



**Харківський національний технічний  
університет сільського господарства  
імені Петра Василенка**

**Навчально-науковий інститут  
механотроніки і систем менеджменту**

## **МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт  
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,  
денної (заочної) форми навчання ОПП «Агрономія»  
спеціальності 201 Агрономія

**Харків 2021**



Міністерство освіти і науки України  
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
імені ПЕТРА ВАСИЛЕНКА  
Навчально-науковий інститут  
механотроніки і систем менеджменту  
Кафедра оптимізації технологічних систем імені Т.П. Євсюкова

## **МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт  
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,  
денної (заочної) форми навчання ОПП «Агрономія»  
спеціальності 201 Агрономія

Затверджено  
на засіданні Методичної ради  
ННІ МСМ ХНТУСГ  
Протокол № 8 від 25.05.2021

Харків  
2021  
3

УДК 631.3.62-5  
М 38

Схвалено на засіданні кафедри  
оптимізації технологічних систем імені Т.П. Євсюкова  
Протокол № 13 від 20.05.2021 р.

**Рецензенти:**

**В. М. Зубко**, канд. 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 Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка.

М 38 Машиновикористання в системах точного землеробства : метод. вказівки до виконання практ. робіт студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч. ОПП «Агрономія» спец. 201 Агрономія; Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка; уклад.: О. І. Анікеєв, К. Г. Сировицький, М.Г. Цехмейструк. – Харків, 2021. – 52 с.

Методичні вказівки включають 8 практичних робіт та список літератури до них. Складено у відповідності з програмою дисципліни «Машиновикористання в системах точного землеробства»

**УДК 631.3.62-5**

**Відповідальний за випуск: М. П. Артёмов**, докт. техн. наук, проф. зав. кафедри оптимізації технологічних систем імені Т.П. Євсюкова

© О. І. Анікеєв,  
К. Г. Сировицький,  
М. Г. Цехмейструк, 2021  
© ХНТУСГ, 2021

## Зміст

Вступ.....	6
Практична робота № 1 <i>Визначення складу простого причинного тягового агрегату.....</i>	7
Практична робота № 2 <i>Визначення основних елементів кінематики агрегату та оцінка вибору способу руху в залежності від довжини гону.....</i>	13
Практична робота № 3 <i>Визначення продуктивності машинного агрегату.....</i>	19
Практична робота № 4 <i>Розрахунок режиму роботи агрегату для виконання оранки....</i>	24
Практична робота № 5 <i>Розрахунок режиму роботи агрегату для поверхневого обробітку ґрунту.....</i>	30
Практична робота № 6 <i>Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату (збирання зернових).....</i>	35
Практична робота № 7 <i>Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (збирання кукурудзи).....</i>	39
Практична робота № 8 <i>Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (внесення мінеральних добрив).....</i>	43

## Вступ

Основою розділу є визначення тягових параметрів машинних агрегатів, обґрунтування їх складу за умов раціонального використання тягово-привідних можливостей енергетичних машин, відповідності кінематичних параметрів агрегатів і умов їх використання, та оцінку показників їх роботи (продуктивність, експлуатаційні витрати і т. ін.)

## Практична робота № 1

### Визначення складу простого причіпного тягового агрегату

Вихідні дані:

1. Технологічна операція \_\_\_\_\_
2. Марка трактора \_\_\_\_\_
3. Марка с.-г. машин \_\_\_\_\_
4. Агрофон \_\_\_\_\_
5. Рельєф поля \_\_\_\_\_

#### Послідовність виконання завдання

Відповідно з агротехнічними вимогами, які пред'являються до операції, визначити робочу швидкість руху агрегату, для чого виконати такі пункти:

Встановити інтервал агротехнічно допустимих робочих швидкостей для с.-г. машин, які виконують основну технологічну операцію [3, табл. 3.14];  $V_{lim} =$

Вибрати питомий тяговий опір ( $k_o$ ) робочих машин (при швидкості  $V_o = 5$  км/год) [3, табл. 3.13] у відповідності із призначенням с.-г. машин  $k_o =$

Із тягової характеристики [3, табл. 3.11] трактора, заданої марки, в режимі експлуатації  $N_T = N_{T.max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які по чисельному значенні швидкості входять в діапазон агродопустимих швидкостей.

Таблиця 1.1 – Тягові параметри трактора.

передача параметри					
$V_p$ , км/год					
$P_{T.n}$ , кН					
$N_{T.max}$ , кВт					

З метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач вибираємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{T.max}$ ). Робоча швидкість ( $V_p$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{T.n}$ )

цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_p = P_{т.н} =$$

Виконати розрахунки по уточненню питомого тягового опору робочих машин (для випадку  $V_p > V_o$ ):

$$k_v = k_o \cdot \left[ 1 + (V_p - V_o) \cdot \frac{\Delta C}{100} \right], \quad (1.1)$$

$$k_v =$$

де  $\Delta C$  – темп зростання питомого тягового опору при збільшенні швидкості понад  $V_o=5$  км/год [3, табл. 3.16].

$$\Delta C =$$

Виконати розрахунки по визначенню складу агрегату.

Розрахувати максимальну ширину захвату агрегату, м:

$$B_{max} = \frac{(P_{Тн} \pm G_{mp} \sin \alpha) \xi_{Pн}}{k_v \pm q_m \sin \alpha + q_{зч} (f_{зч} \pm \sin \alpha)}, \quad (1.2)$$

(знак “—” в чисельнику і “+” у знаменнику відповідає руху на підйом);

де  $G_{mp}$  – експлуатаційна вага трактора, кН [3, табл. 3.8];

$$G_{mp} =$$

$\xi_{Pн}$  – раціональне значення ступеня використання номінальної сили тяги для заданої роботи і марки трактора [3, табл. 4.1];  $\xi_{Pн} =$

$q_{зч}$  – відношення ваги довільно вибраної зчіпки до її максимальної ширини захвату, кН/м, [3, табл. 4.2.11]  $q_{зч} =$

$f_{зч}$  – коефіцієнт опору коченню зчіпки [3, табл. 4.3].  $f_{зч} =$

$q_m$  – відношення ваги машини до її конструкційної ширини захвату, кН/м:

$$q_m = \frac{G_m}{b_m}, \quad (1.3)$$

де  $G_m$  – вага робочої машини, кН [3, табл. 4.2];  $G_m =$



$b_m$  – конструкційна ширина захвату машини, м  
[3, табл. 4.2];  $b_m =$

$q_m =$

Максимальна ширина захвату агрегату для умов:

підйом  $B_{max} =$

спуск  $B_{max} =$

Визначити число машин в агрегаті:

$$n_m = \frac{B_{max}}{b_m}, \quad (1.4)$$

$n_m =$  (результат округлити до цілого меншого числа);

Обґрунтувати необхідність використання зчіпки.

При виборі зчіпки необхідно знати її фронт ( $\Phi_{зч}$ , м) в залежності від кількості робочих машин для виконання основної технологічної операції.

$$\Phi_{зч} = b_m (n_m - 1) \quad (1.5)$$

$\Phi_{зч}, =$

По величині фронту зчіпки підібрати конкретну її марку і вагу ( $G_{зч}$ , кН) [3, табл. 4.2.11].

Марка зчіпки \_\_\_\_\_, вага  $G_{зч} =$  \_\_\_\_\_

Розрахувати сумарний тяговий опір агрегату, кН:

$$R_a = (k_v b_m \pm G_m \sin \alpha) n_m + G_{зч} (f_{зч} \pm \sin \alpha) \quad (1.6)$$

(знак “+” в формулі береться для випадку руху на підйом);

підйом  $R_a =$

спуск  $R_a =$

Оцінка тягового розрахунку складу агрегату.

Оцінка правильності вибору робочої передачі трактора і розрахунку складу агрегату проводиться при допомозі коефіцієнту – ступінь використання номінального тягового зусилля трактора

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{Tn} \pm G_{mp} \sin \alpha} \quad (1.7)$$

(знак “—” в формулі береться для випадку руху на підйом).

підйом  $\xi_p =$  спуск  $\xi_p =$

Якщо розрахункове значення коефіцієнта використання номінального тягового зусилля ( $\xi_p$ ) буде значно нижче його раціонального значення ( $\xi_{pn}$  із [3, табл. 4.1]), то розрахунок необхідно повторити з використанням суміжної вищої передачі, а якщо вище – суміжної нижчої передачі.

Розрахувати величину фактичної тягової потужності двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо роботи в загінці, агрегат виконує повороти. Тому, фактичну тягову потужність двигуна визначаємо для таких режимів роботи агрегату: чиста робота, повороти.

Фактичну тягову потужність двигуна в процесі чистої роботи визначаємо за формулою

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}}, \quad (1.8)$$

де  $\eta_{mp}$  – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора ( $\eta_{mp} = 0,9$ );  
 $P_{руш}$  – рушійна сила, кн. (для умов підйом);

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a, \quad (1.9)$$

де  $f_{mp}$  – коефіцієнт опору кочення трактора [3, табл. 3.9].  
 $f_{mp} =$

$R_a$  – сумарний тяговий опір агрегату при подоланні підйому (беремо із розрахунку формули 2.6)  $R_a =$

$$P_{руш} =$$

$\eta_6$  – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %;

$$\eta_6 = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (1.10)$$

де  $\delta$  - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [3, табл. 3.11]).

$$\eta_6 =$$

Фактична тягова потужність при виконанні роботи агрегатом, кВт.

$$N_{тр} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (1.8)

Рушійна сила при умові  $\alpha = 0^\circ$ , кН:

$$P_{руш} = G_{мп} f_{мп} + R_a. \quad (1.11)$$

Сумарний тяговий опір агрегату ( $R_a$ ) при поворотах розраховуємо по формулі (1.6) при умові:  $k_V = 0$ ,  $\alpha = 0^\circ$ :

$$R_a =$$

$$P_{руш} =$$

Швидкість на повороті приймаємо з урахуванням складу агрегату та умовам руху  $V_n =$  \_\_\_\_\_ км/год.

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату, кВт.

$$N_{Тх} =$$

Аналіз використання потужності виконуємо за допомогою коефіцієнту – ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{ен}} \quad (1.12)$$

де  $N_{ен}$  – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт [3, табл. 3.8];  $N_{ен} =$

Коефіцієнт  $\xi_N$  розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

- при виконанні роботи  $\xi_{Np} = \frac{N_{Tp}}{N_{ен}} =$

- при поворотах  $\xi_{Nx} = \frac{N_{Tx}}{N_{ен}} =$

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

Висновки:

В результаті розрахунку агрегату для виконання \_\_\_\_\_ ми скомплектували агрегат у складі трактора \_\_\_\_\_, зчіпки \_\_\_\_\_, с.-г. машини \_\_\_\_\_ у кількості \_\_\_\_\_ шт, який рухається на підйом на \_\_\_\_\_ передачі ( $V_p =$  \_\_\_\_\_) і на спуск на \_\_\_\_\_ передачі ( $V_p =$  \_\_\_\_\_).

## Практична робота № 2

### *Визначення основних елементів кінематики агрегату та оцінка вибору способу руху в залежності від довжини гону*

*Вихідні дані:*

1. Технологічна операція \_\_\_\_\_
2. Агрегат
  - конструкційна ширина захвату, м  $B_k =$  \_\_\_\_\_
  - робоча швидкість руху, км/год  $V_p =$  \_\_\_\_\_
  - швидкість повороту, км/год  $V_n =$  \_\_\_\_\_
3. Довжина гону, м:  $L_1 =$  \_\_\_\_\_  $L_2 =$  \_\_\_\_\_

Вибір способу руху визначається якістю виконання технологічної операції і залежить від: складу та виду агрегату; розміру ділянок та їх особливостей; зручності технологічного обслуговування агрегату.

При однаковій якості виконаної роботи та інших рівних умовах найкращий спосіб руху приймається по найбільшому коефіцієнту робочих ходів.

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (2.1)$$

(для поля правильної прямокутної конфігурації)

де  $L_p$  – довжина одного робочого ходу агрегату, м;

$L_x$  – довжина одного холостого ходу на поворотах, м.

Для визначення коефіцієнта робочих ходів необхідно попередньо розрахувати деякі кінематичні параметри машинного агрегату і геометричні характеристики робочої ділянки.

#### *Послідовність виконання завдання*

Для заданої операції і конкретного агрегату вибрати по [3, рис.5.1] найбільш прийнятний спосіб руху.

Вибрати для прийнятого способу руху відповідні види поворотів по [3, рис.5.2].

Рис. 2.1 Схема руху із прийнятим видом повороту

Розрахувати значення кінематичних параметрів машинного агрегату для вибраного способу руху:

Довжина робочої частини гону ( $L_p$ ) визначається за допомогою схеми [рис. 5.1]:

$$L_p = L - 2E_p, \quad (2.2)$$

(розраховується для заданої довжини гону  $L_1 = L_2 =$  )  
де  $E_p$  – ширина поворотної смуги (раціональне її значення розраховується по формулах 3.3...3.9).

Мінімальна ширина поворотної смуги ( $E_{min}$ ) визначається за допомогою схеми [3, рис 5.2] і залежності:

$$E_{min} = \lambda_E \cdot R_n + d_k + e, \quad (2.3)$$

де  $\lambda_E$  – коефіцієнт пропорційності, який характеризує параметри повороту, в залежності від величини радіусу повороту ( $R_n$ ) (числові значення його приведені [3, рис. 5.2 і табл. 5.6]);  $\lambda_E =$

Величина радіусу повороту ( $R_n$ ) залежить від конструкційних ( $B$ ) та режимних ( $V$ ) параметрів агрегату:

$$R_n = a_R \cdot R_{no}, \quad (2.4)$$

де  $R_{no}$  – мінімальний радіус повороту при швидкості повороту  $V_{no}=5$  км/год [3, табл. 5.4];  $R_{no} =$

$a_R$  – коефіцієнт збільшення радіусу ( $R_n$ ) при підвищенні швидкості повороту понад 5 км/год [3, табл. 5.4];  $a_R =$

$R_n =$

Кінематична ширина агрегату ( $d_k$ ):

$$d_k = v_E \cdot B_k, \quad (2.5)$$

де  $v_E$  – коефіцієнт, який характеризує симетричність агрегату:

- для симетричних агрегатів  $v_E \approx 0,6$ ;

- для несиметричних агрегатів  $v_E \approx 1,2$ ;

Кінематична ширина агрегату, м

$d_k =$

Довжина виїзду агрегату ( $e$ );

Вона пропорційна кінематичній довжині агрегату:

$$e = a_e \cdot l_a, \quad (2.6)$$

де  $a_e$  – поправочний коефіцієнт, який враховує спосіб з'єднання робочих машин з трактором:

- для причіпних агрегатів  $a_e=0,5 \dots 0,75$ ;
- для начіпних агрегатів  $a_e=0,1 \dots 0,2$ ;

$l_a$  – кінематична довжина агрегату, м

$$l_a = l_{mp} + l_{зч} + l_M, \quad (2.7)$$

де  $l_{mp}$ ,  $l_{зч}$ ,  $l_M$  – кінематична довжина, відповідно, трактора, зчіпки, с.-г. машин, м [3, табл. 5.5 і табл. 4.2].

$$l_{mp} = \quad \quad \quad l_{зч} = \quad \quad \quad l_M =$$

Довжина виїзду агрегату, м:

$e =$

Мінімальна ширина поворотної смуги, м:

$E_{min} =$

Рациональна ширина поворотної смуги ( $E_p$ ) повинна бути кратна робочій ширині захвату агрегату для того щоб була можливість обробляти поворотну смугу цілим числом проходів (без огріхів):

$$E_p = n_\phi \cdot B_p, \quad (2.8)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = B_k \beta, \quad (2.9)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт використання ширини захвату [3, табл. 5.3];  $\beta =$

$n_\phi$  – фактичне число проходів агрегату для обробки поворотної смуги:

$$n_\phi \geq \frac{E_{min}}{B_p}, \quad (2.10)$$



$$n_{\phi} =$$

Результат округляється до ближнього цілого числа (парного чи непарного). Парність чи непарність числа проходів на поворотній смузі залежить від особливостей виконуваної операції і розташування сусіднього загону, на який повинен переїхати агрегат.

Раціональна ширина поворотної смуги, м:

$$E_p =$$

Довжина робочої частини гону для поля з довжиною гону  $L_1$ , м:

$$L_{p1} =$$

Довжина робочої частини гону для поля з довжиною гону  $L_2$ , м:

$$L_{p2} =$$

Довжина холостого ходу ( $L_x$ ) на поворотах

Залежить від складу (одно-, багатомашинний) та виду агрегату (причіпний, начіпний), конструкційних його параметрів, та виду поворотів:

- для петлевих поворотів:

$$L_x = L_n + 2e, \quad (2.12)$$

де  $L_n$  – довжина петлі повороту, м:

$$L_n = \gamma_n R_n, \quad (2.13)$$

де  $\gamma_n$  – коефіцієнт, який враховує співвідношення довжини петлі та радіусу повороту [3, рис. 5.2 і табл. 5.6].  $\gamma_n =$

$$L_n =$$

Довжина холостого ходу, м:

$$L_x =$$

- для безпетлевих поворотів з прямолінійною ділянкою:

$$L_x = L_n + 2e + \chi, \quad (2.14)$$

де  $\chi$  – довжина прямолінійної ділянки [3, табл. 5.7].

Рациональне значення ширини заїмки ( $C_p$ ), яке має місце в залежностях по визначенню довжини прямолінійної ділянки ( $\chi$ ), розраховується згідно з положеннями [3, стор. 230, пункт 4.1].

$$\chi =$$

Довжина петлі повороту, м:

$$L_n =$$

Довжина холостого ходу, м:

$$L_x =$$

Розрахувати коефіцієнт робочих ходів по формулі 2.1.

Рациональне співвідношення кінематичних параметрів агрегату, розмірів робочої ділянки і вибраного способу руху оцінюється коефіцієнтом  $\varphi$ .

$$\varphi_1 =$$

$$\varphi_2 =$$

Практична робота № 3  
**Визначення продуктивності машинного агрегату**  
Вихідні дані.

1. Технологічна операція \_\_\_\_\_

2. Агрегат \_\_\_\_\_

- конструкційна ширина захвату, м  $B_k = \underline{\hspace{2cm}}$
- робоча швидкість руху, км/год  $V_p = \underline{\hspace{2cm}}$
- швидкість повороту, км/год  $V_n = \underline{\hspace{2cm}}$

*Послідовність виконання завдання*  
Теоретична продуктивність, га/год:

$$W^T = 0,1 \cdot B_k \cdot V_T, \quad (3.1)$$

де  $V_T$  – теоретична швидкість руху вибирається із технічної характеристики трактора [3, табл. 3.8] для передачі, на якій трактор розвиває задану робочу швидкість руху ( $V_p$ ) (згідно з тяговою характеристикою трактора [3, табл. 3.11])  $V_T =$

$W^T =$

Технічна продуктивність, га/год:

$$W_{zod} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau_{zm}, \quad (3.2)$$

де  $B_p$  – робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = B_k \beta, \quad (3.3)$$

де  $\beta$  – коефіцієнт використання ширини захвату [3, табл. 5.3];

$\beta =$

$B_p =$

$\tau_{zm}$  - коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{zm} = \frac{T_p}{T_{zm}}, \quad (3.4)$$

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

Час зміни складається із таких елементів:

$$T_{зм} = T_p + T_x + T_{To} + T_T + T_{он}, \quad (3.5)$$

де  $T_p$  – час чистої роботи на протязі зміни, год;  
 $T_x$  – час на повороти, заїзди, холості переїзди, год;  
 $T_T$  – тривалість технологічного обслуговування агрегату (заправка сівалок, очищення робочих органів і т.ін.), год;  
 $T_{To}$  – тривалість технічного обслуговування трактора, год;  
 $T_{он}$  – час регламентованих перерв на особисті потреби, на відпочинок і т.ін., год.

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

Для розрахунків можна прийняти:

$$T_T = (2...3\%) T_{зм} \quad T_{To} = (2...3\%) T_{зм} \quad T_{он} = (2...3\%) T_{зм}$$

$$\text{Значить } T_{зуп} = (6...9\%) T_{зм}; \quad T_{зуп} =$$

Із співвідношення, яке характеризує коефіцієнт використання часу руху:

$$\tau_{рух} = \frac{T_p}{T_{рух}} = \frac{T_p}{T_{зм} - T_{зуп}} = \frac{T_p}{T_p + T_x}, \quad (3.6)$$

знаходимо залежності по визначенню  $T_p$  і  $T_x$ :

$$T_p = \tau_{рух} (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (3.7)$$

$$T_x = \frac{T_p (1 - \tau_{рух})}{\tau_{рух}} \quad (3.8)$$

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

$$\text{при } V_p = V_n \text{ маємо } \tau_{рух} = \varphi, \quad (3.9)$$

$$\text{а при } V_p \neq V_n \text{ маємо } \tau_{рух} = \frac{\kappa \varphi}{(\kappa - 1) \varphi + 1}, \quad (3.10)$$

$$\text{де - } \kappa = \frac{V_n}{V_p} \quad \kappa = \quad (3.11)$$

Подальші розрахунки виконуємо для двох способів руху з урахуванням коефіцієнтів використання довжини гону:

$$\begin{aligned} \varphi_1 = & \quad \varphi_2 = \\ \text{Коефіцієнт використання часу руху:} & \\ \tau_{рух1} = & \quad \tau_{рух2} = \end{aligned}$$

Час чистої роботи на протязі зміни, год; (по формулі 3.7):

$$T_{p1} = \quad T_{p2} =$$

Час на повороти, заїзди, холості переїзди, год; (по формулі 3.8):

$$T_{x1} = \quad T_{x2} =$$

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{зм1} = \quad \tau_{зм2} =$$

Технічна продуктивність, га/год:

$$W_{год1} =$$

$$W_{год2} =$$

Виробіток за зміну, га:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau_{зм} \quad (3.12)$$

$$W_{зм1} =$$

$$W_{зм2} =$$

Витрати паливно-мастильних матеріалів:

$$g_{ca} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_x + G_{Tзуп} T_{зуп}}{T_{зм} W_{год}}, \quad (3.13)$$

де  $G_{Tp}$ ,  $G_{Tx}$ ,  $G_{Tзуп}$  – витрати палива відповідно при робочому ході, на поворотах, зупинках, кг/год [3, табл. 6.1];

$$G_{Tp} = \quad ; G_{Tx} = \quad ; G_{Tзуп} = \quad ;$$

Питомі витрати палива на одиницю виробітку агрегату, кг/га:

$$g_{za1} =$$

$$g_{za2} =$$

Затрати праці:

Прямі затрати праці на одиницю виконаних робіт, люд·год/га:

$$Z_n = \frac{m}{W_{zod}}, \quad (3.14)$$

де  $m_m$  – кількість основних працівників (механізаторів), що обслуговують агрегат;  $m_m =$

$$Z_{n1} =$$

$$Z_{n2} =$$

Загальні затрати праці на одиницю виконаних робіт, люд·год/га:

$$Z_3 = \frac{m + m}{W_{zod}}, \quad (3.15)$$

де  $m_d$  – кількість допоміжних працівників, що обслуговують агрегат;  $m_d =$

$$Z_{31} =$$

$$Z_{32} =$$

## Затрати енергії

Прямі витрати енергії палива, Дж/га:

$$A_n = H_n g_{ca} , \quad (3.16)$$

де  $H_n$  – питома теплота згорання палива, Дж/кг: (дизельне паливо –  $4,166 \cdot 10^7$ ; бензин –  $4,38 \cdot 10^7$  Дж/кг).

$$A_{n1} =$$

$$A_{n2} =$$

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.

$$A_{n1} =$$

$$A_{n2} =$$

Тягова питома енергоємність одиниці виконаних робіт, кВт·год/га:

$$A_T = \frac{N_{Tp} T_p + N_{Tx} T_x}{T_{зм} W_{год}} , \quad (3.17)$$

(значення  $N_{Tp}$  і  $N_{Tx}$  розрахувати згідно із методикою розрахунку режиму роботи агрегату, розділ 6 розрахункового завдання №2)

$$A_{T1} =$$

$$A_{T2} =$$

Корисна питома енергоємність одиниці виконаних робіт, кВт·год/га:

$$A_k = \frac{N_{Tp} T_p}{T_{зм} W_{год}} , \quad (3.18)$$

$$A_{k1} =$$

$$A_{k2} =$$

Практична робота № 4  
**Розрахунок режиму роботи агрегату для виконання оранки**  
(начіпний одномашинний, начіпний комбінований)

Вихідні дані:

1. Вид оранки (з оборотом пласта, культурна, ярусна, без обороту пласта) \_\_\_\_\_
2. Глибина оранки  $a$ , м \_\_\_\_\_
3. Кут ухилу місцевості  $\alpha$ , град \_\_\_\_\_
4. Агрофон \_\_\_\_\_
5. Тип ґрунтів \_\_\_\_\_
6. Різновид ґрунтів \_\_\_\_\_

*Послідовність виконання завдання*

У відповідності із технологічними умовами роботи, вибрати по технічним характеристикам [2; 3 табл. 4.2] марку трактора, плуга і додаткової с.-г. машини (у випадку виконання комплексної операції).

Марка трактора \_\_\_\_\_, плуга \_\_\_\_\_, с.-г. маш. \_\_\_\_\_

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується у такій послідовності:

- встановити інтервал агротехнічно допустимих робочих швидкостей, в межах якого забезпечується висока якість роботи, с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію [3,табл. 3.14];  $V_{lim} =$

- вибрати питомий тяговий опір (для швидкості  $V_o = 5$  км/год) для плугів  $k_{o.pl} =$  \_\_\_\_\_ кН/м<sup>2</sup> [3,табл. 3.12] і додаткових с.-г. машин  $k_{o.m} =$  \_\_\_\_\_ кН/м [3,табл. 3.13];

- із тягової характеристики [3,табл. 3.11] трактора, заданої марки, в режимі експлуатації  $N_T = N_{T,max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які по чисельному значенні швидкості входять в діапазон агродопустимих швидкостей.



Таблиця 4.1. Тягові параметри трактора

передача					
параметри					
$V_p$ , км/год					
$P_{т.н}$ , кН.					
$N_{т.мах}$ , кВт					

- з метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач вибираємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{т.мах}$ ). Робоча швидкість ( $V_p$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{т.н}$ ) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_p =$$

$$P_{т.н} =$$

Таблиця 4.2. Технічні характеристики трактора

Марка	Вага $G_{тр}$ , кН	передача	швидкість $V_p$ , км/год	тягове зусилля $P_{т.н}$ , кН

Таблиця 4.3. Технічні характеристики плуга

Марка	вага $G_{пл}$ , кН	Ширина захвату			питомий тяговий опір $k_{о.пл}$ , кН/м <sup>2</sup>	інтервал швидкостей $V_{lim}$ , км/год
		плуга $b_{пл}$ , м	корпуса $b_{кор}$ , м	кількість корпусів $n_{кор}$ , шт.		

Таблиця 4.4. Технічні характеристики додаткових с.-г. машин

назва і марка	вага $G_m$ , кН	ширина захвату $b_m$ , м	питомий тяговий опір $k_{о.м}$ , кН/м

Виконати розрахунки по уточненню величини питомого тягового опору робочих органів машин (для випадку  $V_p > V_o$ ):

для плугів,  $\text{кН/м}^2$ :

- із *культурними* корпусами:

$$k_{V_{nl}} = k_{o_{nl}} \left[ 1 + 0,006(V_p^2 - V_o^2) \right], \quad (4.1)$$

- із *швидкісними* корпусами:

$$k_{V_{nl}} = k_{o_{nl}} \left\{ 1 + 0,004[(V_p - 2)^2 - V_o^2] \right\}, \quad (4.2)$$

- для *додаткових сільськогосподарських машин*,  $\text{кН/м}$ :

$$k_{V_{m}} = k_{o_{m}} \left[ 1 + \frac{\Delta C}{100}(V_p - V_o) \right], \quad (4.3)$$

де  $\Delta C$  – приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [3, табл. 3.16];  $\Delta C =$

$$k_{V_{nl}} =$$

$$k_{V_{m}} =$$

Розрахувати робочий опір агрегату,  $\text{кН}$ :

- *начіпного одно машинного*:

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_q f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (4.4)$$

- *начіпного комбінованого*:

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_\delta f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{V_{m}} b_{mi} n_{mi}, \quad (4.5)$$

(знак "+" відповідає руху на підйом).

де  $\lambda_\delta$  – коефіцієнт догрузки, який враховує частину ваги начіпної машини та нормальні складові тягового опору, що додатково навантажують ходову систему трактора, так при оранці піщаних ґрунтів і суглинків вологістю 8...9% -  $\lambda_\delta = 0,3...0,5$ , а стерні вологістю 18.. .20% -  $\lambda_\delta = 1,0$ .

$f_{mp}$  – коефіцієнт опору кочення трактора [3, табл. 3.9],

$$f_{mp} =$$

на підйом:  $R_a =$

на спуск:  $R_a =$

Оцінка правильності вибору робочої швидкості агрегату виконується при визначенні коефіцієнту використання номінального тягового зусилля трактора:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{T.H} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (4.6)$$

(знак “—” відповідає руху на підйом).

Підйом  $\xi_p =$

Спуск  $\xi_p =$

Коефіцієнт використання тягового зусилля повинен відповідати раціональним значенням [3, табл. 4.1]. В тому випадку, коли значення коефіцієнта ( $\xi_p$ ) перевищують допустимі, то розрахунки виконують знову на нижчій робочій передачі руху трактора.

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі трактора \_\_\_\_\_, плуга \_\_\_\_\_, додаткової с.-г. машини \_\_\_\_\_, який виконує технологічну операцію на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на підйом) і на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_. (рух на спуск), конструктивна ширина захвату  $B_k = b_{кор} n_{кор} =$

Розрахувати величину фактичної тягової потужності двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо роботи в загінці, агрегат виконує повороти. Тому, фактичну тягову потужність двигуна визначаємо для таких режимів роботи агрегату: чиста робота, повороти.

Фактичну тягову потужність двигуна в процесі чистої роботи визначаємо за формулою:

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}} \quad (4.7)$$

де  $\eta_{mp}$  – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора ( $\eta_{mp} = 0,9$ );  
 $P_{руш}$  – рушійна сила, кН:

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a \quad (4.8)$$

де  $f_{mp}$  – коефіцієнт опору кочення трактора [табл. 3.9].  
 $f_{mp} =$

$$P_{руш} =$$

$\eta_{\delta}$  – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (4.9)$$

$\delta$  - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [табл. 3.11]):

$$\eta_{\delta} =$$

$$N_{Tp} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (4.7), приймаючи до уваги, що  $k_V = 0$ ,  $\alpha = 0^\circ$  (в розрахунку опору  $R_a$ ) і швидкість на повороті  $V_n =$  \_\_\_\_\_ км/год.

- рушійна сила, кН:

$$P_{руш} = G_{mp} f_{mp} + R_a \quad (4.10)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{Tx} =$$

Аналіз використання потужності виконуємо за допомогою коефіцієнту - ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{en}}, \quad (4.11)$$

Коефіцієнт  $\xi_N$  розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

$$\xi_{Np} = \frac{N_{Tp}}{N_{en}} =$$

$$\xi_{Nx} = \frac{N_{Tx}}{N_{en}} =$$

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

Практична робота № 5  
**Розрахунок режиму роботи агрегату для поверхневого  
обробітку ґрунту**  
(начіпний одномашинний, начіпний комбінований)

Вихідні дані:

1. Технологічна операція \_\_\_\_\_
2. Спосіб виконання операції (для сівби: звичайний рядковий, вузькорядний, стрічковий, пунктирний, борізковий, широкорядний) \_\_\_\_\_
3. Кут ухилу місцевості  $\alpha$ , град \_\_\_\_\_
4. Агрофон \_\_\_\_\_
5. Тип ґрунтів \_\_\_\_\_
6. Різновид ґрунтів \_\_\_\_\_

*Послідовність виконання завдання*

У відповідності із технологічними умовами роботи, вибрати по технічним характеристикам [2; 3 табл. 4.2] марку трактора і робочих машин (основних і додаткових).

Марка трактора \_\_\_\_\_, роб. маш. \_\_\_\_\_

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується в такій послідовності:

- встановити інтервал агротехнічнодопустимих робочих швидкостей, в межах якого забезпечується висока якість роботи с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію [3, табл. 3.14];  $V_{lim} =$

- вибрати питомий тяговий опір (для швидкості  $V_o = 5$  км/год) для основної робочої машини  $k_o =$  \_\_\_ кН/м [3, табл. 3.13] у відповідності із її призначенням;

- із тягової характеристики [3, табл. 3.11] трактора в режимі експлуатації  $N_T = N_{T,max}$  з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які по чисельному значенні швидкості входять в діапазон агротехнічно допустимих швидкостей.

Таблиця 5.1 Тягові параметри трактора.

передача					
параметри					
$V_p$ , км/год					
$P_{т.н}$ , кН.					
$N_{т.мах}$ , кВт					

- з метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач вибираємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{т.мах}$ ). Робоча швидкість ( $V_p$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{т.н}$ ) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_p =$$

$$P_{т.н} =$$

Таблиця 5.2 Технічні характеристики трактора

марка	вага $G_{тр}$ , кН	передача	швидкість $V_p$ , км/год	тягове зусилля $P_{т.н}$ , кН

Таблиця 5.3 Технічні характеристики робочих машин

назва і марка	вага $G_m$ , кН	ширина захвату $b_m$ , м	питомий тяговий опір $k_o$ , кН/м	інтервал швидкостей $V_{lim}$ , км/год

Виконати розрахунки по уточненню величини питомого тягового опору робочих органів машин, кН/м (для випадку  $V_p > V_o$ ):

$$k_v = k_o \left[ 1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_o) \right], \quad (5.1)$$

де  $\Delta C$  – приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [3, табл. 3.16];  $\Delta C =$

$k_V =$

(Виконати аналогічні розрахунки і для додаткових машин)

$k_{V_{m\theta}} =$

Розрахувати робочий опір агрегату, кН:

- *начіпного одномашинного:*

$$R_a = k_v b_{.m} + G_m (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (5.2)$$

- *начіпного комбінованого:*

$$R_a = k_v b_{.m} + G_m (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{V_{m\theta}} b_{.mi} n_{.mi}, \quad (5.3)$$

(знак “+” відповідає руху на підйом)

де  $\lambda_\theta$  – коефіцієнт догрузки, який враховує частину ваги начіпної машини та нормальні складові тягового опору що додатково навантажують ходову систему трактора, так для посівних машин і культиваторів  $\lambda_\theta=0,2\dots0,5$  ; на глибокому рихленні  $\lambda_\theta=1,5\dots2,0$ . Більші значення приймають для анкерних робочих органів;

$f_{mp}$  – коефіцієнт опору кочення трактора [3, табл. 3.9]

$f_{mp} =$

підйом  $R_a =$

спуск  $R_a =$

Оцінка правильності вибору робочої швидкості агрегату виконується при визначенні коефіцієнта використання номінального тягового зусилля трактора:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{T.n} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (5.4)$$

(знак “-” відповідає руху на підйом).

Підйом  $\xi_p =$

Спуск  $\xi_p =$



Коефіцієнт використання тягового зусилля повинен відповідати раціональним значенням [3, табл. 4.1]. В тому випадку, коли значення коефіцієнта ( $\xi_p$ ) перевищують допустимі, то розрахунки виконують знову на нижчій робочій передачі руху трактора.

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі трактора \_\_\_\_\_, с-г маш. \_\_\_\_\_, кількість с-г машин  $n_m =$  \_\_\_\_\_, зчіпки \_\_\_\_\_, який виконує технологічну операцію на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на підйом) і на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на спуск), конструктивна ширина захвату  $B_k =$  \_\_\_\_\_

Розрахувати величину фактичної тягової потужності двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо роботи в загінці, агрегат виконує повороти. Тому, фактичну тягову потужність двигуна визначаємо для таких режимів роботи агрегату: чиста робота, повороти.

Фактичну тягову потужність двигуна в процесі чистої роботи визначаємо за формулою:

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}} \quad (5.5)$$

де  $\eta_{mp}$  – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора ( $\eta_{mp} = 0,9$ );  
 $P_{руш}$  – рушійна сила, кН:

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a \quad (5.6)$$

де  $f_{mp}$  – коефіцієнт опору кочення трактора [3, табл. 3.9].  
 $f_{mp} =$

$$P_{руш} =$$

$\eta_{\delta}$  – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (5.7)$$

$\delta$  - буксування на вибраній передачі, %;(із тягової характеристики [3, табл. 3.11]).

$$\eta_0 =$$

$$N_{Tp} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (5.5), приймаючи до уваги, що  $k_V = 0$ ,  $\alpha = 0^\circ$  (в розрахунку опору  $R_a$ ) і швидкість на повороті  $V_n =$  \_\_\_\_\_ км/год.

- рушійна сила, кН:

$$P_{руш} = G_{mp} f_{mp} + R_a \quad (5.8)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{Tx} =$$

Аналіз використання потужності виконуємо за допомогою коефіцієнту - ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{ен}}, \quad (5.9)$$

Коефіцієнт  $\xi_N$  розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

$$\xi_{Np} = \frac{N_{Tp}}{N_{ен}} =$$

$$\xi_{Nx} = \frac{N_{Tx}}{N_{ен}} =$$

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

Практична робота № 6  
**Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату**  
 (збирання зернових)

Вихідні дані:

1. С.-г. культура \_\_\_\_\_
2. Спосіб збирання (*роздільний, пряме комбайнування*) \_\_\_\_\_
4. Кут ухилу місцевості  $\alpha$ , град \_\_\_\_\_
5. Урожайність зерна  $H_z$ , ц/га \_\_\_\_\_
6. Соломистість  $\delta_c$  \_\_\_\_\_

*Послідовність виконання завдання*

У відповідності із призначенням операції, агротехнічними вимогами до її виконання і технологічними умовами роботи, вибрати по технічним характеристикам [2; 3 табл. 4.8 і 4.10] марку сільськогосподарських машин:

- для роздільного способу збирання зернових вибираємо жнивварку.

При скошуванні рослинної маси жнивварки утворює валок, параметри якого визначаються в залежності від урожайності всієї рослинної маси і ширини захвату жнивварки.

$$q_v = 10^{-2} B_{жс} H_z (1 + \delta_c) \quad (6.1)$$

де  $q_v$  – маса погонного метра валка, кг/м;

Оптимальна маса для північних районів знаходиться в межах 1,5...2,0 кг/м, а для південних районів — 4,5...6,0 кг/м.

$q_v =$

Таблиця 6.1. Технічні характеристики жнивварки

Марка	Вага $G_{жс}$ , кН	Ширина захвату $B_{жс}$ , м	Агрегується

- для підбору валків і прямого комбайнування вибираємо комбайн

Таблиця 6.2. Технічні характеристики комбайну

Марка	вага $G_k$ , кН	ширина захвату $B_p$ , м	Пропускна здатність молотарки $q_m$ , кг/с	потужність двигуна $N_{en}$ , кВт	місткість	
					бункера $V_b$ , м <sup>3</sup>	копнувача $V_k$ , м <sup>3</sup>

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується у такій послідовності:

Розрахувати швидкість руху комбайну, обумовлену пропускнуою здатністю молотарки, км/год:

- для роздільного способу збирання:

$$V_{pq} = \frac{3,6q_m}{K_e q_e} \quad (6.2)$$

де  $K_e$  – коефіцієнт, що враховує зменшення вологості валка при його просушуванні ( $K_e = 0,78...0,85$ );

- при прямому комбайнуванні:

$$V_{pq} = \frac{3,6q_m}{q_e} \quad (6.3)$$

$$V_{pq} =$$

Для комбайнів з малою енергоємністю (наприклад: СК-5 „Нива”, СК-6 „Колос”) робоча швидкість руху обумовлюється також потужністю двигуна:

$$V_{pN} = \frac{3,6(N_{en}\xi_N - N_{xx})}{\frac{G_a(f_k + \sin \alpha)}{\eta_k} + \frac{B_p H_s(1 + \delta_c)N_y}{10}} \quad (6.4)$$

де  $\xi_N$  – раціональне значення ступеня використання ефективної потужності двигуна ( $\xi_N = 0,9$ );

$N_{xx}$  – потужність, що витрачається на холостий хід

механізмів комбайна, кВт.

(СК-5 –  $N_{xx} = 10,5$  кВт; СК-6 –  $N_{xx} = 12,0$  кВт);

$N_y$  – питома потужність, яка необхідна для обмолоту хлібної маси, кВт с/кг; (СК-5, СК-6 –  $N_y = 9$  кВт с/кг);

$\eta_k$  – ККД трансмісії комбайна; ( $\eta_k = 0,76 \dots 0,83$ );

$f_k$  – коефіцієнт опору кочення комбайна по стерні; [3, табл. 4.3];

$G_a$  – експлуатаційна вага комбайнового агрегату із врахуванням половини об'єму завантаженого бункера і копнувача, кН:

- при роботі з копнувачем:

$$G_a = G_k + 0,5V_b \rho_z + 0,5V_k \rho_c \quad (6.5)$$

- при роботі з подрібненням соломи:

$$G_a = G_k + 0,5V_b \rho_z + G_{np} + 0,5V_{np} \rho_c \quad (6.6)$$

де  $G_k$  – конструктивна вага комбайну, кН [2;3, табл.4.10];

$\rho_z, \rho_c$  – об'ємна маса зерна, соломи, кН/м<sup>3</sup>. [3 табл. 4.20];

$G_{np}$  – конструктивна вага причепа для подрібненої соломи, кН [2];

$V_{np}$  – місткість причепа для подрібненої соломи, м<sup>3</sup> [2];

$G_a =$

$V_{pN} =$

Із визначених ( $V_{pq}$ ) і ( $V_{pN}$ ) вибирають швидкість з меншим значенням, яку використовують для наступних розрахунків.

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі:

- при роздільному способі збирання:

трактор \_\_\_\_\_, жниварка \_\_\_\_\_, із шириною захвату  $B_p =$  \_\_\_\_\_ і комбайн \_\_\_\_\_, який виконує технологічну операцію на швидкості  $V_p =$  \_\_\_\_\_.

- при прямому комбайнуванні:

комбайн \_\_\_\_\_, який виконує технологічну операцію на швидкості  $V_p =$  \_\_\_\_\_.

Фактична потужність двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо збирання, агрегат виконує повороти. Тому, фактичну потужність двигуна визначаємо для двох режимів роботи агрегату: збирання і повороти.

Фактичну потужність двигуна в процесі збирання визначаємо за формулою:

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{V_p}{3,6} \left[ \frac{G_a (f_{\kappa} + \sin \alpha)}{\eta_{\kappa}} + \frac{N_y B_p H_s (1 + \delta_c)}{10} \right] \quad (6.7)$$

$$N_{\phi z} =$$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (6.7), приймаючи до уваги що швидкість на повороті  $V_n = 5 \text{ км/год}$ ;  $\sin \alpha = 0$ ;  $N_y = 0$ .

$$N_{\phi n} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (6.8)$$

Коефіцієнт  $\xi_N$  розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

$$\text{збирання } \xi_{Nz} =$$

$$\text{повороти } \xi_{Nn} =$$

Практична робота № 7  
**Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату**  
 (збирання кукурудзи)

Вихідні дані:

1. С.-г. культура \_\_\_\_\_
2. Вид збирання (з відокремленням качанів, на силос) \_\_\_\_\_
3. Кут ухилу місцевості  $\alpha$ , град \_\_\_\_\_
4. Урожайність зерна  $H_z$ , т/га \_\_\_\_\_
5. „Соломистість”  $\delta_c$  \_\_\_\_\_

*Послідовність виконання завдання*

У відповідності із призначенням операції, агротехнічними вимогами до її виконання і технологічними умовами роботи, вибрати по технічним характеристикам [2; 3 табл. 4.5] марку трактора і робочої машини (комбайну).

Трактор \_\_\_\_\_, робоча машина \_\_\_\_\_, комбайн \_\_\_\_\_.

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується в такій послідовності:

- встановити інтервал агротехнічно допустимих робочих швидкостей, в межах якого забезпечується висока якість роботи с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію [3, табл. 3.14];  $V_{lim} =$

- із тягової характеристики трактора [3, табл. 3.11], в режимі експлуатації  $N_T = N_{T,max}$ , з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які по чисельному значенні швидкості входять в діапазон агротехнічно допустимих швидкостей.

Таблиця 7.1. Тягові параметри трактора

передача параметри					
$V_{pT}$ , км/год					
$P_{T,n}$ , кН					
$N_{T,max}$ , кВт					

- з метою раціонального використання енергії, яку витрачає

трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач вибираємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{T,max}$ ). Робоча швидкість ( $V_{pT}$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{T,n}$ ) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_{pT} = \quad \quad \quad P_{T,n} =$$

Розрахувати сумарний (приведений) тяговий опір тягово-привідного агрегату, кН:

$$R_{T-np} = \frac{3,6N_{xx}}{V_{pT}} + \frac{N_y m n_p H_z (1 + \delta_c)}{10\eta_{ВВП}} + \frac{G_{kn} (f_{pm} + \sin \alpha)}{\eta_{Tpm}}, \quad (7.1)$$

де  $N_{xx}$  – потужність, що витрачається на холостий хід механізмів робочої машини, кВт; [3, табл. 4.8]  $N_{xx} =$   
 $N_y$  – питома потужність, яка необхідна для переробки одиниці маси, кВт с/кг; [3, табл. 4.8]  $N_y =$   
 $\eta_{ВВП}$  – ККД механізму приводу ВВП; ( $\eta_{ВВП} = 0,96$ );  
 $m$  – ширина міжряддя, м; [3, табл. 4.5]  $m =$   
 $n_p$  – кількість рядків; [3, табл. 4.5]  $n_p =$   
 $\eta_{Tpm}$  – ККД трансмісії робочої машини;  
( $\eta_{Tpm} = 0,76...0,83$ );  
 $f_{pm}$  – коефіцієнт опору кочення робочої машини по стерні;  
[3, табл. 4.3]  $f_{pm} =$   
 $G_{kn}$  – експлуатаційна вага причіпного комбайнового агрегату із врахуванням половини об'єму завантаженого бункера і причепа, кН.

$$G_{kn} = G_{pm} + 0,5V_b \rho_z + G_{np} + 0,5V_{np} \rho_m \quad (7.2)$$

де  $G_{pm}$  – конструктивна вага робочої машини, кН [2;3,табл. 4.5];  
 $V_b$  – місткість бункера, м<sup>3</sup> [2];  
 $G_{np}$  – конструктивна вага причепа, кН [2];  
 $V_{np}$  – місткість причепа, м<sup>3</sup> [2];  
 $\rho_z, \rho_m$  – об'ємна маса зерна, маси, кН/м<sup>3</sup>. [3 табл. 4.20];  
 $G_{kn} =$



$R_{T-np} =$

Оцінка правильності вибору робочої швидкості агрегату виконується при визначенні коефіцієнта використання номінального тягового зусилля трактора.

$$\xi_p = \frac{R_{T-np}}{P_{Tn} - G_{mp} \sin \alpha}, \quad (7.3)$$

$\xi_p =$

Коефіцієнт використання тягового зусилля може мати значення 0,8...0,96. В тому випадку, коли значення коефіцієнта ( $\xi_p$ ) перевищують допустимі, то розрахунки виконують знову на нижчій робочій передачі руху трактора.

Прийнята швидкість повинна знаходитись в діапазоні агротехнічно допустимих швидкостей. [3, табл. 3.14]  $V_p =$

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі трактора \_\_\_\_\_, робочої машини \_\_\_\_\_, який виконує технологічну операцію на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на підйом) і на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на спуск).

Фактична потужність двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо збирання, агрегат виконує повороти. Тому, фактичну потужність двигуна визначаємо для двох режимів роботи агрегату: збирання, повороти.

Фактичну потужність двигуна в процесі збирання визначаємо за формулою:

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{V_p}{3,6} \left[ \frac{G_a (f_{mp} \pm \sin \alpha)}{\eta_{Tp}} + \frac{N_y m n_p H_z (1 + \delta_c)}{10 \eta_{ВВП}} \right] \quad (7.4)$$

де  $\eta_{Tp}$  – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора (колісний -  $\eta_{Tp} = 0,9$ ; гусеничний -  $\eta_{Tp} = 0,86$ ) [3];

$G_a$  – вага агрегату, кН:

$$G_a = G_{mp} + G_{kn} \quad (7.5)$$

$$G_a =$$

$$N_{\phi z} =$$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (7.5), приймаючи до уваги що швидкість на повороті  $V_n = 5 \text{ км/год}$ ,  $N_y = 0$ ,  $\sin \alpha = 0$ .

$$N_{\phi n} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (7.6)$$

$$\text{збирання } \xi_{Nz} =$$

$$\text{повороти } \xi_{Nn} =$$

Практична робота № 8  
**Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату**  
*(внесення мінеральних добрив)*

Вихідні дані:

1. Технологічна схема внесення (прямоточна, перевалочна) \_\_\_\_\_
2. Кут ухилу місцевості  $\alpha$ , град \_\_\_\_\_
3. Норма внесення добрив  $N_d$ , т/га \_\_\_\_\_

*Послідовність виконання завдання*

У відповідності із призначенням операції, агротехнічними вимогами до її виконання і технологічними умовами роботи, вибрати по технічним характеристикам [2; 3 табл. 4.6] марку трактора і робочої машини.

Трактор \_\_\_\_\_, робоча машина \_\_\_\_\_

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується в такій послідовності:

- встановити інтервал агротехнічно допустимих робочих швидкостей, в межах якого забезпечується висока якість роботи с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію [3, табл. 3.14];  $V_{lim} =$

- із тягової характеристики трактора [3, табл. 3.11], в режимі експлуатації  $N_t = N_{t.max}$ , з урахуванням агрофону вибрати всі передачі, які по чисельному значенні швидкості входять в діапазон агротехнічно допустимих швидкостей.

Таблиця 8.1. Тягові параметри трактора

передача параметри					
$V_p$ , км/год					
$P_{т.н.}$ , кН.					
$N_{т.max}$ , кВт					

- з метою раціонального використання енергії, яку витрачає трактор на виконання конкретної операції, із вибраних передач вибираємо ту, на якій трактор розвиває найбільшу потужність ( $N_{т.мах}$ ). Робоча швидкість ( $V_p$ ) і номінальне тягове зусилля ( $P_{т.н}$ ) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_p = \quad \quad \quad P_{т.н} =$$

Розрахувати сумарний (приведений) тяговий опір тягово-привідного агрегату, кН:

$$R_{Т-пр} = R_M + P_{пр} \quad (8.1)$$

де  $R_M$  – тяговий опір робочої машини, величина якого залежить як від конструкції робочих органів, так і від особливостей конструкції самої машини, кН:

$$R_M = (G_M + Q_в)(f_M + \sin \alpha) \quad (8.2)$$

де  $G_M$  – вага розкидача, кН [3, табл. 4.6];  $G_M =$   
 $f_M$  – коефіцієнт опору кочення розкидача [3, табл. 4.3];  $f_M =$   
 $Q_в$  – вага вантажу, кН;

$$Q_в = V_K \cdot \rho_д \cdot g \cdot \alpha_{пр} \quad (8.3)$$

де  $V_K$  – ємність кузова, м<sup>3</sup> [3, табл. 4.6];  $V_K =$   
 $\rho_д$  – об'ємна маса добрив, т/м<sup>3</sup> [3, табл. 4.20];  $\rho_д =$   
 $g$  – прискорення сили земного тяжіння ( $g = 9,8$  м/с<sup>2</sup>);  
 $\alpha_{пр}$  – коефіцієнт використання об'єму кузова ( $\alpha_{пр} = 1$  – для причепів з основними бортами;  $\alpha_{пр} = 0,8$  – для причепів з надставними бортами).

$$Q_в =$$

$$R_M =$$

Додаткове зусилля ( $P_{пр}$ ), яке виникає в результаті передачі потужності на привід робочих органів від ВВП трактора, кН:

$$P_{пр} = 0,159 \frac{N_{ВВП} i_{ТР} \eta_{ТР}}{r_K n_\phi \eta_{ВВП}} \quad (8.4)$$

де  $i_{\text{тр}}$  – передаточне число трансмісії на вибраній передачі [3,табл. 3.8];  $i_{\text{тр}} = \eta_{\text{ВВП}}$  – ККД механізму приводу ВВП ( $\eta_{\text{ВВП}} = 0,94\dots 0,96$ ) [3];  $\eta_{\text{тр}}$  – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора (*колісний* -  $\eta_{\text{тр}} = 0,9$ ; *гусеничний* –  $\eta_{\text{тр}} = 0,86$ ) [3]  $n_n$  – частота обертання колінчастого валу двигуна при фактичному завантаженні:

$$n_{\delta} = \frac{n_i}{k_{\delta\delta}} \quad (8.5)$$

де  $n_n$  – номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна,  $\text{с}^{-1}$  [3,табл. 3.8];  $n_n = k_{\text{вр}}$  – коефіцієнт пристосованості двигуна за частотою обертання колінчастого валу при підвищенні навантаження ( $k_{\text{вр}} = 1,1$ );

$n_{\phi} =$

Радіус кочення ( $r_k$ ):

- для *гусеничних* тракторів він дорівнює радіусу початкового кола ( $r_o$ ) ведучої зірочки

[3,табл. 3.8]:  $r_o =$

$$r_k = r_o = \quad (8.6)$$

- для *колісних* тракторів на пневматичних шинах:

$$r_k = r_o + h_{\text{ш}} k_{\text{ш}} \quad (8.7)$$

де  $r_o$  – радіус посадочного кола сталюго обода, м [3,табл. 3.8];  $r_o =$

$h_{\text{ш}}$  – висота поперечного профілю шини, м [3,табл. 3.8];

$h_{\text{ш}} =$

$k_{\text{ш}}$  – коефіцієнт прогинання шини [3,табл. 3.7]:

$r_k =$

$N_{ВВП}$  – потужність, яка передається на привід робочих органів від ВВП трактора, кВт [3, табл. 4.8];  $N_{ВВП} =$

Довідка: При відсутності даних потужність на привід ВВП можна розрахувати за формулою:

$$N_{ВВП} = N_y \cdot B_p \quad (8.8)$$

де  $N_y$  – питомі затрати потужності на привід відцентрових робочих органів, кВт/м;  $N_y = 1,2 \dots 1,8$  кВт/м;

$B_p$  – ширина внесення добрив, м [3, табл. 4.6]  $B_p =$

$P_{np} =$

$R_{T-np} =$

Оцінка правильності вибору робочої швидкості агрегату виконується при визначенні коефіцієнта використання номінального тягового зусилля трактора:

$$\xi_p = \frac{R_{T-np}}{P_{Tn} - G_{mp} \sin \alpha}, \quad (8.9)$$

$\xi_p =$

Коефіцієнт використання тягового зусилля може мати значення 0,8...0,96. В тому випадку, коли значення коефіцієнта ( $\xi_p$ ) перевищують допустимі, то розрахунки виконують знову на нижчій робочій передачі руху трактора.

Прийнята швидкість повинна знаходитись в діапазоні агротехнічно допустимих швидкостей. [3, табл. 3.14]  $V_p =$

В результаті розрахунків укомплектовано агрегат у складі трактора \_\_\_\_\_, робочої машини \_\_\_\_\_, який виконує технологічну операцію на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на підйом) і на \_\_\_\_\_ передачі,  $V_p =$  \_\_\_\_\_ (рух на спуск).

Фактична потужність двигуна, яка витрачається в конкретних заданих умовах.

При виконанні технологічної операції, крім безпосередньо внесення добрив, агрегат виконує повороти та переїзди. Тому, фактичну потужність двигуна визначаємо для чотирьох режимів роботи агрегату: внесення добрив, повороти, транспортування наповненого та порожнього розкидача.

Фактичну потужність двигуна в процесі внесення добрив визначаємо за формулою:

$$N_{\phi} = \frac{V_p}{3,6} \cdot \frac{G_a (f_{mp} + \sin \alpha)}{\eta_{Tp} \eta_{\delta}} + \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}} \quad (8.10)$$

де  $\eta_{Tp}$  – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора ( $\eta_{Tp} = 0,9$ );  
 $\eta_{\delta}$  – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (8.11)$$

$\delta$  - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [3, табл. 3.11]).

$\eta_{\delta} =$

$\eta_{ВВП}$  – ККД механізму приводу ВВП ( $\eta_{ВВП} = 0,95$ );

$G_a$  – вага агрегату, кН:

$$G_a = G_{mp} + G_m + 0,5Q_{\delta} \quad (8.12)$$

$N_{\phi\delta} =$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (8.10), приймаючи до уваги що швидкість на повороті  $V_n = 5$  км/год,  $N_{ВВП} = 0$ ,  $\sin \alpha = 0$ .

$N_{\phi n} =$

Фактичну потужність двигуна при транспортуванні добрив в кузові розкидача визначаємо за формулою (8.10), приймаючи до уваги що швидкість при переїздах  $V_{пер} =$  \_\_\_\_ км/год,  $N_{ВВП} = 0$ ,

коефіцієнт опору перекочування ( $f_{mp}$ ) по польових дорогах вибираємо із [1, табл. 3.9], а вага агрегату із заповненим добривами розкидачем визначається за формулою:

$$G_a = G_{mp} + G_m + Q_e \quad (8.13)$$

$$N_{\phi mp} =$$

Фактичну потужність двигуна при переїздах агрегату з порожнім розкидачем до місця завантаження визначаємо за формулою (8.10), приймаючи до уваги що швидкість при переїздах  $V_{nep} =$  \_\_\_\_\_ км/год,  $N_{BBI} = 0$ , коефіцієнт опору перекочування ( $f_{mp}$ ) по польових дорогах вибираємо із [1, табл. 3.9], а вага агрегату із порожнім розкидачем визначається за формулою:

$$G_a = G_{mp} + G_m \quad (8.14)$$

$$N_{\phi nep} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (8.15)$$

внесення  $\xi_{N\phi} =$  повороти  $\xi_{Nn} =$

транспортування  $\xi_{Nmp} =$  переїзди порожнього  $\xi_{Nnep} =$



## Довідкова література

1. **Машиновикористання в землеробстві** / В.Ю.Ільченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.: За ред. В.Ю.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. **Збірник методик з використання машин в землеробстві** / За ред. В. І. Мельника. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт» - 2020, 257 с.
5. **Експлуатація та сервіс техніки. Частина І. Трактори.** Навчальний посібник. / С. О. Харченко, О. В. Адамчук, О. І. Анікеєв, К. Г. Сировицький, Є. А. Гаєк, І. С. Тіщенко, Д. О. Харченко. За ред. С. О. Харченка. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. - 140 с.
6. **Експлуатація та сервіс техніки. Частина ІІ. Комбайни.** Навчальний посібник. / С. О. Харченко, О. В. Адамчук, О. В. Козаченко, М. В. Бакум, К. Г. Сировицький, М. М. Абдуєв, Ф. М. Харченко. За ред. С. О. Харченка. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. - 115 с.





Навчальне видання

МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СИСТЕМАХ ТОЧНОГО  
ЗЕМЛЕРОБСТВА

Методичні вказівки  
до виконання практичних робіт  
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,  
денної (заочної) форми навчання ОПП «Агрономія»  
спеціальності 201 Агрономія

Укладачі:

**АНИКЄЄВ** Олександр Іванович  
**СИРОВИЦЬКИЙ** Кирило Геннадійович  
**ЦЕХМЕЙСТРУК** Микола Григорович

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman  
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.  
Ум. друк. арк. 3,02. Наклад 150 пр.

Харківський національний технічний університет  
сільського господарства імені Петра Василенка  
61002, м. Харків, вул. Алчевських, 44