

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка
до дипломного проєкту
ступеня вищої освіти «Бакалавр»
на тему:

**Удосконалення механізації обробітку ґрунту з розробкою
конструкції котка-розпушувача**

Виконав: студент 5 курсу, групи АІСз-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Жолоб Ярослав Сергійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро, 2025

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва

кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене

звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« » 2025р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ СТУДЕНТУ**

Жолоб Ярослав Сергійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Удосконалення механізації обробітку ґрунту з розробкою конструкції котка-розпушувача.

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович канд. техн. наук, доцент

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 07 » 05 2025 року № 961

2. Строк подання студентом роботи 02.06.2025

3. Вихідні дані до проекту Аналіз діяльності господарства. Огляд стану питання знаряддя для обробітку ґрунту з подрібненням. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1.Характеристика підприємства. 2. Огляд конструкцій машин
3.Обґрунтування запропонованої конструкції машини. 4.Охорона праці та захист в навколишнього середовища.6.Техніко-економічна оцінка. Висновки та пропозиції. Література

5. Перелік графічного матеріалу

1. Агляд конструкцій машин. Аналіз (1 аркуш, А1). 2. Загальний вид машини (1 аркуш, А1). 3. Складальне креслення робочого органа (1 аркуш, А2), 4. Деталювання (1 аркуш, А1). 5. Економічні показники (1 аркуш, А1).

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 12.02.2025 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз господарства		
2	Огляд конструкцій машин		
3	Обґрунтування машини		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Графічна частина		

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Теслюк Г.В.

[illegible]

РЕФЕРАТ

Жолоб Я.С. Удосконалення механізації обробітку ґрунту з розробкою конструкції котка-розпушувача / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025.

Цей дипломний проєкт присвячено покращенню технології обробки ґрунту на сільськогосподарських підприємствах, розташованих у Дніпропетровській області. На основі аналізу агротехнічних вимог, стану парку техніки та результатів огляду існуючих конструкцій ґрунтообробних знарядь, було прийнято рішення про розробку вдосконаленої конструкції котка-розпушувача на базі агрегату КР-3.

У процесі виконання проєкту розроблено конструктивну модель нового знаряддя, підготовлено повний комплект конструкторської документації, а також проаналізовано технологічний процес обробітку ґрунту з використанням запропонованої машини. Особливу увагу приділено питанням охорони праці, техніки безпеки та дотриманню екологічних стандартів під час експлуатації техніки в польових умовах.

Також проведено техніко-економічне обґрунтування доцільності впровадження запропонованої конструкції у виробничий процес. За результатами розрахунків встановлено, що використання модернізованого котка-розпушувача дозволяє зменшити витрати на експлуатацію техніки, скоротити витрати праці та підвищити продуктивність обробітку

Ключові слова: поверхневий обробіток, якість розпушення, коток-розпушувач, продуктивність ґрунтообробного агрегату.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «СТЕПАНОВ С.І.».....	10
1.1 Організаційно-правовий статус та спеціалізація підприємства.....	10
1.2 Природно-кліматичні умови.....	10
1.3 Земельні ресурси та структура посівних площ.....	11
1.4. Матеріально-технічна база господарства.....	11
1.5. Кадрове забезпечення та перспективи розвитку підприємства.....	12
1.6. Висновки по розділу.....	13
2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ҐРУНТООБРОБНИХ МАШИН ТА ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ.....	14
2.1 Загальна характеристика робочих органів поверхневого обробітку ґрунту.....	14
2.2 Аналіз конструкцій ґрунтообробних агрегатів з різними робочими органами.....	21
2.3 Висновки по розділу.....	31
3. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ.....	33
3.1. Робочий процес розробленої машини.....	33
3.2. Обґрунтування параметрів катка-подрібнювача.....	37
3.2.1 Обґрунтування кінематичних характеристик при куті атаки $\alpha = 0$ голчастого робочого органу.....	38
3.2.2 Обґрунтування форми голки диска для подрібнення грудок ґрунту.....	42
3.2.3 Визначення необхідної кількості голок на диску, встановленого при куті атаки $\alpha = 0^0$	43
3.2.4 Визначення відстані між дисками на валу великої батареї для дисків встановлених під кутом атаки 15^0	45

3.2.5 Визначення геометричних параметрів вала голчастої батареї.....	46
3.3. Розрахунок продуктивності та витрати палива.....	49
3.4 Висновки по розділу.....	50
4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	52
4.1. Загальні положення.....	52
4.2. Вимоги до персоналу.....	52
4.3. Вимоги безпеки під час експлуатації.....	53
4.4. Безпечне технічне обслуговування.....	53
4.5. Захист навколишнього середовища.....	54
4.6. Пожежна безпека.....	54
4.7. Висновок по розділу.....	55
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЄКТУ.....	56
Висновок по розділу.....	59
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ЛІТЕРАТУРА.....	62
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Однією з найважливіших умов сталого розвитку сільського господарства, а також підвищення рівня життя населення, є всебічне прискорення науково-технічного прогресу у сфері аграрного виробництва. Йдеться не лише про впровадження новітніх технологій, а й про створення сприятливих умов для максимально ефективного використання виробничого потенціалу господарств. Це також включає послідовне зміцнення матеріально-технічної бази сільського господарства, яка слугує фундаментом для здійснення глибоких структурних змін, спрямованих на підвищення продуктивності праці та зниження витрат виробництва.

Сучасний етап розвитку аграрного сектору потребує термінового вирішення низки проблем, серед яких центральне місце займає питання комплексної механізації землеробства. Це передбачає не лише механізацію окремих операцій, а й створення інтегрованих технологічних систем, у яких технічні засоби працюють узгоджено й безперервно на всіх етапах вирощування сільськогосподарських культур. Особливу увагу слід приділити модернізації технічного парку: підвищенню якості, енергоефективності, функціональності та надійності тракторів, комбайнів, сівалок та іншої сільськогосподарської техніки.

Незважаючи на те, що рівень технічного оснащення аграрного виробництва поступово зростає, більшість господарств все ще не впровадили в повному обсязі інтенсивні та індустріальні технології вирощування сільськогосподарських культур. Через це значна частина сучасної техніки використовується не на повну потужність – багато високопродуктивних машин задіяні лише в одну зміну, що значно знижує ефективність їхнього використання. Зафіксовані коефіцієнти змінності машинно-тракторного парку на рівні 1,05–1,15 вказують на недосконалість організації виробничих процесів, недостатній рівень планування та логістики на підприємствах.

У зв'язку з необхідністю підвищення обсягів виробництва стратегічно важливих культур, зокрема озимої пшениці, виникає потреба в переході до сучасних інтенсивних технологій її обробітку. Це включає використання високоякісного насіння, точне дотримання агротехнічних норм, застосування прогресивних способів обробки ґрунту, а також своєчасне внесення мінеральних добрив, ефективних гербіцидів та засобів захисту рослин. Для досягнення цих цілей господарства мають бути забезпечені сучасною сільськогосподарською технікою, спеціалізованими транспортними засобами, розвантажувальним і навантажувальним обладнанням, а також відповідними ресурсами для здійснення всього технологічного циклу.

Попри тенденцію до зростання рівня механізації, показники урожайності та темпи зниження трудомісткості залишаються незадовільними. Це свідчить про те, що технічне переоснащення не завжди супроводжується якісною організацією праці та ефективним управлінням ресурсами. Значний обсяг ручної праці досі є характерною рисою багатьох господарств, що не лише збільшує виробничі витрати, а й знижує загальний рівень конкурентоспроможності української аграрної продукції на внутрішньому та зовнішньому ринках.

Для подолання цих викликів необхідно впроваджувати комплексні підходи до модернізації аграрного сектору. Це має включати не тільки технічне переоснащення, а й навчання кадрів, удосконалення агрономічного супроводу, цифровізацію управлінських процесів, а також розширення державної підтримки сільськогосподарських виробників. Лише за умови системного підходу можна досягти стабільного розвитку сільського господарства та забезпечити продовольчу безпеку держави в довгостроковій перспективі.

1. ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА «СТЕПАНОВ С.І.»

1.1. Організаційно-правовий статус та спеціалізація підприємства

Фермерське господарство «Степанов С.І.» є суб'єктом малого підприємництва у сфері сільського господарства, що функціонує на основі приватної форми власності. Господарство було засноване у 2012 році фізичною особою, яка виконує також функції керівника. Організаційно-правова форма – фермерське господарство (ФГ), відповідно до Закону України «Про фермерське господарство».

Головним напрямом діяльності підприємства є вирощування сільськогосподарських культур, зокрема зернових і технічних. Головна спеціалізація – виробництво зерна кукурудзи, яка займає більшість орних площ господарства. Крім того, вирощуються інші культури, такі як соя, озима пшениця, соняшник, ріпак, а також у незначних обсягах – гречка та просо.

1.2. Природно-кліматичні умови

Фермерське господарство «Степанов С.І.» розташоване на території За-тишнянської громади Дніпропетровської області. Регіон характеризується сприятливими природно-кліматичними умовами для ведення сільськогосподарського виробництва. Клімат – помірно-континентальний, із м'якою зимою та теплим літом.

Середньорічна температура повітря становить +8,5...+9 °С, середньорічна кількість опадів – від 500 до 600 мм, що є достатнім для вирощування основних польових культур. Вегетаційний період триває близько 280 днів. Основним типом ґрунтів є глибокі чорноземи, багаті на гумус, з високою водоутримувальною здатністю та хорошими фізико-хімічними властивостями.

Такий ґрунтовий покрив забезпечує високу врожайність сільськогосподарських культур при належному агротехнічному догляді.

1.3. Земельні ресурси та структура посівних площ

Загальна площа сільськогосподарських угідь фермерського господарства становить 460 га, з яких 445 га – орні землі. Структура посівних площ є збалансованою та формується з урахуванням сівозміни, економічної доцільності та екологічної безпеки.

У 2024 році структура посівів виглядала таким чином:

Культура	Площа, га	Частка у загальній площі, %
Кукурудза на зерно	320	71%
Соя	50	11%
Озима пшениця	40	9%
Соняшник	30	7%
Інші культури	15	2%

Такий розподіл дозволяє не лише ефективно використовувати агрономічний потенціал ґрунтів, а й мінімізувати ризики, пов'язані з монокультурним землеробством.

1.4. Матеріально-технічна база господарства

Фермерське господарство має у своєму розпорядженні добре укомплектовану матеріально-технічну базу, що забезпечує механізоване виконання всіх виробничих процесів – від обробітку ґрунту до збору врожаю.

До складу технічного парку входять:

- трактори марок John Deere, МТЗ;
- посівні комплекси Horsch;

- культиватори та плуги Lemken;
- зернозбиральні комбайни Claas Lexion;
- обприскувачі Amazone;
- навантажувальна техніка, причіпні агрегати, зернові бункери;
- власні складські приміщення та ваговий комплекс.

Крім того, господарство має ремонтну майстерню, обладнану для точного обслуговування техніки та зберігання запасних частин.

1.5. Кадрове забезпечення та перспективи розвитку підприємства

Штат підприємства налічує 14 постійних працівників, серед яких: агрономи, інженер-механік, трактористи-машиністи, водії, бухгалтер та допоміжний персонал. У період проведення посівної та збиральної кампаній додатково залучаються сезонні працівники.

Керівництво господарства приділяє увагу підвищенню кваліфікації персоналу, зокрема щодо роботи з новітньою технікою та впровадження сучасних технологій у землеробстві.

Серед перспективних напрямів розвитку фермерського господарства «Степанов С.І.» можна виділити:

- розширення земельного банку до 600–700 га;
- впровадження елементів точного землеробства (GPS-навігація, дрони, агромоніторинг);
- будівництво зерносушильного комплексу;
- запровадження органічного землеробства на частині площ;
- вирощування нішевих культур – нуту, сочевиці, гірчиці;
- посилення співпраці з аграрними кластерами та кооперативами.

Такі заходи дозволять підприємству посилити конкурентні позиції, підвищити рентабельність виробництва та адаптуватися до змін у зовнішньоекономічному середовищі.

1.6. Висновки до розділу

1. У першому розділі було здійснено загальну характеристику фермерського господарства «Степанов С.І.», що дозволило сформулювати цілісне уявлення про його організаційну структуру, спеціалізацію, ресурсне забезпечення та основні напрями діяльності.

2. Господарство є типовим представником малого сільськогосподарського бізнесу центрального регіону України. Основний вектор діяльності підприємства – вирощування зернових та технічних культур із домінуванням кукурудзи на зерно, що є економічно доцільним вибором з огляду на кліматичні умови регіону та попит на ринку.

3. Земельний фонд підприємства характеризується високою якістю ґрунтів, а природно-кліматичні умови сприяють стабільному вирощуванню широкого спектру сільськогосподарських культур. Господарство має у своєму розпорядженні достатню матеріально-технічну базу, яка забезпечує механізоване виконання основних виробничих процесів. ФГ «Степанов С.І.» динамічно розвивається, постійно модернізуючи технічний парк, впроваджуючи нові агротехнології та орієнтуючись на інновації. Визначено низку перспектив розвитку, серед яких особливу увагу заслуговують впровадження точного землеробства, розширення земельного банку та диверсифікація виробництва шляхом вирощування нішевих культур.

2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ГРУНТООБРОБНИХ МАШИН ТА ЇХ РОБОЧИХ ОРГАНІВ

2.1. Загальна характеристика робочих органів поверхневого обробітку ґрунту

Робочі органи для поверхневого обробітку ґрунту — це елементи сільськогосподарських машин, що безпосередньо контактують із ґрунтом і виконують технологічну операцію обробки на різних етапах агротехнічного процесу. Поверхневий обробіток ґрунту включає в себе операції, що полягають у закритті вологи, боротьбі з бур'янами та підготовці ґрунту для посіву, що має на меті покращення фізичних властивостей ґрунту, створення оптимальних умов для розвитку кореневої системи рослин.

Основними робочими органами поверхневого обробітку ґрунту є дискові, лемішні та зубчасті робочі органи, кожен з яких має свої конструктивні особливості та області застосування в залежності від умов роботи та типу ґрунту.

Робочі органи луцильників ЛДГ-5, ЛДГ-10, ЛДГ-15, ЛДГ-20 складаються зі сферичних дисків, що мають діаметр 450 мм (див. Рис.2.1). Дев'ять таких дисків зібрані в одну батарею, закріплені на квадратному валу та повернуті опуклістю до середини луцильника. Обертання батарей з дисками відбувається завдяки використанню двох кулькових підшипників. Ці луцильники призначені для обробки стерні після збирання зернових культур, а також після оранки та перед посівом.

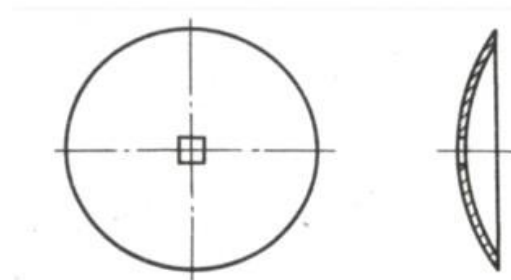


Рис.2.1 – Сферичний диск

Ті самі робочі органи монтуються на дискових боронах, у деяких комбінованих ґрунтообробних агрегатах. Водночас з'явилася низка дискових робочих органів іншого призначення (рис. 2.2).

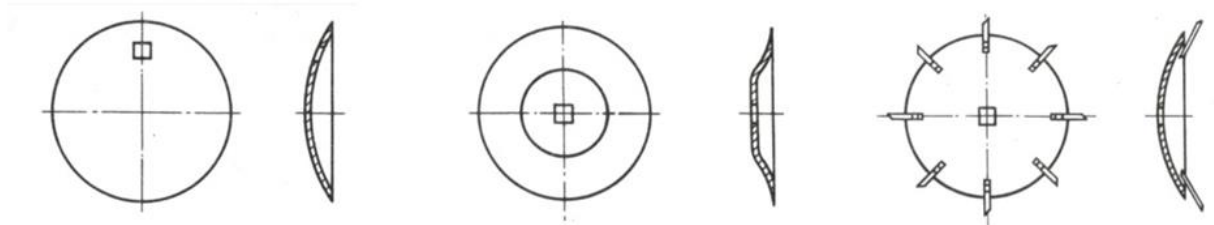


Рис. 2.2 -Дискові робочі органи: а - диск сферичний із зміщеною віссю обертання; б - диск гофрований; в – диск сферичний зубовий.

Диск сферичний, що має зміщену вісь обертання, застосовують для протидії водній ерозії. Сферичною частиною, завдяки зміщенню вісі, диск формує лунки, в яких затримується волога, перешкоджаючи її розтіканню по землі. Гофрований диск впливає на ґрунт дещо інакше, і його не обов'язково встановлювати під певним кутом до напрямку руху. Сферичний зубовий диск надійно забезпечує контакт із ґрунтом, запобігаючи ковзанню батареї відносно осі обертання, та додатково розпушує підосхву, водночас збільшуючи глибину обробки.

Переваги дискових органів:

- Можливість обробітку важких і вологих ґрунтів.
- Гарне перемішування органічних залишків і ґрунту.
- Стабільне і рівномірне заглиблення, що сприяє збереженню структури ґрунту.

Недоліки дискових органів:

- Знос дисків через механічну дію каменів та інших твердих елементів.
- Складність в обробці ущільнених ґрунтів.

Робочими елементами борони голчастої причіпної гідрофікованої БІГ-3А слугують голчасті диски (рис.2.3.), що зібрані з інтервалом 175 мм один від одного вздовж осі у чотири незалежні батареї. Конструкція борони передбачає можливість регулювання кутів атаки голчастих дисків: 0, 80, 120 та 160 градусів.



Рис. 2.3 - Голчастий та голчастий сферичний робочий орган

Також передбачена експлуатація з активним розміщенням робочих елементів на ґрунтах легкої та середньої щільності без необхідності зняття батарей, шляхом переналаштування причіпного пристрою на передню або задню частину рами борони, виконаної у вигляді звареної конструкції з квадратних труб. Можливість встановлення нульового кута атаки розширює сферу використання борони для обробки зернових та просапних культур (досходове та післясходове розпушування).

Робочим елементом культиваторів широкозахватних КШУ-6, КШУ-12, КШУ-18 є стрілчаста лапа, котра захоплює ґрунт на 330мм, або розпушувач, що бере до роботи 150мм. Додатково встановлюється зарівнююче обладнання – пружинна чи роторна борони. Ці культиватори створено для загального передпосівного обробітку ґрунту, а також для обробітку пару.

У деяких моделях, наприклад КШ-3,6А, роль робочого органу виконує штанга. Вона має вигляд сталевого квадратного валу, перетином 25х25мм та довжиною 3700мм. Цей вал приводиться в рух від опорного колеса.

У конструкції важкого секційного причіпного культиватора КТС-10-2 використано робочий орган - фрезерний барабан. Він представляє собою вал звареної конструкції, що складається з труби, до якої прикріплені диски для кріплення Г-подібних ножів, диски для сполучення з бічним приводом та цапфи для закріплення вала в центральному опорному підшипнику. Крутний момент від вихідного вала центрального редуктора передається через ланцюгові, запобіжні муфти та проміжні вали до бічних редукторів, а звідти - на вали фрезерних барабанів. Проміжні вали, ланцюгові та запобіжні муфти захищені огороженнями. Регулювання глибини обробітку здійснюється гвинтовим механізмом шляхом зміни позиції опорних коліс відносно барабана.

Для вирівнювання лану, розбивання грудок, ущільнення ґрунту перед посівом та після нього використовують кільчасті (рис.2.4, а), кільчасто-зубові (рис.2.4, б), кільчасто-шпорові та гладенькі котки.

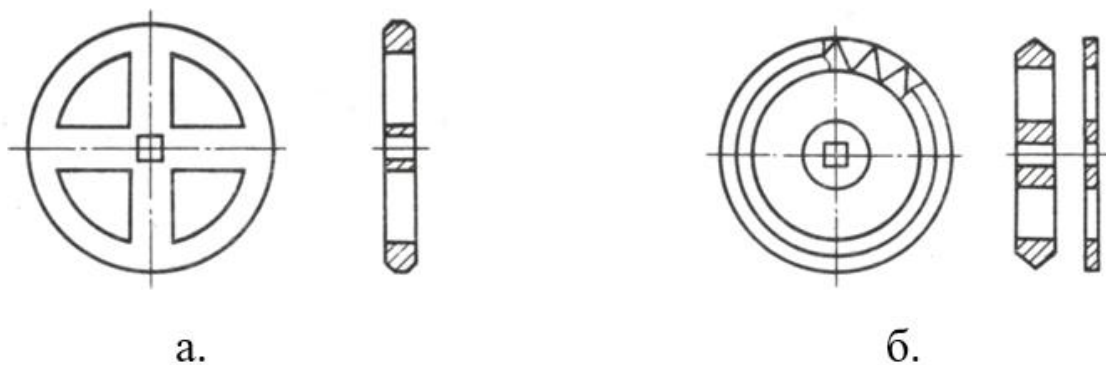


Рис. 2.4 - Робочий елемент кільчастого котка: а.- кільчастого;
б.- кільчасто – зубового.

Кільчасто-шпоровий коток ЗКК-6 включає в себе три секції. На осях батарей вільно обертаються зубчасті диски, діаметром 520 мм, вироблені зі сталевого виливка. Підшипники батарей зафіксовані на рамі таким чином, що диски задньої батареї розміщені між дисками передньої. Це розташування дисків сприяє їхньому самоочищенню від налиплого ґрунту.

Робочі органи ротаційних борін набули надзвичайно широкого застосування в системі обробітку ґрунту завдяки своїй високій продуктивності. Значний інтерес викликає борона Хакнмо (рис. 2.5). Цей вид борони розроблено для лущення стерні, обробітку дерну багаторічних трав, мульчування, ранньо-весняного боронування, збереження вологи та передпосівної підготовки ґрунту.

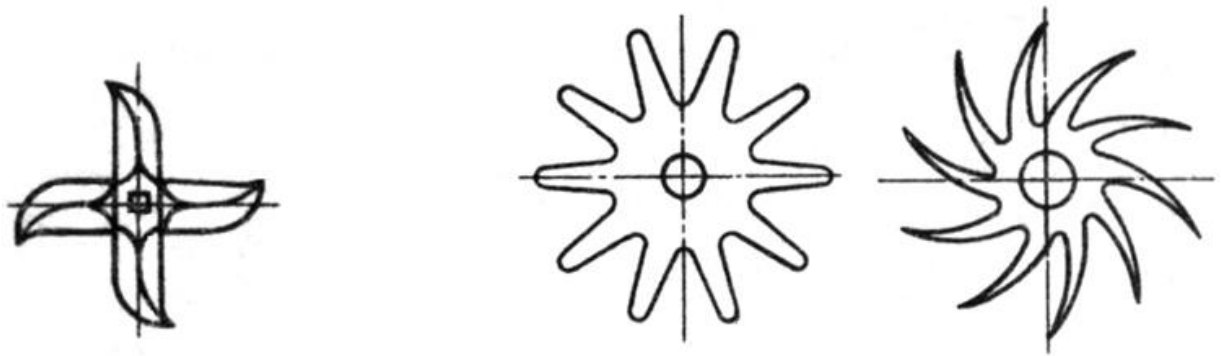


Рис.2.5. Робочий орган борони гольчастої

Гольчасті робочі органи (рис. 2.5) здобули значне розповсюдження для обробітку культур, що просапуються, зернових, ранньовесняного боронування зернових, а також для ліквідації ґрунтової кірки. Варто особливо відзначити голчастий диск, який використовується в боронах БІГ-3А, БМШ-15 та БМШ-20. Попри певні недоліки, ці диски набули широкого поширення, як у нас, так і за кордоном, особливо у комбінованих агрегатах.

Аналогічним робочим елементом є робочий орган чизель-ротора (рис. 2.6.а). У випадку фіксації такого робочого органу, він може функціонувати як культиватор. А у вільному обертанні діє як ротор, забезпечуючи роздроблення великих грудок ґрунту.

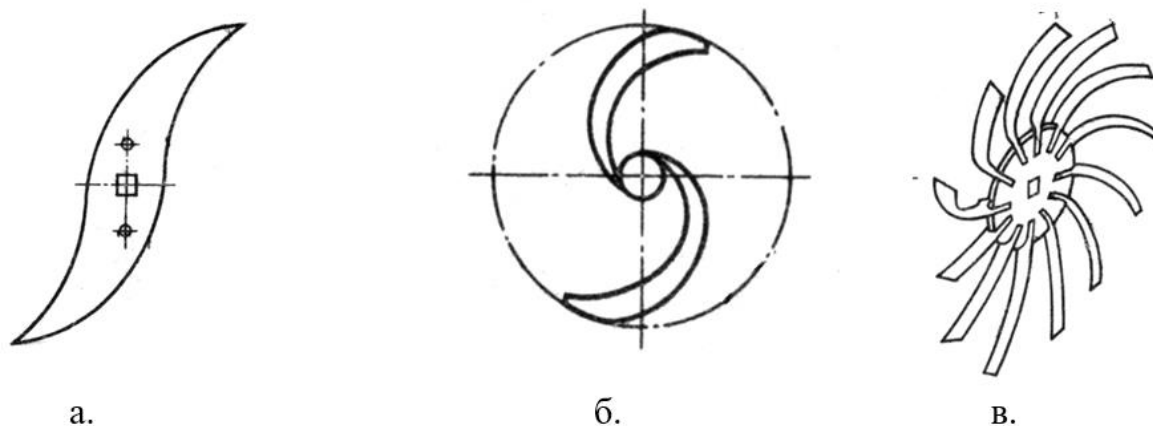


Рис. 2.6 - Ротаційні робочі органи: а - ротор – чизель; б, в - голчасті робочі органи з складною поверхнею.

Робочі органи (Рис.2.6. б, в.) зі складною формою на теперішній час проходять випробування. Водночас їх можливо буде широко застосовувати для боротьби з бур'янами, закладання органічних та мінеральних добрив.

З аналізу різних типів робочих органів поверхневого обробітку ґрунту можна зробити висновок, що серед них особливе значення мають дискові та ротаційні робочі органи. Це пояснюється їхньою здатністю ефективно працювати в різних ґрунтових і кліматичних умовах, забезпечуючи необхідний рівень обробітку при мінімальних витратах енергії та ресурсів. Вибір правильного типу робочого органу для конкретних умов ґрунту є критичним для досягнення бажаного результату в сільськогосподарському виробництві.

Правильний аналіз та вибір робочих органів мають вирішальне значення для досягнення високої ефективності обробітку ґрунту. Це включає в себе не лише розуміння специфіки кожного типу робочого органу, а й врахування конкретних ґрунтово-кліматичних умов, в яких буде використовуватись техніка. Наприклад, на тяжких, ущільнених ґрунтах доцільніше застосовувати дискові або лемішні органи, які здатні розпушувати ґрунт на глибину та перевертати його, що зменшує ущільнення та сприяє покращенню структури

грунту. У той час як на легких, супіщаних ґрунтах найбільш ефективними можуть бути ротаційні або зубчасті робочі органи, які забезпечують швидке і рівномірне розпушування без глибокого перевертання ґрунту, що сприяє збереженню його природної структури.

Окрім типу ґрунту, також важливо враховувати кліматичні умови, такі як вологість та температура повітря. Наприклад, в умовах сухого клімату і малих опадів ефективними будуть органи, які мінімізують втрату вологи в ґрунті, зберігаючи його структуру на поверхні. В таких умовах дискові органи, які добре перемішують поверхневий шар ґрунту, можуть бути особливо корисними для боротьби з ерозією та збереженням вологи.

Крім того, варто враховувати специфіку технологічного процесу обробітку. Якщо потрібен лише поверхневий обробіток для знищення бур'янів, ротаційні робочі органи будуть ідеальним вибором завдяки своїй здатності швидко та ефективно працювати на малій глибині. Для жорсткіших умов або коли необхідно глибше обробити ґрунт, дискові або комбіновані органи можуть бути більш доцільними.

Вибір робочих органів також залежить від економічних аспектів. Для великих сільськогосподарських підприємств, які мають значні площі обробки, важливо забезпечити високу продуктивність та надійність техніки, що дозволяє зменшити витрати на палива та обслуговування техніки. В таких випадках важливо обрати оптимальну комбінацію робочих органів, яка зможе забезпечити необхідний обробіток за мінімальний час і з мінімальними витратами ресурсів.

Отже, ефективність підготовки ґрунту в значній мірі залежить від вибору відповідного робочого органу, який оптимально підходить до ґрунтово-кліматичних умов. Правильний аналіз цих умов та вибір відповідних технологій є основою для досягнення високих урожаїв та економічної ефективності сільськогосподарського виробництва.

2.2. Аналіз конструкцій ґрунтообробних агрегатів з різними робочими органами.

Як показує аналіз існуючих конструкцій комбінованих агрегатів, більшість з них базується на використанні знарядь плоскорізного типу. Це пояснюється тим, що плоскорізи та чизелі є доцільними для застосування в умовах недостатнього зволоження, а також на землях з малою кількістю рослинних залишків, де замість оранки, особливо весняної, ці знаряддя демонструють високу ефективність.

Одним із прикладів таких машин є культиватор напівпричіпний КПН-8,2, що виробляється ВАТ «Голещина машзавод» (рис. 2.7).



Рис 2.7. Комбінований культиватор КПН-8,2

Культиватор КПН-8,2 використовується для передпосівного обробітку ґрунту в різних кліматичних і ґрунтових умовах, окрім кам'янистих територій. Він здатен обробляти ґрунт на глибину від 5 до 15 см. Основним робочим елементом є стрілчаста лапа шириною 270 мм, яка закріплена на жорсткій стійці. Така конструкція дозволяє точно дотримуватися заданої

глибини обробітку, не допускаючи заглиблення навіть у більш твердих ділянках ґрунту.

Культиватор має три модифікації, які можна використовувати з тракторами різних тягових класів. Шляхом зняття двох бокових піврам з моделі КПН-8,2 можна отримати варіант КПН-5,6, а якщо з цієї моделі прибрати ще дві крайні секції — вийде модифікація КПН-3.

Секції та піврами культиватора з'єднані з центральною рамою шарнірно, що дозволяє складати конструкцію для транспортування і зменшувати ширину агрегату. Колісна підвіска культиватора також прикріплена шарнірно до рами, має два колеса на пневматичних шинах і регулюється за допомогою гідросистеми. Це забезпечує зручне підняття та опускання підвіски, а також гарантує, що культиватор не залишає колій на полі в робочому положенні.

Обробка ґрунту культиватором здійснюється під певним кутом відносно напрямку попереднього проходу. Машина спирається на передні опорні та задні прикочуючі котки, висоту яких можна змінювати за допомогою гвинтів. Це також дозволяє точно встановити необхідну глибину обробітку. Лапи культиватора закріплені на трьох рядах — на центральній рамі, піврамах та секціях. Під час роботи ці лапи підривають і розрізають нижні шари ґрунту. Лапи розміщені таким чином, щоб забезпечити перекриття слідів, а більша відстань між стійками запобігає забиванню робочих органів корінням бур'янів.

Після секції стрілочастих лап розташований планчастий коток, який ефективно розбиває грудки ґрунту та створює на його поверхні рельєф, що допомагає знизити випаровування вологи.

Культиватор має міцну та надійну конструкцію. У вузлах котків використовуються закриті самовстановлювальні підшипники, які запобігають перекосам під час роботи з великим навантаженням і значно продовжують термін служби котків. Стійка, яка жорстко закріплена та захищена від ударних навантажень зрізним болтом, виготовлена з низьколегованої сталі та загартована для підвищення міцності й зносостійкості.

Серед головних переваг культиватора варто виділити:

- Бур'яни повністю підрізаються, а їх залишки виводяться на поверхню, що сприяє їх повному знищенню.
- Збільшення продуктивності завдяки великій ширині захвату культиватора та зручності транспортування.
- Економію пального та трудозатрат, а також високу якість підготовки ґрунту під посів, з формуванням оптимального насіннєвого ложа.

Комбінований напівпричіпний культиватор ККП-6 «Кардинал» використовується для підготовки ґрунту перед посівом у різних сільськогосподарських регіонах України (рис.2.8.)



Рис. 2.8. Культиватор поверхневий комбінований ККП-6

Найкраще цей культиватор показує себе при обробці ґрунту після зяблевої оранки перед висівом таких культур, як буряк, горох, кукурудза, соняшник, льон і ярі зернові. Обробіток ґрунту виконується під кутом до напрямку попередньої оранки.

Культиватор ККП-6 «Кардинал» має унікальну конструкційну особливість, яка полягає у можливості виконувати повний комплекс передпосівного обробітку ґрунту всього за один прохід. Завдяки спеціально підібраному набору робочих органів, машина забезпечує високу якість підготовки поля до

посіву, що значно економить час, паливо та зменшує кількість проходів техніки по полю, запобігаючи його надмірному ущільненню.

У процесі роботи культиватор виконує послідовно кілька важливих технологічних операцій:

- спочатку він розпушує колії, що залишилися після проходу трактора, забезпечуючи рівномірну структуру ґрунту.
- далі перша секція «вирівнюючих лопат» вирівнює поверхню поля, підготовлюючи її до подальших етапів обробки.
- потім котки цієї ж секції ущільнюють верхній шар і подрібнюють великі грудки ґрунту, покращуючи структуру орного шару.
- після цього три ряди пружинних лап розпушують ґрунт на задану глибину і одночасно підрізають бур'яни, що дозволяє зменшити кількість хімічних обробок.
- наступним етапом є додаткове вирівнювання поверхні поля лопатами другої секції для досягнення максимальної рівності.
- потім великий і малий котки другої секції подрібнюють залишки грудок і ущільнюють нижні шари ґрунту, формуючи ідеальне «насінневе ложе», в яке висіватиметься насіння.
- завершальним етапом є кінцеве вирівнювання поля та розподіл пожнивних решток по його поверхні за допомогою пружинної борони, що забезпечує оптимальні умови для проростання культур.

Завдяки такій комплексній обробці за один прохід, ККП-6 «Кардинал» забезпечує високоякісну підготовку ґрунту для сівби, підвищуючи ефективність сільськогосподарського виробництва.

За бажанням замовника культиватор ККП-6 «Кардинал» можна оснастити спеціальним навісним обладнанням для зернової сівалки виробництва фірми «Клєн». Це дозволяє одночасно проводити передпосівну підготовку ґрунту та висів насіння за один прохід, що значно підвищує ефективність польових робіт.

Машина легко складається до транспортної ширини 3,15 метра за допомогою гідравлічної системи, що робить її зручною для перевезення дорогами загального користування.

Однією з конструктивних переваг цього культиватора є жорстка система слідорозпушувачів, яка забезпечує якісне розпушення колій трактора на задану глибину. На відміну від аналогічних моделей, тут встановлено зрізний болт, який спрацьовує при перевантаженнях і запобігає пошкодженню елементів конструкції, тим самим подовжуючи термін їх служби.

Варто також відзначити високу надійність підшипникових вузлів котків. Завдяки використанню закритих самоцентрованих підшипників із додатковими ущільненнями, що захищають від пилу, забезпечується стабільна й довготривала робота без частого техобслуговування — це вигідно вирізняє «Кардинал» серед подібних машин.

Рама культиватора виготовлена з товстостінних квадратних труб (8 мм), що робить її надзвичайно міцною та мінімізує прогин при транспортуванні — жорсткість рами є однією з найвищих серед усіх українських аналогів.

Кожну групу робочих органів можна індивідуально налаштовувати, що дозволяє точно встановлювати глибину обробки в діапазоні від 2 до 15 см. Це особливо важливо при підготовці ґрунту для дрібнонасіненних культур, які потребують точного насінневого ложа.

Використання цього культиватора дає низку вагомих переваг:

- швидке та рівномірне проростання культур;
- дружний розвиток рослин;
- повне знищення бур'янів завдяки трирядному розміщенню робочих органів, що налаштовується залежно від рівня засміченості поля;
- ефективне витягування кореневих решток бур'янів на поверхню для їх повного знищення;
- якісне розпушення тракторних колій;

- економія пального, часу та зусиль завдяки високій продуктивності агрегата.

Також є технічне рішення (№1329637), яке спрямоване на покращення якості обробки ґрунтів з різним рівнем твердості (рис. 2.9.). У його основі лежить спеціальна конструкція ґрунтообробної машини, яка складається з основної рами 1 та пруткового барабана 2, всередині якого розміщений додатковий барабан 3.

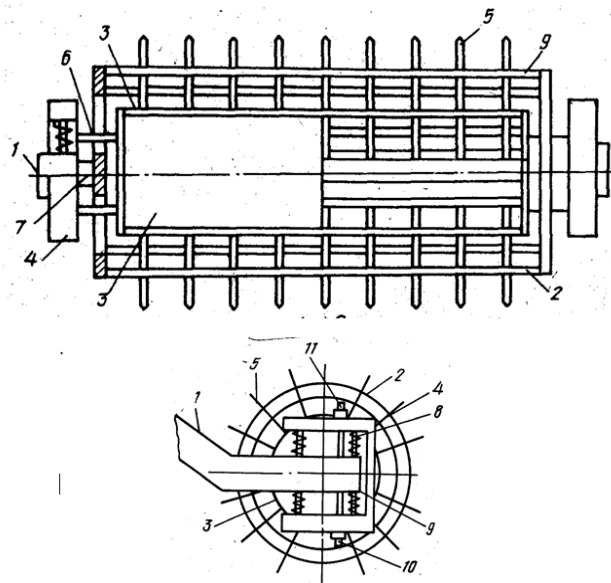


Рис. 2.9. А.с. №1329637 Ґрунтообробне знаряддя

Прутковий барабан 2 з'єднаний з рамкою 4 через підшипникову опору, а сама рамка кріпиться до основної рами машини 1. Всередині додаткового барабана 3 знаходяться зуби 5, які закріплені на порожнистій осі 7. Вісь 6 з'єднується з рамкою 4 за допомогою направляючих штирів 8, а також пружини 9, яка з'єднана з основною рамою 1. Силу стискання цієї пружини можна налаштовувати за допомогою гвинта 10 та гайки 11.

Завдяки такій конструкції машина може адаптуватися до ґрунтів з різною щільністю, забезпечуючи стабільну та якісну обробку.

Ґрунтообробне знаряддя працює за принципом адаптивної взаємодії двох барабанів, що забезпечує якісну підготовку ґрунту незалежно від його твердості та вологості.

Під час руху агрегата зубці (5) внутрішнього барабана (3) разом із прутками зовнішнього барабана (2) виконують кілька функцій одночасно: розпушують ґрунт, подрібнюють грудки та вирівнюють поверхню поля. Коли знаряддя проходить по м'якому або вологому ґрунту, зусилля, що діють на зубці, не перевищують силу стиску пружини (9). У такому випадку обидва барабани обертаються синхронно, без зміщення один відносно одного.

Однак, коли агрегат натрапляє на більш твердий ґрунт, тиск на зубці (5) барабана (3) збільшується і перевищує зусилля, яке утримує пружина (9). У результаті рамка (4), на якій закріплений внутрішній барабан, починає рухатися вгору по направляючих штирях (8). Це призводить до зміщення осі барабана (3), поки сили тиску на зубці та зусилля стискання пружини не зрівноважаться. Завдяки цьому знаряддя автоматично регулює глибину обробки та працює стабільно навіть при зміні структури ґрунту, не допускаючи переглиблення або надмірного навантаження.

Крім того, у випадку налипання ґрунту на прутки зовнішнього барабана (2), їхнє тертя об зубці внутрішнього барабана (3) сприяє самоочищенню, що дозволяє агрегату працювати ефективно навіть у складних умовах.

Це знаряддя також може встановлюватися як частина конструкції розрихлювача солончакових ґрунтів. У такому випадку барабан (2) виконує додаткову функцію — служить опорним колесом, забезпечуючи стабільність ходу розрихлювача по важких, засолених землях.

Завдяки такій конструкції забезпечується надійна, рівномірна обробка ґрунту на задану глибину з автоматичним пристосуванням до умов поля.

Є технічне рішення №1386062 (рис. 2.10) описує конструкцію робочого органа для ґрунтообробного знаряддя, який розроблено з метою покращення якості обробітку ґрунту та зменшення тягового опору під час роботи.

Конструктивно робочий орган складається з вертикальної стійки (1), на якій закріплено основну робочу частину — лапу (2). З одного боку на стійці встановлено диск (3), до якого прикріплені ножі (4) з одностороннім загостренням. На кінцях цих ножів встановлені спеціальні пластини (5), які розташовані перпендикулярно до площини, в якій обертаються ножі. Така конструкція забезпечує краще зчеплення ножів із ґрунтом і покращує якість різання.

Форма пластин (5) може бути трикутною, що дозволяє бур'янам легко ковзати по поверхні ножа, не чіпляючись і не забиваючи робочий орган. Окрім цього, стійка (1) розміщена під гострим кутом до площини обертання ножів. Завдяки цьому перерізані рослинні залишки не застрягають між стійкою і ножами, що виключає заклинювання і забезпечує безперервну роботу агрегата.

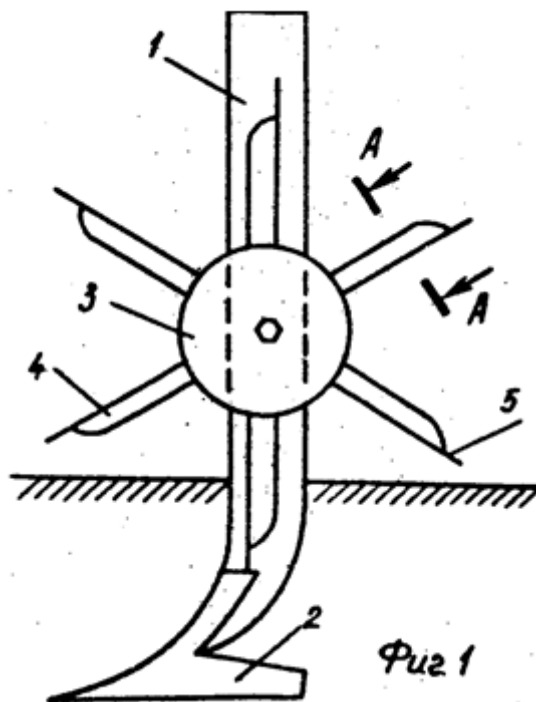


Рис. 2.10. Робоче ґрунтообробне знаряддя а.с. №1386062

Знаряддя працює наступним чином: під час руху по ґрунту пластини (5) занурюються в землю і створюють крутний момент. Цей момент є основою для обертання диска (3), на якому закріплені ножі (4). Одночасно пластини (5) перерізають бур'яни, які знаходяться на поверхні ґрунту, тим самим зменшуючи кількість бур'янів, що можуть налипнути на стійку (1). Це важливий момент, оскільки забруднення стійки бур'янами може знизити ефективність роботи знаряддя.

Крім того, при перерізанні бур'янів ножами (4), які вже почали налипати на стійку (1), сама стійка виконує функцію протиріжучого ножа, що працює в парі з основними ножами. Це допомагає краще обробляти поверхню ґрунту та перешкоджає забиванню робочих органів бур'янами, що ще більше покращує якість рихлення ґрунту. Завдяки такій конструкції досягається не тільки ефективно видалення бур'янів, але й оптимізація процесу обробки ґрунту.

Це технічне рішення є важливим кроком у створенні нових комбінованих ґрунтообробних агрегатів, які можуть виконувати кілька технологічних операцій за один прохід. Це, в свою чергу, знижує витрати на паливо, скорочує час обробки поля і підвищує загальну ефективність агротехнічних заходів. Оскільки для досягнення високої продуктивності важливо одночасно виконувати кілька операцій, такі агрегати стають дуже актуальними для сучасного сільського господарства, де важливо оптимізувати робочі процеси і знижувати витрати ресурсів.

Тому розробка таких ґрунтообробних машин, які здатні ефективно виконувати декілька завдань за один прохід, є надзвичайно перспективною темою, яка має великий потенціал для покращення продуктивності сільськогосподарського виробництва.

Ґрунтообробний коток Kverneland Actiline H Series є універсальним агрегатом, який за своїми характеристиками близький до серії Packer. (рис. 2.11.) Його основне призначення — забезпечення капілярності в ґрунті.

Конструкція котка Actiline має трапецієподібну форму і побудована на основі труби, подібної до труби котка Racker. На цю трубу приварені гребені, які розташовані на відстані 12,5 см або 15 см один від одного. Для покращення зчеплення з ґрунтом на гребнях є додаткові зубці, що забезпечують більш ефективну роботу агрегату.



Рис. 2.11. Ґрунтообробний коток Kverneland Actiline H Series

Ґрунтообробні котки є важливою частиною технічного оснащення сільськогосподарської техніки, які використовуються для ущільнення ґрунту після його обробки, підготовки насінневого ложа і поліпшення структури ґрунту. Котки ефективно створюють оптимальні умови для посіву, забезпечуючи необхідну капілярність та рівномірне ущільнення землі, що сприяє покращенню поглинання вологи і розвитку рослин.

У разі котка, робочі органи шириною 40 мм забезпечують ущільнення борозни перед проходом сівалки. Це ущільнення дозволяє сформувати V-подібну канавку, що моделюється і герметизується за рахунок зворотного ущільнення ґрунту смугами. Така система дозволяє поліпшити якість посіву, зменшуючи ймовірність утворення пустот в ґрунті навколо насіння, що сприяє рівномірному проростанню і розвитку рослин.

Коток може бути прикріплений до сівалки різними способами. Клієнт має можливість вибору між стандартним з'єднанням або з'єднанням класу євро, що дає можливість адаптувати агрегат до різних моделей техніки. Це дозволяє забезпечити універсальність і зручність у використанні для різних видів сільськогосподарських робіт.

Техніка доступна з різними робочими ширинами захвату, що варіюються від 2,5 м до 6 м. Це дає можливість вибору оптимального варіанту залежно від розміру оброблюваної площі і типу ґрунту. Більша ширина захвату дозволяє знизити час обробки великої площі, підвищуючи ефективність роботи та знижуючи витрати на обробіток.

Ґрунтообробні котки, зокрема моделі з такою конструкцією, мають широкий спектр переваг. Вони не тільки покращують якість обробки ґрунту, але й забезпечують оптимальні умови для вирощування сільськогосподарських культур. Використання котків допомагає в збереженні структури ґрунту, збільшенні продуктивності та поліпшенні ефективності агрономічних робіт, що робить їх важливим інструментом у сучасному землеробстві.

2.3. Висновки по розділу

1. Аналіз останніх розробок вітчизняних виробників свідчить про помітне зростання попиту на комбіновані ґрунтообробні агрегати. Ця тенденція обумовлена кількома важливими факторами, зокрема необхідністю зменшити кількість проходів техніки по полях, що дозволяє не тільки зекономити час, але й значно знизити витрати пального та зношування техніки. Крім того, комбіновані агрегати сприяють покращенню якості розпушення ґрунту, забезпечуючи більш рівномірне та глибоке оброблення, що позитивно впливає на структуру ґрунту та підготовку його до посіву.

2. Впровадження таких агрегатів потребує певних змін у технологічному процесі вирощування сільськогосподарських культур, зокрема в напрямку спрощення обробки поля. Завдяки багатофункціональності комбінованих

знарядь, можна одночасно виконувати кілька операцій за один прохід, що значно зменшує кількість агротехнічних заходів та знижує трудові витрати. Це також дозволяє аграріям ефективніше використовувати свої ресурси, оскільки такі машини зменшують потребу в окремих операціях, таких як кількарізові обробки ґрунту або додаткові проходи для знищення бур'янів.

3. Таким чином, комбіновані ґрунтообробні агрегати відкривають нові можливості для аграріїв, дозволяючи досягти значних економічних та екологічних вигод. Вони не лише зменшують витрати на виконання агротехнічних робіт, але й сприяють збереженню структури ґрунту та покращенню врожайності, що є важливим кроком у напрямку сучасної, ефективної та сталої розвитку сільського господарства. У майбутньому можна очікувати подальший розвиток таких агрегатів з ще більшою функціональністю та автоматизацією, що дозволить аграріям досягати високих результатів при мінімальних витратах.

3. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ТА ПАРАМЕТРІВ ВДОСКОНАЛЕНОЇ МАШИНИ

3.1. Робочий процес розробленої машини

Комбіновані агрегати для ґрунтообробки стали важливими інструментами в сучасному сільському господарстві, оскільки вони дозволяють одночасно виконувати кілька операцій, підвищуючи ефективність та знижуючи витрати часу. Однією з цікавих особливостей таких агрегатів є різні схеми взаємодії дискових і голчастих робочих органів, які забезпечують більш універсальне й ефективне оброблення ґрунту.

У рамках розробок ДДАЕУ був створений каток-розпушувач, який являє собою цікаву комбінацію дискових і голчастих робочих органів. Спочатку на ґрунт впливають сферичні диски, які мають здатність ефективно розпушувати поверхню ґрунту, розрізаючи його та створюючи більш сприятливі умови для аерації. Диски здатні працювати на різних глибинах, залежно від умов ґрунту та типу обробки, забезпечуючи якісне розпушування навіть на важких ґрунтах.

Після того, як сферичні диски обробляють ґрунт, на черзі стають голчасті робочі органи. Голки, зазвичай розташовані на спеціальних лапах або валках, доповнюють дію дисків, виконуючи глибше розпушування ґрунту, одночасно підрізаючи бур'яни та знищуючи кореневі рештки. Вони також сприяють кращому перемішуванню верхніх шарів ґрунту, що дозволяє поліпшити структуру і водопоглинання.

Цей комбінований підхід дозволяє ефективно поєднати переваги обох типів органів: диски працюють на поверхневому рівні, а голки — глибше, що дозволяє досягти більш комплексного і якісного оброблення ґрунту. Крім того, така система знижує ймовірність забивання робочих органів, оскільки кожен з них має своє специфічне завдання в процесі обробки.

Розпушування та ущільнення ґрунту таким комбінованим методом забезпечує не лише кращу аерацію, а й дозволяє краще підготувати ґрунт до посіву, зменшуючи ризик ущільнення та забезпечуючи оптимальні умови для проростання насіння. Важливим є і те, що використання таких агрегатів дозволяє аграріям значно скоротити кількість необхідних проходів по полю, що є важливим фактором для підвищення ефективності роботи та зниження витрат на паливо.

Технологічний процес катка-розпушувача полягає в тому (рис. 3.1.), що на раніше обробленому полі сферичні диски розрізають великі грудки ґрунту, що утворюються після обробки. Після цього голчасті робочі органи подрібнюють ці грудки, що дозволяє створити необхідну структуру ґрунту та досягти оптимальної щільності. Такий процес ефективно підготовлює ґрунт до наступних агротехнічних операцій.

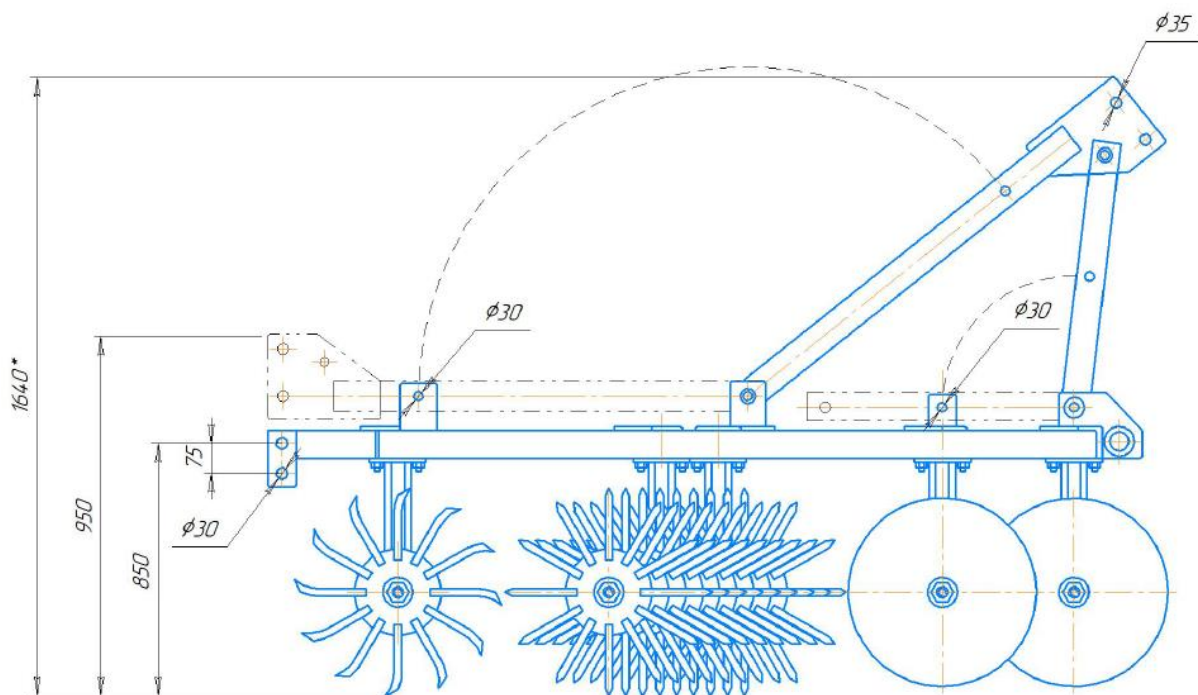


Рис. 3.1. Загальний вид запропонованого котка-подрібнювача

Як зазначалося раніше, при вологості фізичної стиглості ґрунту цей процес дуже простий і відповідає агротехнічним вимогам. Однак при зниженій вологості виникає ряд труднощів, оскільки ґрунт може бути занадто твердим і важким для обробки. У зв'язку з цим, метою дипломного проекту є розширення можливостей цього катка-розпушувача, щоб він міг ефективно працювати навіть за таких умов.

Перша мета полягає в тому, щоб адаптувати машину для обробки важких ґрунтів півдня України після збирання зернових культур, коли на полі залишається стерня. Це дозволить зберегти ефективність обробки ґрунту в різних агротехнічних умовах, забезпечуючи кращу підготовку ґрунту до наступних етапів сільськогосподарських робіт.

Друга мета проекту – продемонструвати можливість використання катка-розпушувача як у причіпному, так і в навісному варіанті. Це дасть змогу застосовувати машину в різних ситуаціях і на різних типах техніки, підвищуючи її універсальність і зручність для аграріїв.

Таким чином, комбіновані агрегати з дисковими та голчастими органами, що взаємодіють з ґрунтом в певній послідовності, є важливим інструментом для сучасного сільського господарства, забезпечуючи високу ефективність обробки ґрунту, покращення його структури і підвищення врожайності.

Основною метою проекту є детальне обґрунтування конструктивних, технічних та кінематичних параметрів роботи робочих органів, а також перевірка їх на міцність і надійність. Це включає в себе не тільки оцінку ефективності роботи механізмів у різних умовах, але й аналіз безпечних умов експлуатації та визначення економічної доцільності використання цієї техніки в сільському господарстві.

Конструктивне обґрунтування передбачає розробку таких елементів машини, які забезпечать її довговічність і ефективність. Це стосується як основної рами, так і окремих робочих органів, які повинні бути оптимально

розміщені та мати відповідні розміри для забезпечення максимальної продуктивності при мінімальних витратах енергії та пального.

Технічні параметри роботи, в свою чергу, включають розрахунки потужності, швидкості руху робочих органів, їх споживання енергії, а також рівень зносостійкості матеріалів, що використовуються для виготовлення цих органів. Важливим аспектом є також перевірка міцності всіх компонентів агрегату, що дозволяє визначити їх здатність витримувати великі навантаження і впливи різних факторів (таких як зміна вологості ґрунту, великі механічні навантаження або агресивні умови роботи).

Перевірка на міцність необхідна для того, щоб забезпечити довговічність і безперебійну роботу техніки протягом тривалого часу, знижуючи ймовірність поломок і необхідності дорогих ремонтів. Це включає розрахунки навантажень, тестування на вібрації, а також визначення здатності робочих органів витримувати механічні пошкодження при обробці різних типів ґрунтів.

Окрім цього, важливим завданням є розробка безпечних умов роботи, що включає забезпечення надійних захисних механізмів для оператора, захист від непередбачуваних ситуацій, а також створення зручних умов для обслуговування і експлуатації агрегату. Зокрема, це може включати автоматичні системи аварійного вимкнення, сенсори для моніторингу роботи агрегату в реальному часі та інші технічні рішення, спрямовані на зниження ризиків для людей і техніки.

Нарешті, економічна доцільність використання даного знаряддя полягає у визначенні його ефективності з точки зору вартості виготовлення, експлуатації та обслуговування, а також порівняння витрат на обробку ґрунту з іншими способами обробки. Це дозволить оцінити, чи варто інвестувати в цю техніку, чи є вона рентабельною для сільськогосподарських підприємств, чи дозволяє досягти економії на витратах пального, робочої сили і часу.

У підсумку, цей проект має на меті створити ефективний, безпечний і економічно вигідний ґрунтообробний агрегат, який буде відповідати вимогам сучасного агрономічного виробництва.

3.2. Обґрунтування параметрів катка-подрібнювача

Технологічні розрахунки мають на меті вирішення важливих питань, таких як забезпечення ефективного виконання технологічного процесу, надійність роботи машини та агрегату в цілому, а також визначення оптимальних геометричних розмірів робочих органів. Це в свою чергу допоможе зменшити металоємність конструкції, що призведе до підвищення економічної ефективності виконуваного процесу обробки ґрунту.

Згідно з основними завданнями дипломного проекту, важливу увагу буде приділено визначенню конструктивних і технічних параметрів голчастих робочих органів, оскільки саме вони відіграють ключову роль у технологічному процесі. Зокрема, вони спускають та подрібнюють ґрунт, що є важливою частиною підготовки землі до подальших сільськогосподарських операцій.

Голчасті робочі органи мають дуже широке застосування в сучасних технологіях обробки ґрунту, оскільки вони ефективно вирішують завдання розпушування та подрібнення грудок ґрунту. Згідно з вимогами дипломного проекту, одна з основних задач полягає у розробці робочого органу, що буде здатний ефективно подрібнювати великі грудки ґрунту.

На основі експериментальних досліджень було встановлено, що для ефективної роботи голчастого робочого органу важливо, щоб він працював при куті атаки, рівному нулю ($\alpha = 0$). Це означає, що робочі органи повинні бути розташовані таким чином, щоб мінімізувати опір ґрунту та забезпечити оптимальний контакт з поверхнею землі, що в результаті дозволить досягти кращих результатів обробки і підвищить ефективність технологічного процесу.

Задача полягає у визначенні основних кінематичних характеристик, таких як переміщення, що дозволить отримати та проаналізувати траєкторію руху голки та її взаємодію з ґрунтом. Також важливо розрахувати швидкість і прискорення робочого органу, що дасть змогу оцінити ефективність руйнування ґрунтових грудок при їх контакті з голкою. В кінцевому підсумку ці розрахунки дозволять обґрунтувати форму робочого органу, що відповідатиме вимогам ефективного обробітку ґрунту.

3.2.1. Обґрунтування кінематичних характеристик при куті атаки $\alpha = 0$ голчастого робочого органу

Дослідження Шатіна В.Я. [17] показують, що голчастий диск, який рухається в ґрунтовому шарі без кута атаки, має кінематичний показник в межах 0,98...1,02. Це означає, що диск практично здійснює чисте кочення, а траєкторія кінця голки є звичайною циклоїдою. При цьому кінематичний показник відіграє важливу роль у процесі обробки ґрунту, і бажано, щоб цей показник був більший за одиницю ($\lambda > 1$). Однак таке збільшення кінематичного показника може ускладнити конструкцію і знизити надійність агрегату.

Для більш детального аналізу важливо визначити величину переміщення робочих органів, як за складовими, так і загальну величину, спираючись на дослідження [11, 15]. Це дозволить отримати більш точну картину руху та взаємодії робочих органів з ґрунтом, що в свою чергу допоможе обґрунтувати оптимальну конструкцію і характеристики робочих органів.

$$y = r \cos \alpha \sin(\psi - \varphi) + \frac{\pi R \cos \alpha}{180 \lambda} \cdot \varphi; \quad (3.1)$$

$$z = R - r \cos(\psi - \varphi); \quad (3.2)$$

$$S = \sqrt{y^2 + z^2}. \quad (3.3)$$

де R - величина радіуса диска, м;

r - дійсне значення геометричного параметра диска, м;

α – кут атаки, град

Ψ – кутова координата довільної точки на ріжучій кромці голки, град;

φ – значення кута повороту голчастого диска, град;

$-\lambda$ - показник руху

Оскільки нас в основному цікавить момент початку взаємодії голки з ґрунтом і до моменту, коли вона припиняє контакт з ґрунтом, ми визначимо наступні параметри:

Визначимо момент, коли голка починає взаємодіяти з ґрунтом, а також момент, коли вона припиняє цей контакт.

$$\varphi_n = 180 - \arccos \frac{R - h}{r}; \quad (3.4)$$

$$\varphi_s = 180 + \arccos \frac{R - h}{r}; \quad (3.5)$$

Тоді

$$\varphi_n = 180 - \arccos \frac{0,275 - 0,08}{0,275} = 135,1 \text{ град};$$

$$\varphi_s = 180 + \arccos \frac{0,275 - 0,08}{0,275} = 124,7 \text{ град.}$$

Подальші розрахунки здійснюємо, починаючи з моменту початку взаємодії, враховуючи кут повороту та різні значення радіуса диска. Для виконання розрахунків використовуємо електронно-обчислювальну техніку (ЕОМ), а отримані результати заносимо в таблицю 3.1.

Таблиця 3.1 – Значення величин переміщення, швидкості і прискорення в залежності від кута повороту диска и при різних значеннях поточного радіуса диска

Кут повороту φ , град	Переміщення голки, м			Швидкість голки, м/с			Прискорення голки, м/с ²		
	y	z	S	$\dot{y}$	$\dot{z}$	V_u	$\ddot{y}$	$\ddot{z}$	W_u
Значення поточного радіусу диска $r = 0,275$ м									
135,1	0,84	0,08	0,846	0,67	-1,62	1,76	-13,58	13,62	19,23
150	0,86	0,03	0,858	0,31	-1,15	1,19	-9,62	16,66	19,23
165	0,86	0,01	0,863	0,08	-0,59	0,60	-4,97	18,58	19,23
180	0,86	0	0,864	0	0	0	0	19,23	19,23
195	0,86	0,01	0,865	0,08	0,59	0,60	4,97	18,58	19,23
210	0,87	0,03	0,871	0,31	1,15	1,19	9,62	16,66	19,23
224,7	0,88	0,08	0,888	0,66	1,62	1,76	13,54	13,66	19,23
Значення поточного радіусу диска $r = 0,265$ м									
137,3	0,84	0,08	0,84	0,67	-1,5	1,64	-12,57	13,62	18,53
150	0,85	0,04	0,85	0,38	-1,1	1,17	-9,27	16,05	18,53
165	0,86	0,02	0,860	0,16	-0,57	0,59	-4,79	17,90	18,54
180	0,86	0,01	0,864	0,08	0	0,08	0	18,54	18,54
195	0,87	0,02	0,867	0,16	0,57	0,59	4,79	17,90	18,54
210	0,87	0,04	0,876	0,38	1,10	1,17	9,27	16,05	18,54
222,5	0,88	0,08	0,89	0,66	1,49	1,14	12,53	13,66	18,54
Значення поточного радіусу диска $r = 0,255$ м									
139,8	0,83	0,08	0,839	0,67	-1,37	1,53	-11,51	13,62	17,84
150	0,84	0,05	0,849	0,45	-1,06	1,16	-8,92	15,44	17,84
165	0,85	0,03	0,858	0,24	-0,55	0,6	-4,61	17,23	17,84
180	0,86	0,02	0,864	0,17	0	0,17	0	17,84	17,84
195	0,87	0,03	0,870	0,03	0,55	0,6	4,61	17,23	17,84
210	0,88	0,05	0,882	0,45	1,06	1,16	8,92	15,44	17,84
220,0	0,89	0,08	0,895	0,67	1,37	1,53	11,51	13,62	17,84
Значення поточного радіусу диска $r = 0,245$ м									
142,7	0,83	0,08	0,837	0,67	-1,24	1,41	-10,39	13,62	17,14
150	0,84	0,06	0,844	0,52	-1,02	1,15	-8,57	14,84	17,14
165	0,85	0,04	0,856	0,32	-0,53	0,62	-4,43	16,55	17,14
180	0,86	0,03	0,864	0,25	0	0,25	0	17,14	17,14
195	0,87	0,04	0,873	0,32	0,53	0,62	4,43	16,55	17,14
210	0,88	0,06	0,887	0,52	1,02	1,15	8,57	14,84	17,14
217,2	0,89	0,08	0,898	0,67	1,24	1,41	10,39	13,62	17,14

$$y = 0,275 \cdot 1 \cdot 0,4309 + \frac{3,14 \cdot 0,275 \cdot 1}{180 \cdot 1} \cdot 135,1 = 0,842 \text{ м};$$

$$z = 0,275 - 0,275 \cdot 0,9024 \text{ м};$$

$$S = \sqrt{0,84^2 + 0,08^2} = 0,846 \text{ м.}$$

Визначаємо значення величини швидкості по складовим і загальну

$$\dot{y} = -\frac{r}{R} V_m \lambda \cos^2 \alpha \cos(\psi - \varphi) + V_m; \quad (3.6)$$

$$\dot{z} = -\frac{r}{R} V_m \lambda \cos \alpha \sin(\psi - \varphi); \quad (3.7)$$

$$V_u = \sqrt{\dot{y}^2 + \dot{z}^2}. \quad (3.8)$$

Де - V_m – швидкість агрегату, м/с;

$$\dot{y} = -\frac{0,275}{0,275} \cdot 2,3 \cdot 1 \cdot 1^2 \cdot 0,9024 + 2,3 = 0,67;$$

$$\dot{z} = -\frac{0,275}{0,275} \cdot 2,3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 0,4309 = -1,62 \text{ м/с};$$

$$V_u = \sqrt{0,67^2 + (-1,62)^2} = 1,76 \text{ м/с.}$$

Визначаємо значення величини прискорення по складовим і загальну

$$\ddot{y} = -\frac{r}{R^2} V_m^2 \lambda^2 \cos^3 \alpha \sin(\psi - \varphi); \quad (3.9)$$

$$\ddot{z} = -\frac{r}{R^2} V_m^2 \lambda^2 \cos^2 \alpha \cos(\psi - \varphi); \quad (3.10)$$

$$W_u = \sqrt{\ddot{y}^2 + \ddot{z}^2}. \quad (3.11)$$

$$\ddot{y} = -\frac{0,275}{0,275^2} \cdot 2,3^2 \cdot 1^2 \cdot 1^3 \cdot 0,4309 = -13,58 \text{ м/с}^2;$$

$$\ddot{z} = -\frac{0,275}{0,275^2} \cdot 2,3^2 \cdot 1^2 \cdot 1^2 \cdot 0,9024 = 13,62 \text{ м/с}^2;$$

$$W_u = \sqrt{(-13,58)^2 + 13,62^2} = 19,23 \text{ м/с}^2.$$

Дані розрахунків зводимо в таблицю 3.1

3.2.2. Обґрунтування форми голки диска для подрібнення грудок ґрунту

Формування профілю голки диска для подрібнення ґрунтових грудок проводиться в два етапи: попередньому та кінцевому, і виконується за наступною послідовністю:

1. Спочатку будується траєкторія руху голки диска для радіуса диска R . В зоні взаємодії голки з ґрунтом та для поточного радіуса диска r голка приймається як радіальна.
2. Далі аналізується траєкторія всіх точок, які перебувають в межах початку та кінця взаємодії. Важливо, щоб ці точки або не перетинались, або перетинались на мінімальній ділянці взаємодії.
3. За результатами досліджень [15], кут загострення голки встановлюється рівним 15 градусів.
4. Потім будується крива, що в межах глибини обробітку мінімально перехрещується з усіма точками, після чого формуємо кут загострення. Паралельним переміщенням переносимо цей кут в точку початку взаємодії голки.
5. Далі формується сама голка. Через сформований кут проводиться бісектриса, яка веде до висоти глибини обробітку в точку O . Потім, з точки O , лінія веде до точки K – центра радіуса диска, що розташовувався в момент початку взаємодії голки з ґрунтом.
6. На кінцевому етапі (яких може бути кілька) повторюються пункти 1–5 з урахуванням конструктивних особливостей. Умова завершення формування – повторення траєкторії руху всіма точками голки до повного занурення на глибину обробітку.

Це забезпечить оптимальну форму голки диска, яка ефективно подрібнюватиме ґрунтові грудки і сприятиме покращенню якості обробітку ґрунту.

3.2.3. Визначення необхідної кількості голок на диску, встановленого при куті атаки $\alpha = 0^\circ$

Кількість голок на диску визначається з урахуванням максимального охоплення площі або максимальної кількості уколів, які здатен зробити робочий орган. При цьому важливо врахувати такі параметри, як форма голки, радіус диска, кут атаки та глибина обробки ґрунту. Як показують результати експериментальних досліджень, найкраще подрібнення ґрунтових грудок досягається, коли кут атаки голки дорівнює нулю ($\alpha = 0$).

Для того щоб визначити оптимальну кількість голок на диску, використовуємо формулу, запропоновану Білокопитовим В.О. [13], яка дозволяє обчислити необхідну кількість голок з урахуванням вищезгаданих параметрів і вимог до якості обробітку ґрунту.

Вираження. [13].

$$R = h_{\max} + h_{cm} + \frac{d}{2}, \quad (3.12)$$

де $h_{\max}$ – максимальна глибина обробки, м;

h_{cm} – висота стерні, м;

d – діаметр ступиці голчастого диска, що вибирається з конструктивних розумінь, м.

Тоді, з урахуванням умов обробки, агротехнічних вимог і конструктивних особливостей радіус диска визначиться

$$R = 0,08 + 0,12 + \frac{0,125}{2} = 0,275 \text{ м.}$$

Визначаємо довжину ділянки поля, на який впливає кінець голки

$$b_1 = 2 \cdot \left(R \arccos \frac{R-h}{R} - \sqrt{2Rh - h^2} \right); \quad (3.13)$$

$$b_1 = 2 \cdot \left(0,275 \cdot \arccos \frac{0,275 - 0,08}{0,275} - \sqrt{2 \cdot 0,275 \cdot 0,08 - 0,08^2} \right) = 0,042 \text{ м.}$$

Проте, якщо врахувати, що під час роботи руйнування ґрунту відбувається не тільки за допомогою кінця голки, але й через робочу частину голки в зоні її заглиблення, то кожна точка руху голки описує укорочену циклоїду. Це означає, що фактична довжина траєкторії буде дещо відрізнятися від теоретично розрахованої.

$$b = 2x; \quad (3.14)$$

де

$$b = R \arccos \frac{R-y}{r} - \sqrt{r^2 - (R-y)^2}; \quad (3.15)$$

де r – довільна крапка, що лежить на лезі або відстань від центра голчастого диска до довільної крапки на лезі голки.

Траєкторія крапок голки в межах інтервалу $(R-a) \leq r \leq R$ перетинає поверхню поля в двох крапках як усередині відрізка b_1 , так і поза ним. Поклавши в рівнянні (3.4), що $y = h$ і вважаючи параметр r – перемінним, дотримуючись необхідних обмежень, що впливають з умов технологічного процесу обробки ґрунту, досліджуємо рівняння (3.4) на максимум $x(r) = \max$ при

$$r = \sqrt{R - (R - h)}.$$

Після розв'язання рівняння та виконання необхідних перетворень, ми отримуємо вираз для довжини найбільшої ділянки, яку обробляє одна голка за один оборот диска.

3.2.4. Визначення відстані між дисками на валу великої батареї для дисків встановлених під кутом атаки 15°

Для забезпечення повного розпушування поверхні ґрунту важливо не лише правильно визначити кількість робочих елементів, а й встановити оптимальну відстань між дисками.

Із зображення на рис. 3.13 (а) можна визначити ширину зони деформації, яка утворюється під дією однієї голки.

$$\frac{b}{2} = 2 \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \int_{h_0}^h h dh. \quad (3.18)$$

Після виконання інтегрування та відповідних перетворень:

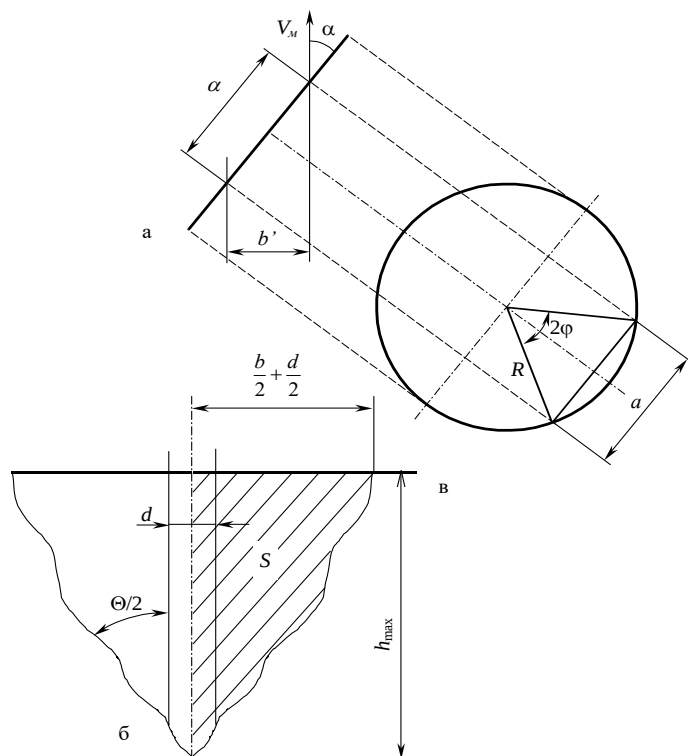


Рис. 3.2 - Схема для визначення зони деформації, кількості голок на диску та відстані між дисками.

$$b = 2 \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2} \cdot h. \quad (3.19)$$

З рисунка 3.2 (б) можна визначити ширину зони деформації:

$$\varphi = \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right]; \quad (3.20)$$

$$\frac{a}{2} = R \sin \varphi; \quad (3.21)$$

$$a = 2R \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}; \quad (3.22)$$

$$b' = a \sin \alpha. \quad (3.23)$$

Тоді, остаточно:

$$b' = 2R \sin \alpha \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}. \quad (3.24)$$

Визначення відстані між дисками батареї здійснюється за допомогою виразу:

$$l = b - 2\Delta b, \quad (3.25)$$

де $\Delta b = 0,1b$ - розмір області перекриття, м.

Після завершення підстановки та перетворень формула для розрахунку відстані між дисками набуде такого вигляду:

$$l = 1,8R \sin \alpha \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{h}{R} \right) \right] \right\}; \quad (3.26)$$

$$l = 1,8 \cdot 0,225 \sin 15 \sin \left\{ \arccos \left[\cos \left(1 - \frac{0,08}{0,225} \right) \right] \right\} = 0,176 \text{ м.}$$

3.2.5. Визначення геометричних параметрів вала голчастої батареї

Експериментальними дослідженнями [16] встановлено, що навантаження на голчасту батарею складає від 2000Н до 4000Н на 1 метр ширини захвату. Такий великий діапазон пояснюється типом и складом ґрунту, глибиною обробітку, кутом атаки батарей и т.д.

Враховуючи, що наше знаряддя буде працювати в південних районах України, де важкі, вологи недостатньо, операція що пов'язана з спускуванням ґрунту по стерньовому фону як правило проводиться в червні...серпні місяцях, які характеризуються мінімальною кількістю опадів і дуже високими температурами.

Тому для розрахунку приймаємо навантаження діюче на батарею в межах 3000...5000Н.

Для визначення геометричних параметрів вала батареї складемо розрахункову схему (рис.3.3.)

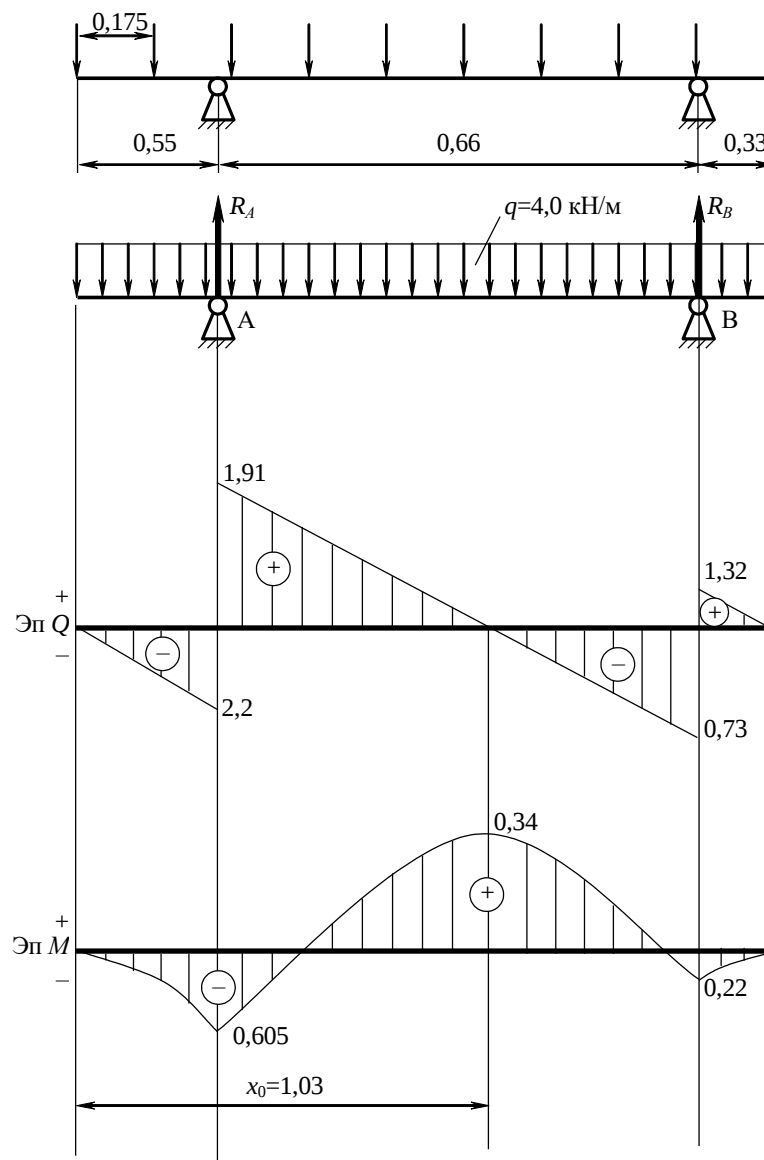


Рис. 3.3 - Епюра сил и моментів батареї

Визначаємо реакцію в опорах

$$\Sigma M_A = 0 \quad q \cdot 0,55 \cdot 0,275 - q \cdot 0,99 \cdot 0,495 + R_B \cdot 0,66 = 0$$

$$R_B = \frac{q \cdot 0,99 \cdot 0,495 - q \cdot 0,55 \cdot 0,275}{0,66} = \frac{4 \cdot 0,99 \cdot 0,495 - 4 \cdot 0,55 \cdot 0,275}{0,66} = 2,05$$

$$\Sigma M_B = 0 \quad -q \cdot 0,33 \cdot 0,165 + q \cdot 1,21 \cdot 0,605 - R_A \cdot 0,66 = 0$$

$$R_A = \frac{-4 \cdot 0,33 \cdot 0,165 + 4 \cdot 1,21 \cdot 0,605}{0,66} = 4,11$$

$$\text{Перевірка: } \Sigma P_y = 0; \quad R_A + R_B - q \cdot 1,54 = 0$$

$$2,05 + 4,11 - 4 \cdot 1,54 = 0$$

Визначаємо поперечні сили Q і згинний моменти M на ділянках вала и
строїмо епюри

$$\text{I ділянка.} \quad 0 \leq x \leq 0,55$$

$$Q_x = -qx; \quad Q_{(0)} = 0; \quad Q_{(0,55)} = -4,0 \cdot 0,55 = -2,2 \text{ кН}$$

$$M_x = -q \frac{x^2}{2}; \quad M_{(0)} = 0; \quad M_{(0,55)} = -4,0 \frac{0,55^2}{2} = -0,605 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\text{II ділянка} \quad 0,55 \leq x \leq 1,21$$

$$Q_x = -qx + R_A; \quad Q_{(0,55)} = -4,0 \cdot 0,55 + 4,11 = 1,91 \text{ кН}$$

$$Q_{(1,21)} = -4,0 \cdot 1,21 + 4,11 = -0,73 \text{ кН}$$

$$M_x = -q \frac{x^2}{2} + R_A (x - 0,55); \quad M_{(0,55)} = -0,605 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$M_{(1,21)} = -4,0 \frac{1,21^2}{2} + 4,11 (1,21 - 0,55) = -0,22 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

$$\text{III ділянка} \quad 0 \leq x \leq 0,33$$

$$Q_x = qx; \quad Q_{(0)} = 0; \quad Q_{(0,33)} = 4,0 \cdot 0,33 = 1,32 \text{ кН}$$

$$M_x = -q \frac{x^2}{2}; M_{(0)} = 0; M_{(0,33)} = -4,0 \frac{0,33^2}{2} = -0,22 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Визначаємо значення моменту в екстремумі

$$Q = -qx + R_A = 0; x_0 = \frac{R_A}{q} = \frac{4,11}{4,0} = 1,03 \text{ м}$$

$$M_{\text{екстр}} = -q \frac{x_0^2}{2} + R_A (x_0 - 0,55) = -4,0 \frac{1,03^2}{2} + 4,11(1,03 - 0,55) = 0,34 \text{ кН} \cdot \text{м}$$

Визначаємо діаметр вала d

$$d = \sqrt[3]{\frac{M_{n \max}}{0,1[\sigma]}} = \sqrt[3]{\frac{0,34 \cdot 10^3}{0,1 \cdot 80 \cdot 10^6}} = 0,0348 \text{ м} = 34,8 \text{ мм}.$$

Приймаємо діаметр вала $d=35 \text{ мм.}$, або вал квадратного перетину.

3.3. Розрахунок продуктивності та витрати палива:

$$W_q = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau; \quad (3.27)$$

$$W_q = 0,1 \cdot 2,94 \cdot 11 \cdot 0,95 = 3,13 \text{ га/год.}$$

Визначити погектарна витрата палива:

$$g = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_0 \cdot T_0}{60 \cdot F_3}, \quad (3.28)$$

$$G_p = 22 \dots 26 \dots 26,5 \text{ кг/м};$$

$$G_x = 11,5 \dots 14 \dots 14,0 \text{ кг/м};$$

$$G_0 = 2,50 \text{ кг/м};$$

T_p – період роботи агрегату під навантаженням

$$T_p = t_p \cdot \Pi_u ; \quad (3.29)$$

$$T_p = 9,48 \cdot 42 = 398,16 \text{ хв.}$$

T_x – тривалість роботи без навантаження (повороти, заїзд, виїзд)

$$T_x = t_x \cdot \Pi_u \cdot t_{\text{въезд}} \cdot t_{\text{выезд}} ; \quad (3.30)$$

$$T_x = 0,35 \cdot 42 + 0,50 + 0,50 = 15,7 \text{ хв.}$$

T_0 – період роботи двигуна під час зупинок

$$T_0 = t_{\text{оч}} \cdot \Pi_u + t_{\text{контр}} \cdot t_{\text{ост}} \cdot t_{\text{об}} ; \quad (3.31)$$

$$T_0 = 1 \cdot 42 + 10,0 + 10,0 + 5 = 67 \text{ хв.}$$

F_3 – продуктивність у вигляді площі обробітку за зміну

$$F_3 = W_u \cdot T_p ; \quad (3.32)$$

$$F_3 = 3,13 \cdot 8,01 = 25,07 \text{ га.}$$

Тоді витрата палива на гектар буде розрахована так:

$$g = \frac{14,1 \cdot 398,16 + 9,2 \cdot 15,7 + 6,8 \cdot 67}{60 \cdot 25,07} = 4,13 \text{ кг/га.}$$

3.4. Висновки по розділу

1. Технологічні розрахунки дозволили визначити основні кінематичні характеристики роботи голчастого робочого органу, який встановлений з кутом атаки $\alpha = 0$ і призначений для подрібнення грудок ґрунту. Зокрема, швидкість голки на початку її взаємодії з ґрунтом склала 1,76 м/с, а прискорення — 19,23 м/с². На основі цих показників була розроблена методика формування голки, що дозволяє ефективно подрібнювати грудки ґрунту.

2. Щодо кількості робочих елементів, було визначено, що для ефективного подрібнення ґрунтових грудок необхідно встановити 16 голок на диску. Це дозволить забезпечити оптимальний процес обробітку ґрунту та досяг-

нути високої якості його підготовки. Для батареї, яка має бути встановлена під кутом 15° до напрямку руху й призначена для спущування ґрунту, було розраховано, що відстань між дисками повинна бути 175 мм. При цьому діаметр диска становить 550 мм, а глибина обробітку — 80 мм.

3. Для забезпечення надійної роботи батареї необхідно, щоб її вал мав діаметр 35 мм. Однак для додаткової міцності та стійкості, рекомендується використовувати квадратний вал розміру 35×35 мм. Такий підхід дозволить забезпечити довговічність і стабільну роботу механізму в умовах інтенсивного використання та різних типах ґрунтів.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

4.1 Загальні положення

Каток-подрібнювач є ґрунтообробною машиною, що використовується для подрібнення рослинних решток, вирівнювання поверхні поля та руйнування ґрунтової кірки. Експлуатація машини пов'язана з потенційною небезпекою для обслуговуючого персоналу, тому вимагає суворого дотримання правил охорони праці, техніки безпеки, виробничої санітарії та екологічної безпеки.

Мета цього розділу — встановити вимоги щодо безпечного використання катка-подрібнювача та мінімізації його впливу на навколишнє середовище під час експлуатації, обслуговування, транспортування та зберігання.

4.2 Вимоги до персоналу

До роботи з катком-подрібнювачем допускаються особи, які:

- досягли 18 років;
- мають відповідну кваліфікацію, пройшли навчання та перевірку знань з охорони праці;
- пройшли медичний огляд і не мають протипоказань до фізичної праці;
- ознайомлені з інструкцією з експлуатації машини.

Забороняється допуск до роботи осіб у стані алкогольного, наркотичного чи іншого токсичного сп'яніння. Персонал повинен бути забезпечений засобами індивідуального захисту відповідно до вимог ДСТУ (рукавички, спецодяг, захисні окуляри, взуття з металевим носком тощо).

4.3 Вимоги безпеки під час експлуатації

Перед початком роботи слід:

- провести візуальний огляд машини;
- перевірити надійність кріплення зчіпного пристрою;
- переконатися у відсутності сторонніх предметів біля робочих органів;
- перевірити наявність огорожень обертових частин і справність запобіжних пристроїв.

Під час роботи:

- не допускається перебування людей ближче ніж 15 метрів до машини;
- забороняється виконувати регулювання, очищення чи змашування при працюючому агрегаті;
- заборонено залишати працюючу машину без нагляду;
- не можна перевозити людей на машині або причепі.

У разі виникнення аварійної ситуації:

- негайно зупинити трактор, вимкнути привід;
- встановити попереджувальні знаки;
- повідомити відповідального за техніку безпеки на місці виконання робіт.

4.4 Безпечне технічне обслуговування

Технічне обслуговування проводити на рівній, стійкій поверхні з заглушеним двигуном трактора.

Перед виконанням робіт переконатися у стійкому положенні машини, застосовувати упори або домкрати при підйомі.

Проводити очистку робочих органів лише після повної зупинки всіх рухомих частин.

Використовувати інструменти, що відповідають призначенню, не застосовувати підручні засоби.

4.5 Захист навколишнього середовища

Каток-подрібнювач не є джерелом шкідливих викидів у повітря або воду, проте необхідно запобігати:

- витіканню мастил і ПММ при обслуговуванні;
- засміченню полів залишками упаковки, відпрацьованими матеріалами;
- забрудненню ґрунтів сторонніми предметами.

Відпрацьовані мастила, зношені деталі та фільтри необхідно збирати в спеціальні ємності та передавати для утилізації відповідно до чинних екологічних норм (ДСТУ, ДБН, Закону України «Про відходи»).

При тривалому зберіганні машини (поза сезоном):

- ретельно очистити всі робочі органи від ґрунту та рослинних решток;
- злити залишки мастил з редукторів (за необхідності);
- зберігати машину на майданчику з твердим покриттям, обладнаному для збору технічних рідин.

Забороняється миття машини поблизу природних водойм або на несанкціонованих територіях.

4.6 Пожежна безпека

Машина не повинна експлуатуватися поблизу джерел відкритого вогню, іскор, розігрітих елементів або в місцях, де можливе займання легкозаймистих речовин. Категорично забороняється паління у безпосередній близькості до машини, особливо під час її заправки або проведення технічного обслуговування із використанням паливно-мастильних матеріалів (ПММ).

У кабіні трактора, що агрегатується з катком-подрібнювачем, обов'язково повинен бути справний, сертифікований вогнегасник з відповідним обсягом і класом дії (не нижче класу В або С), закріплений у легкодоступному місці. Оператор повинен бути ознайомлений з правилами його використання.

Зона зберігання мастил, пального, ганчір'я, просоченого горючими речовинами, та інших легкозаймистих матеріалів повинна розміщуватися на безпечній відстані від будь-яких джерел тепла, прямих сонячних променів або можливих джерел займання. Такі зони мають бути обладнані засобами первинного пожежогасіння (вогнегасники, пісок, бочка з водою, протипожежні щити тощо), мати чітке маркування та бути огорожені.

Технічне обслуговування, пов'язане з використанням відкритого полум'я (наприклад, зварювальні або ріжучі роботи), дозволяється лише у спеціально відведених для цього місцях з дотриманням усіх норм пожежної безпеки, та за наявності відповідного дозволу або погодження з відповідальними особами.

У разі виникнення пожежонебезпечної ситуації, слід негайно зупинити машину, повідомити відповідальних осіб, та вжити заходів до її локалізації з використанням наявних засобів пожежогасіння.

4.7 Висновок по розділу

Дотримання вимог охорони праці та заходів щодо захисту навколишнього середовища під час експлуатації катка-подрібнювача є обов'язковою умовою безпечної, ефективної та відповідальної роботи з технікою. Своєчасне технічне обслуговування, дотримання інструкцій безпеки, використання засобів індивідуального захисту та екологічно відповідальне поводження з відходами дозволяє не лише зберегти здоров'я працівників, а й мінімізувати негативний вплив на довкілля. Використання катка-подрібнювача у відповідності до встановлених норм сприяє підвищенню продуктивності праці, подовженню строку служби машини та збереженню родючості ґрунтів.

5. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

Розрахунок техніко-економічних показників здійснюється шляхом порівняння з базовим агрегатом — серійним культиватором КР-3 у комплекті з трактором МТЗ-82. Основна перевага модернізованого комбінованого агрегату полягає в тому, що завдяки додатковим робочим органам він потребує менше технологічних зупинок на очищення та налаштування. Це дозволяє ефективніше використовувати робочий час протягом зміни, що в підсумку підвищує загальну продуктивність агрегату.

Дані для розрахунку економічної ефективності модернізованого катка-подрібнювача.

Ціна пального: 60 грн/л (припускаємо, що 1 літр пального важить 0,85 кг, тобто 1 кг пального коштує 70,59 грн).

Зарплата механізатора: 100 грн/год.

Тривалість робочої зміни: 8 годин.

Кількість робочих днів на рік: 200 днів (припускаємо, що техніка працює 200 днів на рік).

Технічне обслуговування: 5% від вартості техніки на рік.

Норма амортизації: 10% від вартості техніки на рік.

Ставка за одиницю робіт (собівартість): враховуємо витрати на пально-мастильні матеріали, амортизацію, оплату праці, обслуговування.

Річні витрати пального:

Для кожної техніки ми можемо обчислити річні витрати пального:

продуктивність серійної машини КР-3: 2,6 га/год

продуктивність модернізованої машини КР-3М: 3,13 га/год

витрати ПММ для серійної машини: 4,9 кг/га

витрати ПММ для модернізованої машини: 4,13 кг/га

річний обсяг роботи: 240 га

Річні витрати пального

Серійна машина:

$$P_{\text{річне}}^{\text{сер}} = V_{\text{ПММ}}^{\text{сер}} \cdot S_{\text{річне}} = 4,9 \text{ кг} / \text{га} \cdot 240 \text{ га} = 1176 \text{ кг}$$

Модернізована машина:

$$P_{\text{річне}}^{\text{мод}} = V_{\text{ПММ}}^{\text{мод}} \cdot S_{\text{річне}} = 4,13 \text{ кг} / \text{га} \cdot 240 \text{ га} = 991,2 \text{ кг}$$

Вартість пального

Позначимо ціну за 1 кг пального:

$$C_{\text{пального}} = 70,59 \text{ грн/кг}$$

Серійна машина:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{сер}} = P_{\text{річне}}^{\text{сер}} \cdot C_{\text{пального}} = 1176 \cdot 70,59 = 83,06 \text{ тис. грн}$$

Модернізована машина:

$$C_{\text{ПММ}}^{\text{мод}} = 991,2 \cdot 70,59 = 69,92 \text{ тис. грн}$$

Річні витрати на механізатора

$$C_{\text{мех}} = D \cdot H \cdot R = 200 \text{ днів} \cdot 8 \text{ год} \cdot 100 \text{ грн} = 160,000 \text{ грн}$$

Амортизація та техобслуговування

Вартість техніки:

$$V_{\text{техніки}} = 590,000 \text{ грн}$$

$$A = 0,10 \cdot V_{\text{техніки}} = 59,000 \text{ грн}$$

$$T_{\text{обслуговування}} = 0,05 \cdot V_{\text{техніки}} = 29,500 \text{ грн}$$

(однакові для обох машин)

Загальні витрати на рік

Серійна машина:

$$C_{\text{заг}}^{\text{сер}} = C_{\text{ПММ}}^{\text{сер}} + C_{\text{мех}} + A + T_{\text{обслуговування}} = 83,060 + 160,000 + 59,000 + 29,500 = 331,560 \text{ грн}$$

Модернізована машина:

$$C_{\text{заг}}^{\text{мод}} = C_{\text{ПММ}}^{\text{мод}} + C_{\text{мех}} + A + T_{\text{обслуговування}} = 69,920 + 160,000 + 59,000 + 29,500 = 318,420 \text{ грн}$$

Вартість виконання робіт на гектар

$$C_{\text{га}} = \frac{C_{\text{заг}}}{S_{\text{річне}}}$$

Серійна машина:

$$C_{га}^{сер} = \frac{331,560}{240} = 1381,5 \text{ грн/га}$$

Модернізована машина:

$$C_{га}^{мод} = \frac{318,420}{240} = 1325,1 \text{ грн/га}$$

Економічний ефект від модернізації

Економія на 1 га:

$$E_{га} = C_{га}^{сер} - C_{га}^{мод} = 1381,5 - 1325,1 = 56,4 \text{ грн/га}$$

Загальна економія на 240 га:

$$E_{заг} = E_{га} \cdot S_{річне} = 56,4 \cdot 240 = 13,536 \text{ грн}$$

Результати розрахунків заносимо до таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

№	Показник	Серійна машина	Модернізована машина
1	Річний обсяг роботи (га)	240	240
2	Продуктивність (га/год)	2,6	3,13
3	Витрати ПММ (кг/га)	4,9	4,13
4	Річні витрати пального (кг)	1176 кг	991,2 кг
5	Вартість пального (грн)	83 060 грн	69 920 грн
6	Витрати на механізатора (грн)	160 000 грн	160 000 грн
7	Амортизація (грн)	59 000 грн	59 000 грн
8	Технічне обслуговування (грн)	29 500 грн	29 500 грн
9	Загальні витрати на рік (грн)	331 560 грн	318 420 грн
10	Вартість виконання робіт (грн/га)	1 381,5 грн/га	1 325,1 грн/га
11	Економія на одиницю роботи (грн/га)	-	56,4 грн/га
12	Загальна економія за рік (грн)	-	132 536 грн

Висновок по розділу

Модернізація сільгосптехніки є економічно доцільною, якщо вона здійснюється на великих площах обробітку землі, таких як 240 га. Вона дозволяє зменшити витрати на пально-мастильні матеріали, знизити витрати на оплату праці, а також зменшити витрати на амортизацію та технічне обслуговування. Загальна економія від модернізації складає 13 536 грн на рік, що є значною сумою в контексті аграрного виробництва. Застосування додаткових заходів для підвищення ефективності може ще більше збільшити економічний ефект.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У результаті проведеного аналізу сучасних підходів до передпосівної підготовки ґрунту під зернові колосові культури та існуючих технічних засобів для виконання цієї технологічної операції було встановлено, що попри велику кількість різноманітної техніки проблема якісного, енергоефективного та агротехнічно обґрунтованого обробітку ґрунту залишається відкритою. Існуючі машини часто не забезпечують потрібного рівня підготовки ґрунту за один прохід або мають обмежену універсальність. У зв'язку з цим нами запропоновано концепцію універсального комбінованого ґрунтообробного агрегату моделі КР-3, який здатен виконувати кілька технологічних операцій одночасно, що дозволяє знизити витрати пального, трудомісткість робіт і зменшити ущільнення ґрунту від повторного проходу техніки.

2. Результати аналізу інновацій у сфері ґрунтообробної техніки, як вітчизняного, так і закордонного виробництва, свідчать про чітко виражену тенденцію до створення комбінованих агрегатів, здатних за один прохід виконувати кілька агротехнічних операцій. Такий підхід обумовлений необхідністю мінімізувати кількість проходів техніки по полю з метою зменшення ущільнення ґрунту, зниження витрат пального та підвищення продуктивності. Крім того, комбіновані машини дозволяють досягти кращих показників обробітку ґрунту, зокрема глибини розпушення, рівномірності вирівнювання та збереження вологи.

3. У межах роботи було здійснено конструктивне вдосконалення ґрунтообробної машини – котка-розпушувача, що дало змогу значно розширити її функціональні можливості. Зокрема, внесені зміни дозволили покращити якість обробітку, зменшити енергоспоживання та адаптувати машину до різних типів ґрунтів. На основі техніко-експлуатаційних розрахунків встановлено, що найбільш ефективний режим роботи досягається на VI передачі трактора, що дозволяє повною мірою використати тягову потужність машини при забезпеченні оптимального коефіцієнта використання тягового зусилля.

4. Під час технічного обґрунтування конструкції батареї для розпушення ґрунту встановлено оптимальні геометричні параметри її елементів. Для досягнення необхідної якості обробітку було визначено, що диски мають розташовуватися з міждисковою відстанню 175 мм, під кутом 15° до напрямку руху машини. За такого компонування та діаметра дисків 550 мм глибина обробітку становить близько 80 мм, що відповідає агротехнічним вимогам для передпосівної підготовки. Для забезпечення механічної міцності і довговічності конструкції, вал батареї повинен мати діаметр 35 мм або квадратний переріз розміром 35×35 мм, що значно підвищує стійкість до кручення та полегшує збирання конструкції.

5. На основі проведених техніко-економічних розрахунків було визначено, що оптимальна швидкість руху агрегату за найскладніших умов експлуатації повинна становити 11 км/год. За такого режиму роботи агрегат демонструє високий коефіцієнт використання змінного часу — 0,95, що свідчить про ефективне використання робочого часу без значних простоїв. Годинна продуктивність машини при цих умовах досягає 3,13 гектари за годину, а за повну зміну (при стандартній тривалості) агрегат здатен обробити до 16,88 гектара. При цьому витрати праці на обробку одного гектара становлять 0,32 людино-години, що є досить економічним показником і підтверджує ефективність використання агрегату в польових умовах.

6. Модернізація сільськогосподарської техніки стає економічно вигідною, особливо за умови її використання на значних за площею землях — наприклад, на ділянці розміром 240 гектарів. Проведення модернізаційних заходів дозволяє істотно скоротити витрати на паливно-мастильні матеріали, зменшити витрати на оплату праці персоналу, а також знизити витрати, пов'язані з амортизацією техніки та її технічним обслуговуванням. У результаті таких змін загальна річна економія становить 13 536 грн, що є суттєвою сумою для господарства й підтверджує доцільність оновлення техніки в умовах сучасного агровиробництва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Механізація і електрифікація сільського господарства: Підручник / За ред. П.В. Лобаса. — К.: Вища школа, 2005. — 456 с.
2. Машина і обладнання в аграрному виробництві / П.І. Білоус, В.О. Колісник. — Полтава: ПДАА, 2009. — 401 с.
3. Сільськогосподарські машини: Підручник / М.М. Мельник, В.І. Козир, Ю.В. Козак. — Вінниця: ВДТУ, 2010. — 528 с.
4. Гордієнко В.П. Прогресивні системи обробітку ґрунту / В.П. Гордієнко., А.М. Малієнко., Н.Х. Граабак. — Сімферополь : Відродження, 1998. — 279с.
5. Довідник сільськогосподарського механіка / Ю.І. Мельничук, О.С. Павлюк. — Львів: СПОЛОМ, 2012. — 312 с.
6. Мельник М.М., Козир В.І., Козак Ю.В. Сільськогосподарські машини. — Вінниця: ВДТУ, 2010. — 528 с.
7. Богданович В.М., Копитко П.Г., Степаненко А.М. Машина для обробітку ґрунту: навчальний посібник. — К.: Ліра-К, 2017. — 240 с.
8. Захаров О.М., Григоренко М.С. Енергоощадні технології в обробітку ґрунту. — Київ: НАУ, 2015. — 198 с.
9. Кириченко М. М., Гордієнко В. П. «Сучасні комбіновані агрегати для основного обробітку ґрунту» // Вісник аграрної науки. — 2019. — №1. — С. 34–39.
10. Гринченко І. О., Савчук М. В. «Машина для енергозберігаючих технологій в землеробстві» // Науковий вісник НУБіП України. Серія: Техніка і енергетика АПК. — 2018. — №295. — С. 51–57.
11. Основи механізації сільськогосподарського виробництва / І.М. Гайдай, В.П. Головка. — К.: Урожай, 2003. — 352 с.
12. Козак Ю. В., Дяченко В. В. «Аналіз агротехнічних вимог до сучасних котків» // Збірник наукових праць Уманського НУС. — 2022. — №99(2). — С. 143–148.

13. Кучер М.Ф., Савчук С.М. Агротехніка та основи землеробства. — Умань: УДАУ, 2008. — 324 с.
14. Пастухов В.І. (ред.). Довідник з машиновикористання в землеробстві. — Харків: Весна, 2001. — 347 с.
15. Мельничук Ю. І., Павлюк О. С. «Розробка комбінованого котка-подрібнювача для передпосівного обробітку» // Інженерія сільськогосподарського виробництва. – 2021. – №2(10). – С. 22–28.
16. Пшеничний В. І., Кучерявий С. П. «Дослідження енергоефективності сучасних ґрунтообробних машин» // Техніка і технології АПК. – 2020. – №4. – С. 12–16.
17. Рибалко О.І. «Конструктивне вдосконалення котків для зниження енергетичних витрат» // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2019. – №5. – С. 41–45.
18. Шевченко О. В. «Техніко-економічне обґрунтування модернізації ґрунтообробних агрегатів» // Енергетика та автоматика. – 2020. – №3. – С. 59–65.
19. Лавренюк С.О., Калашник О.В. «Агротехнічна оцінка роботи котків-подрібнювачів при різних швидкостях руху» // Вісник аграрної науки. – 2021. – №2. – С. 37–42.
20. Мельник М.М., Пархоменко С.В. «Конструктивні особливості комбінованих борін та їх вплив на структуру ґрунту» // Збірник наукових праць Уманського НУС. – 2020. – №95. – С. 102–106.
21. Бутко Д.А. / Організація навчання з питань охорони праці АПК// Бутко Д.А., Луценков В.А., Воїнов М.Т., Мазілін С.Д., Навчальний посібник. – Сімферополь; Бізнес – Ін форм, 2000. – 264.с
22. Власов В. І., Власова Н. П. Охорона праці в сільськогосподарському виробництві : навч. посіб. — Київ : Центр навчальної літератури, 2011. — 248 с.

23. Методичні рекомендації до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності 208 «Агроінженерія» ОПП «Агроінженерія» - Дніпро: ДДАЕУ, 2022.- 45с.

24. Узаров А., Саух І., Вікарчук О. Основи економічної теорії. К.: Центр навчальної літератури, 2019, 312 с.

25. Бутко М. П., Дрозд О. О. Економіка сільськогосподарських підприємств : навч. посіб. — Київ : Центр учбової літератури, 2012. — 318 с.

ДОДАТКИ

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

УДОСКОНАЛЕННЯ МЕХАНІЗАЦІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З РОЗРОБКОЮ КОНСТРУКЦІЇ КОТКА-РОЗПУШУВАЧА

Демонстраційний матеріал до дипломного проєкту освітнього ступеня «Бакалавр»

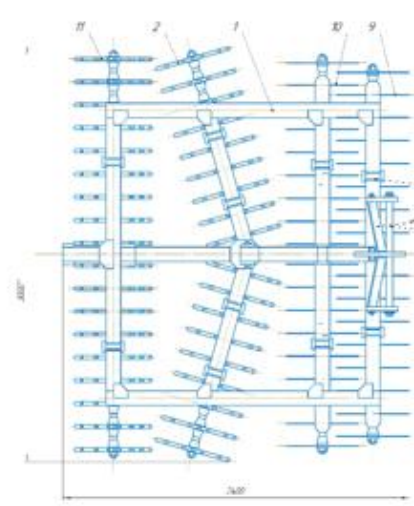
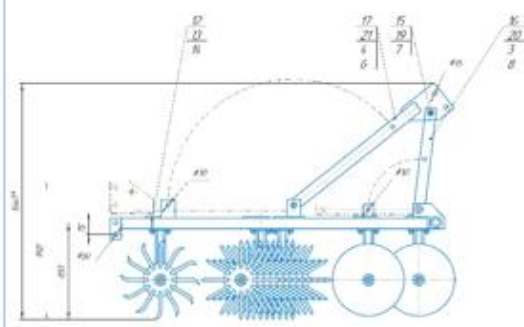
Виконав: студент 5 курсу, групи АІСз-1-22 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

Жолоб Ярослав Сергійович

Керівник: канд. техн. наук, доцент

Теслюк Геннадій Володимирович

Дніпро, 2025

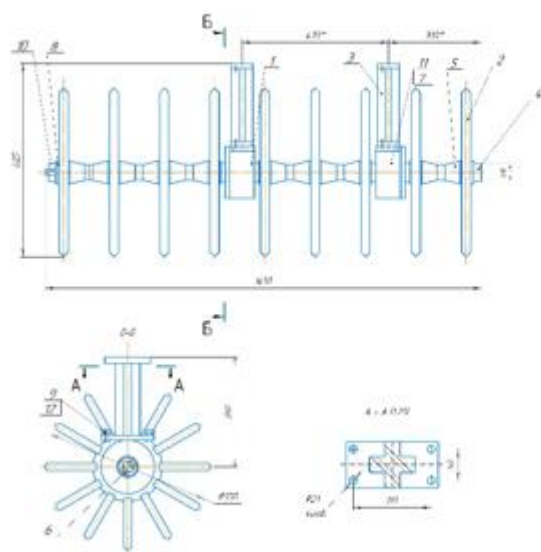


Технічні характеристики

1. Продуктивність, тис/га/год	117
2. Габаритні розміри, мм	
у напрямку руху	2400
висота	840
ширина	2880
у напрямку варту	
висота	2400
диски	250
ширина	2880
3. Маса складових частин, кг	1750

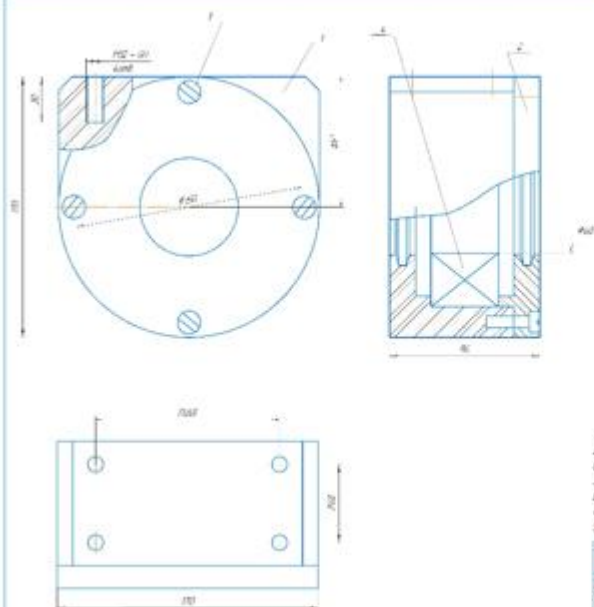
- Технічні дані**
1. 50-2788-18
 2. Поверхня лапери метал - сталь 101 - 175
 3. Для відокремлення найкращих ділянок технічного стану дисковий агрегат по висоті роботи повинен бути змінюваний
 4. Висота лапери по висоті дисковий агрегат повинен відокремлюватися в підйомній частині, висота від рівня
 5. Для дисковий агрегат і лапери дисковий агрегат повинен відокремлюватися
 6. При необхідності роботи дисковий агрегат повинен відокремлюватися
 7. Висота дисковий агрегат

Характеристики			
Назва	Код	Вид	Вартість
Дисковий агрегат	101	1	1750
Лапери	102	1	1750
Дисковий агрегат	103	1	1750
Лапери	104	1	1750
Дисковий агрегат	105	1	1750
Лапери	106	1	1750
Дисковий агрегат	107	1	1750
Лапери	108	1	1750
Дисковий агрегат	109	1	1750
Лапери	110	1	1750



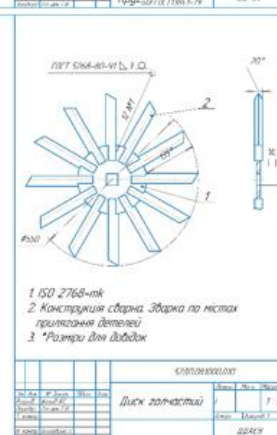
- 1 ISO 2768-mk
- 2 В збіранні батареї товщина диска повинна бути рівною товщині ніж акумулятора
- 3 Батарея товщини диска повинна одягатися в підвигнутий отвір валика від руки
- 4 Поверхня підзарядки – сталь B1 S15
- 5 Уявіть розетку з функцією накладної усадки не показана
- 6 *Розміри для довідки

СЕРТИФИКАЦІЯ			
№	Датум	Вид	Висновок
1	2017	1	15
2	2017	2	22/01



- 1 ISO 2768-mk
- 2 Елементи бачка по розмірам у квадратних дюймах
- 3 Поверхня підзарядки, крім робочих, сталь B1 S15
- 4 Товщина усадки не показана
- 5 *Розміри для довідки

СЕРТИФИКАЦІЯ			
№	Датум	Вид	Висновок
1	2017	1	17
2	2017	2	22/01



[illegible]