

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

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**СТЕЦЬОК ЯРОСЛАВ МИКОЛАЙОВИЧ**

УДК 631.3.02.632.01

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ  
ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З МОДЕРНІЗАЦІЄЮ  
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

\_\_\_\_\_ Я. М. Стецюк

**Керівник роботи**

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2024**

## АНОТАЦІЯ

**Стецюк Ярослав Миколайович. Обґрунтування технологічних параметрів поверхневого обробітку ґрунту з модернізацією культиватора. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.**

Кваліфікаційна робота на здобуття першого освітнього ступеня бакалавр зі спеціальності 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

У кваліфікаційній роботі викладено бачення удосконалення технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту, шляхом удосконалення машини для підготовки до сівби за технологією мінімального обробітку ґрунту. Обґрунтовано основні параметри процесу роботи запропонованого агрегату, виконано розробку конструкції культиватора, що агрегується з тракторами від 100...125 к.с.

Наведено аналіз конструкцій та виконано синтез основних проблем при роботі даного типу машин для поверхневого обробітку ґрунту. На основі цього, врахувавши досвід різних виробників сільськогосподарської техніки, зроблені власні пропозиції по модернізації культиваторів. Виконано обґрунтування рішень та проведено розрахунки основних конструкційно-технологічних показників машини.

Визначено значення механізму з'єднання котка-розпушувача з розрахунком валів на міцність та динамічні навантаження, які виникають під час експлуатації агрегату в допустимому діапазоні.

Розроблено техніко-операційні заходи застосування запропонованого агрегату, операційно-технологічна карта виконання процесу, та визначено основні експлуатаційні показники використання знаряддя.

Подано загальні висновки та пропозиції щодо застосування машинно тракторного агрегату поверхневого обробітку з додатковими котками-подрібнювачами.

**Ключові слова:** агрегат, мінімальний обробіток, культиватор, коток-подрібнювач, робочий процес, операційна технологія.

## ABSTRACT

**Stetsyuk Yaroslav Mykolayovych. Justification of the technological parameters of the surface tillage with the modernization of the cultivator.** - Qualification work on manuscript rights.

Qualification work for obtaining the first bachelor's degree in the specialty 208 Agricultural engineering. – Polissia National University, Zhytomyr, 2024.

The qualification work outlines the vision of improving the technological process of surface tillage by improving the machine for preparation for sowing using the technology of minimal tillage. The basic parameters of the proposed unit's work process have been substantiated, the design of the cultivator, which is aggregated with tractors from 100...125 hp, has been developed.

An analysis of structures is given and a synthesis of the main problems in the operation of this type of machines for surface tillage is performed. Based on this, taking into account the experience of various manufacturers of agricultural machinery, we made our own proposals for the modernization of cultivators.

The justification of the decisions was carried out and the calculations of the main structural and technological indicators of the machine were carried out. The value of the connection mechanism of the roller-thinner with the calculation of the shafts for strength and dynamic loads that occur during the operation of the unit in the permissible range is determined. The technical and operational measures for the use of the proposed unit, the operational and technological map of the process implementation, and the main operational indicators of the use of the tool have been developed.

General conclusions and proposals regarding the use of a machine-tractor unit for surface treatment with additional rollers-shredders are presented.

**Key words:** *aggregate, minimum processing, cultivator, shredder roller, work process, operational technology.*

## ЗМІСТ

### ВСТУП

## 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

- 1.1. Аналіз відомих систем та конструкцій машин для поверхневого обробітку.....7
- 1.2. Огляд додаткових знарядь машин для поверхневого обробітку.....10
- Висновки до розділу 1.....13

## 2. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИКОЧУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ҐРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

- 2.1. Аналіз недоліків конструкції аналогічних ґрунтообробних агрегатів..... 14
- 2.2. Розрахунок прикочуючого пристрою.....15
- 2.2.1. Розрахунок механізму з'єднання котка-розпушувача.....15
- 2.2.2 Розрахунок вала котка-розпушувача на міцність .....17
- Висновки до розділу 2.....19

## 3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

- 3.1. Розрахунок технологічних параметрів комплектування машинно-тракторного агрегату.....20
- 3.2. Організація проведення механізованих робіт поверхневого обробітку ґрунту.....25

**ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....29**

**СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....30**

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Технологія мінімального обробітку ґрунту при культивуванні є дуже актуальною в сучасному аграрному секторі. Стрімко розвиваючись, технологічний прогрес і зростаюча увага до екологічних питань вимагають перегляду традиційних методів обробітку ґрунту.

Мінімальний обробіток ґрунту сприяє збереженню ґрунтової структури, підвищенню рівня органічного розкладання та зменшенню ерозії ґрунтів. Це важливо для збереження родючості ґрунту та збалансованого екосистемного стану з ефективним використанням ресурсів. Мінімальний обробіток ґрунту дозволяє зменшити споживання палива, аількості с/г машин та робочої сили. Це сприяє економічності виробництва і зменшенню викидів шкідливих парникових газів, пов'язаних з виконанням сільськогосподарських операцій.

Мінімальний обробіток ґрунту сприяє збереженню біорізноманіття, оскільки не порушує природні процеси, які відбуваються у ґрунті. Це важливо для підтримки різноманітності корисних мікроорганізмів та рослин.

Даний вид обробітку набуває подальшої модернізації за рахунок створення нових машин та агрегатів для забезпечення виробництва, але є ряд проблем, які виникають при застосуванні, тому машини повинні бути класифіковані під різні типи ґрунтів, культур та погодньо-кліматичні умови, в яких планується використовувати її.

Отже, актуальність теми мінімального обробітку ґрунту при культивуванні очевидна і вимагає подальшого вивчення, впровадження та підтримки з боку сільськогосподарських виробників та владних структур.

**Метою роботи** є обґрунтування технологічного процесу культивуванні, шляхом модернізації машини під мінімальний обробіток ґрунту.

Для досягнення поставленої мети, необхідно виконати наступні задачі:

- Провести аналіз аналогічних машин та встановити передумови застосування даного виду процесів ;

- виконати розрахунок механіко-технологічних параметрів робочого органу запропонованої машини для поверхневого обробітку;

- розрахувати конструктивно-технологічні параметри ґрунтообробного знаряддя;

- спроектувати операційну технологію застосування модернізованої машини.

*Об'єкт удосконалення* - операційна технологія поверхневого обробітку ґрунту.

*Предметом обґрунтування є* – узгодження отриманих значень показників обґрунтування процесу та режимів роботи агрегату.

**Методи використані при виконанні.** Розрахунки проводились із використанням механіко-технологічного та математичного моделювання, із застосуванням теорії сільськогосподарських машин і механізмів та методи їх розрахунку.

#### **Перелік публікацій автора за темою роботи:**

1. Стецюк Я. М. Модернізація прикочуючого пристрою ґрунтообробного агрегату для поверхневого обробітку / Я. М. Стецюк, М. Л. Заєць// Зб. тез доп. наук.-практ. конф. I-го туру Всеукраїнського конкурсу студентських наукових робіт з галузей знань і спеціальностей. 20 березня 2024 р. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 12-16.
2. Стецюк Я. М. Сучасні технології та способи обробітку ґрунту / Я. М. Стецюк, М. Л. Заєць //Зб. Тез X Всеукраїнської науково-практичної конференції «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь» 18 квітня 2024 р. Житомир: ЖАТК, 2024. С.75-78.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 19 найменування. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінку комп'ютерного тексту, 10 рисунків та 1 таблиці.

## 1. СУЧАСНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

### 1.1. Аналіз відомих систем та конструкцій машин для поверхневого обробітку

Обробіток ґрунту - основний критерій сучасного рільництва, метою якого є створення оптимальних умов для схожості і розвитку рослин, що забезпечить отримання максимального врожаю з високими показниками якості. З огляду на природно-кліматичні умови, ґрунтові різноманітності на полях, фінансові спроможності власника для впровадження нових технологій в сучасному землеробстві надають перевагу декільком основним системам обробітку ґрунту: традиційна з обертанням пласта, мінімальна (Mini-till), стрічкова (Strip till), нульова (No-till)[1].

Стандартна система обробітку ґрунту передбачає проведення оранки з обертанням верхнього шару, створює оптимальну поверхню поля, заробку рослинних залишків на глибину від 20-35 см. Цей метод має кілька переваг. Він створює сприятливі умови для наступного поверхневого обробітку перед посівом, сприяючи однаковому висіву насіння. Крім того, він забезпечує ефективний дренаж та розподіл корисних мінеральних речовин у верхньому шарі ґрунту. Ще однією перевагою є невеликий тиск на ґрунт від сільськогосподарської техніки, що дозволяє використовувати великі дози органічних та мінеральних добрив та оптимізує захист рослин без хімічних засобів. Проте, недоліком є утворення щільної "плужної підшви", яка ускладнює проникнення вологи у глибші шари ґрунту та розвиток кореневої системи рослин.[2]

В основному виробники обирають машини для поверхневого обробітку через наступні критерії: розмір подрібнених залишків; утворення рівномірного ґрунтового профілю та профілю поверхні поля; якісного перемішування ґрунту; аерувати ґрунт; зменшення тягового опору колії, що уворюється після проходження агрегатів. Сьогодні вимагає підготовлене насінневе ложе, боротьба з бур'янами, кероване розбивання брил та груд, високі робочі швидкості, зменшення застосування хімічних речовин

використання в різних умовах весни та осені. Якщо ми поєднаємо на всі ці вимоги в одному знарядді, вони по суті кажуть нам, що хочуть, щоб ми створили для них швейцарський армійський ніж із інструментів для обробки ґрунту. Тому ми спробували розробити машину для обробки ґрунту, яка б намагалася задовольнити якомога більше цих потреб.

Машина ГАММА ЄВРОКУЛЬТ II (рис. 1.1.) напівнавісної серія 4000 та 4600 застосовується для поверхневого обробітку в складних умовах (вологі ґрунти) при встановленні коліс у середині знаряддя можна виконувати роботу без котків; глибина обробітку регулюється за допомогою опорних коліс.[1]



Рис. 1.1. Машина ГАММА ЄВРОКУЛЬТ II фірми Грегорі Бессон

Робочі органи машини являють собою комбінацію рихлячих та стрілоподібних лап, які дозволяють поєднувати два види обробітку (рис. 1.2.)



Рис. 1.2. Приклади застосування різного виду обробітку



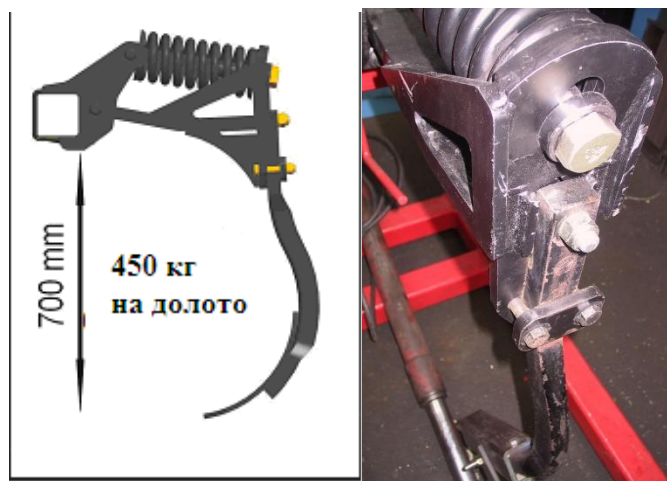


Рис. 1.3. конструкція стійки з лапою машини ГАММА ЄВРОКУЛЬТ II

Відстань між лапами 230 мм на одній рамі п'ять балок 100 x 100 мм, дистанція між балками: від 800 до 1000 мм. Кріплення деталей болтами для лап євровичель зображено на рис.1.4.

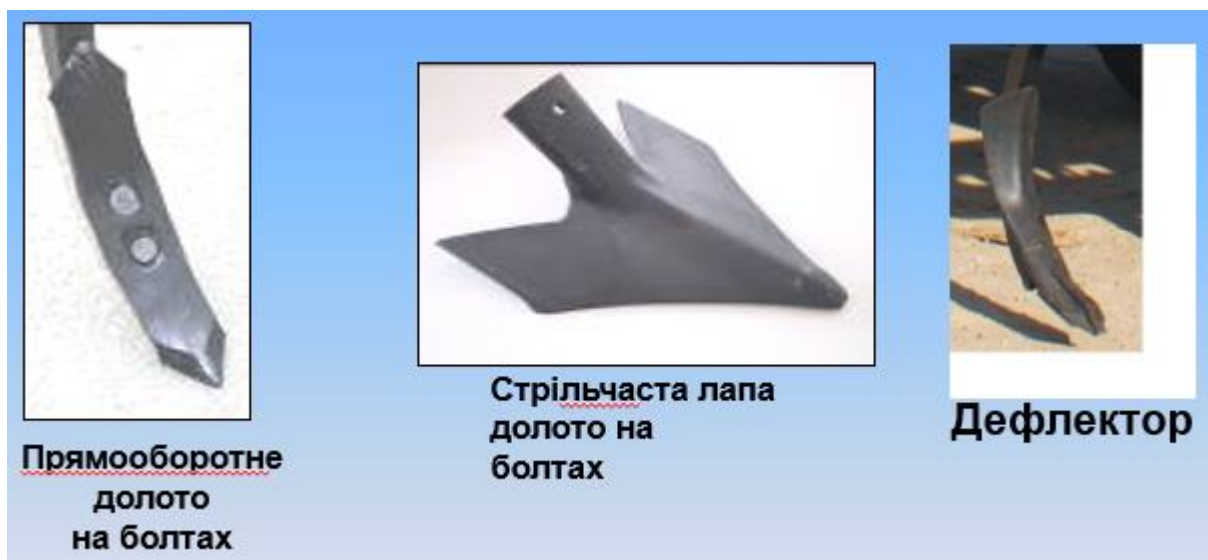


Рис. 1.4. Кріплення деталей болтами для лап євровичель

Вирівнювання поверхні, глибина сівби будь-які роботи, що виконуються на ділянці, що обробляється, будуть менш витратними і більш прибутковими, якщо всі рослини розвиваються однорідно. Для рівномірного сходу потрібне ідеальне вирівнювання. Машини серії Tetra (рис. 1.5) дозволяють за один прохід вирівнювати ґрунт, рівномірно подрібнювати грудки та ущільнювати ґрунт. Однією з умов проростання рослин це достатня глибина заробки насіння, але й не надто велика, щоб

забезпечити високу рівномірність сходів насіння та достатню щільність розподілу рослин.[1,2]

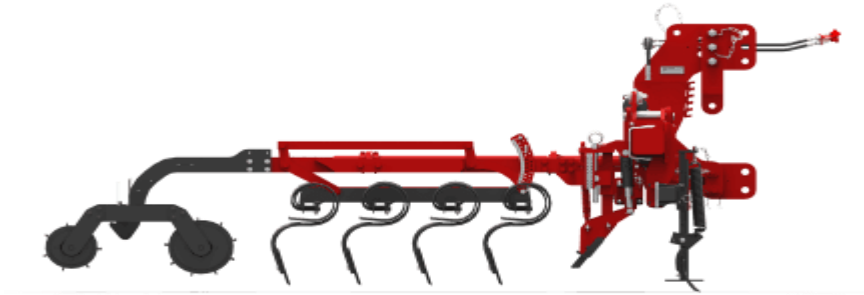


Рис. 1.5. Машини серії Tetra

Для забезпечення на поверхні дрібних грудок та якісного ґрунту під ними, можна налаштувати ступінь подрібнення різних компонентів на знарядді.

Якщо кірка не утворюється на ґрунті, слід максимально подрібнити її, щоб забезпечити найкращий контакт між ґрунтом та насінням і уникнути швидкого висихання. Вибір глибини обробки також залежить від кліматичних ризиків, таких як утворення кірки або суша, під час проростання та виходу сходів.[1,2]

### 1.2. Огляд додаткових знарядь машин для поверхневого обробітку

Умови виробництва сьогодення вимагають від машин високоякісного обробітку поверхні ґрунту, тому вако уявити сучасні машини без вирівнюючих пристосувань, як правило, котків-вирівнювачів чи подрібнювачів ґрунту та рослинно-поживних решток, особливо машин для технологій з мінімальним обробітком поверхні поля.

Каток Rotoherse (рис. 1.6.) є ідеальним варіантом для досягнення відмінного подрібнення грудок, навіть на ґрунтах з каменями. Він ефективно завершує роботу лап та рівномірно вирівнює поверхню. Цей пристрій складається з подвійного котка зі зміщеними стійками, що дозволяє уникнути утворення малих гребенів між різними секціями котків.



Рис. 1.6. Каток Rotoherse виробника gregoire-besson[1]

Коток Іпрак (рис. 1.7.), із встановленими очисниками ґрунту, складається з поряд росташованих колісних рушіїв діаметром 540 мм. Виконує відмінний обробіток у вологих ґрунтах, що дозволяє рівномірно ущільнювати ґрунт. Наявність чистиків запобігає забиванню ґрунту між дисками і рівномірно проводить вирівнювання між проходами коліс, що встановлені на одній осі.[2]



Рис. 1.7. Коток Іпрак, придатні для будь-яких типів ґрунтів та різних умов обробітку[1]

Застосування котків із квадратним профілем прутка - це пристрій, що відзначається високою агресивністю подрібнення та перемішування щодо рослинних залишків, що дозволяє створити однорідну мульчу та сприяти швидкому розкладанню соломи. Використання цього котка забезпечує збереження оптимального рівня вологості в ґрунті. Крім того, він легкий та енергоощадний у застосуванні.[1,2]



Рис. 1.7. Коток-подрібнювач із квадратним профілем прутка

Високу популярність у використанні зайняв 2-рядний коток з квадратним профілем прутка (рис. 1.8.), який виконує обробітку вдвічі ефективніше, порівняно з однорядним. Він здатний руйнувати навіть найстійкіші рослинні рештки, що дозволяє отримати високоякісний поверхневий обробіток ґрунту. Кожний вузол даного виду котка встановлений на шарнірі, щоб підвищити копіювання рельєфу та нерівностей поверхні поля.



Рис. 1.8. Тип 2-рядний коток з квадратним профілем прутка

Необхідно відмітити і те, що сучасні машини для поверхневого обробітку ґрунту є досить компактними при транспортуванні по дорогах, при досить значній конструктивній ширині зазвату рис.1.9.



Рис. 1.9. Культиватор Crossland T 70 [2]

Культиватори Crossland можуть легко транспортуватися по дорогах, під мостами та в місця постановки на зберігання, оскільки їх ширина не перевищує 3 метрів. (За винятком Crossland 50, який має ширину 3,5 метра).[2]

**Висновки до розділу 1.** Провівши огляд технологій Mini-TILL та застосування машин і агрегатів для поверхневого обробітку, встановлено, що основна маса агрегатів і знарядь використовує стрічасті та рихлячі долотоподібні робочі органи зі змінними формами та геометрією лап. Що застосовуються з метою виконання різного виду обробітку та інтенсивності.

Більшість машин мають додаткові вирівнювальні чи подрінювальні пристрої, у виді котків чи штригильних пружинних борін, що суттєво підвищують якість обробітку та підготовку поверхні ґрунту та посівного ложе до процесу сівби культур.

Конструкція додатково встановених котків має, як мінімум, подвійне призначення, а саме, руйнування грудок та поверхневої кірки ґрунту з подрібненням решток та його вирівнювання, що підвищує рівномірність та схожість насіння рослин.

## 2.МОДЕРНІЗАЦІЯ ПРИКОЧУЮЧОГО ПРИСТРОЮ ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

### 2.1. Аналіз недоліків конструкції аналогічних ґрунтообробних агрегатів

Аналіз ґрунтообробних котків показав, що основними недоліками існуючих машин є великі енергетичні затрати, низька здатність до утворення мульчі, необґрунтовану масу, режими роботи. Перелічені якісні показники роблять більшу частину машин малопридатною для використання в системі мінімального та біологічного землеробства. Оскільки велике значення має саме передпосівний обробіток ґрунту, то проблема зменшення енергетичних затрат та підвищення якості обробітку ґрунту залишається актуальною. Вирішення цих проблем потребує розробки принципово нових ґрунтообробних знарядь, що за один прохід повністю готують ґрунт до сівби. [12,18]

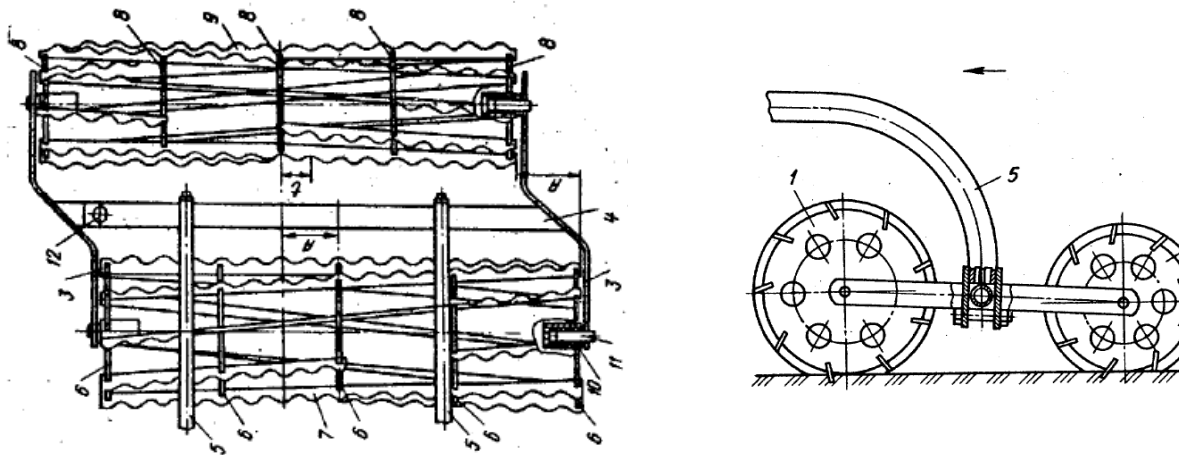


Рис. 2.1 Планчастий коток

Вивчення різних типів котків встановило, що кращу якість ущільнення забезпечує коток з робочими органами у вигляді кілець діаметром 550 мм з овальним (краплевидним) перетином обода шириною 25...27 мм і розстановкою їх по осі через 80... 100 мм. Найбільш ущільнений шар ґрунту при проході кільчастого котка - на глибині 60...100 мм; спірального діаметром 460 мм, шириною прутка 30 і кроком 95

мм - на глибині 50...100 мм при питомому вертикальному навантаженні 0,8...2,2 кН/м.  
[19]

У зоні лісостепу найбільш доцільно застосовувати кільцево-планчасті котки, що мають діаметр від 230 мм до 380 мм, товщину планки від 8 до 16 мм і крок встановлення планок від 60 до 120 мм. Кількість прутків на довжину кола кільця котка може становити від 6 до 12. Після обробки культиватором або пружинною штригельною бороною, обладнаною секціями з планчастими котками, ґрунт отримує дрібнозернисту фракцію зі щільністю в межах від 1,1 до 1,2 гр/см<sup>3</sup>.

Планки, які встановлені фронтально та розміщені по спіралі на котку, в основному ущільнюють верхній шар ґрунту на глибині 5-10 см, але не забезпечують достатнього вирівнювання поверхні поля. Також, через жорстке кріплення прутків, планчасті котки можуть забиватися рослинними залишками і ґрунтом в умовах підвищеної вологості. Що ускладнює застосування комбінованих агрегатів на таких полях, які вимагають вологості ґрунту від 18 до 22% для забезпечення якісної роботи.  
[18]

Ущільнення має бути завершальним етапом передпосівного обробітку ґрунту, оскільки зминає ґрунт до необхідної щільності. Стискання ґрунту викликає в ньому внутрішні напруження опору подолання яких призводить до його деформації. При цьому кінцеві деформації утворюють ефект ущільнення. [19]

## **2.2. Розрахунок прикочуючого пристрою**

### **2.2.1. Розрахунок механізму з'єднання котка-розпушувача**

Коток-розпушувач приєднується до культиватора з повідків та рухомого пальцевого з'єднання. Під час руху агрегату в будь якому положенні в точці приєднання котка з рамою культиватора на пальцеве з'єднання діють напруження зминання, значення якого встановимо з умови міцності при зминанні по формулі [16]:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_m}{2d\delta} \leq [\sigma_{зм}] \quad (2.1)$$

де  $F_m$  – тягове зусилля в тоці кріплення, Н;  $F_m = 13200$  Н [3];

$d$  – діаметр пальця, мм;  $d = 0,03$ м;

$\delta$  – довжина поверхні зминання, мм; становить  $\delta = 0,06$ м.

$$\sigma_{зм} = \frac{13200 \cdot 10^6}{2 \cdot 30 \cdot 60} = 36,7 \text{ МПа}$$

Провівши розрахунки бачимо, що міцність пальця достатня.

Проведемо також розрахунок кронштейна кріплення з допустимих напружень, які виникають при розтязі, визначимо за умови міцності на розтяг, що запишеться наступним виглядом [16]:

$$\sigma_p = \frac{F_m}{4a\delta} \leq [\sigma_p] \quad (2.2)$$

де  $a$  – розмір ширини пластини; приймаємо конструкційне значенн  $a = 0,05$  м.  
тоді отримаємо

$$\sigma_p = \frac{13200 \cdot 10^6}{4 \cdot 50 \cdot 60} = 41 \text{ МПа.}$$

Слідчий небезпечний відповідальний переріз, з гідно міцності, є точка зварювання кронштейна з корпусом котка. Розрахуємо за умовою міцності зварного шва на зріз за формулою [16]:

$$\tau_{зр} = \frac{F}{2S_{зр}} \leq [\tau_{зр}] \quad (2.3)$$

де  $S_{зр}$  – площа поверхні шову, мм<sup>2</sup>;

$$S_{зр} = 0,7kB_{шв} \quad (2.4)$$

де  $k$  – висота накладання шва, мм; приймаємо  $k = 0,003$ м;

$B$  – допустима довжина шову при кутовому зварюванні, мм;  $B = 0,16$  м

$$S_{зр} = 0,7 \cdot 3 \cdot 160 = 336 \text{ МПа}$$

$[\tau_{зр}] = 80 \text{ МПа}$  – допустимі напруження на зріз зварного шва. [16]

$$\tau_{зр} = \frac{13200 \cdot 10^6}{2 \cdot 336} = 19,6 \text{ МПа}$$



Розрахунки показують, що з'єднувальні елементи конструкції котка і рами культиватора є досить надійними, оскільки мають практично потрійний запас міцності.

Для приєднання котків до рами застосуємо стандартні підшипники валів батареї котків. Визначимо питомий тиск [19]:

$$P = \frac{F_n}{S_n} = \frac{F_n}{dL} \leq [P] \quad (2.5)$$

де  $d$  – діаметр котка, мм;

$L$  – довжина вала котка, мм;

$[P]$  – допустимий питомий тиск, МПа;  $[P] = 1,5-2,0$  МПа; [6]

$F_n$  – сила тиску, МПа.

$$F_n = \frac{G_m}{4} \quad (2.6)$$

де  $G_m$  – вага агрегату, Н.

$$F_n = \frac{15000}{4} = 3750H$$

$$P = \frac{3750 \cdot 10^4}{45 \cdot 100} = 8,3MПа$$

Умова міцності витримується, отже підшипники працездатні в даних умовах. Виходячи з цього, вибираємо підшипники кочення, марки 5203 KPP2, допустимий питомий тиск для яких становить 15 МПа.

### 2.2.2 Розрахунок вала котка-розпушувача на міцність

Прикочуючі робочі органи монтуються на вал встановлений в підшипники кочення виготовлені зі сталі ШХ15. Вал виготовлений з труби довжиною 2,8 м встановлений у підшипниках, відстань між якими становить 1,75 м. На вал діє вага котків  $G$  і сила опору коченню  $R$ .

Вихідні дані для розрахунку:

Вага котка  $G = 220 H$ ;

Коефіцієнт опору коченню котка  $f = 0,25$ .

Загальний опір коченню котка становить: [19]

$$R = Gf \quad (2.7)$$

$$R = 220 \cdot 0,25 = 55H$$

Визначаємо величину та напрямок опорних реакцій у вертикальній площині (діє сила  $G$ )

$$R_A^e = R_B^e = \frac{90 \cdot 22}{2} = 990H$$

– Визначимо величину згинальних моментів в небезпечному перерізі (вертикальна площина)

$$\begin{aligned} M_C^e &= -G \cdot 4 \cdot 35 - G \cdot 3 \cdot 35 - G \cdot 2 \cdot 35 - G \cdot 35 + R_A \cdot 87,5 = \\ &= -22(140 + 105 + 75 + 35) + 99 \cdot 87,5 = 85,25H \cdot m \end{aligned}$$

$$M_A^e = -G \cdot 52,5 - G \cdot 17,5 = -22(52,5 + 17,5) = -154H \cdot m$$

Розрахуємо величину та напрямок опорних реакцій в горизонтальній площині

$$R_A^z = R_B^z = \frac{90 \cdot 5,5}{2} = 250H$$

Тоді значення величини згинальних моментів в горизонтальній площині становитиме:

$$M_A^z = -5,5 \cdot 52,5 - 5,5 \cdot 17,5 = 38,5H \cdot m$$

$$\begin{aligned} M_C^z &= -5,5 \cdot 4 \cdot 35 - 5,5 \cdot 3 \cdot 35 - 6,5 \cdot 2 \cdot 35 - 5,5 \cdot 35 + R_A^z \cdot 87,5 = \\ &= -5,5 \cdot 140 + 105 - 75 + 351 + 25 \cdot 87,5 = 22,5H \cdot m \end{aligned}$$

Небезпечні перерізи будуть на опорах А та В, де  $M_{max}^e = 1540H \cdot m$ ,

$$M_{max}^z = 38,5H \cdot m$$

Визначаємо сумарний згинальний момент в небезпечному перерізі валу

$$M_{max} = \sqrt{M_{max}^e + M_{max}^z} = \sqrt{1540^2 + 38,5^2} = 159H \cdot m$$

Умова міцності в небезпечному перерізі: [16]

$$G_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [G] \quad (2.8)$$

$$W = \frac{\pi D_n^3}{32} (1 - L^4) \quad (2.9)$$

$$L = \frac{dB_n}{D_n} \quad (2.10)$$

$$L = \frac{50}{75} = 0,67 \text{ см}$$

$$W = \frac{3,14 \cdot 75^3}{32} (1 - 0,2) = 33,1 \text{ см}^2$$

Тоді  $G_{max} = \frac{1590}{33,1} = 48 \text{ Н/см}^2$  що менше допустимого.

Звідки, умова міцності вала виконується.

**Висновки до розділу 2.** З виконаних розрахунків, видно, що з'єднувальні пристрої котка-розпушувача надійні (мають майже трикратний запас міцності). Для приєднання котків до рами застосуємо стандартні підшипники валів батареї котків.

Прикочуючі робочі органи монтуються на вал встановлений в підшипники ковзання виготовлені з бронзи. Вал виготовлений з труби довжиною 2,8 м встановлений у підшипниках, відстань між якими становить 1,75 м. На вал діє вага котків  $G$  і сила опору коченню  $R$ . Вага котка  $G = 220 \text{ Н}$ ; Коефіцієнт опору перекочування котка становить  $f = 0,25$ . Загальний опір котка становить  $R = 55 \text{ Н}$

### 3. ОПЕРАЦІЙНА ТЕХНОЛОГІЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

Доцільно обирати склад МТА таким чином, щоб експлуатаційні показники роботи мали раціональні значення, зокрема тяговий опір машини, робоча швидкість агрегату, коефіцієнт використання тягового зусилля та потужності за оптимальними затратами на виконання процесу поверхневого обробітку [12]. В нашому випадку оберемо агрегат в складі трактора ХТЗ-243К та парового культиватора для поверхневого обробітку типу КПШ-4 з удільнюючими кільчасто-планчастими котками, з функцією подрібнення рослинних решток.

#### 3.1. Розрахунок технологічних параметрів комплектування машинно-тракторного агрегату

До технологічних параметрів належать: ширина захвату та швидкість руху агрегату, норма і доза внесення добрив і препаратів, норма висіву насіння сільськогосподарських культур, витрата і подача, пропускна здатність робочих органів машин, об'єми технологічних місткостей, запас ходу агрегатів, глибина обробітку ґрунту та висота зрізу рослин тощо.

Оскільки, ми використовуємо для передпосівної культивації ґрунту широкозахватний МТА, в який входить обраний трактор ХТЗ-243К машина КПШ-4 основними критеріями, що впливають на робочі параметри технологічного процесу, є робоча ширина захвату машини, швидкісний режим руху трактора та коефіцієнт використання тягового зусилля трактора.[12]

Існує поняття теоретичної  $B_T$ , тобто конструктивної ширини захвату і робочої  $B_P$ . Робоча ширина може відрізнятися від конструкційної, вона залежить від типу операції та співвідношення цих двох значень, що характеризується коефіцієнтом використання конструкційної ширини захвату, що визначається за формулою:[11]

$$K = B_T / B_P \quad (3.1)$$

Для кожного виду технологічної операції встановлено допустиме значення коефіцієнта використання конструктивної ширини захвату, що визначає дійсну ширину згідно величини перекриття суміних проходів чи навпаки зміщення.

Що стосується швидкості руху, то розрізняють теоретичну  $V_T$ , та робочу  $V_P$  і швидкість енергетичного засобу. Теоретична швидкість, це швидкість руху трактора або самохідної машини на тій чи іншій передачі без буксування при номінальній частоті обертання колінчастого вала двигуна. Робоча швидкість, це таке значення швидкості руху агрегатів під навантаженням, при якому технологічна операція виконується з високими показниками якості, а їх відхилення не перевищують дозволених обмежень.

Правильний вибір робочих швидкостей руху МТА в інтервалах дозволеного значення за видами робіт і типами машин передбачає найбільш повне забезпечення агротехнічних вимог при виконанні виробничої операції. При поверхневому обробітку ґрунту швидкість руху МТА узгоджується з рівномірністю ходу робочих органів за глибиною без винесення вологої землі на поверхню для парових культиваторів або за якістю луцення поверхні поля, з повним підрізанням і знищенням бур'янів для дискових луцильників та борін. [15]

Отже, відповідно до проведеного аналізу для технологічної операції міжрядного обробітку ґрунту у складі МТА трактора Т-150К та культиваторів КПС-4 встановлено:

- конструктивна та робоча, ширина захвату нашого агрегату становить  $B_T = 8$  м та  $B_P = 7,68$  м.

- робоча швидкість МТА розраховується з врахуванням коефіцієнту буксування і знаходиться в межах  $V_P = 10,56$  м/год. [11]

При проведенні культивації робочі органи створюють агрегату холостий та робочий опір, який має назву тяговий опір машини. [12]

Агрегатування машини можливе за умови, що тягове зусилля трактора на обраній передачі трансмісії більше за питомий опір агрегату  $R_A$ : [12]

$$P_T > R_A. \quad (3.2)$$

Рівень тягових опорів сільськогосподарських машин або знарядь залежить від ряду факторів, таких як технологічні вимоги процесу, конструкція машин та агрегатів, природні умови та умови експлуатації. Зазвичай ці фактори є змінними, що призводить до зміни рівня опору, який виявляють машини або знаряддя. Величина тягових опорів в першу чергу залежить від конкретного технологічного процесу, який виконується машинами. Робочий тяговий опір машини, що мають пневматичний хід, зменшується на 20...40% порівняно з опором машин, обладнаних колесами зі стальними рушіями.

Тяговий опір агрегату визначимо за залежністю [12]:

$$R_A = R_M \cdot n + R_{зч} + R_{нід} = \quad (3.3)$$

$$(8,0 + 2,8) \cdot 2 + 1,4 + 0,29 = 26,09 \text{ (кН)}$$

де:  $R_M$  – тяговий опір машини, кН (окремо враховується опір одного культиватора та одної борони);

$n$  – кількість машин в агрегаті, шт. (окремо кількість культиваторів 2шт, кількість котків 2шт);

$R_{зч}$  – опір перекошування зчипки, кН;

$R_{нід}$  – опір на підйом, що залежить від рельєфу місцевості, кН.

Тяговий опір машини розрахуємо по формулі: [11]

$$R_M = K_M \cdot B_T = 2,0 \cdot 4 = 8,0 \text{ (кН)} \quad (3.4)$$

де:  $K_M$  – питомий опір сільськогосподарської машини, кН/м.

Тяговий опір котка визначаємо як: [11]

$$R_M = K_M \cdot B_T = 0,7 \cdot 4 = 2,8(\text{кН}) \quad (2.5)$$

Опір перекочування зчіпки визначаємо: [11]

$$R_{3ч} = Q_{3ч} \cdot f_{3ч} = 7,0 \cdot 0,2 = 1,4(\text{кН}) \quad (2.6)$$

де:  $Q_{3ч}$ —маса зчіпки, кН;  $f_{3ч}$ —коефіцієнт опору перекочування коліс зчіпки, кН приймаємо  $f_{3ч}=0,2$ .

Негативний опір підйому місцевості розрахуємо по формулі: [12]

$$R_{нід} = (Q_M \cdot n + Q_{3ч}) \cdot i = ((9,8 + 1,59) \cdot 2 + 7,0) \cdot 0,01 = 0,29(\text{кН}) \quad (3.7)$$

де:  $Q_M$ — вага машини, кН;  $i$  – коефіцієнт нахилу місцевості, %.

Згідно значення допустимої швидкості поверхневого обробітку ґрунту  $V_{доп}$  визначимо робочі діапазон та передачу КЗП трактора та тягове зусилля на обрані передачі трактора  $P_{КР}$  агрофону № 3 [12]. Необхідно врахувати частину тягового зусилля трактора на подолання підйому власної ваги  $P_{\alpha}$ — зусилля, що затрачається на подолання опору підйому місцевості.

Раціональний режим експлуатації трактора на обрані передачі визначимо за допомогою коефіцієнта використання тягового зусилля  $\eta_{ТР}$ , що є основним критерієм правильності підбору складу МТА:[11]

$$\eta_{ТР} = \frac{R_A}{P_{КР} - P_{\alpha}} = \frac{26,09}{28,6 - 0,81} = 0,94 \quad (3.8)$$

де:  $P_{\alpha}$ — зусилля трактора на подолання підйому місцевості, кН, визначається як:[11]

$$P_{\alpha} = Q_{ТР} \cdot i = 81 \cdot 0,01 = 0,81(\text{кН}) \quad (3.9)$$

де:  $Q_{ТР}$ — вага трактора, кН ( згідно технічної характеристики);

Отримані значення розрахункових показників комплектування запропонованого агрегату в складі ХТЗ-243К зчіпки С-11У, культиваторів КПШ-4 і модернізованих котків представлені в табл. 3.1.

Таблиця 3.1

## Значення показників комплектування машино-тракторного агрегату

Трактор ХТЗ-243К, (шт)	1
Зчіпка С-11У, (шт)	1
Культиватор КПШ-4, (шт)	2
Коток (шт)	2
Вага трактора, $Q_{TP}$ (кН)	81
Вага зчіпки, $Q_{зч}$ (кН)	7,0
Вага культиватора, $Q_M$ (кН)	9,8
Вага котка, (кН)	1,59
Конструктивна ширина агрегату, $B_T$ (м)	8 (7,68)
Питомий опір агрегату, $K_M$ (кН/м)	1,7
Питомий опір запропонованого котка, $K_M$ (кН/м)	0,7
Коефіцієнт підйому місцевості, $i$ (%)	0,01
Сумарний тяговий опір МТА $R_A$ (кН)	26,9
Допустима швидкість згідно АТВ, $V_{дон}$ (км/год)	12
Передача	III
Робоча швидкість, $V_P$ (км/год)	10,5
Тягове зусилля на гаку трактора, $P_{KP}$ (кН)	28,6
Тягова потужність трактора, $N_{KP}$ (кВт)	83,5
Продуктивність агрегату, $W_{ГОД}$ (га/год)	7,1
Витрата палива на один. роботи, $g$ (кг/га)	2,95
Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора, $\eta_{TP}$	0,94

Комплектування машинно-тракторного агрегату (МТА), вважеться оптимальним, за умови, показника коефіцієнта використання тягового зусилля трактора у діапазоні від 0,85 до 0,95. Якщо значення цього коефіцієнта перевищує



оптимальне, це свідчить про те, що двигун трактора на даній передачі перевантажений, тому необхідно вибрати передачу з більшим передаточним числом, тоді тягове зусилля зросте, що вимагає повторно провести розрахунок коефіцієнта. У випадку, коли значення коефіцієнта менше оптимального, це означає, що двигун недовантажений, і тому потрібно вибрати вищу передачу, де тягове зусилля менше, і знову провести розрахунки коефіцієнта використання. При цьому необхідно врахувати, що робоча швидкість не повинна перевищувати допустиму швидкість на більше ніж 40%, згідно АТВ. [11]

### **3.2. Організація проведення механізованих робіт поверхневого обробітку ґрунту**

Проведення ефективного виконання робіт на полях і оптимального використання техніки важливо вчасно та правильно підготувати поле для машинно-тракторних агрегатів. Цей процес включає такі кроки: [11]

1. Перегляд поля для виявлення перешкод, які можуть ускладнити роботу механізмів та створити небезпечні умови для їхнього функціонування.
2. Вибір маршруту руху агрегатів і визначення місць для розташування загінок.
3. Маркування поворотних смуг за допомогою стовпчиків і створення контрольних борозен.
4. Розбиття поля на загінки, обрізка поворотних смуг і кутів загінок для збиральних робіт та встановлення ліній першого проходу агрегату. [11]

Після завершення цих підготовчих заходів поле розподіляється на загінки таким чином, щоб їхні сторони були прямими і паралельними. Неналежне виконання цих кроків може призвести до утворення клинів у кінці роботи у загінці, що ускладнює процес через зайві повороти, що призводять до витрати палива та зменшення продуктивності агрегатів. Крім того, неідеальна форма загінок сприяє збільшенню кількості помилок і погіршує якість виконаної роботи. [11]

Під час виконання технологічних операцій МТА можуть переміщатися за різними траєкторіями та способами. За напрямом робочих ходів способи руху агрегатів поділяються на три основні групи: загінкові, діагональні і колові. [11]

Загінковий спосіб характерний тим, що він у рухається прямолінійно вздовж загінки, а розвороти виконуються на кінцях гонів (на поворотних смугах). Існують різновиди даного способу, серед яких човниковий рух агрегату (особливо при посіві, культивуванні і т. д.), коли агрегат рухається паралельно сторонам ділянки, яка не розбита на загінки; та перехресний (зазвичай використовується при посіві), де рух на ділянці, також не розбитій на загінки, відбувається в двох перехресних напрямках, з різносторонніми розворотами, подібно до човникового руху. [11]

Рух по діагоналі загінки виконується під гострим кутом до однієї з сторін поля.

При круговому способі агрегат рухається в робочому положенні не тільки вздовж довгих, а й вздовж коротких сторін загінки. Агрегат при цьому може рухатись як від периферії до центра, так і від центра до периферії.

При круговому способі агрегат рухається в робочому положенні вздовж обох сторін загінки, як довгих, так і коротких. Рух агрегата може бути спрямований від периферії до центру або в зворотному напрямку.

Гонові методи забезпечують більш рівномірне навантаження машин і трактора. При діагональному способі руху агрегат виконує роботу в одному або двох слідах. При кругових методах збільшується опір на поворотах, що призводить до погіршення умов роботи машин і ходової частини трактора. Ці методи ефективно використовувати при посіві зернових культур та поверхневому обробітку полів правильної конфігурації. [12]

Спорядження МТА до експлуатації, полягає у визначенні типу і розрахунку чисельності машин в агрегаті, розрахунок складу машин та регулюванні робочих органів агрегату.

Технологічні операції повинні виконуватись у відповідності з агротехнічними вимогами, які включають дотримання строків виконання робіт і параметри якості

проведення, такі як глибина обробітку, глибина заробки технологічного матеріалу в ложе, якість та ступінь підрізання бурянів. Недотримання вимог недопускається. Показники якості роботи машинно-тракторних агрегатів визначають відповідно до існуючих методик (правил) під час виконання механізованих процесів обробітку. Якість роботи перевіряють на початку зміни, оскільки в цей період проводять коригування параметрів та значень регулювань на протязі зміни, оскільки регулювальні параметри можуть змінюватись внаслідок зміни зовнішніх умов. Загальну оцінку виконаної роботи заносять у обліковий лист тракториста-машиніста. [11]

Основним завданням поверхневого обробітку полягає в поєднанні операцій передпосівного обробітку ґрунту, що дає великі переваги, оскільки скорочуються терміни обробітку, покращується якість, зменшується число проходів агрегатів по полю, зменшується енергоємність проведення цих робіт. Для зони Полісся комплектуються агрегати, які за один прохід проводять культивацію на глибину до 15см, руйнують брили і грудки, вирівнюють та ущільнюють ґрунт. [17,18]

При поверхневому обробітку застосовують як причіпні КПШ-4, КПП-4, а також навісні культиватори суцільної дії КПП-4Г. При обробці кам'янистих ґрунтів застосовують культиватори (КПП-4), які можуть працювати при швидкості 6...9 км/год. Швидкісний культиватор КПШ-4 може працювати при швидкості 8...12 км/год, але найбільш оптимальна робоча швидкість від 8 до 10км/год. [12]

Підготовка культиваторів до роботи полягає у виборі необхідних робочих органів, розстановці лап, установці їх на задану глибину обробітку і приєднанні борін. Перед виїздом у поле культиватори встановлюють на задану глибину обробітку. [11]

При підготовці поля для роботи культиваторних агрегатів треба прибрати сторонні предмети, що заважають роботі, відзначити місця підвищеної крутизни (западини, підйоми) і вибрати спосіб і напрям руху.

Після закінчення культивації всього поля обробляють поворотні смуги. Під час роботи перевіряють якість культивації. Глибину культивації визначають по мітках,

нанесених на стояках лап, або вимірюванням за допомогою лінійки, яку заглиблюють у пухкий шар до дна.

Культиватор повинен повністю підрізати бур'яни; відкриття нижніх шарів і перемішування шарів ґрунту не допускається. Середня гребнистість поля не повинна перевищувати 4 см. Відхилення середньої глибини обробітку від заданої до  $\pm 1$  см. Глибина обробітку по колії трактора і поза колією має бути однакою. Суцільна культивація повинна проводитися, як правило, упоперек або під кутом до напрямку оранки, повторні обробітки - впоперек напрямку попередніх. [11]

Глибину обробітку та гребенистість контролюють 15...20 раз за зміну, кількість не підрізаних бур'янів - 3...5 разів.

Оцінку якості культивації в балах проводять по трьом показникам: глибині обробітку, гребенистості поверхні і ступеня підрізання бур'янів. Оголення дна борозни і наявність огріхів не допускаються. Рівність дна перевіряється в одному-двох місцях накладанням лінійки на підшву після видалення розпушеного шару ґрунту; допустима нерівність дна до 2 см. [11]

Висновки до розділу 3. Виконано обґрунтування операційної технології проведена шляхом підбору оптимального складу сільськогосподарських машин. Розраховано склад машинно-тракторного агрегату для проведення поверхневого обробітку, на достатньо якісному рівні, визначено годинну продуктивність, витрати палива та затрати праці.

Згідно отриманих даних та оптимізації технологічного процесу виконання операційної технології поверхневого обробітку, запропоновано машино-тракторний агрегат у складі трактора ХТЗ-243К, зчіпки С-11У, культиваторів КПШ-4 та модернізованого котка-подрібнювача рослинних решток, раціональність комплектування яких визначається коефіцієнтом завантаження двигуна трактора, що становить 0,94.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Провівши огляд технологій Mini-TILL та застосування машин і агрегатів для поверхневого обробітку, встановлено, що основна маса агрегатів і знарядь використовує стрілчасті та рихлячі долотоподібні робочі органи зі змінними формами та геометрією лап. Більшість машин мають додаткові вирівнювальні чи подрібнювальні пристрої, у виді котків чи штригильних пружинних борін, що має, як мінімум, подвійне призначення, а саме, руйнування грудок та поверхневої кірки ґрунту з подрібненням решток та його вирівнювання, що підвищує рівномірність та схожість насіння рослин.
2. З виконаних розрахунків, видно, що з'єднувальні пристрої котка-розпушувача надійні (мають майже трикратний запас міцності). Для приєднання котків до рами застосуємо стандартні підшипники валів батареї котків.
3. Прикочуючі робочі органи монтуються на вал встановлений в підшипники ковзання виготовлені з бронзи. Вал виготовлений з труби довжиною 2,8 м встановлений у підшипниках, відстань між якими становить 1,75 м. На вал діє вага котків  $G$  і сила опору коченню  $R$ . Вага котка  $G = 220 \text{ Н}$ ; Коефіцієнт опору перекочування котка становить  $f = 0,25$ . Загальний опір котка становить  $R = 55 \text{ Н}$
3. Виконано обґрунтування операційної технології проведена шляхом підбору оптимального складу сільськогосподарських машин. Розраховано склад машинно-тракторного агрегату для проведення поверхневого обробітку, на достатньо якісному рівні, визначено годинну продуктивність, витрати палива та затрати праці.
4. Згідно отриманих даних та оптимізації технологічного процесу виконання операційної технології поверхневого обробітку, запропоновано машино-тракторний агрегат у складі трактора ХТЗ-243К, зчіпки С-11У, культиваторів КПШ-4 та модернізованого котка-подрібнювача рослинних решток, раціональність комплектування яких визначається коефіцієнтом завантаження двигуна трактора, що становить 0,94.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. <https://www.gregoire-besson.com/ua>
2. <https://www.gregoire-besson.com/ua/machines/crossland>
3. [www.kuhn.ua](http://www.kuhn.ua)
4. Алімов Д.М., Шелестов Ю.В. Технологія виробництва продукції рослинництва. К.: Вища школа., 1995.-271с.
5. Бондаренко Н.Г., Експлуатація машинно-тракторного парку. К.: Вища школа, 1984, с.232.
6. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. –К.: Каравела, 2008. – 552с.
7. Г.М. Грянник, С.Д. Лехман. Охорона праці. – К.: Урожай. 1994, с.269.
8. Деев Л.П., Сінгур Л.Ф. Техніка безпеки у сільському господарстві. – К.: Урожай. 1988. – 115с.
9. Екологія. Б.В. Борисюк, В.П. Феценко та ін. – Житомир: ДАУ, 2003, -174с.
10. Злобін Ю.А. Основи екології. К.: - Лібра, 1998, 248с.
11. Ільченко В.Ю. та інші. Машиновикористання в землеробстві. – К.: Урожай, 1991. – 382с.
12. Ільченко В.Ю., Лімонт О.В., та інші., Експлуатація машинно-тракторного парку в аграрному виробництві. К.: Урожай, 1993, с. 284.
13. Кушнар'ов А.С., Кочев В.І. Механіко-технологічні основи обробки ґрунту. – К.: Урожай, 1989. – 144с.
14. Кучерявий В.П. Екологія. – Львів: Світ, 2000 – 500с.
15. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 2001.- 375с.
16. Опір матеріалів: Підручник / Г. С. Писаренко, О. Л. Квітка, Е. С. Уманський; За ред. Г. С. Писаренка. - 2-ге вид., допов. і переробл. - К.: Вища шк., 2004

17. Технології та технологічні проекти вирощування основних сільськогосподарських культур. О.Ф. Смаглій, та інші., Житомир.: «Державний агроєкологічний університет», 2007.- 544с.
18. Шелудченко Б.А. Агромеханіка ґрунтів. – Житомир, Полісся, 1992. – 249с.
19. Деталі машин : Навчальний посібник / Г.М. Борозенець, В.М. Павлов., І. В. Семак. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 220 с.