

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

Кафедра оптимізації технологічних
систем в рослинництві

**МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНОМУ
ЗЕМЛЕРОБСТВІ**

Методичні вказівки № 1, 2
для виконання практичних робіт
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти, денної (заочної) форми навчання ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 Агроінженерія

Харків 2022

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДЕРЖАВНИЙ БІОТЕХНОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет мехатроніки та інжинірингу
Кафедра оптимізації технологічних систем в рослинництві

**МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНОМУ
ЗЕМЛЕРОБСТВІ**

Методичні вказівки № 1, 2
для виконання практичних робіт
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої
освіти, денної (заочної) форми навчання ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 Агроінженерія

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

Харків
2022

УДК 631.3.62-5
М 38

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

Рецензенти:

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

М. В. Бакум, канд. техн. наук, доц. кафедри сільськогосподарських машин Харківського національного технічного університету імені Петра Василенка.

М 38 Машиновикористання в сучасному землеробстві: метод. вказівки № 1, 2 для виконання практ. робіт студентам першого (бакалаврського) рівня вищої освіти денної (заочної) форми навч. ОПП «Агроінженерія» спец. 208 Агроінженерія; Харків. Харків. дер. біотех. ун-т ; уклад.: В. І. Мельник, М. П. Артьомов, О. І. Анікєєв, К. Г. Сировицький, С. А. Чигрина – Харків, 2022. – 75 с.

Складено у відповідності з програмою дисципліни «Машиновикористання в сучасному землеробстві».

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

УДК 631.3.62-5

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

© В. І. Мельник, М. П. Артьомов,
О. І. Анікєєв, К. Г. Сировицький,
С. А. Чигрина, 2022
© ДБТУ, 2022

Зміст

Вступ.....	4
------------	---

Методичні вказівки № 1

Практична робота №1

<i>Визначення тягових показників роботи трактора в складі агрегату.....</i>	<i>6</i>
---	----------

Практична робота № 2

<i>Визначення складу простого причіпного тягового агрегату.....</i>	<i>19</i>
---	-----------

Практична робота № 3

<i>Визначення основних елементів кінематики агрегату та оцінка вибору способу руху в залежності від довжини гону.....</i>	<i>25</i>
---	-----------

Практична робота № 4

<i>Визначення продуктивності машинного агрегату.....</i>	<i>31</i>
--	-----------

Методичні вказівки № 2

Практична робота № 1

<i>Розрахунок режиму роботи агрегату для виконання оранки....</i>	<i>38</i>
---	-----------

Практична робота № 2

<i>Розрахунок режиму роботи агрегату для поверхневого обробітку ґрунту.....</i>	<i>44</i>
---	-----------

Практична робота № 3

<i>Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату (збирання зернових).....</i>	<i>49</i>
---	-----------

Практична робота № 4

<i>Розрахунок режиму роботи самохідного агрегату (збирання цукрових буряків).....</i>	<i>53</i>
---	-----------

Практична робота № 5	
<i>Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (збирання кукурудзи).....</i>	<i>55</i>
Практична робота № 6	
<i>Розрахунок режиму роботи тягово-привідного агрегату (внесення мінеральних добрив).....</i>	<i>59</i>
Практична робота № 7	
<i>Розрахунок режиму роботи тягових агрегатів у складі з тракторами FENDT VARIO.....</i>	<i>65</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.

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ № 1

Практична робота № 1
Визначення тягових показників роботи трактора в складі агрегату

Вихідні дані:

1. Марка трактора
2. Передачі, на яких він рухається
3. Рельєф, град — $\alpha =$

Послідовність виконання завдання

A. Визначення сили тяги.

Силу тяги (P_T) визначаємо з рівняння балансу сил, які діють на агрегат при умові рівномірного руху (тобто без урахування сил інерції $dV/dt = 0$), в даному випадку $P_T = R_a$:

$$P_{руш} = P_T + P_f \pm P_\alpha . \quad (1)$$

Виконаємо розрахунок складових балансу сил в такому порядку:

Рушійна сила має подвійну природу виникнення, з одної сторони вона обмежується дотичною силою тяги ($P_{дн}$), яка утворюється двигуном, а з другої сторони – силою зчеплення ($F_{з max}$) рушіїв трактора з ґрунтом.

Визначитися з тим, яка з двох сил ($P_{дн}$) чи ($F_{з max}$) буде рушійною в конкретних дорожніх умовах, допоможе графік балансу сил. Графік будується для двох крайніх станів дорожніх умов.

Визначаємо дотичну силу тяги, яка прикладена до ведучих коліс (зірочок) трактора:

$$P_{д.н} = 0,159 \frac{N_{ен} i_{TP} \eta_{TP}}{r_k n_n} , \quad (2)$$

де $N_{ен}$ – номінальна ефективна потужність двигуна, кВт [3, табл. 3.8]; $N_{ен} =$
 i_{TP} – передаточне число трансмісії на заданих передачах [3, табл. 3.8]; $i_{TP} =$

n_n – номінальна частота обертання колінчастого валу двигуна, c^{-1} [3, табл. 3.8]; $n_n =$
 η_{TP} – ККД трансмісії:

$$\eta_{TP} = \eta_m \eta_z, \quad (3)$$

де η_z – ККД гусеничного ланцюга ($\eta_z = 0,95 \dots 0,97$);
 η_m – ККД механічної передачі:

$$\eta_m = \eta_{цил}^\alpha \eta_{кон}^\beta, \quad (4)$$

де $\eta_{цил}$ – ККД циліндричних зубчастих передач [3, табл. 3.5];
 $\eta_{цил} =$
 $\eta_{кон}$ – ККД конічних зубчастих передач [3, табл. 3.5];
 $\eta_{кон} =$
 α – число циліндричних зубчастих пар в зачепленні [табл. 3.8]; $\alpha =$
 β – число конічних зубчастих пар в зачепленні [3, табл. 3.8]; $\beta =$

$$\eta_m =$$

$$\eta_{TP} =$$

Довідка: для колісного трактора формула (3) приймає вид

$$\eta_{TP} = \eta_m$$

Радіус кочення (r_k) для гусеничних і колісних тракторів розраховуємо окремо:

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

$$r_k = r_o = \quad (5)$$

- для колісних тракторів на пневматичних шинах:

$$r_k = r_o + h_{ш} k_{ш}, \quad (6)$$

де r_o – радіус посадочного кола сталюго обода, м [3, табл. 3.8]; $r_o =$
 $h_{ш}$ – висота поперечного профілю шини, м [3, табл. 3.8];
 $h_{ш} =$

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

- на дорозі з глибокою грязюкою (болото) $k_{ш} = 0,86$;
- на ґрунтовій дорозі $k_{ш} = 0,7$.

Радіус кочення колісних тракторів на пневматичних шинах розраховуємо для двох крайніх станів дорожніх умов:

- на дорозі з глибокою грязюкою (болото)

$$r_k =$$

- на ґрунтовій дорозі

$$r_k =$$

Розраховуємо дотичну силу тяги по формулі (2), кН:

- на дорозі з глибокою грязюкою (болото)

$$P_{д.н} =$$

- на ґрунтовій дорозі

$$P_{д.н} =$$

Визначаємо максимальну силу зчеплення рушіїв трактора з ґрунтом.

$$F_{з \max} = G_3 \mu, \quad (7)$$

де μ – коефіцієнт зчеплення рушіїв з ґрунтом;

G_3 – зчіпна вага трактора (складова частина ваги трактора, яка викликає реакцію ґрунту на тиск рушіїв трактора), кН.

Зчіпна вага розраховується окремо для гусеничних і колісних тракторів:

- для гусеничних тракторів або колісних з двома ведучими осями:

$$G_3 = G_{тр} \cos \alpha, \quad (8)$$

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

$$G_{тр} =$$

$$G_3 =$$

- для колісних тракторів з однією ведучою віссю:

$$G_3 = \frac{G_{mp} \cos \alpha (L_{mp} - a) + M_o}{L_{mp}}, \quad (9)$$

де L_{mp} – поздовжня база трактора, м [3, табл. 3.8]; $L_{mp} = a$ – відстань від центру ваги трактора до вертикальної площини, яка проходить через геометричну вісь кочення ведучих коліс, м [3, табл. 3.8]; $a = M_o$ – крутний момент на ведучих колесах трактора, кН м:

$$M_o = P_{дн} r_k \quad (10)$$

$M_o =$

$G_3 =$

Для побудови графіка максимальна сила зчеплення (F_{3max}) визначається для двох крайніх станів дорожніх умов. Так, згідно з даними [3, табл. 3.9], для глибокої грязюки (болото) на легких ґрунтах I класу коефіцієнт зчеплення (μ) матиме такі значення: $\mu_k=0,1$ (колісний *тр-р*); $\mu_e=0,3$ (гусеничний *тр-р*); і для ґрунтової дороги на ґрунтах IX класу: $\mu_k=0,86$ (колісний *тр-р*); $\mu_e=1,06$ (гусеничний *тр-р*).

Приведені значення коефіцієнтів зчеплення використовуємо для розрахунку сили зчеплення по формулі (7), кН:

Глибока грязюка (болото) $F_{3max} =$

Ґрунтова дорога $F_{3max} =$

Сила опору, яка виникає при подоланні підйому, кН:

$$P_\alpha = G_{mp} \sin \alpha \quad (11)$$

$P_\alpha =$

Сила опору кочення трактора на різних агрофонах (дорожніх умовах).

$$P_f = G_{mp} f_{mp} \cos \alpha, \quad (12)$$

де f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора.

Згідно з даними [3, табл. 3.9] для глибокої грязюки (болото) на легких ґрунтах I класу коефіцієнт опору кочення (f) матиме такі значення: $f_{mp\kappa} = 0,22$ (колісний *tr-p*); $f_{mpz} = 0,23$ (гусеничний *tr-p*); і для ґрунтової дороги на ґрунтах IX класу: $f_{mp\kappa} = 0,034$ (колісний *tr-p*); $f_{mpz} = 0,054$ (гусеничний *tr-p*).

Приведені значення коефіцієнтів опору кочення використовуємо для розрахунку сили опору кочення по формулі (12), кН:

Глибока грязюка (болото) $P_f =$

Ґрунтова дорога $P_f =$

Розрахунок складових рівняння балансу сил виконано.

Як видно із рівняння (1) для визначення сили тяги необхідно від рушійних сил відняти сили опору

$$P_T = P_{руш} - (P_f \pm P_\alpha) \quad (13)$$

Побудова графіка рівняння балансу сил (для прикладу дивись [3, рис. 3.1, стор. 28]). Форма графіку заготовлена на рис.1.

По осях ординат, для розрахованих сил, робимо шкали згідно з вибраним нами масштабом.

По осі абсцис відкладено дві шкали для коефіцієнтів зчеплення (μ) в межах значень від 0 до 1,2 і відповідних їм значень коефіцієнтів опору кочення (f_{mp}) трактора (гусеничного або колісного – згідно завдання).

По осі абсцис відмічаємо значення коефіцієнтів зчеплення (μ) для глибокої грязюки і для ґрунтової дороги, та проводимо через ці значення дві вертикальні лінії.

Відкладаємо на цих вертикальних лініях, раніше розраховані зусилля $P_{дн}$, $F_{z, max}$, P_f згідно із масштабом шкали (пункт 4.1). Відмічені точки кожної сили з'єднуємо лініями.

Силу опору на подолання підйому відкладаємо зверху над силою опору кочення, тобто береться сума ($P_f + P_\alpha$). А для умов “спуск” силу P_α відкладають вниз від сили P_f , тобто береться різниця ($P_f - P_\alpha$). Графік побудовано.

Для подальших розрахунків викладач на графіку відзначає дорожні умови руху агрегату:

- в зоні недостатнього зчеплення $\mu_1 =$
- в зоні достатнього зчеплення $\mu_2 =$

Для заданих умов роботи визначаємо силу тяги, як для умов “підйом” так і для умов “спуск”.

Сила тяги в зоні недостатнього зчеплення (при $P_{\partial n} > F_{z, \max}$). Значення рушійної сили в даному випадку буде обмежуватися силою зчеплення, значить ($P_{руш} = F_{z, \max}$).

(числові значення складових рівняння визначаємо із графіка)

$$P_T = F_{z, \max} - (P_f + P_\alpha) \text{ — для умов “підйом”}; \quad (14)$$

$$P_T = F_{z, \max} - (P_f - P_\alpha) \text{ — для умов “спуск”}; \quad (15)$$

Сила тяги в зоні достатнього зчеплення (при $P_{\partial n} < F_{z, \max}$) Значення рушійної сили в даному випадку буде обмежуватися дотичною силою тяги ($P_{руш} = P_{\partial n}$):

(числові значення складових рівняння визначаємо із графіка)

$$P_T = P_{\partial n} - (P_f + P_\alpha) \text{ — для умов “підйом”}; \quad (16)$$

$$P_T = P_{\partial n} - (P_f - P_\alpha) \text{ — для умов “спуск”}; \quad (17)$$

Перевірка правильності розрахунку

Складаємо **рівняння балансу сил**, які діють на агрегат, при умові рівномірного руху в зоні недостатнього зчеплення:

$$P_{\partial n} = P_{нев} + P_T + (P_f \pm P_\alpha), \quad (18)$$

де $P_{нев}$ – зусилля, яке непродуктивно витрачається при подоланні ділянок із поганими ґрунтовими умовами, кН:

$$P_{нев} = P_{\partial n} - F_{z, \max}. \quad (19)$$

(числові значення складових рівняння (18) (19) визначаємо із графіка)

$$P_{нев} =$$

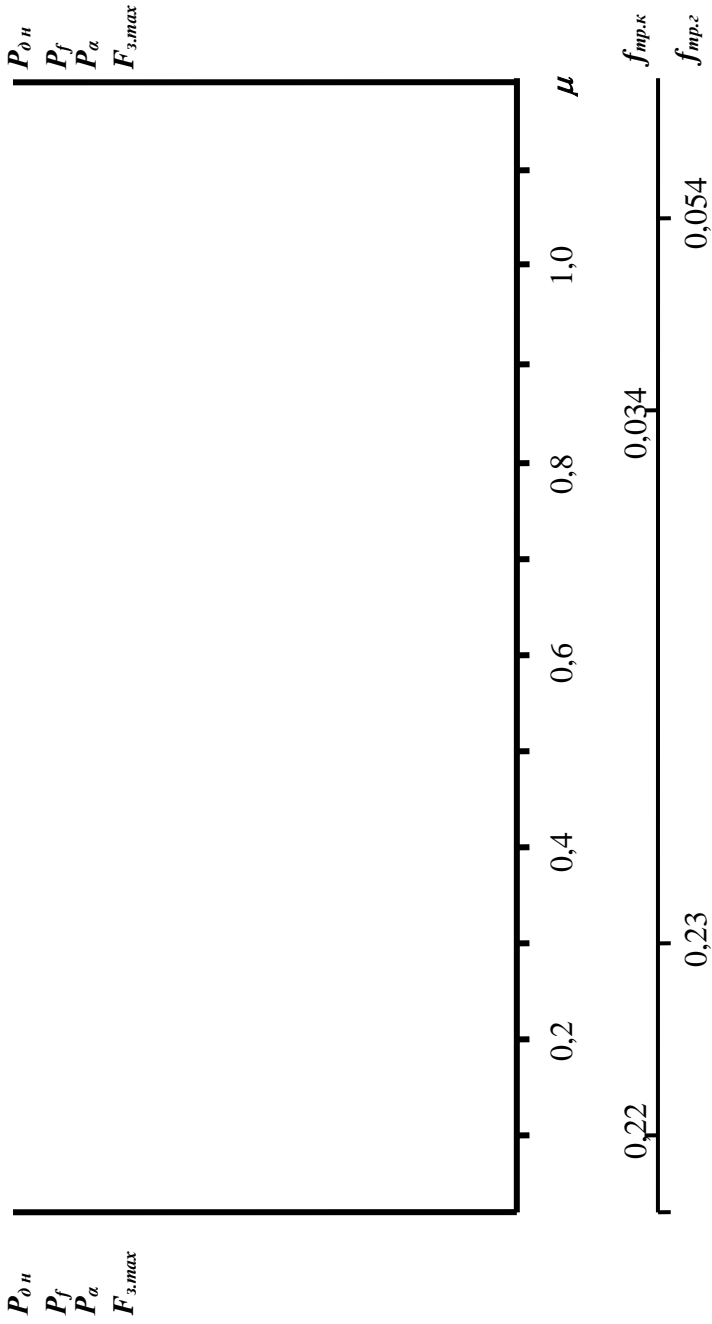


Рис. 1 Графік рівняння балансу сил

Рівняння балансу сил для умов:

- “підйом” $P_{\delta,н} = P_{нв} + P_T + (P_f + P_\alpha)$

- “спуск” $P_{\delta,н} = P_{нв} + P_T + (P_f - P_\alpha)$

Довідка: При правильних розрахунках права і ліва частини рівняння повинні бути рівні

Складаємо **рівняння балансу сил** в зоні достатнього зчеплення

$$P_{\delta,н} = P_T + (P_f \pm P_\alpha) \quad (20)$$

(числові значення складових рівняння (20) визначаємо із графіка)

Рівняння балансу сил для умов:

- “підйом” $P_{\delta,н} = P_T + (P_f + P_\alpha)$

- “спуск” $P_{\delta,н} = P_T + (P_f - P_\alpha)$

Довідка: При правильних розрахунках права і ліва частини рівняння повинні бути рівні.

Б. Визначення величини буксування.

Величину буксування (δ) в залежності від тягового завантаження (P_T) і заданих ґрунтових умов (μ) визначаємо по графіку рис. 2. Порядок користування поданою номограмою для трактора К-701 (при $P_T=63\text{кН}$; $i \mu=0,5$) позначено стрілочками.

Із розрахованого значення (наприклад $P_T=63\text{кН}$) проводимо вертикаль до перетину із кривою, яка відображає функціональну залежність буксування від тягового зусилля $\delta = f(P_T)$ для трактора К-701. Далі проводимо горизонталь до перетину з умовною вертикальною лінією (зображеною точками), яка проходить через кінці похилих залежностей $\delta = \psi(\mu)$. Потім паралельно цим залежностям дістаємося до

заданого значення коефіцієнта μ (наприклад $\mu=0,5$) і по горизонталі повертаємося до шкали буксування, де визначаємо, що для заданих умов величина буксування матиме значення $\delta=24\%$.

Величина буксування для умов “підйом” при недостатньому зчепленні:

$$\text{При } P_T = \mu_1 = \delta =$$

Величина буксування для умов “підйом” при достатньому зчепленні:

$$\text{При } P_T = \mu_2 = \delta =$$

V. Визначення величини швидкості руху.

Швидкість руху розраховуємо по таким залежностям:

- теоретична швидкість руху, км/год:

$$V_T = \frac{22,6 \cdot r_k \cdot n_n}{i_{TP}} \quad (21)$$

(всі чисельні значення складових цієї формули беремо із табл. 3.8)

Радіус кочення колісного трактора для визначення теоретичної швидкості руху розраховуємо по формулі (6) при умові $k_{ш} = 1,0$ тобто: $r_k = r_o + h_{ш} =$

$V_T =$

– робоча швидкість руху, км/год:

$$V_p = V_T \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (22)$$

для умов “підйом” при недостатньому зчепленні:

$V_p =$

для умов “підйом” при достатньому зчепленні:

$V_p =$

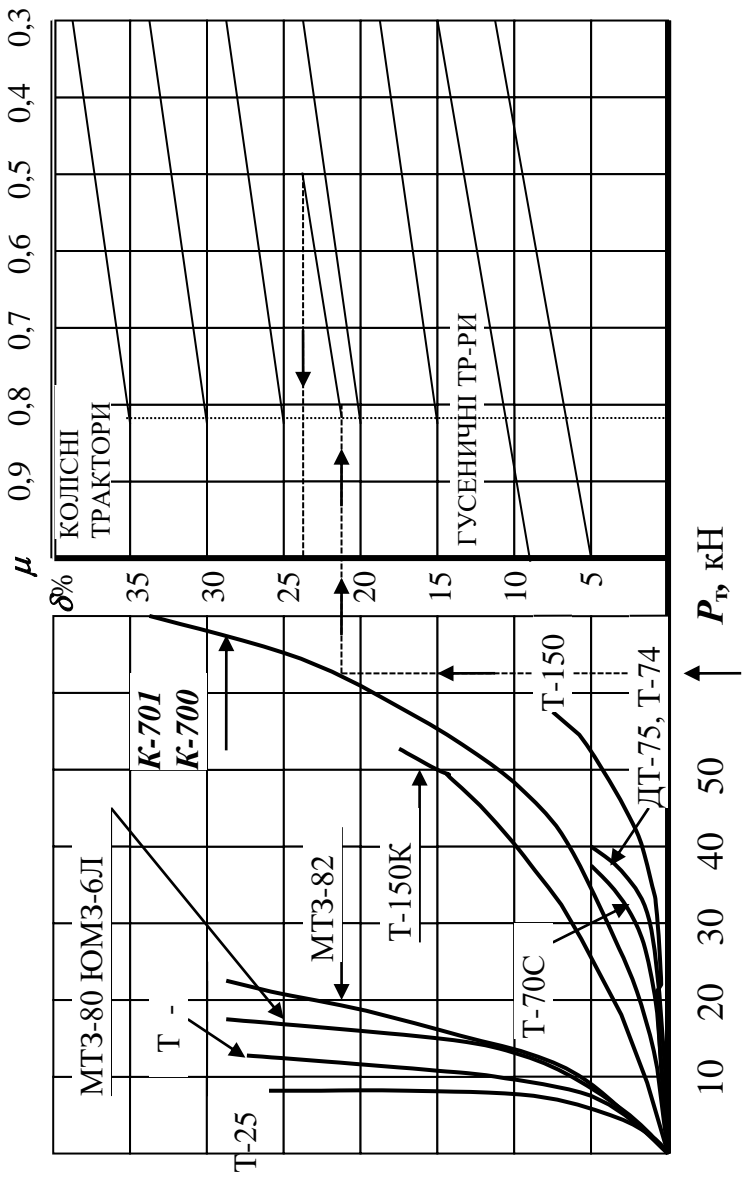


Рис 2. Номограма для визначення буксування

Г. Розрахунок складових балансу потужності для умов “підйом” при недостатньому зчепленні:

$$N_{e.n} = N_T + N_f + N_\alpha + N_\delta + N_{тр} + N_{нв}, \quad (23)$$

де N_T — тягова потужність, кВт:

$$N_T = \frac{P_T V_p}{3,6}, \quad (24)$$

де P_T — тягове зусилля, кН (приймаємо по результатам розрахунків формули 14); $P_T =$

V_p — робоча швидкість руху, км/год (розрахована по формулі 22);

$N_T =$

N_f — втрати потужності на перекочування, кВт:

$$N_f = \frac{P_f V_p}{3,6}, \quad (25)$$

де P_f — сила опору кочення, кН (приймаємо значення із формули 14); $P_f =$

$N_f =$

N_α — втрати потужності на подолання підйому, кВт:

$$N_\alpha = \frac{P_\alpha V_p}{3,6}, \quad (26)$$

де P_α — сила опору, яка виникає при подоланні підйому, (розрахована по формулі 11); $P_\alpha =$

$N_\alpha =$

N_δ — втрати потужності на буксування, кВт:

$$N_\delta = \frac{P_{руш}(V_T - V_p)}{3,6}, \quad (27)$$

де $P_{руш}$ — рушійна сила, кН (приймаємо значення згідно з пунктом 5.1); $P_{руш} =$

V_T – теоретична швидкість руху, км/год (розрахована по формулі 21);

N_{δ} –

N_{TP} – втрати потужності в трансмісії, кВт:

$$N_{TP} = N_{ef} (1 - \eta_{TP}), \quad (28)$$

де η_{TP} – ККД трансмісії (приймаємо значення по результатам розрахунків формули 3...4); $\eta_{TP} =$

N_{ef} – ефективна потужність двигуна (фактичне її значення), кВт:

$$N_{ef} = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{TP}} \quad (29)$$

$N_{ef} =$

$N_{TP} =$

$N_{нв}$ – потужність двигуна, яка непродуктивно витрачається за умовами недостатнього зчеплення, кВт

$$N_{нв} = \frac{P_{нв} V_p}{3,6 \eta_{TP}} \quad (30)$$

де $P_{нв}$ – сила, яка непродуктивно витрачається при недостатньому зчепленні, тобто при подоланні ділянок із поганими ґрунтовими умовами, кН (приймаємо значення по результатам розрахунків формули 19); $P_{нв} =$

$N_{нв} =$

Розраховані значення складових балансу потужності підставляємо у формулу (23).

$N_{е.н} =$

Довідка: Відхилення в числових значеннях правої і лівої частини рівняння не повинно перевищувати 5%.

Д. Розрахунок складових балансу потужності для умов “підйом” при достатньому зчепленні:

$$N_{е.н} = N_T + N_f + N_{\alpha} + N_{\delta} + N_{TP} \quad (31)$$

Для розрахунку складових користуємося формулами 24, 25, 26, 27, 28, 29, але силу тяги (P_T) визначаємо по формулі (16); силу опору коченню (P_f) – по формулі (16); рушійну силу ($P_{руш}$) – приймаємо згідно з пунктом 5.2.

$$N_m =$$

$$N_f =$$

$$N_{\alpha} =$$

$$N_{\delta} =$$

$$N_{ef} =$$

$$N_{тр} =$$

Розраховані значення складових балансу потужності підставляємо у формулу (31).

$$N_{e.n} =$$

Довідка: Відхилення в числових значеннях правої і лівої частини рівняння не повинно перевищувати 5%.

Е. Аналіз використання потужності виконуємо по:

- тяговому ККД:

$$\eta_T = \frac{N_T}{N_{ef}} \quad (32)$$

для умов “підйом”:

при недостатньому зчепленні $\eta_T =$

при достатньому зчепленні $\eta_T =$

- умовному тяговому ККД:

$$\eta_y = \frac{N_T}{N_{e.n}} \quad (33)$$

для умов “підйом”:

при недостатньому зчепленні $\eta_y =$

при достатньому зчепленні $\eta_y =$

Практична робота № 2
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 [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 2.1 – 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 ($N_{T,max}$). Робоча швидкість (V_p) і номінальне тягове зусилля ($P_{т.н}$)

цієї передачі тепер являються основними параметрами для подальшого розрахунку.

$$V_p = P_{T.H} =$$

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

$$k_v = k_o \cdot \left[1 + (V_p - V_o) \cdot \frac{\Delta C}{100} \right], \quad (2.1)$$

$$k_v =$$

де ΔC – 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:

$$B_{max} = \frac{(P_{T.H} \pm G_{mp} \sin \alpha) \xi_{P.H}}{k_v \pm q_m \sin \alpha + q_{зч} (f_{зч} \pm \sin \alpha)}, \quad (2.2)$$

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

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

$$G_{mp} =$$

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

$q_{зч}$ – 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:

$$q_m = \frac{G_m}{b_m}, \quad (2.3)$$

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:

$$n_m = \frac{B_{max}}{b_m}, \quad (2.4)$$

$n_m =$ (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.

$$\Phi_{зч} = b_m (n_m - 1) \quad (2.5)$$

$\Phi_{зч}, =$

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:

$$R_a = (k_v b_m \pm G_m \sin \alpha) n_m + G_{зч} (f_{зч} \pm \sin \alpha) \quad (2.6)$$

(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

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{Tn} \pm G_{mp} \sin \alpha} \quad (2.7)$$

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

підйом $\xi_p =$ спуск $\xi_p =$

Якщо розрахункове значення коефіцієнта використання номінального тягового зусилля (ξ_p) буде значно нижче його раціонального значення (ξ_{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 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

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_\delta}, \quad (2.8)$$

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

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a, \quad (2.9)$$

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) $R_a =$

$$P_{руш} =$$

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

$$\eta_6 = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right), \quad (2.10)$$

де δ - 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 (2.8)

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

$$P_{руш} = G_{mp} \cdot f_{mp} + R_a. \quad (2.11)$$

Сумарний тяговий опір агрегату (R_a) при поворотах розраховуємо по формулі (2.6) 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.

$$N_{Tx} =$$

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

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{ен}} \quad (2.12)$$

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

Коефіцієнт ξ_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 № 3

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.

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (3.1)$$

(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. 3.1 Схеми 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]:

$$L_p = L - 2E_p, \quad (3.2)$$

(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:

$$E_{min} = \lambda_E \cdot R_n + d_k + e, \quad (3.3)$$

де λ_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:

$$R_n = a_R \cdot R_{no}, \quad (3.4)$$

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):

$$d_k = v_E \cdot B_k, \quad (3.5)$$

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:

$$e = a_e \cdot l_a, \quad (3.6)$$

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

$$l_a = l_{mp} + l_{зч} + l_M, \quad (3.7)$$

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):

$$E_p = n_\phi \cdot B_p, \quad (3.8)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = B_k \beta, \quad (3.9)$$

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

n_ϕ – фактичне число проходів агрегату для обробки поворотної смуги:

$$n_\phi \geq \frac{E_{min}}{B_p}, \quad (3.10)$$

$$n_{\phi} =$$

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:

$$L_x = L_n + 2e, \quad (3.12)$$

де L_n – довжина петлі повороту, м:

$$L_n = \gamma_n R_n, \quad (3.13)$$

де γ_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:

$$L_x = L_n + 2e + \chi, \quad (3.14)$$

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

Раціональне значення ширини заїмки (C_p), яке має місце в залежностях по визначенню довжини прямолінійної ділянки (χ), 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 3.1.

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

$$\varphi_1 =$$

$$\varphi_2 =$$

Практична робота № 4
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:

$$W^T = 0,1 \cdot B_k \cdot V_T, \quad (4.1)$$

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:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau_{зм}, \quad (4.2)$$

де B_p – робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = B_k \beta, \quad (4.3)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату [3, табл. 5.3];

$\beta =$

$B_p =$

$\tau_{зм}$ - 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:

$$T_{зм} = T_p + T_x + T_{To} + T_T + T_{on}, \quad (4.5)$$

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_{on} – 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 ($T_T + T_{To} + T_{on}$) – час регламентованих зупинок ($T_{зуп}$), тобто непродуктивні витрати часу.

Для розрахунків можна прийняти:

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

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

Із співвідношення, яке характеризує коефіцієнт використання часу руху:

$$\tau_{рух} = \frac{T_p}{T_{рух}} = \frac{T_p}{T_{зм} - T_{зуп}} = \frac{T_p}{T_p + T_x}, \quad (4.6)$$

знаходимо залежності по визначенню T_p і T_x :

$$T_p = \tau_{рух} (T_{зм} - T_{зуп}), \quad (4.7)$$

$$T_x = \frac{T_p (1 - \tau_{рух})}{\tau_{рух}} \quad (4.8)$$

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

$$\text{при } V_p = V_n \text{ маємо } \tau_{рух} = \varphi, \quad (4.9)$$

а при $V_p \neq V_n$ маємо $\tau_{рух} = \frac{\kappa\varphi}{(\kappa - 1)\varphi + 1}$, (4.10)

де - $\kappa = \frac{V_n}{V_p}$ $\kappa =$ (4.11)

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

$\varphi_1 =$ $\varphi_2 =$
 Коефіцієнт використання часу руху:
 $\tau_{рух1} =$ $\tau_{рух2} =$

Час чистої роботи на протязі зміни, год; (по формулі 4.7):
 $T_{p1} =$ $T_{p2} =$

Час на повороти, заїзди, холості переїзди, год; (по формулі 4.8):

$T_{x1} =$ $T_{x2} =$

Коефіцієнт використання часу зміни:
 $\tau_{зм1} =$ $\tau_{зм2} =$

Технічна продуктивність, га/год:
 $W_{год1} =$

$W_{год2} =$

Виробіток за зміну, га:

$W_{зм} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot T_{зм} \cdot \tau_{зм}$ (4.12)

$W_{зм1} =$

$W_{зм2} =$

Витрати паливно-мастильних матеріалів:

$$g_{za} = \frac{G_{Tp} T_p + G_{Tx} T_x + G_{T_{зуп}} T_{зуп}}{T_{зм} W_{год}}, \quad (4.13)$$

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

$$G_{Tp} = \quad ; G_{Tx} = \quad ; G_{T_{зуп}} = \quad ;$$

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:

$$z_n = \frac{m}{W_{год}}, \quad (4.14)$$

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:

$$z_3 = \frac{m + m}{W_{год}}, \quad (4.15)$$

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

$$Z_{31} =$$

$$Z_{32} =$$

Затрати енергії

Прямі витрати енергії палива, Дж/га:

$$A_n = H_n g_{ca} , \quad (4.16)$$

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 $\text{кВт} \cdot \text{год/га}$.

$$A_{n1} =$$

$$A_{n2} =$$

Тягова питома енергоємність одиниці виконаних робіт, $\text{кВт} \cdot \text{год/га}$:

$$A_T = \frac{N_{Tp} T_p + N_{Tx} T_x}{T_{зм} W_{год}} , \quad (4.17)$$

(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, $\text{кВт} \cdot \text{год/га}$:

$$A_{\kappa} = \frac{N_{T_p} T_p}{T_{3M} W_{z00}}, \quad (4.18)$$

$$A_{\kappa 1} =$$

$$A_{\kappa 2} =$$

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ № 2

Практична робота № 1
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 [3,табл. 3.14]; $V_{lim} =$

- вибрати питомий тяговий опір (для швидкості $V_o = 5$ км/год) для плугів $k_{o.pl} =$ ___ кН/м² [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 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/м^2 :

- із культурними корпусами:

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

- із швидкісними корпусами:

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

- 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, % [3, табл. 3.16]; $\Delta C =$

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

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

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:*

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

(знак "+" відповідає руху на підйом).

де λ_δ – 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:

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

(знак “—” відповідає руху на підйом).

Підйом $\xi_p =$

Спуск $\xi_p =$

Коефіцієнт використання тягового зусилля повинен відповідати раціональним значенням [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 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:

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

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 [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:

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

$$P_{руш} =$$

$$N_{Tx} =$$

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%.

Практична робота № 2
**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 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 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 2.1 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 2.2 Технічні характеристики трактора

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

Таблиця 2.3 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 $V_p > V_o$):

$$k_v = k_o \left[1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_o) \right], \quad (2.1)$$

де ΔC – 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:*

$$R_a = k_v b_{.m} + G_{.m} (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (2.2)$$

- *начіпного комбінованого:*

$$R_a = k_v b_{.m} + G_{.m} (\lambda_\theta f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{V_{m\theta}} b_{.mi} n_{.mi}, \quad (2.3)$$

(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 $\lambda_\theta=0,2\dots0,5$; 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:

$$\xi_p = \frac{R_a}{P_{T.n} \pm G_{mp} \sin \alpha}, \quad (2.4)$$

(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 (ξ_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:

$$N_T = \frac{P_{руш} V_p}{3,6 \eta_{mp} \eta_{\delta}} \quad (2.5)$$

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

$$P_{руш} = G_{mp} (f_{mp} + \sin \alpha) + R_a \quad (2.6)$$

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

$$P_{руш} =$$

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

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (2.7)$$

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

$$\eta_6 =$$

$$N_{Tp} =$$

Фактичну тягову потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (2.5), 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:

$$P_{руш} = G_{mp} f_{mp} + R_a \quad (2.8)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{Tx} =$$

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

$$\xi_N = \frac{N_T}{N_{ен}}, \quad (2.9)$$

Коефіцієнт ξ_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 № 3
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.

$$q_v = 10^{-2} B_{жс} H_z (1 + \delta_c) \quad (3.1)$$

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 3.1. Технічні характеристики жниварки

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

- для підбору валків і прямого комбайнування вибираємо комбайн

Таблиця 3.2. 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 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:

$$V_{pq} = \frac{3,6q_m}{K_g q_g} \quad (3.2)$$

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

- при прямому комбайнуванні:

$$V_{pq} = \frac{3,6q_m}{q_g} \quad (3.3)$$

$V_{pq} =$

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

$$V_{pN} = \frac{3,6(N_{en}\xi_N - N_{xx})}{\frac{G_a(f_k + \sin \alpha)}{\eta_k} + \frac{B_p H_z(1 + \delta_c)N_y}{10}} \quad (3.4)$$

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; ($\eta_k = 0,76 \dots 0,83$);

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:

$$G_a = G_k + 0,5V_b \rho_z + 0,5V_k \rho_c \quad (3.5)$$

- при роботі з подрібненням соломи:

$$G_a = G_k + 0,5V_b \rho_z + G_{np} + 0,5V_{np} \rho_c \quad (3.6)$$

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

ρ_z, ρ_c – об'ємна маса зерна, соломи, кН/м³. [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:

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{V_p}{3,6} \left[\frac{G_a (f_{\kappa} + \sin \alpha)}{\eta_{\kappa}} + \frac{N_y B_p H_s (1 + \delta_c)}{10} \right] \quad (3.7)$$

$$N_{\phi z} =$$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (3.7), 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:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (3.8)$$

Коефіцієнт ξ_N розраховуємо для зазначених вище режимів роботи агрегату:

$$\text{збирання } \xi_{Nz} =$$

$$\text{повороти } \xi_{Nn} =$$

Практична робота № 4
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:

$$V_{pN} = \frac{3,6(N_{en}\xi_N - N_p n_p)\eta_{Трк}}{G_a(f_k + \sin \alpha)} \quad (4.1)$$

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

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

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

f_k – коефіцієнт опору кочення бурякозбирального комбайну по відповідному агрофону; [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. [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:

$$N_{\phi} = \frac{V_p}{3,6} \cdot \frac{G_a (f_k + \sin \alpha)}{\eta_{ГРК}} + N_p n_p \quad (4.2)$$

$$N_{\phi z} =$$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (4.2), приймаючи до уваги що швидкість на повороті $V_n = 5$ км/год; $N_p = 0$, $\sin \alpha = 0$.

$$N_{\phi n} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (4.3)$$

$$\text{збирання } \xi_{Nz} =$$

$$\text{повороти } \xi_{Nn} =$$

Практична робота № 5
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 [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 4.1. 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:

$$R_{T-np} = \frac{3,6N_{xx}}{V_{pT}} + \frac{N_y m n_p H_z (1 + \delta_c)}{10\eta_{ВВП}} + \frac{G_{kn} (f_{pm} + \sin \alpha)}{\eta_{Tpm}}, \quad (5.1)$$

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.

$$G_{kn} = G_{pm} + 0,5V_{\delta}\rho_z + G_{np} + 0,5V_{np}\rho_m \quad (5.2)$$

де G_{pm} – конструктивна вага робочої машини, кН [2;3,табл. 4.5]; V_{δ} – місткість бункера, м³ [2]; G_{np} – конструктивна вага причепа, кН [2]; V_{np} – місткість причепа, м³ [2]; ρ_z, ρ_m – об’ємна маса зерна, маси, кН/м³. [3 табл. 4.20];

$$G_{kn} =$$

$$R_{T-np} =$$

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

$$\xi_p = \frac{R_{T-np}}{P_{Tn} - G_{mp} \sin \alpha}, \quad (5.3)$$

$$\xi_p =$$

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. [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:

$$N_{\phi} = N_{xx} + \frac{V_p}{3,6} \left[\frac{G_a (f_{mp} \pm \sin \alpha)}{\eta_{Tp}} + \frac{N_y m n_p H_z (1 + \delta_c)}{10 \eta_{ВВП}} \right] \quad (5.4)$$

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

G_a – вага агрегату, кН:

$$G_a = G_{mp} + G_{kn} \quad (5.5)$$

$$G_a =$$

$$N_{\phi z} =$$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (5.5), 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:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (5.6)$$

$$\text{збирання } \xi_{Nz} =$$

$$\text{повороти } \xi_{Nn} =$$

Практична робота № 6
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 [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 6.1. 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:

$$R_{Т-пр} = R_M + P_{пр} \quad (6.1)$$

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

$$R_M = (G_M + Q_в)(f_M + \sin \alpha) \quad (6.2)$$

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;

$$Q_в = V_K \cdot \rho_D \cdot g \cdot \alpha_{пр} \quad (6.3)$$

де V_K – ємність кузова, м³ [3, табл. 4.6]; $V_K = \rho_D$ – об'ємна маса добрив, т/м³ [3, табл. 4.20]; $\rho_D = g$ – прискорення сили земного тяжіння ($g = 9,8 \text{ м/с}^2$); $\alpha_{пр}$ – 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:

$$P_{пр} = 0,159 \frac{N_{ВВП} i_{ТР} \eta_{ТР}}{r_K n_\phi \eta_{ВВП}} \quad (6.4)$$

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

$$n_{\delta} = \frac{n_i}{k_{\delta\delta}} \quad (6.5)$$

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

$n_{\phi} =$

Радіус кочення (r_k):

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

$$[3,табл. 3.8]: r_o = r_k = r_o = \quad (6.6)$$

- для *колісних* тракторів на пневматичних шинах:

$$r_k = r_o + h_{ш} k_{ш} \quad (6.7)$$

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

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

$h_{ш} =$

$k_{ш}$ – 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:

$$N_{ВВП} = N_y \cdot B_p \quad (6.8)$$

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:

$$\xi_p = \frac{R_{T-np}}{P_{Tn} - G_{mp} \sin \alpha}, \quad (6.9)$$

$$\xi_p =$$

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. [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:

$$N_{\phi} = \frac{V_p}{3,6} \cdot \frac{G_a (f_{mp} + \sin \alpha)}{\eta_{Tp} \eta_{\delta}} + \frac{N_{ВВП}}{\eta_{ВВП}} \quad (6.10)$$

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

$$\eta_{\delta} = \left(1 - \frac{\delta}{100}\right) \quad (6.11)$$

δ - 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:

$$G_a = G_{mp} + G_m + 0,5Q_{\delta} \quad (6.12)$$

$N_{\phi\delta} =$

Фактичну потужність двигуна при поворотах агрегату визначаємо за формулою (6.10), 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 (6.10), 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:

$$G_a = G_{mp} + G_m + Q_e \quad (6.13)$$

$$N_{\phi mp} =$$

Фактичну потужність двигуна при переїздах агрегату з порожнім розкидачем до місця завантаження визначаємо за формулою (6.10), приймаючи до уваги що швидкість при переїздах $V_{nep} =$ _____ км/год, $N_{BВП} = 0$, коефіцієнт опору перекочування (f_{mp}) по польових дорогах вибираємо із [1, табл. 3.9], а вага агрегату із порожнім розкидачем визначається за формулою:

$$G_a = G_{mp} + G_m \quad (6.14)$$

$$N_{\phi nep} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\xi_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (6.15)$$

внесення $\xi_{N_e} =$ повороти $\xi_{N_n} =$

транспортування $\xi_{N_{mp}} =$ переїзди порожнього $\xi_{N_{nep}} =$

Практична робота № 7
**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 переміни 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 [3 табл. 4.2] марку робочих машин (основних і додаткових).

Роб. машини _____

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]; $V_{lim} =$

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

$$k_{V.пл} = k_{o.пл} [1 + 0,006(V_p^2 - V_o^2)] \quad (7.1)$$

- із швидкісними корпусами:

$$k_{V.пл} = k_{o.пл} \left\{ 1 + 0,004[(V_p - 2)^2 - V_o^2] \right\} \quad (7.2)$$

- для додаткових сільськогосподарських машин, кН/м:

$$k_{V.м} = k_{o.м} \left[1 + \frac{\Delta C}{100}(V_p - V_o) \right], \quad (7.3)$$

де ΔC – 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, кН:

- *начіпного одно машинного:*

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_q f_{mp} \pm \sin \alpha), \quad (7.4)$$

- *начіпного комбінованого:*

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} (\lambda_d f_{mp} \pm \sin \alpha) + \sum_{i=1}^j k_{V_M} b_{mi} n_{mi}, \quad (7.5)$$

- *причіпного комбінованого:*

$$R_a = k_{V_{nl}} ab_{кор} n_{кор} + G_{nl} c \sin \alpha + \sum_{i=1}^j k_{V_M} b_{mi} n_{mi}, \quad (7.6)$$

(знак "+" відповідає руху на підйом)

де λ_d – 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% - $\lambda_d = 0,3...0,5$, а стерні вологістю 18...20% - $\lambda_d = 1,0$;

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

f_{mp} – коефіцієнт опору кочення трактора [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:

$$P_T = \frac{R_a}{\eta_p} \quad (7.7)$$

де η_p – ступінь використання тягового зусилля (табл. 4.1)

$$\eta_p =$$

$$P_T =$$

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

$$N_T = \frac{P_T \times V_P}{3,6}, \quad (7.8)$$

$$N_m =$$

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

$$N_f = \frac{P_f \times V_P}{3,6}, \quad (7.9)$$

де P_f – сила опору кочення, кН:

$$P_f = G_{mp} \times f_{mp} \times \cos \alpha, \quad (7.10)$$

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:

$$N_{\alpha} = \frac{P_{\alpha} \times V_p}{3,6}, \quad (7.11)$$

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

$$P_{\alpha} = G_{mp} \times \sin \alpha, \quad (7.12)$$

$$P_{\alpha} =$$

$$N_{\alpha} =$$

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

$$N_{mp} = N_{ef} \times (1 - \eta_{mp}), \quad (7.13)$$

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

N_{ef} – ефективна потужність двигуна, кВт:

$$N_{ef} = \frac{P_{руш} \times V_p}{3,6 \eta_{mp}} \quad (7.14)$$

де $P_{руш}$ – рушійна сила, кН.

$$P_{руш} = P_T + (P_f \pm P_{\alpha}) \quad (7.15)$$

$$P_{руш} =$$

$$N_{ef} =$$

$$N_{mp} =$$

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

$$N_{\phi} = N_T + N_f + N_{\dot{a}} + N_{mp}, \quad (7.16)$$

$$N_{\phi} =$$

Ступінь використання ефективної потужності двигуна:

$$\eta_N = \frac{N_{\phi}}{N_{en}}, \quad (7.17)$$

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.

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
Коля, 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

Довідкова література

1. **Машиновикористання в землеробстві** / В.Ю.Льченко, Ю.П.Нагірний, П.А.Джолос та ін.: За ред. В.Ю.Льченка 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.

Для нотаток

Навчальне видання

МАШИНОВИКОРИСТАННЯ В СУЧАСНОМУ ЗЕМЛРОБСТВІ

Методичні вказівки № 1, 2
для виконання практичних робіт
студентами першого (бакалаврського) рівня вищої освіти,
денної (заочної) форми навчання ОПП «Агроінженерія»
спеціальності 208 Агроінженерія

Укладачі:

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

Формат 60x84/16. Гарнітура Times New Roman
Папір для цифрового друку. Друк ризографічний.
Ум. друк. арк. 4,35. Наклад 200 пр.

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