

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет
Кафедра агроінжинірингу

ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

**Методичні вказівки щодо виконання лабораторно-
практичних занять № 1**

**для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія»
денної і заочної форм навчання
освітнього ступеня «бакалавр»**

СУМИ - 2022

Укладачі: **Зубко В.М.**, д.т.н., професор кафедри агроінжинірингу
Сировицький К.Г., старший викладач кафедри агроінжинірингу

Зубко В.М., Сировицький К.Г.

Е 45 Експлуатація машин і обладнання : методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних занять № 1 для студентів 4 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної і заочної форм навчання освітнього ступеня «бакалавр» / Зубко В.М., Сировицький К.Г. - Суми, 2022. – 68 с.

Складено у відповідності з програмою дисципліни «Експлуатація машин і обладнання» для виконання завдань з організації технологічних процесів, оволодіння методами і методиками розрахунку експлуатаційних показників роботи агрегатів, які вибрано для заданих умов, з визначенням основних експлуатаційних показників.

Рецензенти:

Анікєєв О.І., к.т.н., доцент кафедри оптимізації технологічних систем в рослинництві ДБТУ;

Панкова О.В., к.с.-г.н., доцент кафедри екології ХНАДУ;

Харченко С.О., д.т.н., доцент кафедри агроінжинірингу СНАУ.

Відповідальний за випуск:

Шуляк М.Л., д.т.н., професор, завідувач кафедри агроінжинірингу СНАУ.

Рекомендовано до видання навчально-методичною радою інженерно-технологічного факультету. Протоко № _____ від «___» _____ 20__ року

© Сумський національний аграрний університет, 2022

ЗМІСТ

<i>Вступ</i>	<i>4</i>
<i>Визначення складу простого причіпного тягового агрегату.....</i>	<i>5</i>
<i>Визначення основних елементів кінематики агрегату та оцінка вибору способу руху в залежності від довжини гону.....</i>	<i>12</i>
<i>Визначення продуктивності машинного агрегату.....</i>	<i>19</i>
<i>Розрахунок режиму роботи агрегату для виконання оранки.....</i>	<i>25</i>
<i>Розрахунок режиму роботи агрегату для поверхневого обробітку ґрунту.....</i>	<i>32</i>
<i>Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату (збирання зернових).....</i>	<i>38</i>
<i>Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату (збирання цукрових буряків).....</i>	<i>43</i>
<i>Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (збирання кукурудзи).....</i>	<i>46</i>
<i>Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (внесення мінеральних добрив).....</i>	<i>50</i>
<i>Розрахунок режиму роботи тягових агрегатів у складі з тракторами FENDT VARIO.....</i>	<i>57</i>
<i>Список використаних джерел.....</i>	<i>64</i>

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.)

В методичних вказівках викладено порядок виконання роботи по визначенню:

- співвідношення сил (рушійних і опору), які діють на машинний агрегат під час його руху;
- балансу складових потужності, яка витрачається на виконання технологічної операції;
- робочої передачі руху і раціональної ширини захвату машинних агрегатів;
- коефіцієнта використання довжини гону і часу зміни;
- продуктивності машинного агрегату;
- експлуатаційних витрат на роботу машинних агрегатів.

Визначення складу простого причинного 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 [2; 3, табл. 3.14]; $V_{lim} =$

Вибрати питомий тяговий опір (k_o) робочих машин (при швидкості $V_o = 5$ км/год) [2; 3, табл. 3.13] у відповідності із призначенням с.-г. машин $k_o =$

Із тягової характеристики [2; 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 – 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 ($N_{т.max}$). Робоча швидкість (V_p) і номінальне тягове зусилля ($P_{т.н}$) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_p =$$

$$P_{т.н} =$$

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

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

$$k_v =$$

де ΔC – темп зростання питомого тягового опору при збільшенні швидкості понад $V_o=5$ км/год [2; 3, табл. 3.16].
 $\Delta C =$

Виконати розрахунки по визначенню складу агрегату.
 Розрахувати максимальну ширину захвату агрегату, м:

$$B_{max} = \frac{(P_{Тн} \pm G_{mp} \sin \alpha) \xi_{Pн}}{k_v \pm q_m \sin \alpha + q_{зч} (f_{зч} \pm \sin \alpha)}, \quad (2)$$

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

де G_{mp} – експлуатаційна вага трактора, кН [2; 3, табл. 3.8];
 $G_{mp} =$
 $\xi_{Pн}$ – раціональне значення ступеня використання номінальної сили тяги для заданої роботи і марки трактора [2; 3, табл. 4.1]; $\xi_{Pн} =$
 $q_{зч}$ – відношення ваги довільно вибраної зчіпки до її максимальної ширини захвату, кН/м, [2; 3, табл. 4.2.11]
 $q_{зч} =$
 $f_{зч}$ – коефіцієнт опору коченню зчіпки [2; 3, табл. 4.3].
 $f_{зч} =$

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

$$q_m = \frac{G_m}{b_m}, \quad (3)$$

де G_m – вага робочої машини, кН [2; 3, табл. 4.2]; $G_m =$
 b_m – конструкційна ширина захвату машини, м
[2; 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:

$$n_m = \frac{B_{max}}{b_m}, \quad (4)$$

$n_m =$ (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.

$$\Phi_{зч} = b_m (n_m - 1) \quad (5)$$

$\Phi_{зч} =$

По величині фронту зчіпки підібрати конкретну її марку і вагу ($G_{зч}$, кН) [2; 3, табл. 4.2.11].

Марка зчіпки _____, вага $G_{зч}$ = _____

Розрахувати сумарний тяговий опір агрегату, кН:

$$R_a = (k_v b_m \pm G_m \sin \alpha) n_m + G_{зч} (f_{зч} \pm \sin \alpha) \quad (6)$$

(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

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{Tn} \pm G_{mp} \sin \alpha} \quad (7)$$

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

підйом ξ_p =

спуск ξ_p =

Якщо розрахункове значення коефіцієнта використання номінального тягового зусилля (ξ_p) буде значно нижче його раціонального значення (ξ_{pn} із [2; 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

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}}, \quad (8)$$

де η_{mp} – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора ($\eta_{mp} = 0,9$);

$P_{руш}$ – рушійна сила, кН. (для умов підйом);

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a, \quad (9)$$

де f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [2; 3, табл. 3.9]. $f_{mp} =$

R_a – сумарний тяговий опір агрегату при подоланні підйому (беремо із розрахунку формули 6) $R_a =$

$$P_{руш} =$$

η_{δ} – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %;

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (10)$$

де δ - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [2; 3, табл. 3.11]).

$$\eta_{\delta} =$$

Фактична тягова потужність при виконанні роботи агрегатом, кВт.

$$N_{Tp} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (8)

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

$$P_{руш} = G_{мп} f_{мп} + R_a . \quad (11)$$

Сумарний тяговий опір агрегату (R_a) при поворотах розраховуємо по формулі (6) при умові: $k_v = 0$, $\alpha = 0^\circ$:

$$R_a =$$

$$P_{руш} =$$

Швидкість на повороті приймаємо з урахуванням складу агрегату та умовам руху $V_n = \underline{\hspace{2cm}}$ км/год.

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату, кВт.

$$N_{Tx} =$$

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

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{en}} \quad (12)$$

де N_{en} – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт [2; 3, табл. 3.8]; $N_{en} =$

Коефіцієнт ξ_N розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

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

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

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

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 ($V_p =$ _____).

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.

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (1)$$

(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.

Для заданої операції і конкретного агрегату вибрати по [2; 3, рис.5.1] найбільш прийнятний спосіб руху.

Вибрати для прийнятого способу руху відповідні види поворотів по [2; 3, рис.5.2].

Рис. 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 [2; 3, рис. 5.1]:

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

(розраховується для заданої довжини гону $L_1 = \quad L_2 = \quad$)

де E_p – ширина поворотної смуги (раціональне її значення розраховується по формулах 3...9).

Мінімальна ширина поворотної смуги (E_{min}) визначається за допомогою схеми [2; 3, рис. 5.2] і залежності:

$$E_{min} = \lambda_E \cdot R_n + d_k + e, \quad (3)$$

де λ_E – коефіцієнт пропорційності, який характеризує параметри повороту, в залежності від величини радіусу повороту (R_n) (числові значення його приведені [2; 3, рис. 5.2 і табл. 5.6]); $\lambda_E =$

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

$$R_n = a_R \cdot R_{no}, \quad (4)$$

де R_{no} – мінімальний радіус повороту при швидкості повороту $V_{no}=5$ км/год [2; 3, табл. 5.4]; $R_{no} =$

a_R – коефіцієнт збільшення радіусу (R_n) при підвищенні швидкості повороту понад 5 км/год [2; 3, табл. 5.4]; $a_R =$

$R_n =$

Кінематична ширина агрегату (d_k):

$$d_k = v_E \cdot B_k, \quad (5)$$

- 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:

$$e = a_e \cdot l_a, \quad (6)$$

- 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

$$l_a = l_{mp} + l_{зч} + l_m, \quad (7)$$

- де l_{mp} , $l_{зч}$, l_m – кінематична довжина, відповідно, трактора, зчіпки, с.-г. машин, м [2; 3, табл. 5.5 і табл. 4.2].

$$l_{mp} =$$

$$l_{зч} =$$

$$l_m =$$

Довжина виїзду агрегату, м:

$$e =$$

Мінімальна ширина поворотної смуги, м:

$$E_{min} =$$

Раціональна 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):

$$E_p = n_\phi \cdot B_p, \quad (8)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = B_k \beta, \quad (9)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату [2; 3, табл. 5.3]; $\beta =$

n_ϕ – фактичне число проходів агрегату для обробки поворотної смуги:

$$n_\phi \geq \frac{E_{min}}{B_p}, \quad (10)$$

$$n_\phi =$$

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:

$$L_x = L_n + 2e, \quad (12)$$

де L_n – довжина петлі повороту, м:

$$L_n = \gamma_n R_n, \quad (13)$$

де γ_n – коефіцієнт, який враховує співвідношення довжини петлі та радіусу повороту [2; 3, рис. 5.2 і табл. 5.6]. $\gamma_n =$

$$L_n =$$

Довжина холостого ходу, м:

$$L_x =$$

- для безпетлевих поворотів з прямолінійною ділянкою:

$$L_x = L_n + 2e + \chi, \quad (14)$$

де χ – довжина прямолінійної ділянки [2; 3, табл. 5.7].

Рациональне значення ширини заїмки (C_p), яке має місце в залежностях по визначенню довжини прямолінійної ділянки (χ), розраховується згідно з положеннями [2; 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 1.

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

$\varphi_1 =$

φ_2

$=$

Визначення продуктивності машинного агрегату

Вихідні дані.

1. Технологічна операція _____
2. Агрегат _____
 - конструкційна ширина захвату, м $B_k =$ _____
 - робоча швидкість руху, км/год $V_p =$ _____
 - швидкість повороту, км/год $V_n =$ _____

Теоретична продуктивність, га/год:

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

де V_T – теоретична швидкість руху вибирається із технічної характеристики трактора [2; 3, табл. 3.8] для передачі, на якій трактор розвиває задану робочу швидкість руху (V_p) (згідно з тяговою характеристикою трактора [2; 3, табл. 3.11]) $V_T =$

$W^T =$

Технічна продуктивність, га/год:

$$W_{\text{зод}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau_{\text{зм}}, \quad (2)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = B_k \beta, \quad (3)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату [2; 3, табл. 5.3]; $\beta =$
 $B_p =$

$\tau_{\text{зм}}$ - коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{зм} = \frac{T_p}{T_{зм}}, \quad (4.4)$$

де $T_{зм}$ – 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:

$$T_{зм} = T_p + T_x + T_{To} + T_T + T_{on}, \quad (5)$$

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 тощо), год;
 T_{To} – тривалість технічного обслуговування трактора, год;
 T_{on} – час регламентованих перерв на особисті потреби, на відпочинок тощо, год.

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

Для розрахунків можна прийняти:

$$T_m = (2...3\%) T_{зм} \quad T_{mo} = (2...3\%) T_{зм} \quad T_{on} = (2...3\%) T_{зм}$$

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

Із співвідношення, яке характеризує коефіцієнт використання часу руху:

$$\tau_{рух} = \frac{T_p}{T_{рух}} = \frac{T_p}{T_{зм} - T_{зуп}} = \frac{T_p}{T_p + T_x}, \quad (6)$$

знаходимо залежності по визначенню T_p і T_x :

$$T_p = \tau_{pyx} (T_{zm} - T_{зун}), \quad (7)$$

$$T_x = \frac{T_p (1 - \tau_{pyx})}{\tau_{pyx}} \quad (8)$$

Для визначення коефіцієнт використання часу руху (τ_{pyx}) задаємося такими умовами:

при $V_p = V_n$ маємо $\tau_{pyx} = \varphi, \quad (9)$

а при $V_p \neq V_n$ маємо $\tau_{pyx} = \frac{\kappa \varphi}{(\kappa - 1)\varphi + 1}, \quad (10)$

де - $\kappa = \frac{V_n}{V_p} \quad \kappa = \quad (11)$

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

$$\varphi_1 = \quad \varphi_2 =$$

Коефіцієнт використання часу руху:

$$\tau_{pyx1} = \quad \tau_{pyx2} =$$

Час чистої роботи на протязі зміни, год; (по формулі 7):

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

Час на повороти, заїзди, холості переїзди, год, (по формулі 8):

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

Коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau_{zm1} =$$

$$\tau_{zm2} =$$

Технічна продуктивність, га/год:

$$W_{zod1} =$$

$$W_{zod2} =$$

Виробіток за зміну, га:

$$W_{zm} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{zm} \cdot \tau_{zm} \quad (12)$$

$$W_{zm1} =$$

$$W_{zm2} =$$

Витрати паливно-мастильних матеріалів:

$$g_{za} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_x + G_{Tзуп} T_{зуп}}{T_{zm} W_{zod}}, \quad (13)$$

де G_{Tp} , G_{Tx} , $G_{Tзуп}$ – витрати палива відповідно при робочому ході, на поворотах, зупинках, кг/год [2; 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:

$$z_n = \frac{m}{W_{zod}}, \quad (14)$$

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:

$$z_3 = \frac{m + m}{W_{zod}}, \quad (15)$$

де m_θ – кількість допоміжних працівників, що обслуговують агрегат; $m_\theta =$

$$z_{31} =$$

$$z_{32} =$$

Затрати енергії

Прямі витрати енергії палива, Дж/га:

$$A_n = H_n g_{za}, \quad (16)$$

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:

$$A_T = \frac{N_{Tp} T_p + N_{Tx} T_x}{T_{зм} W_{зод}}, \quad (17)$$

(значення N_{Tp} і N_{Tx} розрахувати згідно із методикою розрахунку режиму роботи агрегату,)

$$A_{T1} =$$

$$A_{T2} =$$

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

$$A_K = \frac{N_{Tp} T_p}{T_{зм} W_{зод}}, \quad (18)$$

$$A_{K1} =$$

$$A_{K2} =$$

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 α , 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 [2; 3, табл. 3.14]; $V_{lim} =$

- вибрати питомий тяговий опір (для швидкості $V_0 = 5$ км/год) для плугів $k_{o.пл} =$ _____ кН/м² [2; 3, табл. 3.12] і додаткових с.-г. машин $k_{o.м} =$ _____ кН/м [2; 3, табл. 3.13];

- із тягової характеристики [2; 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 агропустимих швидкостей.

Таблиця 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 2. Технічні характеристики трактора

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

Таблиця 3. Технічні характеристики плуга

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

Таблиця 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, кН/м²:

- із культурними корпусами:

$$k_{V..nl} = k_{o..nl} [1 + 0,006(V_p^2 - V_o^2)], \quad (1)$$

- із швидкісними корпусами:

$$k_{V..nl} = k_{o..nl} \{1 + 0,004[(V_p - 2)^2 - V_o^2]\}, \quad (2)$$

- для додаткових сільськогосподарських машин, кН/м:

$$k_{V..m} = k_{o..m} \left[1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_o) \right], \quad (3)$$

де ΔC – приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [2; 3, табл. 3.16]; $\Delta C =$

$k_{Vnl} =$

$k_{Vm} =$

Розрахувати робочий опір агрегату, кН:

- *начіпного одно машинного:*

$$R_a = k_{Vnl} a b_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_q f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (4)$$

- *начіпного комбінованого:*

$$R_a = k_{v_{nl}} a b_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{v_m} b_{mi} n_{mi}, \quad (5)$$

(знак "+" відповідає руху на підйом).

де λ_θ – 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% - $\lambda_\theta = 0,3...0,5$, а стерні вологістю 18.. .20% - $\lambda_\theta = 1,0$.

f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [2; 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:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{T.n} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (6)$$

(знак “—” відповідає руху на підйом).

Підйом $\xi_p =$

Спуск $\xi_p =$

Коефіцієнт використання тягового зусилля повинен відповідати раціональним значенням [2; 3, табл. 4.1]. В тому

випадку, коли значення коефіцієнта (ξ_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 безпосередньої 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:

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_\delta} \quad (7)$$

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

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a \quad (8)$$

де f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [2; 3, табл. 3.9].
 $f_{mp} =$

$$P_{руш} =$$

η_{δ} – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %:

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (9)$$

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

$$\eta_{\delta} =$$

$$N_{Tp} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (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:

$$P_{руш} = G_{np} f_{np} + R_a \quad (10)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{Tx} =$$

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

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{en}}, \quad (11)$$

Коефіцієнт ξ_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%.

**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, боріздовий, широкорядний) _____
3. Кут ухилу місцевості α , 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 агротехнічно допустимих робочих швидкостей, в межах якого забезпечується висока якість роботи с.-г. машинами, що виконують основну технологічну операцію [2; 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 [2; 3, табл. 3.13] у відповідності із її призначенням;

- із тягової характеристики [2; 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 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 2. Технічні характеристики трактора

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

Таблиця 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 $V_p > V_o$):

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

де ΔC – приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [2; 3, табл. 3.16]; $\Delta C =$

$k_v =$

(Виконати аналогічні розрахунки і для додаткових машин)

$k_{v_{\text{м}0}} =$

Розрахувати робочий опір агрегату, кН:

- *начіпного одномашинного:*

$$R_a = k_v b_m + G_m (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (2)$$

- *начіпного комбінованого:*

$$R_a = k_v b_m + G_m (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{v_{\text{м}0}} b_{m_i} n_{m_i}, \quad (3)$$

(знак “+” відповідає руху на підйом)

де λ_θ – 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 $\lambda_\theta = 0,2 \dots 0,5$; на глибокому рихленні $\lambda_\theta = 1,5 \dots 2,0$. Більші значення приймають для анкерних робочих органів;

f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [2; 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:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{T.n} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (4)$$

(знак “-” відповідає руху на підйом).

Підйом $\xi_p =$

Спуск $\xi_p =$

Коефіцієнт використання тягового зусилля повинен відповідати раціональним значенням [2; 3, табл. 4.1]. В тому випадку, коли значення коефіцієнта (ξ_p) перевищують допустимі, то розрахунки виконують знову на нижчій передачі руху.

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:

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}} \quad (5)$$

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

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a \quad (6)$$

де f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [2, 3; табл. 3.9].
 $f_{mp} =$

$$P_{руш} =$$

η_6 – коефіцієнт, що враховує втрати на подолання буксування трактора, %:

$$\eta_6 = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (7)$$

δ - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [2, 3; табл. 3.11]).

$$\eta_6 =$$

$$N_{Tp} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (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:

$$P_{руш} = G_{mp} f_{mp} + R_a \quad (8)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{Tx} =$$

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

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{en}}, \quad (9)$$

Коефіцієнт ξ_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%.

**Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату
(збирання зернових)**

Вихідні дані:

1. С.-г. культура _____
2. Спосіб збирання (*роздільний, пряме комбайнування*) _____
4. Кут ухилу місцевості α , град _____
5. Урожайність зерна H_z , ц/га _____
6. Соломистість δ_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 жниварку.

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

$$q_{\epsilon} = 10^{-2} B_{\text{жс}} H_z (1 + \delta_c) \quad (1)$$

де q_{ϵ} — 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.

$q_{\epsilon} =$

Таблиця 1. Технічні характеристики жнивarki

Марка	Вага $G_{ж}$, кН	Ширина захвату $B_{ж}$, м	Агрегатується

– для підбору валків і прямого комбайнування вибираємо комбайн

Таблиця 2. Технічні характеристики комбайну

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

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується у такій послідовності:

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

- для роздільного способу збирання:

$$V_{pq} = \frac{3,6q_m}{K_e q_e} \quad (2)$$

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

- при прямому комбайнуванні:

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

$V_{pq} =$

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

$$V_{pN} = \frac{3,6(N_{en}\xi_N - N_{xx})}{\frac{G_a(f_k + \sin \alpha)}{\eta_k} + \frac{B_p H_z(1 + \delta_c)N_y}{10}} \quad (4)$$

де ξ_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);

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

f_k – коефіцієнт опору кочення комбайна по стерні; [2; 3, табл. 4.3];

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

- *при роботі з копнувачем:*

$$G_a = G_k + 0,5V_{\delta}\rho_z + 0,5V_k\rho_c \quad (5)$$

- *при роботі з подрібненням соломи:*

$$G_a = G_k + 0,5V_{\delta}\rho_z + G_{np} + 0,5V_{np}\rho_c \quad (6)$$

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

ρ_z, ρ_c – об'ємна маса зерна, соломи, кН/м³. [2; 3 табл. 4.20];

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

V_{np} – місткість причепа для подрібненої соломи, м³ [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:

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{V_p}{3,6} \left[\frac{G_a (f_k + \sin \alpha)}{\eta_k} + \frac{N_y B_p H_z (1 + \delta_c)}{10} \right] \quad (7)$$

$N_{\phi z} =$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (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:

$$\xi_N = \frac{N_\phi}{N_{en}}, \quad (8)$$

Коефіцієнт ξ_N розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

збирання $\xi_{N_3} =$

повороти $\xi_{Nn} =$

Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату
(збирання цукрових буряків)

Вихідні дані:

1. Спосіб збирання (потоковий, перевалочний, потоково-перевалочний)

2. Кут ухилу місцевості α , град _____

3. Урожайність коренеплодів H_k , 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. 4.11] марку комбайну.

Комбайн _____

Обґрунтування робочої швидкості руху агрегату виконується в такій послідовності:

- розрахувати робочу швидкість руху агрегату обумовлену потужністю двигуна, км/год:

$$V_{pN} = \frac{3,6(N_{en}\xi_N - N_p n_p)\eta_{трк}}{G_a(f_k + \sin \alpha)} \quad (1)$$

де N_{en} – ефективна номінальна потужність двигуна комбайну, кВт; [2; 3, табл. 4.11, 4.12] $N_{en} =$

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

N_p – приведена потужність, яка необхідна для обробітку одного рядка, кВт/ряд; [2; 3, табл. 4.12] $N_p =$

n_p – кількість рядків; [2; 3, табл. 4.11] $n_p =$

$\eta_{\text{Трк}}$ – ККД трансмісії комбайну; ($\eta_{\text{Трк}} = 0,8$ для КС-6;
 $\eta_{\text{Трк}} = 0,95$ для РКС-6);

f_k – коефіцієнт опору кочення бурякозбирального комбайну по відповідному агрофону; [2; 3, табл. 4.3] $f_k =$

G_a – експлуатаційна вага комбайну, кН. [2; 3, табл. 4.11];
 $G_a =$

$V_{pN} =$

Розрахована швидкість повинна знаходитись в діапазоні агротехнічно-допустимих швидкостей. [2; 3, табл. 3.14] $V_p =$

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:

$$N_{\phi} = \frac{V_p}{3,6} \cdot \frac{G_a (f_k + \sin \alpha)}{\eta_{\text{Трк}}} + N_p n_p \quad (2)$$

$N_{\phi z} =$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (2), приймаючи до уваги що швидкість на повороті $V_n = 5 \text{ км/год}$; $N_p = 0$, $\sin \alpha = 0$.

$N_{\phi n} =$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_\phi}{N_{en}}, \quad (3)$$

збирання $\xi_{N_3} =$

повороти $\xi_{Nn} =$

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 α , град _____
4. Урожайність зерна H_z , т/га _____
5. „Соломистість” δ_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 [2; 3, табл. 3.14]; $V_{lim} =$

- із тягової характеристики трактора [2; 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 1. Тягові параметри трактора

передача параметри					
V_{PT} , км/год					
$P_{T.H}$, 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 ($N_{т.мах}$). Робоча швидкість ($V_{рТ}$) і номінальне тягове зусилля ($P_{т.н}$) цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_{рТ} = \quad \quad \quad P_{т.н} =$$

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

$$R_{Т-пр} = \frac{3,6 N_{xx}}{V_{рТ}} + \frac{N_y m n_p H_z (1 + \delta_c)}{10 \eta_{ВВП}} + \frac{G_{кп} (f_{рм} + \sin \alpha)}{\eta_{Трм}}, \quad (1)$$

де N_{xx} – потужність, що витрачається на холостий хід механізмів робочої машини, кВт; [2; 3, табл. 4.8] $N_{xx} =$
 N_y – питома потужність, яка необхідна для переробки одиниці маси, кВт с/кг; [2; 3, табл. 4.8] $N_y =$
 $\eta_{ВВП}$ – ККД механізму приводу ВВП; ($\eta_{ВВП} = 0,96$);
 m – ширина міжряддя, м; [2; 3, табл. 4.5] $m =$
 n_p – кількість рядків; [2; 3, табл. 4.5] $n_p =$
 $\eta_{Трм}$ – ККД трансмісії робочої машини;
($\eta_{Трм} = 0,76...0,83$);
 $f_{рм}$ – коефіцієнт опору кочення робочої машини по стерні;
[2; 3, табл. 4.3] $f_{рм} =$

$G_{кп}$ – експлуатаційна вага причіпного комбайнового агрегату із врахуванням половини об'єму завантаженого бункера і причепа, кН.

$$G_{кп} = G_{рм} + 0,5 V_6 \rho_z + G_{пр} + 0,5 V_{пр} \rho_m \quad (2)$$

де $G_{рм}$ – конструктивна вага робочої машини, кН [2; 3, табл. 4.5];

V_{δ} – місткість бункера, м^3 [2];

G_{np} – конструктивна вага причепа, кН [2];

V_{np} – місткість причепа, м^3 [2];

ρ_z, ρ_m – об’ємна маса зерна, маси, $\text{кН}/\text{м}^3$. [2; 3 табл. 4.20];

$G_{kn} =$

$R_{T-np} =$

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

$$\xi_p = \frac{R_{T-np}}{P_{Tn} - G_{np} \sin \alpha}, \quad (3)$$

$\xi_p =$

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

Прийнята швидкість повинна знаходитись в діапазоні агротехнічно допустимих швидкостей. [2; 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:

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{V_p}{3,6} \left[\frac{G_a (f_{mp} \pm \sin \alpha)}{\eta_{Tp}} + \frac{N_y m n_p H_3 (1 + \delta_c)}{10 \eta_{ВВП}} \right] \quad (4)$$

де η_{Tp} – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора (колісний - $\eta_{Tp} = 0,9$; гусеничний - $\eta_{Tp} = 0,86$) [2; 3];
 G_a – вага агрегату, кН:

$$G_a = G_{mp} + G_{кп} \quad (5)$$

$G_a =$

$N_{\phi 3} =$

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

$N_{\phi n} =$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{ен}}, \quad (6)$$

збирання $\xi_{N_3} =$

повороту $\xi_{N_n} =$

Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (внесення мінеральних добрив)

Вихідні дані:

1. Технологічна схема внесення (*прямоточна, перевалочна*) _____
2. Кут ухилу місцевості α , 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 [2; 3, табл. 3.14]; $V_{lim} =$

- із тягової характеристики трактора [2; 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 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.

$$V_p = \quad P_{т.н} =$$

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

$$R_{т-пр} = R_m + P_{пр} \quad (1)$$

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

$$R_m = (G_m + Q_v)(f_m + \sin \alpha) \quad (2)$$

де G_m – вага розкидача, кН [2; 3, табл. 4.6]; $G_m =$
 f_m – коефіцієнт опору кочення розкидача [2; 3, табл. 4.3];
 $f_m =$
 Q_v – вага вантажу, кН;

$$Q_v = V_k \cdot \rho_d \cdot g \cdot \alpha_{пр} \quad (3)$$

де V_k – ємність кузова, м³ [2; 3, табл. 4.6]; $V_k =$
 ρ_d – об'ємна маса добрив, т/м³ [2; 3, табл. 4.20]; $\rho_d =$
 g – прискорення сили земного тяжіння ($g = 9,8$ м/с²);
 $\alpha_{пр}$ – коефіцієнт використання об'єму кузова ($\alpha_{пр} = 1$ – для причепів з основними бортами; $\alpha_{пр} = 0,8$ – для причепів з надставними бортами).

$$Q_6 =$$

$$R_m =$$

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

$$P_{np} = 0,159 \frac{N_{ВВП} i_{TP} \eta_{TP}}{r_k n_\phi \eta_{ВВП}} \quad (4)$$

де i_{TP} – передаточне число трансмісії на вибраній передачі [2; 3, табл. 3.8]; $i_{TP} =$
 $\eta_{ВВП}$ – ККД механізму приводу ВВП ($\eta_{ВВП} = 0,94 \dots 0,96$) [2; 3];
 η_{TP} – ККД трансмісії приводу рушіїв трактора (колісний – $\eta_{TP} = 0,9$; гусеничний – $\eta_{TP} = 0,86$) [2; 3]
 n_n – частота обертання колінчастого валу двигуна при фактичному завантаженні:

$$n_\phi = \frac{n_i}{k_{ad}} \quad (5)$$

де n_n – номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна, s^{-1} [2; 3, табл. 3.8]; $n_n =$
 k_{ep} – коефіцієнт пристосованості двигуна за частотою обертання колінчастого валу при підвищенні навантаження ($k_{ep} = 1,1$).

$$n_\phi =$$

Радіус кочення (r_k):

- для гусеничних тракторів він дорівнює радіусу початкового кола (r_o) ведучої зірочки [2; 3, табл. 3.8]: $r_o =$

$$r_k = r_o = \quad (6)$$

- для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_k = r_o + h_{ш} k_{ш} \quad (7)$$

де r_o – радіус посадочного кола сталюого обода, м [2; 3, табл. 3.8]; $r_o =$

$h_{ш}$ – висота поперечного профілю шини, м [2; 3, табл. 3.8];

$h_{ш} =$

$k_{ш}$ – коефіцієнт прогинання шини [2; 3, табл. 3.7]:

$$r_k =$$

$N_{ВВП}$ – потужність, яка передається на привід робочих органів від ВВП трактора, кВт [2; 3, табл. 4.8]; $N_{ВВП} =$

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

$$N_{ВВП} = N_y \cdot B_p \quad (8)$$

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 [2; 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:

$$\xi_p = \frac{R_{T-np}}{P_{Tn} - G_{mp} \sin \alpha}, \quad (9)$$

$\xi_p =$

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

Прийнята швидкість повинна знаходитись в діапазоні агротехнічно допустимих швидкостей. [2; 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:

$$N_{\phi} = \frac{V_p}{3,6} \cdot \frac{G_a (f_{np} + \sin \alpha)}{\eta_{Tp} \eta_{\delta}} + \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}} \quad (10)$$

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

$$\eta_o = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (11)$$

δ - буксування на вибраній передачі, %; (із тягової характеристики [2; 3, табл. 3.11]).

$$\eta_o =$$

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

G_a – вага агрегату, кН:

$$G_a = G_{np} + G_m + 0,5Q_e \quad (12)$$

$$N_{\phi e} =$$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (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 (10), приймаючи до уваги що швидкість при переїздах $V_{nep} = \text{---}$ км/год, $N_{ВВП} = 0$, коефіцієнт опору перекочування (f_{mp}) по польових дорогах вибираємо із [2; 3, табл. 3.9], а вага агрегату із заповненим добривами розкидачем визначається за формулою:

$$G_a = G_{np} + G_m + Q_e \quad (13)$$

$$N_{\phi mp} =$$

Фактичну потужність двигуна при переїздах агрегату з порожнім розкидачем до місця завантаження визначаємо за формулою (10), приймаючи до уваги що швидкість при переїздах

$V_{nep} = \underline{\hspace{2cm}}$ км/год, $N_{BBI} = 0$, коефіцієнт опору перекочування (f_{mp}) по польових дорогах вибираємо із [2; 3, табл. 3.9], а вага агрегату із порожнім розкидачем визначається за формулою:

$$G_a = G_{np} + G_m \quad (14)$$

$$N_{\phi nep} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_\phi}{N_{en}}, \quad (15)$$

$$\text{внесення } \xi_{N\phi} =$$

$$\text{повороти } \xi_{Nn} =$$

$$\text{транспортування } \xi_{Nmp} =$$

$$\text{переїзди порожнього } \xi_{Nnep} =$$

**Розрахунок режиму роботи тягових агрегатів у складі з
тракторами FENDT VARIO**
(начіпний одномашинний, начіпний комбінований, причіпний,
напівпричіпний)

Вихідні дані:

1. Технологічна операція _____
2. Глибина обробітку a , м _____
3. Кут ухилу місцевості α , град _____
4. Агрофон _____
5. Тип ґрунтів _____
6. Різновид ґрунтів _____

Трактор *FENDT VARIO* обладнаний без ступеневою коробкою передач. Керування двигуном та коробкою переми́ни передач виконує електронна система трактора, яка постійно підтримує задану швидкість руху на протязі робочого ходу.

Таблиця 1 – Коефіцієнт корисної дії безступеневої коробки передач Vario в залежності від швидкості руху (за даними тестів німецького с.г. суспільства)

Швидкість руху V_p , км/год	4...6	6...8	8...10	10...12	12...14	14...16	16...18
ККД коробки передач	0,82	0,82... 0,80	0,80	0,80	0,79	0,79... 0,78	0,78... 0,76

Послідовність виконання завдання

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

Роб. машини _____

Технічна характеристика трактора FENDT VARIO

Двигун	MAN 916	MAN 920	MAN 924	MAN 926	MAN 930
Номінальна потужність, кВт	132	154	176	199	221
Маса, кг	8750	8750	8800	8800	8950
Габарити, м:					
довжина	4,94	4,94	4,94	4,94	4,94
ширина	2,55	2,55	2,58	2,64	2,70
висота	3,095	3,095	3,110	3,110	3,110
Кліренс, м	0,605	0,605	0,605	0,605	0,605
Відстань між осями, м	2,840	2,840	2,840	2,840	2,840
Колія, м:					
передня	2,0	2,0	2,0	2,0	2,0
задня	1,97	1,97	1,97	1,97	1,97
Радіус повороту мінімальний, м	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9

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 [2; 3, табл. 3.14]; $V_{lim} =$

- вибрати питомий тяговий опір (для швидкості $V_o = 5$ км/год) для плуга $k_{o.пл} = \underline{\hspace{2cm}}$ кН/м² [2; 3, табл. 3.12], для основної і додаткових робочих машин $k_o = \underline{\hspace{2cm}}$ кН/м [2; 3, табл. 3.13] у відповідності із її призначенням;

Із характеристики трактора даної марки (табл. 1) вибрати діапазон швидкостей, які по чисельному значенні входять в діапазон агротехнічнодопустимих швидкостей.

Робочою швидкістю буде більша із вибраного діапазону:

$$V_p =$$

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

- для плугів, кН/м²;
- із *культурними* корпусами:

$$k_{V..лл} = k_{o..лл} [1 + 0,006(V_p^2 - V_o^2)] \quad (1)$$

- із *швидкісними* корпусами:

$$k_{V..лл} = k_{o..лл} \{1 + 0,004[(V_p - 2)^2 - V_o^2]\} \quad (2)$$

- для *додаткових сільськогосподарських машин*, кН/м:

$$k_{V..м} = k_{o..м} \left[1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_o) \right], \quad (3)$$

де ΔC – приріст питомого тягового опору машини при збільшенні швидкості руху агрегату на 1 км/год, % [2; 3, табл. 3.16]; $\Delta C =$

$$k_{V..лл} =$$

$$k_{V..м} =$$

Розрахувати робочий опір агрегату, кН:

- *начіпного одно машинного:*

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_q f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (4)$$

- *начіпного комбінованого:*

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_0 f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{V_{m}} b_{mi} n_{mi}, \quad (5)$$

- *причіпного комбінованого:*

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} c \sin \alpha + \sum_{i=1}^j k_{V_{m}} b_{mi} n_{mi}, \quad (6)$$

(знак "+" відповідає руху на підйом)

де λ_0 – коефіцієнт догрузки, який враховує частину ваги начіпної машини та нормальні складові тягового опору, що додатково навантажують ходову систему трактора:

- при оранці піщаних ґрунтів і суглинків вологістю 8...9% - $\lambda_0 = 0,3...0,5$, а стерні вологістю 18...20% - $\lambda_0 = 1,0$;

- для посівних машин і культиваторів $\lambda_0 = 0,2...0,5$; на глибокому рихленні $\lambda_0 = 1,5...2,0$. Більші значення приймають для анкерних робочих органів;

f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [2; 3, табл. 3.9],
 $f_{mp} =$

c – поправочний коефіцієнт, що враховує вагу ґрунту на корпусах плуга в залежності від глибини оранки
 $c = 1,1...1,4$ при $a = 0,22...0,25$ м.

на підйом: $R_a =$

на спуск: $R_a =$

Тягове зусилля, яке повинен розвивати трактор, визначаємо із залежності:

$$P_T = \frac{R_a}{\eta_p} \quad (7)$$

де η_p – ступінь використання тягового зусилля (табл. 1) $\eta_p =$

$$P_T =$$

Потужність, яка витрачається двигуном трактора на подолання сили опору сільськогосподарської машини:

$$N_T = \frac{P_T \times V_P}{3,6}, \quad (8)$$

$$N_m =$$

Потужність, яка витрачається двигуном трактора на подолання сили опору кочення по заданому агрофоні, кВт:

$$N_f = \frac{P_f \times V_P}{3,6}, \quad (9)$$

де P_f – сила опору кочення, кН:

$$P_f = G_{mp} \times f_{mp} \times \cos \alpha, \quad (10)$$

де G_{mp} – вага трактора, кН; $G_{mp} =$

$$P_f =$$

$$N_f =$$

Потужність, яка витрачається двигуном трактора на подолання сили опору що виникає при подоланні підйому, кВт:

$$N_{\alpha} = \frac{P_{\alpha} \times V_P}{3,6}, \quad (11)$$

де P_{α} – сила опору що виникає при подоланні підйому, кН:

$$P_{\alpha} = G_{mp} \times \sin \alpha, \quad (12)$$

$$P_{\alpha} =$$

$$N_{\alpha} =$$

Потужність, яка витрачається двигуном трактора на привід його трансмісії, кВт:

$$N_{mp} = N_{ef} \times (1 - \eta_{mp}), \quad (13)$$

де η_{mp} – коефіцієнт корисної дії безступеневої коробки передач VARIO в залежності від швидкості руху трактора (таблиця 1).

N_{ef} – ефективна потужність двигуна, кВт:

$$N_{ef} = \frac{P_{руш} \times V_P}{3,6 \eta_{mp}} \quad (14)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила, кН.

$$P_{руш} = P_T + (P_f \pm P_{\alpha}) \quad (15)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{ef} =$$

$$N_{mp} =$$

Сумарна фактична потужність, для виконання технологічної операції агрегатом, кВт:

$$N_{\phi} = N_T + N_f + N_{\dot{a}} + N_{mp}, \quad (16)$$

$$N_{\phi} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\eta_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (17)$$

де N_{en} – номінальна ефективна потужність двигуна трактора, кВт, (із технічної характеристики трактора).

$$\eta_N =$$

У випадку коли коефіцієнт використання потужності трактора має значення $\eta_N \geq 0,95$, треба зменшити швидкість руху трактора в межах агротехнічно допустимих швидкостей, та перерахувати значення потужностей які витрачаються на подолання сил опору, що діють на трактор.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Експлуатація машин і обладнання. Каталог сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник / М. П. Артьомов [та ін.] ; за ред. В. І. Мельника. 2-ге вид., перероб. і доп. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2022. - 600 с.
2. Збірник методик з використання машин в землеробстві / За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с.
3. Довідник з машиновикористання в землеробстві [Текст]: навч. посібник / В.І. Пастухов, А.Г. Чигрин, П.А. Джолос та ін.; за редакцією В.І. Пастухова. – Харків: ООО «Веста», 2001. – 343с.
4. Каталог сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник / За ред. Л. М. Тіщенко та В. І. Мельника. – Харків: ХНТУСГ – 2015. – 450 с.
5. Агрокваліметрія / Ковтун Ю. І., Мазоренко Д. І., Пастухов В. І., Джолос П. А. – Харків: РВП «Оригінал», – 2000, 314с., іл.
6. 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.
7. 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.
8. Машини та обладнання АПК: конспект лекцій для студентів 2 курсу напрям підготовки 6.100101 – «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі» денної форми навчання / Суми: Сумський національний аграрний університет, 2011р. – с. 84.

This image shows a full page of blank white paper with horizontal ruling lines. The lines are evenly spaced and run across the width of the page, providing a template for writing or drawing. There are no margins, text, or other markings on the page.

Для нотаток

[illegible]

[illegible]

Зубко Владислав Миколайович
Сировицький Кирило Геннадійович

ЕКСПЛУАТАЦІЯ МАШИН І ОБЛАДНАННЯ

Методичні вказівки щодо виконання лабораторно-практичних
робіт № 1

Суми, РВВ, Сумський національний аграрний університет,
вул. Г. Кондратьєва, 160

Підписано до друку: вересень, 2022 р. Формат А5: Гарнітура Times New Roman

Тираж: 100 примірників Замовлення _____ Ум. друк. арк. 3,72
