

**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

ЗАПОЛЬСЬКИЙ АРТЕМ АНАТОЛІЙОВИЧ

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ КОМБІНОВАНОГО
КУЛЬТИВАТОРА**

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

_____ А. А. Запольський

Керівник роботи

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2023

АНОТАЦІЯ

Запольський Артем Анатолійович. Удосконалення технічного процесу поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією комбінованого культиватора. – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

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

У кваліфікаційній роботі представлено розробку сучасного технологічного процесу поверхневого обробітку модернізованою машиною з комбінованими робочими органами для суцільної культивації та підготовкою ґрунту до сівби.

Проведено технічні розрахунки технологічного процесу поверхневого обробітку, з детальною розробкою операційної технології культивації та встановлено його техніко-експлуатаційні параметри. Обґрунтовано режими роботи агрегату, обрано діапазон робочих швидкостей, згідно агротехнічних вимог до операції. Визначено продуктивність при експлуатації машини та встановлено техніко-економічні показники роботи.

В процесі модернізації машини для поверхневого обробітку обґрунтовано конструкційно - технологічну схему ґрунтообробного знаряддя. Проведено розрахунок робочих органів машини, виконано вибір та розрахунок надійності підшипників кочення подрібнювального котка. Здійснено розрахунок на міцність елементів конструкції культиватора.

При техніко-економічній оцінці показників ефективності виконання поверхневого обробітку ґрунту, доведено економічну ефективність використання запропонованих в роботі інженерних рішень.

Ключові слова: комбінований агрегат, поверхневий обробіток, знаряддя, продуктивність, показники роботи.

ABSTRACT

Zapolskyi Artem. Improvement of the technical process of surface tillage with modernization of the combined cultivator. - Qualification work on manuscript rights.

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

The qualification work presents the development of a modern technological process of surface treatment with a modernized machine with combined working bodies for continuous cultivation and soil preparation for sowing.

Technical calculations of the technological process of surface treatment were carried out, with a detailed development of the operational technology of cultivation, and its technical and operational parameters were established. The operating modes of the unit are substantiated, the range of operating speeds is selected, according to the agro technical requirements for the operation. Productivity during operation of the machine was determined and technical and economic indicators of work were established. In the process of modernization of the machine for surface treatment, the structural and technological scheme of the tillage tool was substantiated.

The calculation of the working parts of the machine was carried out, the selection and calculation of the reliability of rolling bearings of the grinding roller was carried out. Calculation of the strength of the elements of the cultivator design was carried out.

During the technical and economic assessment of the indicators of the performance of the surface tillage, the economic efficiency of the use of the engineering solutions proposed in the work was proven.

Key words: combined unit, surface treatment, tools, productivity, performance indicators.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
1.1. Складання операційної карти на виконання поверхневого обробітку ґрунту	7
1.2. Обґрунтування режимів роботи агрегату	9
Висновки до розділу 1.....	13
2. МОДЕРНІЗАЦІЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
2.1. Обґрунтування конструкційно - технологічної схеми модернізованого агрегату.....	15
2.2. Розрахунок робочих органів.....	17
2.3. Розрахунок надійності підшипникових вузлів котка.....	20
2.4. Розрахунок на міцність різьбового з'єднання котка.....	22
3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ПОВЕРХНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	
3.1. Розрахунок питомих експлуатаційних показників роботи МТА.....	24
Висновки до розділу 3.....	26
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	27
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	28
ДОДАТКИ.....	30

ВСТУП

Актуальність теми. Важливим чинником, який спонукає до вдосконалення техніко-технологічного забезпечення аграрного виробництва в господарствах, є потреба в зниженні собівартості та підвищенні рентабельності вирощеної продукції шляхом застосування енергозберігаючих технологій та технічних засобів. Зважаючи на значну частку затрат у технологіях вирощування різних культур на обробіток ґрунту, зокрема підготовку ґрунту до сівби, господарствам необхідно застосовувати сучасні високопродуктивні комбіновані агрегати, здатні за один прохід якісно виконати передпосівний обробіток.

Комбіновані машини, в яких послідовно розміщені різні за призначенням робочі органи чи секції робочих органів, характеризуються низькими сумарними енерговитратами, мінімальним ущільненням ґрунту рушіями енергозасобів, високою якістю передпосівного обробітку ґрунту. Для виконання конкретних технологічних операцій під певну культуру в заданій природно-кліматичних умовах, можна застосовувати робочі органи комбінованих машин в певній технологічній послідовності в потрібному поєднанні [13].

Тому **метою роботи** є модернізація технологічних показників процесу поверхневого обробітку, шляхом удосконалення комбінованого ґрунтообробного знаряддя.

Завдання роботи є:

- виконати аналіз конструкційних параметрів аналогічних машин;
- обґрунтувати експлуатаційні та конструкційні параметри удосконаленої машини;
- розробити операційно- технологічну карту поверхневого обробітку даним знаряддям.

Об'єктом удосконалення є - технологічний процес поверхневого обробітку ріллі.

Предметом розробки являється – взаємозв’язок між конструктивними та технічними показниками роботи машини.

Методи, які застосовувались при виконанні. Розрахунки виконувались із використанням способів механіко-технологічного та математичного моделювання, основ деталей машин і механізмів, числові способи рішення задач.

Перелік публікацій автора за темою роботи:

1. Запольський А. А. Компонування машинно-тракторних агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту / А. А. Запольський, М. Л. Заєць // Зб. тез доп. наук.-практ. конф. I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 18 січня 2023 р. Житомир: Поліський національний університет, 2023. С. 43-47.
2. Заєць М. Л. Обґрунтування конструкційно-технологічної схеми комбінованого ґрунтообробного агрегату / М. Л. Заєць, А. А. Запольський // Зб. Тез IX Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 5 квітня 2023 р. Житомир: ЖАТК, 2023. С.16-20.

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 21 найменування. Загальний обсяг роботи становить 30 сторінок комп’ютерного тексту, 4 рисунків та 3 таблиці.

1. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ПРОЦЕСУ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

1.1. Складання операційної карти на виконання поверхневого обробітку ґрунту

Операційно-технологічна карта розробляється на кожну виконувану механізовану роботу. Вона включає в себе наступні основні розділи: агротехнічні вимоги до роботи, обґрунтування складу і режимів роботи агрегату, порядок підготовки агрегату до роботи, порядок підготовки поля і робота агрегатів в заґінці, розрахунок показників використання МТА, контроль якості виконуваної сільськогосподарської роботи, заходи по охороні праці [9,18,21,29].

1. Основні вихідні дані, які необхідно для розрахунків та розробки операційної карти:

- вид роботи – поверхневий обробіток;
- склад агрегату: трактор ХТЗ-243К + вдосконалений машина;
- рельєф місцевості – 3%;
- питомий опір машини, кН/м – 3,4;
- допустима швидкість, км/год – 5-12;
- маса трактора – 7600 кг;
- маса машини – 2500 кг.

2. Агротехнічні вимоги до передпосівного обробітку ґрунту для сівби озимої пшениці [4,11,21] наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1.

Агротехнічні вимоги до поверхневого обробітку ґрунту

Показник	Значення показника
Робоча швидкість руху, км/год	від 5 до 12
Глибина обробітку ґрунту, см	до 12
Відхилення від заданої глибини обробітку, см	не більше 1
Перекриття суміжних проходів агрегату, см	10-15
Висота гребенів, см	не більше 3
Підрізання бур'янів, %	100
Кількість грудок діаметром понад 30 мм, % не більше	80
Наявність грудок розміром більше 50мм	не допускається

Під час передпосівної підготовки ґрунту під сівбу озимої пшениці, крім загальних агротехнічних вимог до передпосівного обробітку ґрунту, необхідно брати до уваги фізично-біологічні особливості насіння – вибагливість до кількості вологи, тепла, світла і поживних речовин; залежність рівномірності розвитку від пошарового агрегатного стану ґрунту. Для озимої пшениці характерні певні вимоги до насінневого ложа – ущільненість ґрунту на глибині залягання насіння; оптимальний однорідний структурно-агрегатний стан підложевого шару; достатнє мульчування поверхневого шару ґрунту для закриття насіння, але запобігання утворенню ерозійно – небезпечних частинок; вирівняність поверхні поля, що має велике значення не тільки для однорідності сходів, а й для збирання [19].

1.2. Обґрунтування режимів роботи агрегату

У діапазоні гранично допустимих швидкостей роботи V_p у трактора ХТЗ-243К відповідає 4 робочі передачі: з першої по четверту із відповідним тяговим зусиллям (табл. 1.2).

Тяговий опір агрегату для всіх передач [4] визначаємо за формулою:

$$R_a = K \cdot B_p + G_M \left(\lambda \cdot f_M + \frac{i}{100} \right) \quad (1.1)$$

де K – питомий опір агрегату, кН/м;

B_p – ширина захвату машини, м;

G_M – експлуатаційна вага агрегату, кН;

f_M – коефіцієнт опору кочення трактора;

i – коефіцієнт нахилу, %

λ – коефіцієнт, що характеризує довантаження трактора.

Таблиця 1.2

Дані тягової характеристики трактора [4] ХТЗ-243К

Передача	V_p , км/год	$N_{гак}$, кН
1	8,53	35,00
2	10,08	33,20
3	11,40	28,40
4	13,38	23,60

Уточнюємо K для кожної із передач по формулі: [4]

$$K = K_0 \left[1 + \frac{\Delta C}{100} (V_p - V_0) \right] \quad (1.2)$$

де ΔC – темп нарощування питомого опору в залежності від швидкості, %;
 V_p – фактична швидкість руху, км/год.

$$K_1 = 3,4 \left[1 + \frac{2}{100} (8,53 - 5) \right] = 3,64 \text{кН / м},$$

$$K_2 = 3,4 \left[1 + \frac{2}{100} (10,08 - 5) \right] = 3,75 \text{кН / м},$$

$$K_3 = 3,4 \left[1 + \frac{2}{100} (11,4 - 5) \right] = 3,83 \text{кН / м},$$

$$K_4 = 3,4 \left[1 + \frac{2}{100} (13,38 - 5) \right] = 3,97 \text{кН / м}.$$

Тоді опір для кожної передачі становитиме

$$R_{a.1} = 3,64 \cdot 4,0 + 2,5 \left(1,1 \cdot 0,17 + \frac{3}{100} \right) = 15,1 \text{кН};$$

$$R_{a.2} = 3,75 \cdot 4,0 + 2,5 \left(1,1 \cdot 0,17 + \frac{3}{100} \right) = 15,5 \text{кН};$$

$$R_{a.3} = 3,83 \cdot 4,0 + 2,5 \left(1,1 \cdot 0,17 + \frac{3}{100} \right) = 15,9 \text{кН};$$

$$R_{a.4} = 3,83 \cdot 4,0 + 2,5 \left(1,1 \cdot 0,17 + \frac{3}{100} \right) = 16,4 \text{кН}.$$

Розраховуємо коефіцієнт використання сили тяги трактора за формулою[11]

$$\psi_p = \frac{R_a}{N_{зак} - G_{mp} \cdot \frac{i}{100}} \quad (1.3)$$

для кожної передачі

$$\psi_{p1} = \frac{15,1}{35,0 - 76,0 \cdot 0,01} = 0,44;$$

$$\psi_{p2} = \frac{15,5}{33,2 - 76,0 \cdot 0,01} = 0,48;$$

$$\psi_{p3} = \frac{15,9}{28,4 - 76,0 \cdot 0,01} = 0,58;$$

$$\psi_{p4} = \frac{16,4}{23,6 - 76,0 \cdot 0,01} = 0,72.$$

Таким чином, визначили, що агрегат ефективно зможе працювати на четвертій передачі, а на нижчих передачах ефективність використання значно зменшується.

Отже, так як ефективність такого машино-тракторного агрегату складає 0,72, ми можемо рекомендувати використовувати трактор нижчого тягового класу, що дозволить підняти ефективність та знизити питомі операційні витрати.

Фактична робоча швидкість буде[4]

$$V_p = V_m \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100}\right); \quad (1.4)$$

де V_m – теоретична швидкість, км/год;

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 6...20\%$ для колісних тракторів; приймаємо $\delta = 15\%$). [11]

Тоді

$$V_p = 13,38 (1 - 0,15) = 11,4 \text{ км/год.}$$

Отже, обраний режим роботи є допустимим з точки зору можливої агротехнічної швидкості виконання операції.

Визначаємо змінну продуктивність агрегату за формулою: [4]

$$W_{зм} = 0,1B_p \cdot V_p \cdot T_p \text{ га/зм.} \quad (1.4)$$

де B_p – робоча ширина захвату машини, м;

T_p – робочий час зміни.

Робочу ширину захвату машини визначають за формулою: [4]

$$B_p = B_k \cdot \beta \quad (1.5)$$

де B_k – конструктивна ширина захвату машини, м ($B_k = 4\text{м}$);

β – коефіцієнт використання конструктивної ширини машини (для машин поверхневого ороброїтку $\beta = 0,99$) [4]

Тоді робоча ширина захвату буде

$$B_p = 4 \cdot 0,99 = 3,96\text{м.}$$

Робочий час зміни визначають за формулою: [4]

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (1.6)$$

де $T_{зм}$ – тривалість зміни ($T_{зм} = 7\text{год.}$);

τ – коефіцієнт використання часу зміни ($\tau = 0,75$).

Отже,

$$T_p = 7 \cdot 0,75 = 5,25 \text{ год.}$$

Підставивши отримані значення в формулу (1.4) отримаємо:

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 3,96 \cdot 11,4 \cdot 5,25 = 23,7 \text{ га / зм.}$$

Розрахуємо витрату пального на одиницю роботи 1 га, кг/га[4]

$$Q_{га} = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_x \cdot T_x + Q_з \cdot T_з}{W_{зм}}, \quad (1.7)$$

де Q_p , Q_x , $Q_з$ – годинна витрата палива при виконанні роботи, холостому русі, на зупинках з працюючим двигуном [4];

T_p , T_x , $T_з$ – час роботи, холостих рухів, зупинок, год.

Час роботи, холостих рухів, зупинок визначають за формулою: [4]

$$T_x = T_з = \frac{T_{зм} - T_p}{2}; \quad (1.8)$$

Отже,

$$T_x = T_з = \frac{7 - 5,25}{2} = 0,875 \text{ год.}$$

Підставивши отримані значення в формулу (1.7) отримаємо:

$$Q_{га} = \frac{30,0 \cdot 5,25 + 17,5 \cdot 0,875 + 4,1 \cdot 0,875}{23,7} = 7,44 \text{ кг / га}$$

Отримані параметри значень свідчать про ефективність застосування модернізованого агрегату для поверхневого оробітку ґрунту.

6. Порядок підготовки агрегату до роботи: [11]

а) Трактор, який призначається до роботи з агрегатом, повинен бути технічно справним, його параметри повинні відповідати паспортним даним.

б) Трактор повинен бути укомплектований поздовжніми тягами, повітря в шинах трактора повинно відповідати умовам роботи.

в) Для агрегування з трактором необхідно цапфи причіпного пристрою комбінатора вставити в отвори кульових головок нижніх тяг і зафіксувати їх штифтами.

г) Підготовка агрегату до роботи:

– перевести машину із транспортного в робоче положення, під'єднати РВТ до гідросистеми трактора;

– провести регулювання котків, вирівнювачів та розпушуючих лап на задану глибину обробітку.

д) Рациональний режим роботи агрегату визначається для заданої глибини обробітку і встановленому значенню питомого опору, що вибирає передачу трактора.

7. Контроль якості обробітку ґрунту перевіряють по показниках стану поверхневого шару ґрунту (табл. 1.3),.

Таблиця 1.3.

Контроль і оцінка якості обробітку ґрунту

Показники	Градація нормативів	Бали	Спосіб визначення
Наявність грудок більше 50 мм	відсутні	2	Просіюванням і заміром лінійкою
	є	0	
Знищення бур'янів	відсутні	2	Візуально, оглядом поля по діагоналі
	є	0	
Гребенистість поверхні ґрунту, см	до 3	2	Заміром при допомозі лінійки
	більше 3	0	
Огріхи	відсутні	1	Візуально

2. МОДЕРНІЗАЦІЯ АГРЕГАТУ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

2.1. Обґрунтування конструкційно - технологічної схеми модернізованого агрегату

За прототип модернізації уло обрано комінований культиватор для суцільного обробітку "Compactor-4.0" фірми Лемкен (Німеччина), який застосовується для передпосівного поверхневої підготовки ґрунту після проведеного основного обробітку з щільністю від 1,3 до 1,7 г/см³ і вологістю в межах 15 % до 20 % на площах з коефіцієнтом нахилу в діапазоні $i = 0,01 \dots 0,05$.

Комбінований агрегат складається з несучої балки зі штангами, на яких шарнірно кріпляться дві секції з робочими органами.

Кожна секція (рис. 2.1) складається із переднього пруткового котка з ножовою планкою, двох рядів стрілочатих лап на жорсткій стовбі, заднього пруткового котка з ножовою планкою, котка кокільного типу. Секція обладнана механізмом регулювання глибини ходу стрілочатих лап.

Слідорозпушувачі представляють собою стрілочаті лапи, які закріплені на стійках. Стійки слідорозпушувачів встановлені на спеціальних кронштейнах, які мають отвори для регулювання глибини ходу лапи.

Конструкційна схема машини для поверхневого передпосівного обробітку ґрунту визначається кількістю і порядком виконання робочих процесів, які можна виділити у чіткій технологічній послідовності – подрібнення грудок, ущільнення ґрунту, вирівнювання поверхні, кришення, розпушування і перемішування ґрунту на задану глибину, повторне вирівнювання, формування насінневого ложа.

З метою забезпечення постійної глибини обробки, що висуватися АТВ до сільськогосподарських культур, зокрема, до зернових та технічних, основною умовою є вирівнювання поверхні, подрібнення та розпушування склепін та

грудкоутворень. Створити дані умови можливо, за умови компоновки відповідних типів робочих органів, а також встановленням їх у відповідній послідовності, в залежності від необхідної інтенсивності подрібнення та розпушіння ґрунту. Обовязковою умовою якісного поверхневого обробітку застосування кільцево-планчастого котка вирівнювача. Задовільнити умову стійкого руху машини на задану глибину обробітку, виникає потреба встановити коток в передні частині агрегату з метою обмеження та першого етапу подрібнення. Як правило фронтальний коток встановлюють з послідуоччим шлейф-вирівнювачем, що створює ефективні умови роботи пружних розпушуючих лап, як запропоновано на базовому агрегаті.

Наступний коток в технологічній схемі, забезпечує ущільнення та формування ложа для сівби насіння із забезпеченням рівномірного укладання. В аналогоговому зразку д коток кроскільного типу, який рекомендується змінити на прутковий. Ану проблему вирішує блок тандемних котків кроскільного типу.

В процесі модернізації конструкції ґрунтообробного культиватора отримали наступну технологічну схему машини з комбінованої компоновки для поверхневого суцільного обробітку ґрунту "Compactor-4.0M", зображеного на (рис. 2.1).

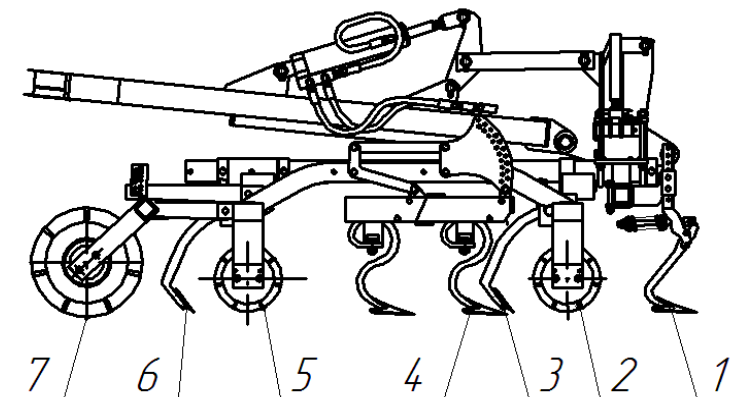


Рис. 2.1. Схема запропонованого комбінованого агрегату "Compactor-4.0M"

1 – розрихлювачі слідів трактора; 2 – коток фронтальний планчастий; 3 – шлейф-вирівнювач передній; 4 – два ряди S-подібних лап; 5 - коток задній планчастий; 6 –шлейф-вирівнювач задній; 7 – коток кроскільного типу.

2.2. Розрахунок робочих органів

У зв'язку із тим, що розпушуючі лапи на S – подібній пружній стовбі випускаються серійно різними виробниками, нам достатньо визначити приєднувальні розміри лап та розрахувати конструкційні розміри наконечників.

Оскільки в запропонованому агрегаті застосовується два ряди розпушуючих лап на жорсткій стовбі, то, зберігаючи компоновочну схему та забезпечуючи взаємозамінність, застосовуємо також два ряди лап.

В основі розрахунку розміщення лап на пружній стовбі на рамі закладено принцип створення достатньої ширини деформації b_1 лапою ґрунту, яка визначається із залежності [16]

$$b_1 = b + \frac{2\alpha \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\cos(\varphi + \alpha)}, \quad (2.1)$$

де b - ширина захвату долота лапи, мм;

α - кут входження лапи в ґрунт, град;

φ - кут тертя, град;

$\frac{\theta}{2}$ - кут розкриття зони деформації, град.

Рекомендується під час розрахунків приймати $\varphi = 20^\circ$ і $\theta = 60^\circ$ [21].

Кут входження лапи в ґрунт приймаємо $\alpha = 15^\circ$. Так само, на основі конструкційних рішень, приймаємо ширину захвату лапи $b = 120$ мм.

Підставивши дані в формулу (2.1),
отримаємо

$$b_1 = 120 + \frac{2 \cdot 12 \cdot \operatorname{tg} \frac{60}{2}}{\cos(20 + 15)} = 145 \text{ мм.}$$

Для забезпечення суцільного обробітку необхідно, щоб відстань A між лапами в рядах відповідала умові [21]

$$2b_1 \geq A \geq b_1. \quad (2.2)$$

Тому

$$290 \text{ мм} \geq A \geq 145 \text{ мм.}$$

Оскільки в базовій машині "Компактор-4,0" встановлено $n = 16$ лап у два ряди, то відстань між лапами

$$A_{\sigma} = \frac{B}{n}, \quad (2.3)$$

де $B = 4000 \text{ мм}$ – ширина захвату машини.

Тому

$$A_{\sigma} = \frac{4000}{16} = 250 \text{ мм.}$$

Так як $2b_1 \geq A_{\sigma} \geq b_1$, то приймаємо $A = A_{\sigma} = 250 \text{ мм.}$

Для інших конструкційних параметрів вібраційно-розпушуючих лап також зберігаємо базові компонування машини та використовуємо загальноприйняті конструкційні рішення.

Розрахунок параметрів пруткового котка насінневого ложа котка будемо проводити також на основі загальних рекомендацій та із умови забезпечення глибини обробітку – глибини розміщення насінневого ложа.

Діаметр котка D визначається із наступної залежності [21]

$$D = \sqrt{\frac{G_r}{B \cdot \mu^3 \cdot g}}, \quad (2.4)$$

де μ – коефіцієнт опору кочення, $\mu = 0,2$ [21];

g – коефіцієнт твердості ґрунту. Після основного обробітку ґрунту рекомендується [21] $g = 2 \dots 4$ Н/см³. Приймаємо $g = 3$ Н/см³.

G_r – розподілена вага на вісь котка, Н.

оскільки в агрегаті встановлено три ряди котків, то приймемо, що на всі три осі маса машини розподілиться рівномірно. [21]

Тоді

$$G_r = K_d K_j \frac{G_M}{3}, \quad (2.5)$$

де K_d - коефіцієнт, що визначає динамічні навантаження, приймемо $K_d = 1,5$; [4]

K_j – коефіцієнт, що враховує вплив розподілу ваги інших робочих органів, $K_j \leq 1$, в нашому випадку $K_j = 0,7$; [3]

G_M – вага агрегату, $G_M = 25000$ Н.

Після чого

$$G_r = \frac{1,5 \cdot 0,7 \cdot 25000}{3} = 11250 \text{ Н.}$$

Підставимо значення в (2.4)

$$D = \sqrt{\frac{11250}{400 \cdot 0,2^3 \cdot 3}} = 34,2 \text{ см}$$

За аналогією із кокільним котком, з метою уніфікації і взаємозамінності, приймаємо середній діаметр робочих поверхонь котка $D = 380$ мм.

За визначеним діаметром котка можна встановити глибину обробітку котком за формулою [21]

$$h = 1,5 \sqrt[3]{\frac{Gr^2}{B^2 \cdot g^2 \cdot D}} \quad (2.6)$$

отримаємо

$$h = 1,5 \sqrt[3]{\frac{11250^2}{400^2 \cdot 0,2^2 \cdot 38}} = 5,92 \text{ см}$$

Таким чином, встановлено, що при визначених параметрах котка насіннєве ложе буде формуватися на глибині до 6 см, що задовольняє агротехнічні вимоги до передпосівного ґрунту під сівбу зернових культур, особливо на легких ґрунтах.

2.3. Розрахунок надійності підшипникових вузлів котка

Розрахунок довговічності підшипників проводиться в залежності від навантаження та умов роботи [3]. Номінальна довговічність радіального кулькового підшипника від кількості обертів визначається із залежності:

$$L = \left(\frac{C}{P}\right)^p, \quad (2.7)$$

де C – динамічна вантажопідйомність, кН;
 P – еквівалентне динамічне навантаження, кН;
 p – показник степені, який для кулькових підшипників становить $p=3$.

Довговічність роботи підшипників в годинах визначається із формули[3]

$$L_h = \frac{10^6 L}{60n}, \quad (2.8)$$

де n - частота обертання підшипника, об/хв.

Із конструкційних розрахунків обрали радіальний однорядний кульковий підшипник №306 згідно ГОСТ 8338-75, для якого $C = 22$ кН [3].

Навантаження на прутковий коток, визначене згідно формули (2.5), в загальному становить $G_r = 11250H$.

Оскільки в агрегаті встановлено чотири підшипникові вузли, на які розподіляється навантаження, то на кожен підшипник визначимо

$$P = \frac{G_r}{4} = \frac{11250}{4} = 2812,5H.$$

Тоді

$$L = \left(\frac{22}{2,8125}\right)^3 = 476 \text{ млн / об.}$$

Частоту обертання підшипників визначимо за робочою швидкістю агрегату та діаметром котка

$$n = \frac{60V}{\pi D} = \frac{60 \cdot 3,17}{3,14 \cdot 0,38} = 160 \text{об} / \text{хв.}$$

Тут V – робоча швидкість руху агрегату, м/с, яку визначили у розділі 2 за формулою (2.4), $V=11,4\text{км/год}=3,17\text{м/с}$.

Тоді довговічність підшипників в годинах буде

$$L_h = \frac{10^6 \cdot 476}{60 \cdot 160} = 49583 \text{год.}$$

Зважаючи на те, що річне завантаження комбінованих ґрунтообробних машин не перевищує 250 год., можна зробити припущення, що довговічність підшипників забезпечена.

2.4. Розрахунок на міцність різьбового з'єднання котка

Котки, згідно конструкції, планується кріпити з кожної сторони двома болтами діаметром М10. Тому радіальне навантаження на болти буде вдвічі менше, ніж бралось до уваги під час розрахунку підшипників

$$P_6 = \frac{G_r}{8} = \frac{11250}{8} = 1406,25 \text{Н.}$$

Умова міцності болта на зріз запишемо наступним чином[3]

$$P_p \leq \frac{\pi d_1^2}{4} [\tau]_{зр} \quad (2.9)$$

де d_1 – внутрішній діаметр різьби;

$[\tau]_{зр}$ - допустиме напруження матеріалу на зріз.

Допустиме напруження матеріалу болта на зріз становить [3]

$$[\tau]_{зр} = \frac{0,3\sigma_T}{[n_T]} \quad (2.10)$$

де σ_T – межа текучості матеріалу болта (для Сталі 20 $\sigma_T = 245 \text{ Н/мм}^2$) [3];

$[n_T]$ – необхідний коефіцієнт запасу міцності, приймається $[n_T] = 2$. [3]

Отже,

$$[\sigma]_p = \frac{0,3 \cdot 245}{2} = 36,75 \text{ Н/мм}^2.$$

Із формули (2.9) знаходимо мінімально допустимий діаметр болта:

Звідси
$$d_{\sigma} = \sqrt{\frac{4P_{\sigma}}{\pi[\tau]_{зр}}} \quad (2.11)$$

$$d_{\sigma} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1406,25}{3,14 \cdot 36,75}} = 7 \text{ мм}$$

Отже, різьбове з'єднання відповідає умові міцності.

3. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПОКАЗНИКІВ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОНАННЯ ПОВЕРХНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

3.1. Розрахунок питомих експлуатаційних показників роботи МТА

Ефективність виконання технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту під озиму пшеницю машино-тракторним агрегатом у складі трактора ХТЗ-243К та ґрунтообробного комбінованого агрегату "Comractor-4.0M" будемо оцінювати за питомими експлуатаційними витратами.

Питомі експлуатаційні витрати на одиницю виконаної агрегатом роботи, (грн/га) визначають як суму:[4]

$$C_v = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 \quad (3.1)$$

де C_1 – оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн/га;

C_2 – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га;

C_3 – відрахування на реновацію машини, грн/га;

C_4 – відрахування на ремонт та технічне обслуговування, грн/га.

Оплата праці обслуговуючого персоналу визначимо, грн/га; :[4]

$$C_1 = \frac{n_1 \cdot T_1 + n_2 \cdot T_2 + \dots + n_6 \cdot T_6}{W_{год}} \quad (3.2)$$

де n_1, n_2, \dots, n_6 – чисельність працівників, які обслуговують агрегат, окремо за кожною кваліфікацією (розрядом);

T_1, T_2, \dots, T_6 – годинна оплата праці, грн./год;

$W_{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год.

Вартість паливно-мастильних матеріалів: [4]

$$C_2 = C_K \cdot G_{II} \quad (3.3)$$

де C_K – комплексна ціна одного кілограма палива, грн/га;

G_{II} – погектарна витрата палива агрегатом, кг.

Питомі витрати на амортизацію агрегату:

$$C_3 = \frac{B_K \cdot a_K \cdot k_r}{100 \cdot S_c} \quad (3.4)$$

де B_K – балансова вартість трактора та комбінатора, грн;

a_K – відсоток відрахування на реновацію, %;

k_r – коефіцієнт зайнятості;

S_c – сезонна площа вирощування пшениці, га.

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування становлять: [4]

$$C_4 = \frac{B_K \cdot P_K}{W_K^{год} \cdot T_K} \quad (3.5)$$

де P_K – відсоток відрахувань на ремонт і технічне обслуговування для трактора Т -150 К ($P_K = 11,5\%$) та ґрунтообробного агрегату (

$P_K = 12,5\%$);[4]

$W_K^{год}$ – годинна продуктивність агрегату, га/год;

T_K – нормативне річне завантаження, для трактора Т 150 К – 1600 год та ґрунтообробного агрегату – 250 год. [4]

Проведемо визначення питомих експлуатаційних витрат для технологічної операції передпосівного обробітку ґрунту. Зазначимо, що площа, на якій виконується операція, становить 270 га.

За формулою (3.2) визначаємо питомі витрати коштів на оплату праці оператора.

$$C_1 = \frac{1 \cdot 127,21}{2,88} = 45,44 \text{ грн/га.}$$

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначаємо за формулою (3.3):

$$C_2 = 8,74 \cdot 41 + 0,1 \cdot 30 = 358,64 \text{ грн/га.}$$

Питомі відрахування на амортизацію визначаємо за формулою (3.4).
 Норма відрахувань на амортизацію приймаємо для трактора ХТЗ-24 К $a_k = 15\%$ та для компактора $a_k = 15\%$; коефіцієнт зайнятості для трактора $k_r = 0,1$ для компактора $k_r = 1$:

для трактора

$$C_{31} = \frac{400000 \cdot 15 \cdot 0,1}{100 \cdot 270} = 22,22 \text{ грн/га;}$$

для агрегата

$$C_{32} = \frac{120000 \cdot 15 \cdot 1}{100 \cdot 270} = 66,67 \text{ грн/га.}$$

Питомі відрахування на ремонт і технічне обслуговування становлять:

для трактора

$$C_{41} = \frac{400000 \cdot 0,115}{2,88 \cdot 1600} = 9,98 \text{ грн/га;}$$

для компактора

$$C_{42} = \frac{120000 \cdot 0,125}{2,88 \cdot 250} = 20,83 \text{ грн/га.}$$

Тоді, питомі експлуатаційні витрати господарства на обробітку ґрунту під сівбу культур удосконаленою машиною на площі 270 га становлять:

$$C_v = 45,44 + 358,64 + 22,22 + 66,67 + 9,98 + 20,83 = 523,78 \text{ грн/га.}$$

Висновки до розділу 3. Отже, виконання вищенаведених розрахунків дає змогу визначити питомі експлуатаційні витрати коштів на виконання операції підготовки ґрунту під сівбу. Враховуючи площу, яку передбачається обробляти агрегатом у підприємстві, сумарна потреба у коштах для виконання операції становить 61 638,30 грн.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Запропоновано вдосконалення конструкції ґрунтообробного агрегату, зміна енергомістких робочих органів на більш ощадні, що дозволять зменшити вагу і енергомісткість машини, із забезпеченням необхідних показників якості роботи.
2. Визначили, що агрегат ефективно зможе працювати на четвертій передачі трактора, а на нижчих передачах ефективність використання значно зменшується. Отже, так як ефективність такого машино-тракторного агрегату складає 0,72, ми можемо рекомендувати використовувати трактор нижчого тягового класу, що дозволить підняти ефективність та знизити питомі експлуатаційні витрати.
3. Обґрунтовано технічні рішення конструкції удосконаленого комбіного знаряддя та проведено розрахунки на міцність окремих деталей. Встановлено, що при визначених параметрах котка насіннєве ложе буде формуватися на глибині до 6 см, що задовольняє агротехнічні вимоги до передпосівного ґрунту під сівбу зернових культур, особливо на легких ґрунтах.
4. Встановлено кут входження лапи в ґрунт приймаємо $\alpha = 15^\circ$, та ширину захвату рихлячої лапи $b = 120$ мм. Розраховано за аналогією із кочільним котком, з метою уніфікації і взаємозамінності, середній діаметр робочих поверхонь котка $D = 380$ мм.
5. Питомі експлуатаційні витрати на роботу агрегату при обробітку ґрунту удосконаленою машиною на площі 1 га становить: $C_v = 523,78$ грн/га.
Це дає змогу визначити питомі експлуатаційні витрати коштів на виконання операції підготовки ґрунту під сівбу. Враховуючи площу, яку передбачається обробляти агрегатом у підприємстві, сумарна потреба у коштах для виконання операції становить 61 638,30 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гречкосій В. Д. Сучасна зарубіжна техніка для ґрунтозахисного землеробства / Журнал Аграрна техніка – 2008 – № 1.
2. Джигирей В. С. Основи екології та охорона навколишнього середовища.- Львів: Афіша, 2001 –272с.
3. Дунаев П. Ф., Леликов О. П. Деталі машин. – М.: Вища школа, 1990. – 400с.
4. Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві / В.Ю. Ільченко, П.І. Карасьов, А.С. Лімонт та інші. За ред. В.Ю.Ільченка. -К.: Урожай, 1993. - 288с.
5. Зернові колосові культури. За ред. М. Г. Городнього. , 2-е перероб. та доп. вид.: К, Урожай,- 1967.
6. Животков Л. А., Барюков С. В., Степаненко А. Я. и др. Пшеница – К. - Урожай, 1989. – 320 с.
7. В.С. Кочмарський, В.Т. Колючий, Технологія вирощування сучасних сортів пшениці м'якої озимої в Лісостепу України. / Посібник українського хлібороба. К. 2009. – с. 216 – 255.
8. Куценко О.М., Писаренко В.М. Агроєкологія. - К.: Урожай, 1995.- 251 с.
9. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: / НВФ “Українські технології”. 2002. – 800 с.
10. Лихочвор В.В. Практичні поради з вирощування озимої пшениці за ресурсоощадною технологією в умовах Західної України. Львів. НВФ “Українські технології”, 2000.- 56 с.
11. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко, Ю.П. Нагірний, П.А. Джалос та інші. - К.: Урожай, 1996. - 384 с.

12. Основні напрямки технічної політики в агропромисловому комплексі Львівської області на період 2005 – 2015 роки /Головне управління сільського господарства і продовольства Львівської облдержадміністрації. - Львів, 2004. – 48 с.
13. Петриченко В.Ф., Земляний О.І. Озима пшениця: потепління і особливості захисту посівів в осінній період / Інститут кормів УААН. Журнал АГРОНОМ – 2009 –№ 3 серпень.
14. Сайко В.Ф., Малієнко А.М. Системи обробітку ґрунту в Україні. – К.: ВД "ЕКМО", 2007. – 44с.
15. Сільськогосподарська екологія / За ред. проф. В.М. Малишка. - К.: Урожай, 1992. -184 с.
16. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М. “Машиностроение”, 1977, - 328с.
17. В. Скоцик, С. В’ялий. Зберегти майбутній врожай пшениці – важливе завдання державного рівня / Амако-інформ –2008– №2;
18. Технологічне обґрунтування мульчуючої системи землеробства, каталог техніки / ФЕМ - Технолоджі, 2008, - 52 с.
19. Техніко-технологічні рішення комплексної механізації в технології вирощування озимої пшениці в умовах Західного регіону України (практичні поради). /Львівська філія Укр НДПВТ ім. Л. Погорілого. Магерів, 2008.- 42 с.
20. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. - К.: Урожай, 1991. - 472 с.
21. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи конструкція, проектування: Підручник для студентів вищих навчальних закладів із спеціальності «Машини та обладнання с.г. виробництва» (За ред. М.Г. Черновола). – Кн.1. К.: Урожай, 2001.-384с.

ДОДАТКИ