактора в процесі формування валка (для умов підйом), кВт:

$$N_{\phi}^{\phi B} = \frac{P_{руш} V_{рф}}{3,6 \eta_{тр} \eta_{б}} \quad (10.13)$$

де $V_{рф}$ – робоча швидкість при формуванні валка, км/год;

$P_{руш}$ – рушійна сила для умов «підйом», кН;

$$P_{руш} = G_{тр} (f_{тр} - \sin \alpha) + R_a + R_{зр}. \quad (10.14)$$

(Для розрахунку залежності використовуємо опір агрегату (R_a) при виконанні технологічної операції також для умов «підйом»)

$$P_{руш} = \frac{N_{\phi}^{\phi B} \cdot 3,6 \eta_{тр} \eta_{б}}{V_{рф}}$$

$$N_{\phi}^{\phi B} = \frac{P_{руш} V_{рр}}{3,6 \eta_{тр} \eta_{б}}$$

2.5.2 Розрахувати фактичну потужність двигуна, яка може бути реалізована рушіями трактора в процесі розкидання маси добрив (для умов підйом), кВт.

$$N_{\phi}^{рд} = \frac{P_{руш} V_{рр}}{3,6 \eta_{тр} \eta_{б}} \quad (10.16)$$

де V_{pp} – робоча швидкість при розкиданні добрив, км/год;
 $P_{руш}$ – рушійна сила для умов «підйом», кН;

$$P_{руш} = G_{тр}(f_{тр} - \sin\alpha) + R_a + P_{ВВП}, \quad (10.17)$$

(Для розрахунку залежності використовуємо опір агрегату (R_a) при виконанні технологічної операції також для умов «підйом»)

$$P_{руш} = \underline{\hspace{10cm}}$$

$$N_{\phi}^{рД} = \underline{\hspace{10cm}}$$

2.6 Ступінь використання ефективної потужності двигуна розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату (формування валка $N_{\phi}^{\phiВ}$ та розкидання маси добрив $N_{\phi}^{рД}$):

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{ен}}. \quad (10.18)$$

розкидання добрив:

$$\xi_N = \underline{\hspace{10cm}}$$

Формування валка та розкидання добрив:

$$\xi_N = \underline{\hspace{10cm}}$$

Економічній роботі двигуна трактора відповідають такі режими роботи агрегату, при яких ефективна номінальна потужність використовується не менше ніж на 70...80%.

В результаті розрахунків скомплектовано агрегат у складі: трактора _____, робочої машини _____, який виконує технологічну операцію на _____ передачі, $V_p = \underline{\hspace{2cm}}$ км/год; формування

$N_{\text{Тд}}$ – норма внесення твердих органічних добрив, т/га (із вихідних даних).

$$L_{\text{к}} = \frac{\quad}{\quad}$$

(Відстань між купами в ряду ($L_{\text{к}}$, м) можна вибрати із [6, табл. D.26], при умові коли вантажність транспортних засобів співпадає з наведеними у таблиці)

Щоб забезпечити задану дозу внесення добрив, то на одне поле перегній вивозять машинами однакової вантажності. Якщо ж виникає необхідність вивозити добрива машинами різної вантажності, то поле розбивають на окремі ділянки для кожного типу транспортних засобів.

4.2 Технологія внесення органічних добрив із куп.

Порядок виконання технологічної операції (внесення органічних добрив) роторними розкидачами залежить від розмірів попередньо розкладених куп.

При купях масою 2...3т агрегат направляють по ряду куп вздовж гону. Валкоутворювач захоплює всю купу і штовхає її вперед. При цьому добрива проштовхуються під трактором через дозувальне вікно валкоутворювача і формуються у неперервний валок від купи до купи. За трактором валок розкидається по обидві сторони розкидача роторними робочими органами, які обертаються в поперечній площині відносно до траєкторії руху агрегату. Після того, як всі купи першого ряду будуть розкидані за один прохід, агрегат здійснює холостий поворот і заїжджає для виконання роботи в наступному ряді [6, рис. XI.1].

В тих випадках, коли маса куп 3...4т, технологічну операцію необхідно виконувати в два прийоми. За перший прохід валкоутворювачем формується валок при піднятих в транспортне положення роторних робочих органах. Другим проходом виконують додаткове формування валка з одночасним його розкиданням [6, рис. XI.2].

Якщо на полі розкладені купи масою більше 4т, розкидання добрив виконують у три прийоми. За перший прохід відрізається приблизно половина купи і формується валок довжиною, яка дорівнює половині відстані між купами. На другому проході, який має напрямок, назустріч першому, агрегат забирає другу половину купи і остаточно закінчує формування валка. Роторні робочі органи при перших двох проходах – підняті в транспортне положення. Третім проходом органічні добрива розкидаються по полю роторними робочими органами [6, рис. XI.2].

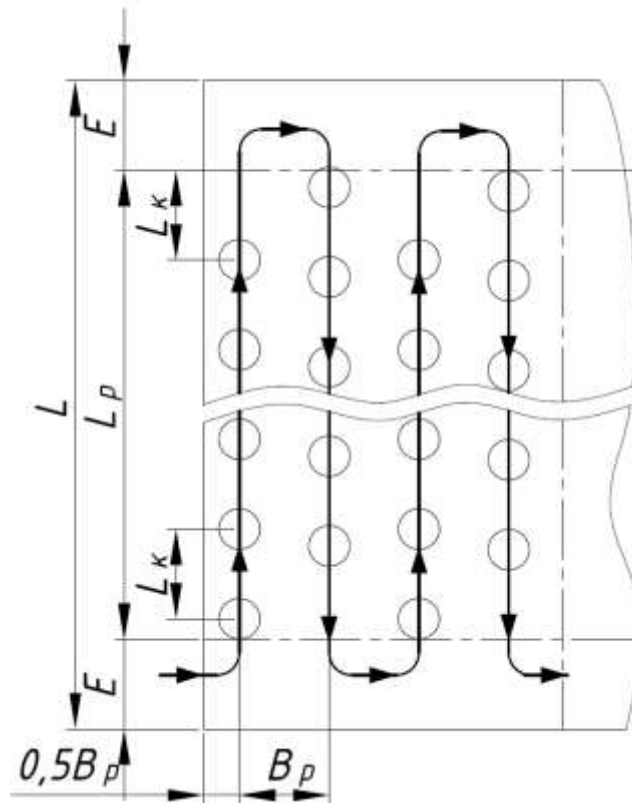


Рис. 10.1 – Спосіб руху агрегату при умовах одним проходом формується валок і одночасно розкидається

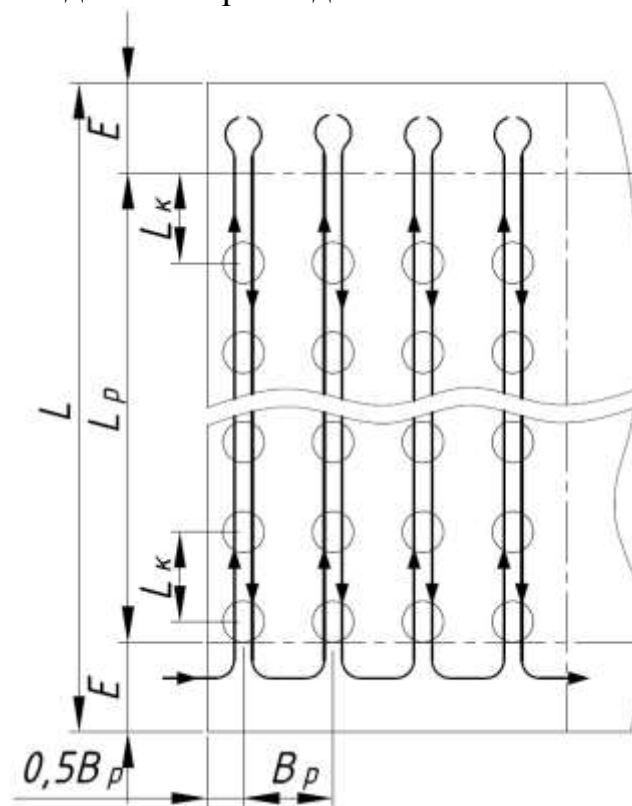


Рис. 10.2 – Спосіб руху агрегату при умовах: перший прохід – формується валок; другий прохід – розкидання валка

4.3 Параметри робочої ділянки в залежності від кінематичних параметрів агрегату для обґрунтування вибраного способу руху.

4.3.1 Розрахувати довжину робочої частини гону (L_p , м). Вона визначається за допомогою схеми [6, рис. XI.1 – XI.2] і залежності:

$$L_p = L - 2E, \quad (10.20)$$

де L – довжина гону поля, м (*із вихідних даних*);
 E – ширина поворотної смуги, м ($E = 12 \dots 16$ м).

$$L_p = \underline{\hspace{4cm}}$$

4.4 Оцінка досконалості вибраного способу руху і виду поворотів виконується при визначенні коефіцієнту використання довжини гону:

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (10.21)$$

де L_x – довжина холостого ходу при повороті, м (*при безпетльовому повороті по колу, або при петльовому повороті*):

$$L_x = l_{\Pi}, \quad (10.22)$$

де l_{Π} – довжина петлі повороту, м:

$$l_{\Pi} = \gamma_L \cdot r_{\Pi}, \quad (10.23)$$

де γ_L – коефіцієнт, який характеризує співвідношення довжини петлі повороту до його радіусу [6, рис. D.1 і табл. D.13];

r_{Π} – радіус повороту агрегату, м (для розрахунків приймаємо $r_{\Pi} \approx B_p$).

$$l_{\Pi} = \underline{\hspace{4cm}}$$

$$\varphi = \underline{\hspace{4cm}}$$

5 Обґрунтувати параметри режиму робочої зміни агрегату із визначенням складових елементів часу зміни.

Час зміни складається із таких елементів:

$$T_{зм} = T_p + T_x + T_T + T_{оп} \quad (10.24)$$

де $T_{зм}$ – нормативний час зміни, год (при роботі майже на всіх с.-г. операціях дорівнює 7 год; при роботі з ядохімікатами – 6 год).

T_p – час чистої роботи на протязі зміни, год;

T_x – час на повороти, заїзди, холості переїзди і т.ін., год;

T_T – тривалість технологічного обслуговування агрегату (контроль якості роботи, перевірка регулювальних параметрів і т.ін.) , год

$$T_x = (0,04 \dots 0,05)T_{зм};$$

$T_{оп}$ – час регламентованих перерв на відпочинок і особисті потреби, год

$$T_{оп} = (0,07)T_{зм}$$

Сума ($T_p + T_x$) являє собою час руху при виконанні роботи ($T_{рух}$), а сума ($T_T + T_{оп}$) – час регламентованих зупинок ($T_{зуп}$), тобто непродуктивні витрати часу.

Час регламентованих зупинок заздалегідь встановлено нормативними документами, а співвідношення часу чистої роботи (T_p) і часу на холості повороти (T_x) повністю характеризують організацію виконання технологічної операції і залежать, в основному, від прийнятого способу руху і виду повороту.

Аналіз складових часу зміни виконується за коефіцієнтом використання часу руху ($\tau_{рух}$). Із співвідношення, яке характеризує коефіцієнт використання часу руху:

$$\tau_{рух} = \frac{T_p}{T_{рух}} = \frac{T_p}{T_{зм} - T_{зуп}} = \frac{T_p}{T_p + T_x} \quad (10.25)$$

знаходимо залежності по визначенню T_p і T_x .

5.1.А Розрахувати час чистої (корисної) роботи агрегату за зміну, год:

$$T_p = \tau_{рух} (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (10.26)$$

5.2.А Розрахувати час, витрачений на повороти за зміну, год:

$$T_x = \frac{T_p(1 - \tau_{рух})}{\tau_{рух}}, \quad (10.27)$$

Для визначення коефіцієнту використання часу руху ($\tau_{рух}$) задаємося такими умовами:

$$\text{при } V_p = V_{п} \quad \tau_{рух} = \varphi, \quad (10.28)$$

маємо

а при $V_p \neq V_{\pi}$

маємо

$$\tau_{\text{рух}} = \frac{k\varphi}{(k-1)\varphi + 1}, \quad (10.29)$$

де –

$$k = \frac{V_{\pi}}{V_p} \quad (10.30)$$

V_{π} – швидкість руху при виконанні поворотів (приймаємо з урахуванням складу агрегату та умовам руху), км/год.

$$k = \text{_____}$$

$$T_p = \text{_____}$$

$$T_x = \text{_____}$$

5.3.А Оцінка повноти використання часу зміни на виконання корисної роботи виконується при визначенні коефіцієнту:

$$\tau_{3M} = \frac{T_p}{T_{3M}} \quad (10.31)$$

$$\tau_{3M} = \text{_____}$$

б Розрахувати обсяг роботи, виконаної агрегатом на внесенні твердих органічних добрив:

– за годину змінного часу, га/год:

$$W_{\Gamma.3M} = 0,1 B_p V_p \tau_{3M} \quad (10.32)$$

– за зміну, га:

$$W_{3M} = W_{\Gamma.ТД} T_{3M} \quad (10.33)$$

$$W_{\Gamma.3M} = \text{_____}$$

$$W_{3M} = \text{_____}$$

7 *Експлуатаційні витрати на роботу агрегатів:*

7.1 Розрахувати витрати пального на одиницю обсягу роботи, кг/га:

$$q_{\text{га}} = \frac{G_{\text{тр}}T_{\text{р}} + G_{\text{тх}}T_{\text{х}} + G_{\text{тз}}T_{\text{зуп}}}{T_{\text{зм}}W_{\text{г.тд}}} \quad (10.34)$$

де $G_{\text{тр}}$, $G_{\text{тх}}$, $G_{\text{тз}}$ – витрати пального трактором, відповідно, при робочому ході, на поворотах і зупинках кг/год [6, табл. D.18];

$T_{\text{зуп}}$ – час регламентованих зупинок, год:

$$T_{\text{зуп}} = T_{\text{т}} + T_{\text{оп}}, \quad (10.35)$$

$$T_{\text{зуп}} = \text{_____}$$

$$q_{\text{га}} = \text{_____}$$

7.2 Розрахувати прямі затрати праці на одиницю обсягу роботи, люд·год/га:

$$z_{\text{п}} = \frac{n_{\text{мех}}}{W_{\text{г.тд}}}, \quad (10.36)$$

де $n_{\text{мех}}$ – кількість механізаторів, що обслуговують агрегат, люд.

$$z_{\text{п}} = \text{_____}$$

7.3 Розрахувати повну питому енергоємність технологічної операції (витрати енергії пального на одиницю обсягу роботи), Дж/га:

$$A_{\text{п}} = H_{\text{п}}q_{\text{га}}, \quad (10.37)$$

де $H_{\text{п}}$ – питома теплота згорання пального, Дж/кг: (дизельне пальне – $4,166 \cdot 10^7$; бензин – $4,38 \cdot 10^7$).

$$A_{\text{п}} = \text{_____}$$

Якщо врахувати, що $1 \text{ кВт} \cdot \text{год} = 0,36 \cdot 10^7 \text{ Дж}$, то повну питому енергоємність можна виразити в $\text{кВт} \cdot \text{год}/\text{га}$.

8 Обґрунтувати системну цілісність технологічного процесу внесення твердих органічних добрив із куп валкувачами-розкидачами

Для забезпечення системної цілісності комплексу машин для внесення добрив і максимального завантаження всіх його ланок необхідно виконати умову поточності технологічного процесу:

$$W_{\text{г.тд}} n_{\text{а.тд}} = W_{\text{г.зр}} n_{\text{а.зр}}, \quad (10.38)$$

де $W_{\text{г.тд}}$ – продуктивність агрегату на внесенні твердих органічних добрив, $\text{га}/\text{год}$;

$n_{\text{а.тд}}$ – кількість агрегатів для внесення твердих органічних добрив, шт. (для розрахунку приймаємо $n_{\text{а.тд}} = 1$ шт.);

$W_{\text{г.зр}}$ – продуктивність агрегатів для заробки добрив у ґрунт, $\text{га}/\text{год}$ [7];

$n_{\text{а.зр}}$ – кількість агрегатів для заробки добрив у ґрунт, шт;

8.1 Розрахувати кількість ($n_{\text{а.зр}}$) агрегатів для заробки добрив у ґрунт.

$$n_{\text{а.зр}} = \frac{W_{\text{г.тд}} n_{\text{а.тд}}}{W_{\text{г.зр}}} \quad (10.39)$$

$$n_{\text{а.зр}} = \frac{\quad}{\quad}$$

Висновки

В результаті розрахунків по представленій методиці виконано:

а) обґрунтування оптимального складу агрегату і швидкісний режим його роботи для заданих умов виконання технологічної операції ($\eta_p = \text{---}$; $\xi_N = \text{---}$);

б) оцінювання досконалості вибраного способу руху і виду поворотів ($\varphi = \text{---}$);

в) розрахунки параметрів:

– технологічного циклу робіт по внесенню добрив ($t_{\text{ц}} = \text{---}$, $n_{\text{ц}} = \text{---}$);

– режиму робочої зміни агрегату із аналізом її складових та оцінкою повноти використання часу зміни на виконання корисної роботи

($\tau_{\text{рух}} = \text{---}$, $\tau_{\text{зм}} = \text{---}$);

г) розрахунки обсягу роботи, виконаної агрегатом:

– за годину змінного часу ($W_r = \text{---}$, $\text{га}/\text{год}$);

– за зміну ($W_{\text{зм}} = \text{---}$, га);

д) розрахунки експлуатаційних витрат на роботу агрегатів:

- витрати пального на одиницю виробітку агрегату ($q_{га} = \text{____}$, кг/га);
 - прямі затрати праці на одиницю виконаних робіт ($Z_{п} = \text{____}$, люд · год/га);
 - повна питома енергоємність технологічної операції ($A_{п} = \text{__}$, Дж/га).
- е) обґрунтування системної цілісності технологічного процесу внесення добрив.

Довідкова література

1. Машиновикористання в землеробстві / В. І. Ільченко, Ю. П. Нагірний, П. А. Джолос та ін.: За ред. В. І. Ільченка і Ю. П. Нагірного.– К.: Урожай, 1996 р. –384 с.
2. Каталог – довідник машин і обладнання для агропромислового комплексу (видання друге). – К.: Асоціація „Прома” – 2002.
3. Довідник з машиновикористання в землеробстві / за ред. В. І. Пастухова. – Харків : „Веста” – 2001, 347 с.
4. Агрокваліметрія / Ковтун Ю. І., Мазоренко Д. І., Пастухов В. І., Джолос П. А. – Харків: РВП «Оригінал», – 2000, 314с., іл.
5. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи / Держагропром УРСР.– К.: Урожай, 1991. – 472 с.
6. Збірник методик з використання машин в землеробстві /За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с.
7. Каталог сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник /За ред. Л. М. Тіщенко та В. І. Мельника. – Харків: ХНТУСГ – 2015. – 450 с.

Зміст

<i>Практична робота № 8</i> «Технологія та організація обприскування с.г. культур»	3
<i>Практична робота № 9</i> «Технологія та організація внесення добрив кузовними розкидачами»	23
<i>Практична робота № 10</i> «Організація внесення твердих органічних добрив із куп валкувачами-розкидачами по двофазній технології»	42
<i>Довідкова література</i>	58

Навчальне видання

**КОМПЛЕКТУВАННЯ ОПТИМАЛЬНИХ АГРЕГАТИВ В СИСТЕМАХ
РОСЛИННИЦТВА. ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ**

Методичні вказівки № 4
до виконання практичних робіт
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти, денної (заочної) форми навчання ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 Агроінженерія

Укладачі:

АРТЬОМОВ Микола Прокопович
МЕЛЬНИК Віктор Іванович
АНІКЄЄВ Олександр Іванович
СИРОВИЦЬКИЙ Кирило Геннадійович
ЧИГРИНА Світлана Андріївна
РОМАНАШЕНКО Олександр Анатолійович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 3,48. Наклад 200 пр.

Державний біотехнологічний університет
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44