

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

УДК 631.3.03

ПРОХОРЧУК ВІКТОР АНАТОЛІЙОВИЧ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ОСНОВНОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З РОЗРОБКОЮ СПЕЦІАЛЬНОГО ПЛУГА**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня бакалавр

Кваліфікаційна робота містить результати власних розробок. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

_____ В. А. Прохорчук

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Прохорчук Віктор Анатолійович. Удосконалення технологічного процесу основного обробітку ґрунту з розробкою спеціального плуга. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2023.

Дана робота присвячена питанню проектування технологічного процесу основного обробітку ґрунту, за допомогою спеціального плуга з безполицевим обробітком. Питання удосконалення даного способу висвітлено багаторічними працями вчених різних країн, але однозначної відповіді на це складне питання чи потрібен полицевий чи безполицевий обробіток не дано.

Нами запропоновано проектний варіант спеціального плуга з робочим органом, який би зміг задовільнити вимоги до основного обробітку та з мінімальною шкодою для самого ґрунту та довкілля. З цією метою, виконано розрахунок параметрів технологічного процесу, на основі яких проведено проектування схеми спеціального плуга, зокрема проведено розробку операційної технології процесу оранки. Встановлено, швидкісні характеристики роботи МТА. Визначено тяговий опір та режими роботи трансмісії тягового енергетичного засобу.

В процесі розробки конструкційних параметрів плуга встановлено, залежність тягового опору полицевого плуга від швидкості руху, досліджено як змінюється ККД полицевого плуга із зміною режимів руху. Виконано розрахунок основних параметрів плуга-розпушувача. Зкориговано умови ефективного заглиблення робочих органів на задану глибину.

Ключові слова: плуг спеціальний, режим роботи машини, основний обробіток, розпушення ґрунту, орний агрегат.

ABSTRACT

Victor Prokhorchuk. Improvement of the technological process of the main tillage with the development of a special plow. - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in specialty 208 Agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2023.

This work is devoted to the issue of designing the technological process of the main soil cultivation, using a special plow with shelf-less cultivation. The issue of improving this method has been covered by many years of work by scientists from different countries, but there is no clear answer to this difficult question of whether shelf-based or non-shelf-based processing is needed.

We have proposed a design version of a special plow with a working body that would be able to meet the requirements for the main cultivation and with minimal damage to the soil itself and the environment. For this purpose, the calculation of the parameters of the technological process was performed, on the basis of which the design of the scheme of the special plow was carried out, in particular, the operational technology of the plowing process was developed. The speed characteristics of MTA work have been established. Traction resistance and modes of operation of the transmission of the traction energy vehicle are determined.

In the process of developing the design parameters of the plow, the dependence of the traction resistance of the shelf plow on the speed of movement was determined, and how the efficiency of the shelf plow changes with the change of driving modes was investigated. The calculation of the main parameters of the loosening plow was performed. The conditions for effective deepening of working bodies to a given depth have been adjusted.

Key words: special plow, machine operation mode, main tillage, soil loosening, plowing unit.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ	
1.1. Розробка операційно-технологічної карти.....	7
1.2. Умови роботи і агротехнічні вимоги.....	7
1.3. Розрахунок режимів роботи агрегату.....	8
1.4. Підготовка поля до роботи	13
Висновки до розділу 1.....	13
2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПЛУГА	
2.1. Обґрунтування необхідності розробки плуга та його опис.....	14
2.2. Розрахунок основних параметрів спеціального плуга.....	20
Висновки до розділу 2.....	26
3. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ	
3.1 Техніко-економічні показники конструкційної розробки.....	27
Висновки до розділу 3.....	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	34
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	35

ВСТУП

Актуальність теми. Інтенсивні технології передбачають підбір оптимального способу основного, спеціального обробітку ґрунту, але як показує практика, від плуга ми поки що, відмовитись не можемо. Тому проектування та розробка нових конструкцій даних машин є і на сьогоднішній день актуальним завданням.

При роботі плуга на кожен його робочий орган діють елементарні сили опору та реакції ґрунту. Дослідження показують, що вони не приводяться до однієї рівнодіючої сили, а приводяться до динами. Причому визначити теоретично величину і напрям головного вектора і головного моменту при сучасному стані теорії плуга не є можливим. Тому сили, що діють на робочі поверхні корпусів та передплужники та дискові ножі плуга, представляють у трьох координатних площинах - площинними силовими характеристиками. При цьому визначають величину і напрям складових головного вектора шляхом просторового динамометрування за допомогою спеціальної лабораторної установки.

Вихідною силою при визначенні складових головного вектора елементарних сил опору ґрунту, прикладених до робочої поверхні плужного корпусу, є повздовжня складова реакції ґрунту.

Метою кваліфікаційної роботи є: модернізація конструкції та розробка удосконалених робочих органів плуга, шляхом модернізації типу і виду робочих поверхонь, шляхом обґрунтування параметрів технологічного процесу основного обробітку ґрунту.

Для досягнення даної мети слід вирішити наступні завдання:

1. Провести технологічне проектування операційної технології процесу оранки;

2. Визначити раціональні конструкційні параметри запропонованої машини
3. встановити техніко-економічну оцінку прийнятих рішень в роботі.

Об'єкт розробки - технологічний процес обробітку ґрунту

Предмет розробки – залежність конструкційних параметрів від технологічних вимог до роботи плуга.

Методи, які застосовувались при виконанні. Розрахунки проводились із використанням способів фізико-механічного та математичного апарату, проектування машин і механізмів, числові способи розв'язку задач.

Перелік публікацій за темою роботи:

1. Заєць М. Л. Обґрунтування функціональної схеми спеціального начіпного плуга/ М. Л. Заєць, В. А. Прохорчук // Наукові читання–2023: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників, докторантів, аспірантів та молодих вчених факультету інженерії та енергетики. 19 квітня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С.11-13.
2. Заєць М. Л. Навісні та напівнавісні плуги для агрегування з енергонасиченими тракторами / М. Л. Заєць, В. А. Прохорчук // Зб. Тез IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 5 квітня 2023 р. Житомир: ЖАТФК, 2023. С.25-29.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 48 сторінок комп'ютерного тексту, 9 рисунків та 3 таблиці.

1. ПРОЕКТУВАННЯ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОСНОВНОГО ОБРОБІТКУ

1.1. Розробка операційно-технологічної карти

Технологію і організацію механізованих сільськогосподарських робіт відображають в операційних картах. Зведена операційно-технологічна карта включає 6-8 пунктів, кожен з яких (при необхідності) ілюструється графічно: умови роботи, агротехнічні вимоги, комплектування і підготовка апарату до роботи, підготовка поля, організація роботи апарату в загінці, контроль якості роботи, охорона праці та навколишнього середовища, а форма розрахунку представлена в графічній частині роботи.

1.2. Умови роботи і агротехнічні вимоги

Глибоке розпушування ґрунту виконується з метою створення умов для накопичення вологи, покращення водно-повітряного режиму ґрунту і якості його обробітку весною.

Вихідні умови, оберемо стандартні: Рельєф поля – схил $i = 2\%$. Довжина поля – 680 м. Агрофон – стерня колосових зернових культур. Глибина обробітку ґрунту 30...35 см.

Агротехнічні вимоги до операції наведені в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Агротехнічні вимоги до глибокого розпушування ґрунту

Показник	Норматив	Допуск
Початок виконання робіт	Через два тижні після луцення	1-2 днів після луцення
Тривалість робіт на одному полі	10 днів	± 5 днів
Підрізання бур'янів	Повне	-
Кришіння ґрунту, %	Грудок розміром 100 см ² , не більше 15 %	+3
Висота гребенів, см	На більше 7	+2
Огірхи	Не допускаються	

1.3. Розрахунок режимів роботи агрегату

Визначимо швидкісні режими роботи агрегату з врахуванням агротехнічних вимог. Питомий опір плугів - глибокорозпушувачів знаходиться в межах 8...13 кН/м, а інтервал робочих швидкостей має становити 7-10 км / год.

Визначимо тяговий опір плуга – глибокорозпушувача на швидкості 5 км/год при умові руху його по горизонтальній ділянці поля:

$$R = B_k k, \quad (1.1)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату плуга, м;

k – питомий опір плуга – глибокорозпушувача, кН/м.

Конструктивна ширина захвату плуга становить 4 м (див. графічну частину), а питомий опір плуга 10 кН/м.

Тоді,

$$R = 4 \cdot 10 = 40 \text{ кН.}$$

Таким чином, можна вважати, що для агрегування плуга-розпушувача необхідний трактор тягового класу 5, оберемодля розрахунків трактор John Deere 8340.

У вищезазначеному діапазоні швидкостей трактор має два режими трансмісії та дві передачі: Пр3п і ШПр3п. Згідно технічних даних [11] робочі швидкості (з врахуванням буксування) трактора є наступними:

передача Пр3п 8,4 км / год; передача ШПр,3р 9,4 км / год.

Сила тяги трактора при русі по стерні на зазначених передачах відповідно становить 55 і 45 кН.

Питомий тяговий опір плуга з врахуванням швидкості руху можна визначити за формулою: [11]

$$k = k_0 [1 + \Delta(V_p^2 - V_0^2)], \quad (1.2)$$

де k – питомий опір сівалки на швидкості руху 5 км / год, кН / м;

Δ – темп приросту питомого опору, в частка одиниці;

V_0 – 5 км /год.

Темп приросту питомого опору $\Delta = 0,06$.

Тоді, питомий опір плуга на вибраних передачах буде становити:

передача ПрЗп $k_2 = 10[1 + 0,06(8,4 - 5)] = 12,0$ кН/м,

передача ШПрЗр $k_3 = 10[1 + 0,06(9,4 - 5)] = 12,6$ кН/м.

Визначимо тяговий опір плуга з врахуванням умов роботи [11]:

$$R = B_k k_i + G_n i, \quad (1.3)$$

де G_n – вага плуга, $G_n = 12,6$ кН.

Тоді, тяговий опір плуга з врахуванням умов роботи на вибраних передачах буде становити:

на передачі ПрЗп

$$R_2 = 4 \cdot 12,0 + 12,6 \cdot 0,03 = 48,4 \text{ кН},$$

на передачі ШПрЗр

$$R_3 = 4 \cdot 12,6 + 12,6 \cdot 0,03 = 50,8 \text{ кН}.$$

Визначимо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора при роботі на вибраних передачах за формулою: [11]

$$\eta = \frac{R_i}{P_T} \quad (1.4)$$

де P_{Ti} – тягове зусилля трактора на відповідній передачі, кН.

Тоді, коефіцієнт використання тягового зусилля трактора буде становити:

на передачі ПрЗп

$$\eta_2 = \frac{48,4}{55,0} = 0,88,$$

на передачі ШПрЗр

$$\eta_3 = \frac{50,8}{45,0} = 1,13..$$

Допустиме значення коефіцієнта використання тягового зусилля трактора на оранці $[\eta] = 0.86...0.90$.

Через те що на передачі ППрЗр коефіцієнт використання тягового зусилля трактора перевищує допустиме значення, то можна зробити наступний висновок. Основною передачею трактора на розпушуванні ґрунтом плугом розпушувачам буде передача трактора ПрЗп.

Розрахунок норми виробітку

Норму виробітку агрегату визначимо за формулою[12]:

$$H = 0.1B\beta V_p T \tau, \quad (1.5)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату, $\beta = 1.05...1.1$;

T – тривалість зміни, год, $T = 7$ год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Для визначення коефіцієнта використання часу зміни розглянемо кінематику агрегату і складемо баланс часу зміни.

Для розпушування вибираємо петльовий спосіб руху з чергуванням загінок в склад і врозгін.

Коефіцієнт робочих ходів визначимо за формулою: [12]

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}, \quad (1.6)$$

де L_p – робоча довжина загінки, м;

L_x – довжина холостого ходу, м.

$$L_p = L - 2E, \quad (1.7)$$

де L – довжина поля, м;

E – ширина поворотної смуги, м.

Ширина поворотної смуги повинна бути кратною ширині захвату агрегату, тобто $E = nV\beta$ (тут n – кратність проходу агрегату) і більшою за мінімальну ширину поворотної смуги E_{\min} , яку можна визначити за формулою: [12]

$$E_{\min} = 3R + e, \quad (1.8)$$

де R – радіус повороту агрегату, м;

e – довжина виїзду, м.

Радіус повороту агрегату [12]

$$R = 3V\beta. \quad (1.9)$$

Приймаємо, що коефіцієнт використання ширини захвату $\beta = 1.1$. Тоді, одержимо

$$R = 3 \cdot 4 \cdot 1.1 = 13,2 \text{ м.}$$

Довжина виїзду агрегату визначається за формулою: [12]

$$e = 0.5la, \quad (1.10)$$

де la – кінематична довжина агрегату часу, м.

$$la = l_T + l_n, \quad (1.11)$$

де l_T – кінематична довжина трактора, м, $l_T = 2,4$ м;

l_n – кінематична довжина плуга, м, $l_n = 6,3$ м.

Тоді,

$$e = 0,5(2,4 + 6,3) = 4,4 \text{ м.}$$

Підставляючи одержані дані в (1.8), будемо мати

$$E_{\min} = 3 \cdot 13,2 + 4,4 = 44 \text{ м.}$$

Оскільки $E = nV\beta \geq E_{\min}$, то при $n = 11$, будемо мати

$$E = 11 \cdot 4 \cdot 1.1 \approx 48,4 \text{ м.}$$

Робоча довжина заїмки буде становити

$$L_p = 680 - 2 \cdot 48,4 \approx 583 \text{ м.}$$

Довжину холостого ходу можна визначити за формулою: [12]

$$Lx = 6R + 2e \quad (1.12)$$

$$Lx = 6 \cdot 13,2 + 2 \cdot 4,4 = 83,6 \text{ м.}$$

Тоді, згідно (1. 6), отримаємо:

$$\varphi = \frac{583}{583 + 83,6} = 0,87.$$

Визначимо оптимальну ширину заїмки [12]

$$C = \sqrt{16R^2 + 2B\beta \cdot Lp} \quad (1.13)$$

$$C = \sqrt{16 \cdot 13,2^2 + 2 \cdot 4 \cdot 1,1 \cdot 583} = 91,8 \text{ м.}$$

Або узгоджуючи її з парною шириною захвату, будемо мати $C = 96,8 \text{ м.}$

Коефіцієнт використання часу зміни визначимо так: [12]

$$\tau = \frac{Tp}{T}, \quad (1.14)$$

де Tp – чистий час роботи протягом змін, год;

T – тривалість зміни, год, $T = 7$ год.

Чистий час роботи протягом зміни можна визначити за формулою: [12]

$$Tp = \frac{T - (T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{1 + \tau_n}, \quad (1.15)$$

де T_1 – тривалість підготовчо-заклучних робіт, $T_1 = 4$ хв; [12]

T_2 – норматив часу на щоденне технічне обслуговування агрегату (трактора – 24 хв, плуга – 8 хв, тобто $T_2 = 32$ хв); [12]

T_3 – норматив часу на фізіологічні потреби та відпочинок, $T_3 = 30$ хв.

T_4 – переїзди агрегату протягом зміни, год, $T_4 = 30$ хв.

τ_n – коефіцієнт поворотів.

$$\tau_n = \frac{1 - \varphi}{\varphi}. \quad (1.16)$$

$$\tau_n = \frac{1 - 0,87}{0,87} = 0,15.$$

Підставляючи ці дані в (1.15), визначимо:

$$T_p = \frac{420 - (4 + 32 + 30 + 30)}{1 + 0,15} = 301 \text{ хв. або } 5 \text{ год.}$$

Таким чином коефіцієнт використання часу зміни становить

$$\tau = \frac{5}{7} = 0,714.$$

Норма виробітку агрегату буде становити

$$H = 0,1 \cdot 4 \cdot 1,1 \cdot 8,4 \cdot 7 \cdot 0,714 = 18,5 \text{ га.}$$

1.4. Підготовка поля до роботи

Забрати з поля залишки соломи, каміння, різні сторонні предмети, вирівняти поверхню. Розбити поле на загінки – зазначеної вище ширини. Поворотні смуги відділити від поля контрольними лініями – борознами глибиною до 15 см плугом по навігаційній системі трактора.

Висновки до розділу 1.

1. Провівши розрахунки запропонованого модернізованого агрегату встановлено: швидкісні режими роботи агрегату з врахуванням агротехнічних вимог. Питомий опір плуга знаходиться в межах 48....50 кН, а інтервал робочих швидкостей становити 7-9 км / год.
2. Визначено норму виробітку агрегату, що становить $H = 18,5 \text{ га} / \text{зм}$. Розраховано параметри ширина поворотної смуги, повинна бути кратною ширині захвату агрегату, тобто $E = 48 \text{ м}$ і більшою за мінімальну ширину поворотної смуги $E_{\min} = 44 \text{ м}$,

2. КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА РОЗРОБКИ СПЕЦІАЛЬНОГО ПЛУГА

2.1. Обґрунтування необхідності розробки плуга та його опис

Інтенсифікація сільськогосподарського виробництва приносить з собою крім позитивних явищ і негативні, які проявляються в ущільненні ґрунту, яке виникає внаслідок різних природних і штучних дій. Ущільнені ґрунти відрізняються більш високою об'ємною масою, низькою пористістю, що ускладнює аерацію води, повітря. Одночасно підвищується опір ґрунту при його обробці, урожаї культур знижуються або залишаються на одному і тому ж рівні.

Основна причина ущільнення ґрунту – важкі сільськогосподарські машини і трактори, маса яких постійно збільшується, зайві переїзди машин при підвищеній вологості ґрунту та його при невідповідній вологості, недостатнє внесення в ґрунт органічної маси, вирощування монокультур.

Культурні рослини можуть добре рости і розвиватися тільки при сприятливих фізичних, хімічних і біологічних умовах. Тому утримання ґрунту в рихлому стані при визначеному ущільненні має важливе значення для одержання високого урожаю.

Для ґрунтів середнього механічного складу щільність ґрунту $1,6-1,7 \text{ г/см}^3$ є критичною, при якій ріст і розвиток рослин неможливий.

При багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину більше 50 % ґрунтів зазнають ущільнення підорного шару робочими органами ґрунтообробних знарядь [8].

Ущільнення умовно розділяють на: верхнє (в шарі орного горизонту); плужну підшву (в шарі нижче орного горизонту); ущільнення підорного горизонту (в шарі нижче плужної підшви).

Плужною підшовою називають ущільнення ґрунту в шарі, розміщеному нижче проходу лез робочих органів знарядь. Вона починається безпосередньо після границі обробленого шару. Внаслідок ущільнення цей шар ґрунту містить мінімальну кількість пор. В залежності від конструкції робочих органів, маси знаряддя, кількості обробок на одну і ту ж глибину, ступені вологості і механічного складу ґрунту товщина шару плужної підшови може складати 12-17 см [8].

При глибокому обробітку ґрунту чизельними знаряддями плужна підшова руйнується. Внаслідок чого створюються сприятливі умови для оптимального-водно-повітряного балансу. В сильно засушливий період коріння рослин може проникати глибше і використовувати вологу з нижніх шарів ґрунту, а при підвищеному рівні опадів зайва волога з верхніх шарів ґрунту може надходити в нижні шари. При цьому випаровування вологи з верхніх шарів ґрунту різко зменшується, створюються сприятливі співвідношення між повітрям і водою в ґрунті і разом з тим оптимальні умови для росту культурних рослин.

Чизельне знаряддя навіть при багаторічному обробітку ґрунту на одну і ту ж глибину не сприяє інтенсивному утворенню плужної підшови в ґрунті. Це пояснюється тим, що їх робочі органи мають порівняно малу ширину захвату, а відповідно і малу площу опори на ґрунт по глибині ходу.

Розроблений спеціальний плуг є аналогом плуга-розрихлювача з робочими органами типу "Paraplow" виробником, якого є компанія Howard. Несучою конструкцією машини є рама трикутної форми, трьохточковою системою приєднання до начіпної системи енергетичного засобу. Особливістю робочого корпусу плуга є криволінійність форми стовби, та регулювання положення робочих елементів та органів у вертикальній площині. Всі елементи плуга закріплені на рамі різьбовим способом. Корпус плуга закріплений на рамі таким чином, щоб здійснювати зміну відстані між корпусами, при зростанні глибини обробітку в межах від 350 до 500 мм. Суть застосування такого типу робочий

орган, полягає у збільшенні ширин смуги рихлення ґрунту, за рахунок криволінійної форми стовби та зменшити питомий опір машини, при роботі на глибину 350 мм не змінчи відстань між корпусами.

Оскільки плуги стандартної компоновки створюють досить великий тяговий опір, то його розглядають та поділяють, як складові R_1 , R_2 і R_3 . За Горячкиним опір лемішно-полицевого плуга, не залежить від глибини та швидкості обробітку. Додаткове навантаження R_1 створюється за рахунок сил тертя робочих поверхонь корпусів по ґрунту, сил опору перекочування в опорах коліс та механізмів, підшипникови вузлах. Вся ця сукупність складових опор, що відноситься до першої категорії, може бути оцінена величиною опору, пропорційній вазі плуга, тобто:[4]

$$R_1 = f \cdot G, \quad (2.1)$$

де f – коефіцієнт, що враховує сили тертя та опору механізмів плуга;

G – вага плуга, Н.

Опір R_1 не пов'язаний з корисною роботою, а являє собою немінучий, завжди супутній роботі плуга мертвий опір.

Другою складовою опору плуга є обумовлено деформацією скиби ґрунту. Цей опір також не залежить від робочої швидкості оранки, але він пропорційний поперечному перерізу скиби, тобто: [4]

$$R_2 = k \cdot a \cdot b, \quad (2.2)$$

де k – коефіцієнт, який характеризує властивість скиби ґрунту чинити опір деформації, Н/м²;

a – товщина скиби (глибина оранки), м;

b – ширина скиби (ширина захвату плуга), м.

Відповідно до криволінійної конструкції поверхні полиці, плуг повинен переміщувати скиби в попередньо утворені борозни. Для цього ґрунту необхідно надати певну кінетичну енергію. Звідки при виконанні оранки такою машиною

виникає опір R_3 , викликаний створенням сили переміщення ґрунту при роботі плугом вбік (на дно суміжної борозни): [4]

$$R_3 = \varepsilon abV^2, \quad (2.3)$$

де ε – коефіцієнт, який залежить від форми і типу полиці та властивості ґрунту, $\text{кПа}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$;

V – швидкість переміщення плуга, $\text{м}/\text{с}$.

Таким чином, формула для визначення тягового опору плуга матиме вигляд: [4]

$$R_{\text{пл}} = R_1 + R_2 + R_3 = fG + kab + \varepsilon abV^2. \quad (2.4)$$

Використовуючи формулу (2.4) дослідимо зміну тягового опору плуга із зміною швидкості руху, тобто встановимо залежність $R_m = f(v)$. Для дослідження приймемо наступні умови: коефіцієнт $f = 0,5$; вага плуга $G = 13 \text{ кН}$; коефіцієнт $k = 30 \text{ МПа}$; глибина оранки $a = 0,3 \text{ м}$; ширина захвату плуг $b = 4 \text{ м}$; коефіцієнт $\varepsilon = 5 \text{ кПа}\cdot\text{с}^2/\text{м}^2$.

Результати розрахунків представлені на рис. 2.1. Як видно з графіка із зростанням швидкості руху плуга його опір стрімко зростає. Так, наприклад, якщо при швидкості руху плуга $1 \text{ м}/\text{с}$ його тяговий опір становить $48,5 \text{ кН}$, то при $V = 3 \text{ м}/\text{с}$ опір буде становити $96,5 \text{ кН}$, тобто зростає у два рази.

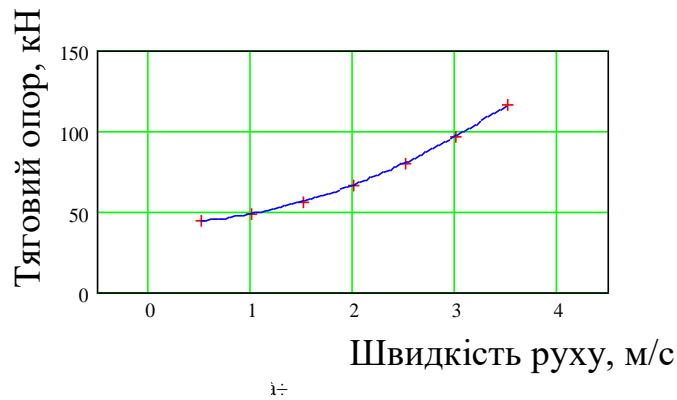


Рис. 2.1 Залежність тягового опору полицевого плуга від швидкості руху

Залежність тягового опору плуга від швидкості руху має вигляд

$$R_{пл} = 42,5 + V^2 . \quad (2.5)$$

Дослідимо тепер як змінюється ККД полицевого плуга із зміною швидкості руху. Залежність для визначення ККД має вигляд:

$$\eta_{пл} = \frac{R_2}{R} \quad (2.6)$$

Результати розрахунків представлені на рис. 2.2. Як видно з цього рисунку із зростанням швидкості переміщення плуга його ККД стрімко знижується.

Залежність $\eta_{пл} = f(V)$ має вигляд

$$\eta_{пл} = 0,904 - 0,176V . \quad (2.7)$$

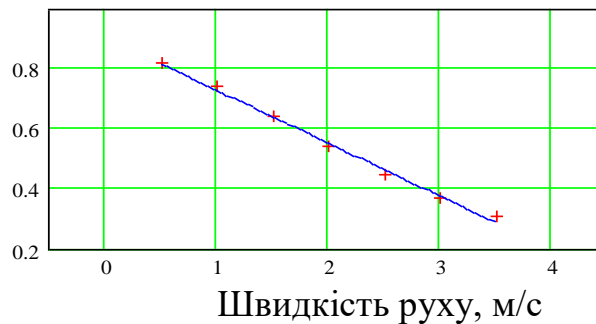


Рис 2.2 Залежність ККД полицевого плуга від швидкості переміщення

Оскільки в корпусів спеціального плуга відсутні полиці стандартного виду, тобто відсутнє переміщення скиби на дно сусідніх борозен, то не буде виникати складова тягового опору R_3 . Тоді, формула (2.4) спроститься і прийме вигляд

$$R_{пл} = R_1 + R_2 = fG + kab . \quad (2.8)$$

В дійсності тяговий опір будь якої сільськогосподарської машини зростає із збільшенням швидкості агрегування. Для визначення тягового опору машини на певній швидкості, зокрема і плуга існує залежність: [14]

$$R_{пл} = R_{0пл} [1 + \Delta(V_i - V_0)], \quad (2.9)$$

де $R_{пл}$ – тяговий опір плуга на певній швидкості, кН;

$R_{пл0}$ – тяговий опір плуга-розпушувача на швидкості 5 км/год, кН;

Δ - темп приросту тягового опору із збільшення швидкості руху на 1 км/год. %;

V_i – робоча швидкість руху машини, км/год;

V_0 – швидкість руху, мінімально допустима для плугів, становить 5 км/год.

Прийmemo, що темп приросту опору плуга розпушувача становить 5 % із зростанням швидкості руху на 1 км/год. Дослідимо тепер зміну тягового опору спеціального плуга і його ККД із зростанням швидкості руху.

На рис. 2.3 представлена залежність тягового опору плуга із зростанням швидкості руху. Ця залежність має наступний вигляд:

$$R_{пл} = 31,9 + 7,6V \quad (2.10)$$

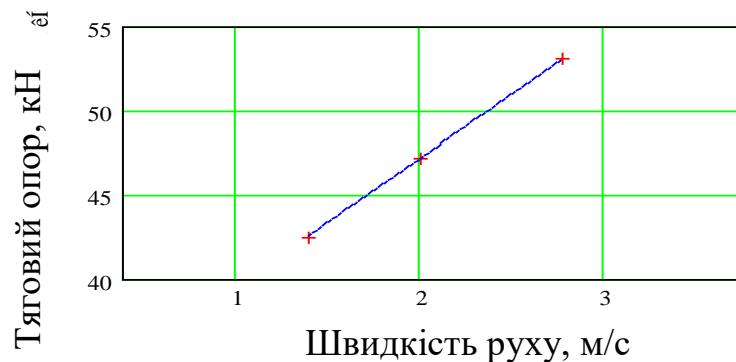


Рис. 2.3 Графічна залежність зміни тягового опору спеціального плуга від швидкості руху.

ККД плуга-розпушувача (рис. 2.4) також зменшується із зростанням швидкості руху. Проте темп зменшення ККД є значно меншим, ніж в лемішно-полицевого плуга.

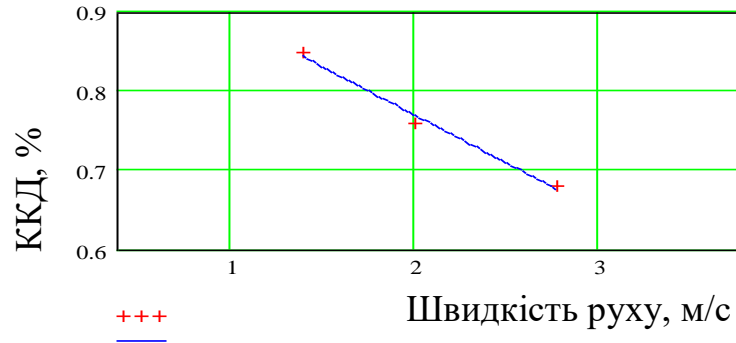


Рис. 2.4 Зміна ККД плуга в залежності від швидкості переміщення

Зміна ККД плуга-розпушувача від швидкості переміщення описується залежністю:

$$\eta_{пл} = 1,0 - 0,12V . \quad (2.11)$$

Для розпушування ґрунту під культури, які реагують на глибину обробітку, зокрема технічні культури доцільно використовувати плуги – розпушувачі, а не лемішно-полицеві плуги. Оскільки останні чинять значний тяговий опір при їх переміщенні і мають низький ККД.

2.2. Розрахунок основних параметрів спеціального плуга

Розстановку корпусів на рамі плуга-розпушувача виконаємо з врахуванням зони деформації ґрунту кожним робочим органом з таким розрахунком, щоб виконати умову уникнення заторів ґрунту та рослинних решток в зоні між стовбами.

Відомо, що найменше забивання аналогічних знаряддя спостерігається при напівкруглій формі профілю поперечного перерізу стійок корпусів плуга. В цьому випадку рослинні рештки внаслідок тертя з ґрунтом легко ковзають з гладкої поверхні фронтальної сторони стовб і корпуса не забиваються. Тому для

розробленого знаряддя приймаємо напівкруглу форму профілю поперечного перерізу стояків робочих органів (рис. 2.5).

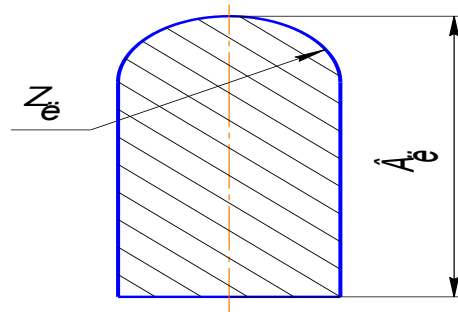


Рис. 2.5 Профіль поперечного перерізу стояків робочих органів.

З метою забезпечення міцності долота корпусу і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхню заточку леза. На рис. 2.6 приведена схема заточки долота. На цій схемі прийняті наступні позначення.

Кут заточки леза i . Він повинен знаходитися в межах $i = 20-22^\circ$ [11]. Приймаємо $i = 20^\circ$.

β_0 – кут різання, він визначає заглиблюючу здатність долота і знаходиться в межах $\beta_0 = 47-52^\circ$.

α – кут кришення ґрунту. Виходячи із потрібної якості рихлення фунту і зниження тягового опору, кут кришення α повинен знаходитися в межах $\alpha = 25-30^\circ$ [11]. Приймаємо $\alpha = 27^\circ$.

Ψ – кут, який характеризує нахил площини сколювання пласта спереду леза. Його значення можна визначити за формулою:

$$\Psi = 90 - \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2}, \quad (2.12)$$

де φ – кут тертя ґрунту по сталі, $\varphi = 25,6^\circ$;

ρ – кут внутрішнього тертя, $\rho = 40^\circ$.

$$\Psi = 90 - \frac{27 + 25 + 40}{2} = 44^\circ .$$

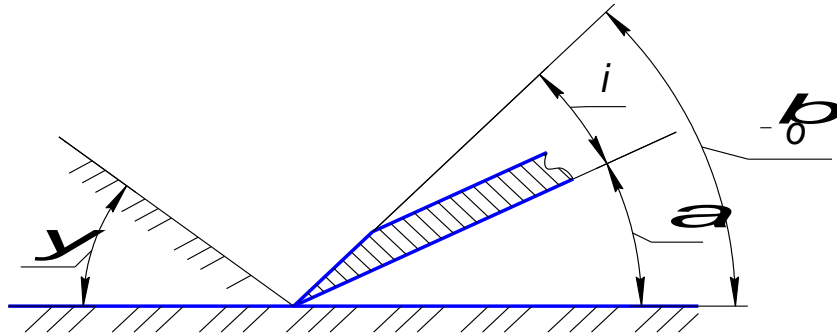


Рис. 2.6 Заточка долота корпуса плуга

Заглиблення в ґрунт робочих органів плуга відбувається під дією його власної маси. Застосування примусового заглиблення в ґрунт робочих органів начіпних знарядь небажано, оскільки це може призвести до виходу їх з ладу.

Скорочення довжини шляху заглиблення робочих органів в ґрунт є важливим фактором, який впливає якість обробітку і має суттєве значення при глибокому рихленні ґрунту.

Відповідно своєму призначенню плуги-розпушувачі працюють на велику глибину, їх робочі органи працюють в ущільненому середовищі. В таких умовах роботи заглиблення робочих органів більш складне, ніж при розпушуванні на невелику глибину.

Сила G_1 (рис. 2.7) визначається за виразом [11]:

$$G_1 = G \cdot \cos(90^\circ - \varepsilon) = G \cdot \sin \varepsilon \quad (2.13)$$

де G – сила ваги плуга, прикладена в центрі мас, кН.

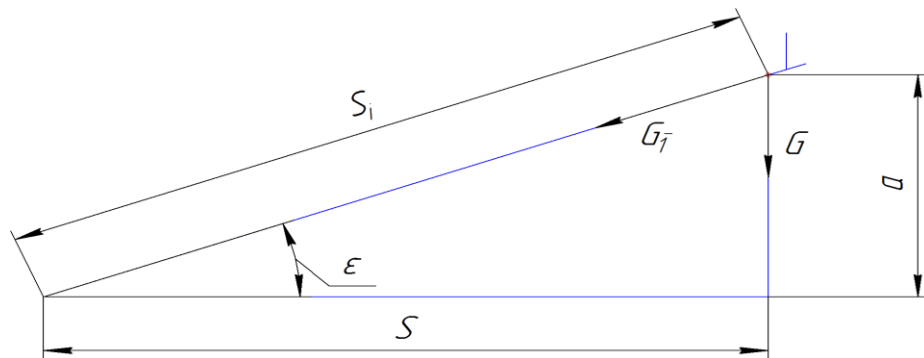


Рис. 2.7 Схема переміщення корпуса плуга при заглибленні на задану глибину обробітку

Сила ваги плуга рівна 12,6 кН.

$\varepsilon = 6^\circ$ – кут траєкторії заглиблення. Робота заглиблення культиватора буде визначатись за формулою

$$W = S_1 G_1. \quad (2.14)$$

Підставивши значення з (3.13), одержимо

$$W = S_1 G \sin \varepsilon \quad (2.15)$$

З іншого боку, роботу W можна визначити з виразу:

$$W = k' abn, \quad (2.16)$$

де k' – коефіцієнт, який виражає втрати енергії на одиницю площі, k'

$= 15 \cdot 10^3 \text{ Дж/м}^2$;

n – кількість робочих органів, $n = 8$;

b – ширина захвату робочого органу, $b = 0,5$ м;

a – глибина обробітку, $a = 0,3$ м.

Вирази (2.15) і (2.16) еквівалентні, тоді

$$S_1 G \sin \varepsilon = k' abn \quad (2.17)$$

З цього рівняння визначимо

$$S_1 = \frac{k' \cdot a \cdot b \cdot n}{G \cdot \sin \varepsilon}. \quad (2.18)$$

$$S_1 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,3 \cdot 0,5 \cdot 8}{12,6 \cdot \sin 6^\circ \cdot 10^3} = 13,7 \text{ м.}$$

Довжину шляху заглиблення S визначимо за теоремою Піфагора

$$S = \sqrt{S_1^2 - a^2} \quad (2.19)$$

$$S = \sqrt{2,4^2 - 0,3^2} = 2,38 \text{ м}$$

Довжину шляху заглиблення плуга L_1 визначаємо по останньому робочому органі (рис. 2.8)

$$L_1 = L + S, \quad (2.20)$$

де L – відстань між носками лап по ходу знаряддя, вона визначається по формулі:

$$L = a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2} + l_0, \quad (2.21)$$

де l_0 – величина, яка визначається конструктивно, $l_0 = 400$ мм.

$$L = 0,3 \cdot \operatorname{tg} \frac{27^\circ + 25^\circ + 40^\circ}{2} + 0,4 = 0,7 \text{ м}$$

$$L_1 = 0,7 + 13,6 = 14,3 \text{ м.}$$

Проведемо розрахунки тягового опору плуга, для чого скористаємося формулою:

$$R_{\text{пл}} = fG + KF_k, \quad (2.22)$$

де f – коефіцієнт опору руху плуга в борозні, $f = 0,4$ [11];

K – коефіцієнт, який характеризує здатність ґрунту чинити опір деформації,

$K = 40$ кН/м² [11];

F_k – площа поперечного перерізу деформованої частини пласта при обробітку ґрунту в шарі до критичної глибини різання, м².

Площа F_k визначається за формулою:

$$F_k = h_k B_k F, \quad (2.23)$$

де F – площа поперечного перерізу незруйнованих гребенів, м.

$$F = (n-1)F_T, \quad (2.24)$$

де F_T – площа гребеня трикутної форми висотою h , м.:

$$F_T = \frac{(M-b)^2}{4} \quad (2.25)$$

$$F_T = \frac{(0,55 - 0,07)^2}{4} = 0,06 \text{ м}^2$$

$$F_1 = (8 - 1) 0,06 = 0,42 \text{ м}^2;$$

$$F_k = 0,35 \cdot 4,0 - 0,42 = 0,98 \text{ м}^2.$$

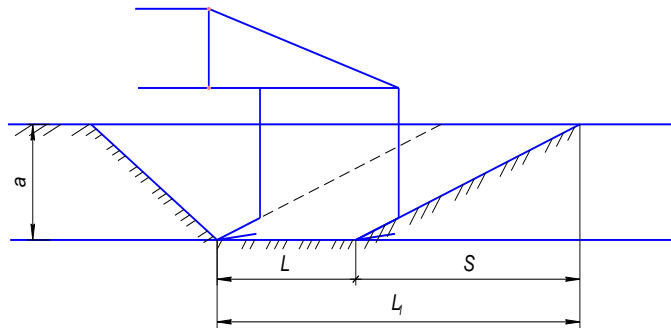


Рис. 2.8 Схема до визначення довжини шляху заглиблення корпусів плуга в ґрунт

Підставивши відповідні значення в (2.22) знайдемо тяговий опір розробленого плуга-розпушувача

$$R_{nl} = 0,4 \cdot 12,6 + 40 \cdot 0,98 \approx 44 \text{ кН}.$$

Визначимо тягову потужність за формулою:

$$N_{nl} = R_{nl} \cdot V_p, \quad (2.26)$$

де V_p – робоча швидкість руху плуга, м/с.

Максимальна швидкість руху для плугів-розпушувачів становить 10 км/год. або 2,8 м/с. Тоді,

$$N_n = 44,0 \cdot 2,8 \approx 123 \text{ кВт}.$$

Коефіцієнт корисної дії плуга визначимо по формулі

$$\eta_n = 1 - \frac{f \cdot G}{R_n}, \quad (2.27)$$

$$\eta_n = 1 - \frac{0,5 \cdot 13}{44} = 0,88.$$

Висоту стояка корпусу плуга (при максимальній глибині ходу корпусу) (рис. 2.9)

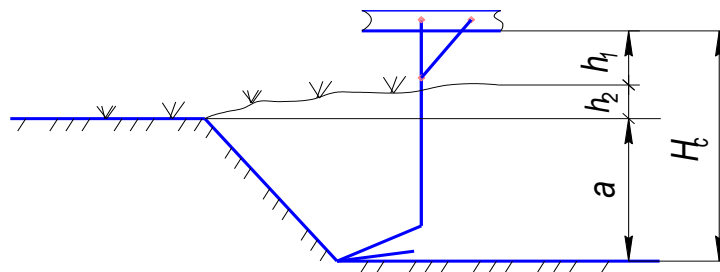


Рис. 2.9 Схема до визначення висоти стійки корпусу

Можна визначити за формулою [11]:

$$H_c = h_1 + h_2 + a, \quad (2.28)$$

де h_1 – мінімальна висота від рами до поверхні розпушеного ґрунту під час роботи культиватора, м;

Для того, щоб рослинні рештки вільно проходили між рамою і поверхнею поля приймаємо $h_1 = 0,3$ м.

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot a. \quad (2.29)$$

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,35 = 0,088 \text{ м.}$$

Звідки,

$$H_c = 0,3 + 0,088 + 0,35 \approx 0,74 \text{ м.}$$

Висновки до розділу 2.

1. З метою забезпечення міцності долота корпуса і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхню заточку леза. Кут загострення леза верхній. Він повинен знаходитися в межах $\alpha = 20-22^\circ$. β_0 – кут різання, він визначає заглиблюючу здатність долота і знаходиться в межах $\beta_0 = 47-52^\circ$. Виходячи із потрібної якості рихлення ґрунту і зниження тягового опору, кут кришіння α приймаємо $\alpha = 27^\circ$; Кут, який характеризує нахил площини сколювання пласта з фронту леза становить $\Psi = 44^\circ$.
2. Визначено тяговий опір розробленого плуга $R_{nl} \approx 44 \text{ кН}$. Розраховано тягову потужність $N_n \approx 123 \text{ кВт}$. Коефіцієнт корисної дії плуга становить $\eta_n = 0,88$.
3. Визначено параметри стійки корпуса плуга щоб рослинні рештки вільно проходили між рамою і поверхнею поля приймаємо $h_1 = 0,3$ м. $h_2 = 0,088$ м. Звідки, $H_c \approx 0,74$ м.

3. РОЗРАХУНОК ЕФЕКТИВНОСТІ ПРИЙНЯТИХ РІШЕНЬ

3.1 Техніко-економічні показники конструкційної розробки

Основним показником економічної ефективності технологічного процесу обробітку ґрунту є підвищення ефективності її виконання з оптимальними затратами праці і технічних засобів при виконанні.

Для визначення економічної ефективності роробки в прівнянні з базовим агрегатом приймемо агрегат, що включає трактор К-703 в поєднанні із чизельним плугом ПЧ-4,5.

Запропонований агрегат складається із трактора John Deer 8340 і розробленого спеціального плуга. Норма виробітку агрегату із запропонованим плугом становить 18,5 га (див. роз. 1 розрахунково-пояснювальної записки). Оскільки тривалість зміни рівна 7 год., то продуктивність агрегату буде становити 2,64 га/год. Питомі витрати палива при оранці зазначеним агрегатом будуть становити $Q = 18$ л/га.

Згідно даних [22] норма виробітку агрегату К-703+ПЧ-4,5 становить 11,9 га, тобто продуктивність базового агрегату становить 1,7 га/год. при витратах палива $Q = 20$ л/га.

Балансова вартість трактора К-703 становить 404800 грн. Нормативне річне завантаження трактора –1350 год. Норма відрахувань на: реновацію - 10 %, капітальний ремонт – 7, поточний ремонт і ТО – 6 %.

Вартість балансова плуга ПЧ-4,5 становить 160000 грн., нормативне річне завантаження 480 год. Норма відрахувань на: реновацію-14,4 %, поточний ремонт і ТО – 20 %. Маса плуга - 2000 кг.

При визначені вартості запропонованого плуга приймемо до уваги наступне. За складністю виготовлення і в конструктивному плані розроблена машина аналогічно чизельним плугам. Маса запропонованого плуга-розпушувача становить 1280 кг (див. графічну частину роботи). Тоді, його вартість буде становити $\frac{160000}{2000}1280 = 102400$ грн.

Вихідні дані для проведення економічних розрахунків доцільності розробки запропонованого плуга-розпушувача зведемо в табл. 3.1.

Таблиця 3.1.

Вихідні дані до розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий агрегат	Новий агрегат
Продуктивність, га/год	1,7	2,64
Питомі витрати палива, кг/га	20,0	18,0
Вартість плуга, грн.	160000	102400

Затрати праці на визначимо за формулою:

$$z_n = \frac{M}{W_2}, \quad (3.1)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

W_2 – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Базовий і новий агрегат обслуговує один оператор.

Тоді, отримаємо:

плугом ПЧ-4,5

$$z_{п.б} = \frac{1}{1,7} = 0,59 \text{ люд.-год./га,}$$

Розробленим плугом

$$z_{п.м} = \frac{1}{2,64} = 0,38 \text{ люд.-год./га.}$$

Зниження затрат праці при використанні модернізованого агрегату 0,21 люд.-год./га.

Питомі прямі експлуатаційні витрати на визначимо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{пмм}, \quad (3.2)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн./га;

C_a – амортизаційні відрахування, грн./га;

C_p – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн./га;

$C_{\text{пмм}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн./га.

Оплату праці можна визначити за формулою:

$$C_o = \frac{T}{H}, \quad (3.3)$$

де T – оплата праці за норму виробітку, грн.;

H - норма виробітку, га.

Оплата праці механізаторів, які працюють на оранці здійснюють як для трактористів-машиністів третьої групи по 6 розряду тарифної сітки із розрахунку 380,8 грн. за норму виробітку.

Тоді, витрати на оплату праці становлять:

при оранці плугом ПЧ-2,5

$$C_{ob} = \frac{380,8}{11,9} = 32 \text{ грн/га.},$$

плугом-розпушувачем

$$C_{om} = \frac{380,8}{18,5} = 21,0 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на реновацію машини в агрегаті C_{pa} грн./га визначається за формулою:

$$C_{pa} = \frac{\alpha_{\text{т}} \cdot B_{\text{т}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{т}}} + \frac{\alpha_{\text{м}} \cdot B_{\text{м}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{м}}}, \quad (3.4)$$

де $\alpha_{\text{т}}$ і $\alpha_{\text{м}}$ – норма річних відрахувань на реновацію від балансової вартості відповідно трактора і машини %;

$B_{\text{т}}$ і $B_{\text{м}}$ – балансова вартість відповідно трактора і машини, грн.;

W - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу, га;

$t_{\text{т}}$ і $t_{\text{м}}$ – нормативне річне завантаження відповідно трактора і плуга, год.

Тоді, відрахування на реновацію складають для базового і нового агрегату:

$$(C_{pa})^{\delta} = \frac{10 \cdot 204800}{100 \cdot 1,7 \cdot 1350} + \frac{14,4 \cdot 160000}{100 \cdot 1,7 \cdot 480} = 110,74 \text{ грн./га,}$$

$$(C_{pa})^H = \frac{1,5 \cdot 2004800}{100 \cdot 2,64 \cdot 1350} + \frac{14,4 \cdot 20480}{100 \cdot 2,64 \cdot 480} = 80,07 \text{ грн./га.}$$

Відрахування на капітальний і поточний ремонт, а також технічне обслуговування, $C_{кто}$ грн./га обчислюється за формулою:

$$C_{кто} = \frac{\alpha_{кр} \cdot B_T}{100 \cdot W \cdot t_T} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_f \cdot B_T}{t_T} + \frac{\alpha_M \cdot B_M}{t_M} \right), \quad (3.5)$$

де $\alpha_{кр}$ – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора, %;

α_f і α_M – норма річних відрахувань на поточний ремонт від балансової вартості відповідно трактора і робочої машини, %;

Відрахування на капітальний і поточний ремонт і технічне обслуговування становить:

$$(C_{кто})^6 = \frac{7 \cdot 204800}{100 \cdot 1,7 \cdot 1350} + \frac{1}{100 \cdot 1,7} \cdot \left(\frac{6 \cdot 204800}{1350} + \frac{20 \cdot 160000}{480} \right) = 150,53 \text{ грн./га,}$$

$$(C_{кто})^H = \frac{1,7 \cdot 2004800}{100 \cdot 2,64 \cdot 1350} + \frac{1}{100 \cdot 2,64} \cdot \left(\frac{1,6 \cdot 2004800}{1350} + \frac{20 \cdot 20160}{480} \right) = 100,65 \text{ грн./га.}$$

Витрати на паливо і мастильні матеріали:

$$C_{пмм} = Q \times Ц_k, \quad (3.6)$$

де Q – витрати палива, кг/га;

$Ц_k$ – комплексна ціна палива, грн/л.

Комплексна ціна включає витрати на основне і пускове паливо, а також на мастильні матеріали. Норми витрат мастильних матеріалів в % до основного палива для зернозбиральних комбайнів становлять: дизельне мастило – 5 %; автотракторне мастило – 3,7 %; солідол – 0,5 %; трансмісійне мастило – 0,8 %.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьгоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 20,0 грн./л. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть дорівнювати:

при роботі ПЧ-4,5

$$C_{пмм.6} = 20,0 \times 40,0 = 800,0 \text{ грн./га,}$$

при оранці запропонованим плугом

$$C_{\text{ПММ.М}} = 18,0 \times 40,0 = 720,0 \text{ грн./га.}$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати при оранці становлять:

плугом ПЧ-4,5

$$C_{\text{б}} = 32 + 110,74 + 150,53 + 800,0 = 1093,27 \text{ грн./га,}$$

плугом-розпушувачем

$$C_{\text{м}} = 21,0 + 80,07 + 100,65 + 720,0 = 921,72 \text{ грн./га.}$$

Економія питомих експлуатаційних витрат при впровадженні плуга-розпушувача у виробництво буде становити:

$$E_{\text{ев}} = C_{\text{б}} - C_{\text{м}} = 1093,27 - 921,72 = 171,55 \text{ грн./га.}$$

При використанні плуга розпушувача плуга на площі, яка відповідає нормативному річному завантаженні плуга, визначити яку можна наступним чином:

$$F = Wt_{\text{м}} = 2,64 \cdot 480 = 1260 \text{ га}$$

Річний економічний ефект від економії експлуатаційних витрат буде становити

$$E = E_{\text{ев}} \cdot F = 171,55 \cdot 1260 \approx 216153 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності витрат на модернізацію спеціального плуга:

$$T_{\text{ок}} = B/E_{\text{р}}, \quad (3.7)$$

де $T_{\text{ок}}$ – термін окупності витрат.

$$T_{\text{ок}} = 21613/102400 \approx 2,11 \text{ років.}$$

Результати розрахунку економічної ефективності від використання плуга-розпушувача зведемо в табл. 3.2.

Таблиця 3.2

Економічні показники проекту

Назва показників	Агрегат	
	К-701 + ПЧ-2,5	К-701 + плуг-розпушувач
1. Балансова вартість плуга, грн.	160000	120400
2. Продуктивність, га/год.	1,70	2,64
3. Затрати праці, люд.-год./га	0,59	0,38
4. Прямі експлуатаційні витрати, грн./га:	1093,27	921,74
в тому числі:		
відрахування на реновацію	110,74	80,07
оплата праці	32,6	21,0
витрати на ПММ	800,0	720,0
відрахування на ремонти і ТО	150,53	100,65
5. Річний економічний ефект, грн.		216153
6. Строк окупності витрат на переобладнання плуга, років		2,11

Висновки до розділу 3. Таким чином, при використанні запропонованого плуга спеціального на площі, яка відповідає нормативному річному завантаженні дозволить одержати річний економічний ефект в сумі 216153 грн. Затрати на переобладнання плуга окупляться протягом двох років експлуатації.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Провівши розрахунки запропонованого модернізованого агрегату встановлено: швидкісні режими роботи агрегату з врахуванням агротехнічних вимог. Питомий опір плуга знаходиться в межах 48...50 кН, а інтервал робочих швидкостей становити 7-9 км / год.
2. Визначено норму виробітку агрегату, що становить $H = 18,5 \text{га} / \text{зм}$. Розраховано параметри ширина поворотної смуги, повинна бути кратною ширині захвату агрегату, тобто $E = 48 \text{м}$ і більшою за мінімальну ширину поворотної смуги $E_{\min} = 44 \text{м}$.
3. З метою забезпечення міцності долота корпуса і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхню заточку леза. Кут загострення леза верхній в межах $i = 20-22^\circ$, β_0 – кут різання, повинен знаходитися в межах $\beta_0 = 47-52^\circ$; кут кришіння α приймаємо $\alpha = 27^\circ$; нахил площини сколювання пласта з фронту леза становить $\Psi = 44^\circ$.
4. Визначено тяговий опір розробленого плуга $R_{nl} \approx 44 \text{кН}$. Розраховано тягову потужність $N_n \approx 123 \text{кВт}$. Визначено параметри стійки корпуса плуга щоб рослинні рештки вільно проходили між рамою і поверхнею поля приймаємо $h_1 = 0,3 \text{ м}$, $h_2 = 0,088 \text{ м}$. Звідки, $H_c \approx 0,74 \text{ м}$. Коефіцієнт корисної дії плуга становить $\eta_n = 0,88$.
5. Спеціальний плуг на площі, яка відповідає нормативному річному навантаженні дозволить отримати економічний ефект в сумі 216153 грн. з терміном окупності затрат 2 роки.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Українська ц. р. енциклопедія у 3-х томах - Київ, 1963р.
2. «Довідник сільського інженера», за редакцією В.Д. Гречкосія- Київ, «Урожай», 1988р.
3. «Теорія, конструкція та розрахунок с.-г. машин», під редакцією Е. С. Босого- М.: «Машинобудування», 1978р.
4. «Сільськогосподарські та меліоративні машини» - Н. І. Кльонін, М.: «Колос» 1980р.
5. «Сільськогосподарські машини» за редакцією Г. Є. Листопада – М.: «Агропромиздат», 1986г.
6. «Сільськогосподарські машини» -А. Н. Карієнко, М. «Агропром.» 1989р.
8. «Сільськогосподарські машини» – Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк, К: “Урожай” 1994р.
9. «Інтенсивні технології вирощування с.-г. культур» за редакцією Г. В. Коренєва, К: ВО «Агропром.», 1988р.
10. «Проектування навісних плугів», А. А. Клазєв, К:, 1975р.
11. «Основи теорії та технологічного розрахунку ґрунтообробних знарядь», А.А. Клазєв, , К:., 1978р.
12. «Машиновикористання у землеробстві» -В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний , К:., “Урожай”, 1996р.
13. «Записник інженера с.г. виробництва» за редакцією М. П. Кононенка, Київ: «Урожай», 1987р.
14. Інтенсифікація технологій вирощування кукурудзи на зерно – гарантія стабілізації урожайності на рівні 90-100 ц/га: практичні рекомендації/ Державна установа Інститут сільського господарства степової зони. - Дніпропетровськ, 2012. - 88 с.
15. Маслак О. Підсумки року / О. Маслак // Пропозиція. - 2013. - №12. - С. 34-37.

ДОДАТКИ