

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ
СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»**

Виконав: студент 2 курсу, групи МґАІ-23
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Хижняк Микола Віталійович

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

тракторів і СГМ

(назва кафедри)

доцент

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Хижняк Микола Віталійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи :** Обґрунтування параметрів культиватора для смугового обробітку ґрунту

керівник роботи к.т.н., доцент Золотовська Олена Володимирівна

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“12” 11 2024 року №3784

2. **Строк подання студентом роботи** 27.11.2024 р.

3. **Вихідні дані до роботи** Огляд особливостей технічних вимог смугового обробітку ґрунту, огляд літературних джерел та обґрунтування дослідження з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)** 1. Сучасний стан питання дипломної роботи. 2. Обґрунтування конструктивної схеми та параметрів секції культиватора. 3. Методика проведення та результати лабораторних досліджень. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5. Техніко-економічна ефективність використання технології смугової обробки ґрунту. Висновок. Бібліографічний список.

5 Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і предмет досліджень. (2 аркуш, А4).
2. Огляд і аналіз конструкцій (1 аркуші, А4).
3. Теоретичні дослідження (2 аркуші, А4).
4. Експериментальні дослідження (3 аркушів А4)
5. Економічна частина. (1 аркуш А4)

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 18.02.2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз технічних рішень	до 28.05.24 р	
2.	Виконання теоретичних досліджень	до 30.06.24 р	
3	Виконання експериментальних досліджень	до 6.09.24 р.	
4	Охорона праці	до 07.11.24 р.	
5	Економічна частина	до 11.11.24 р.	
6.	Демонстраційний матеріал	до 24.11.24 р.	

Студент

_____ (підпис)

Хижняк М.В.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Золотовська О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Хижняк М.В. Обґрунтування параметрів культиватора для смугового обробітку ґрунту / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

В дипломній роботі проаналізовано сучасний стан, особливості та агротехнічні вимоги смугового обробітку ґрунту в системі землеробства. Виконано аналіз конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту.

Запропанована конструктивна схема секції культиватора. Теоретично обґрунтовано основні конструктивно-технологічні параметри секції культиватора для смугового обробітку ґрунту та визначено енергетичні показники робочих органів і секції в цілому.

Розроблено методику проведення лабораторних, лабораторно-польових та польових експериментів для визначення тягового опору щільвача та секції культиватора для смугового обробітку ґрунту.

Наведено результати розрахунків економічної ефективності використання технології смугового обробітку ґрунту.

Ключові слова: ґрунт, культиватор, смуговий обробіток, ґрунтообробні знаряддя

Публікація статті в збірнику тез «ІІІ Всеукраїнська науково-практична конференція молодих вчених «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу» 15 листопада 2024 року «ОБґРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ». Ч.1.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	9
1.1 Особливості смугового обробітку ґрунту в системі землеробства	9
1.2 Агротехнічні вимоги до смугового обробітку ґрунту	11
1.3 Аналіз технологій вирощування кукурудзи	12
1.4 Аналіз наявних конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту	19
2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА	27
2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми секції культиватора для смугового обробітку ґрунту	28
2.2 Визначення відстані між робочими органами	35
2.3 Теоретичне визначення тягового опору секції культиватора	38
3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	42
3.1 Методика проведення лабораторних експериментів із визначення енергетичних і якісних показників роботи	42
3.2 Оцінка адекватності залежностей тягового опору секції культиватора	48
3.3 Агротехнічна оцінка розробленої секції для смугової обробки	49
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	59
4.1. Загальні вимоги безпеки	59
4.2. Підготовка до роботи	59
4.3. Вимоги безпеки під час роботи	59
4.4. Вимоги безпеки після завершення робіт	60
4.5. Екстрені ситуації	60
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СМУГОВОЇ ОБРОБКИ ҐРУНТУ	63
ВИСНОВКИ	71

ВСТУП

Нині найпоширенішим способом основного обробітку ґрунту є відвальна оранка, яка поряд із перевагами має й недоліки. Лемішно-відвальні плуги забезпечують об'ємне подрібнення, перемішування ґрунту та загортання рослинних решток. Однак під час оранки на постійну глибину утворюється плужна підшва і відбувається ущільнення ґрунту.

Для зниження ущільнення ґрунту застосовують чизельні плуги-розпушувачі, що дають змогу утримувати вологу в ґрунті та зберегти верхній поживний шар, водночас зберігається стерня, яка стримує водну та вітрову ерозії. До того ж чизельні знаряддя менш енергоємні порівняно з відвальними плугами. Однак наявність стерні на поверхні потребує використання спеціальних знарядь для додаткового передпосівного обробітку ґрунту.

На сьогоднішній день досить перспективною оощадливою технологією обробітку ґрунту є смуговий обробіток ґрунту - технологія Strip-Till, що містить переваги відвальної оранки та чизельного обробітку.

На сьогодні накопичено великий теоретичний і практичний матеріал з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ґрунтообробних машин і робочих органів. Ці роботи спрямовані здебільшого на розроблення й удосконалення технічних засобів, що використовуються в технологіях із суцільним обробітком ґрунту. Однак наявність на поверхні поля рослинних решток, підвищена твердість і зв'язаність ґрунту суттєво впливають на процеси ґрунтообробітку, що необхідно враховувати під час обґрунтування параметрів і розроблення культиваторів для смугового обробітку ґрунту. Для обґрунтування конструктивно-технологічної схеми та параметрів культиватора необхідно розглянути процес взаємодії його робочих органів із ґрунтом. У зв'язку з цим розробка та обґрунтування параметрів культиватора для смугового обробітку ґрунту під просапні культури з можливістю об'ємного внутрішньоґрунтового внесення добрив є актуальним завданням. Нині ґрунтообробні знаряддя для смугового обробітку ґрунту не випускаються

серійно. Зарубіжні зразки знарядь для смугового обробітку ґрунту дуже дорогі й розроблені без урахування ґрунтово-кліматичних умов України. До того ж наявні знаряддя не дають змоги здійснити об'ємне внесення в ґрунт добрив.

Мета роботи - підвищення ефективності смугового обробітку ґрунту шляхом удосконалення конструктивно-технологічної схеми та параметрів секції культиватора.

Об'єкт дослідження - культиватор для смугового обробітку ґрунту

Предмет дослідження - закономірності зміни агротехнічних та енергетичних показників культиватора для смугового обробітку ґрунту.

Методика досліджень - теоретичні дослідження виконано з використанням методів класичної механіки, механіки суцільних деформівних середовищ, гідродинаміки. Теоретичні, лабораторні, лабораторно-польові та польові експерименти були виконані з використанням стандартних і розроблених приватних методик, із застосуванням методів планування експерименту.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1.1 Особливості смугового обробітку ґрунту в системі землеробства

Сучасне сільське господарство є дуже складним і трудомістким процесом, що включає кілька різних систем обробітку ґрунту, найважливішими з яких є традиційний обробіток ґрунту, мінімальний обробіток ґрунту, нульовий обробіток ґрунту та смуговий обробіток ґрунту (рис. 1.1). Традиційний обробіток ґрунту включає кілька фаз обробітку, таких як оранка, боронування, передпосівний обробіток ґрунту та сівба. Традиційний обробіток ґрунту є одним з найбільш енергоємних методів і вимагає великої кількості сільськогосподарської техніки, такої як плуги, відвальні плуги, дискові плуги, зубові та пружинні борони, парові культиватори та дискові фрези.

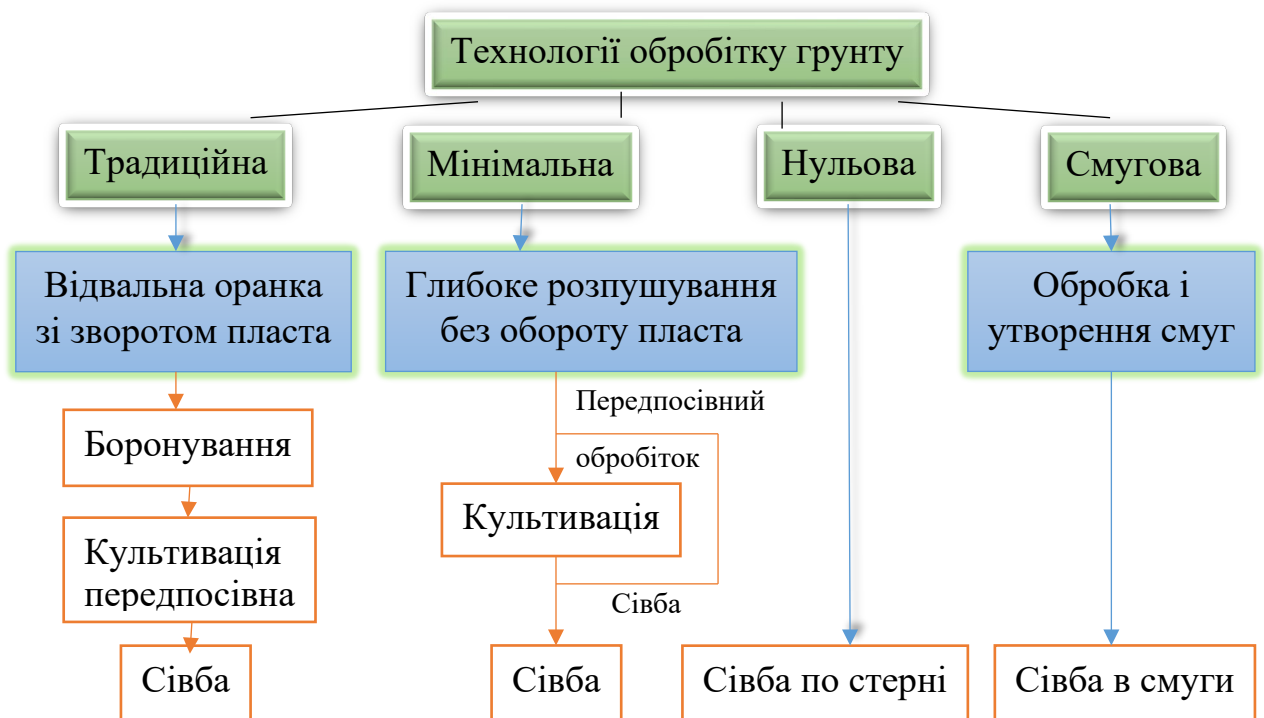


Рисунок 1.1 – Технології обробітку ґрунту

Мінімальний обробіток ґрунту включає такі операції, як глибоке боронування, посів і нульовий обробіток. Ці технології споживають набагато

менше енергії, ніж традиційні, і вимагають меншої кількості сільськогосподарських знарядь, таких як чизельні плуги, глибокорозпушувачі, плоскорізи, розпушувачі, важкі культиваторні диски та сівалки.

На сьогоднішній день технологія смугового обробітку ґрунту Strip-Till містить у собі великий потенціал, і вже активно застосовується в передових господарствах США, Канади, Аргентини, Німеччини та інших країн. Технологія Strip-Till може запропонувати розв'язання проблем, як-от наявність короткого вегетаційного періоду, велика кількість численних бур'янів, низька родючість ґрунтів із недостатнім вмістом органіки, ґрунти, які заплітають, а також може застосовуватись у посушливих регіонах та ґрунтах, схильних до вітрової ерозії (дефляції). Найбільше застосування технологія смугового обробітку ґрунту в цих країнах знаходить під час вирощування кукурудзи.

Суть технології смугового обробітку ґрунту полягає в розпушуванні смуги ґрунту на певну глибину, внесенні добрив і засіви обробленої смуги культурними рослинами [1-10]. Локалізація зон обробітку призводить до того, що близько 2/3 (близько 70%) всього поля залишаються необробленими, а добрива зосереджуються в підкореневій зоні рослин і вносяться зазвичай один раз на рік під час осіннього або весняного розпушування. Навесні в оброблену смугу можна проводити посів сівалкою точного висіву [6, 7].

Наприклад, у США, за використання технології Strip-till, застосовують гранульовані та рідкі добрива. Гранульованих добрив вносять близько 60%, рідких - 40%. Широко використовують гранульовані азотно-фосфорні добрива (N11P52, N18P46). Рідкі форми добрив набули широкого поширення з вмістом діючої речовини N10P34. Також, використовуються тукосуміші N9P24K5, N11P22K7.

У технології Strip-Till слід виділити кілька основних переваг:

1. Смуговий обробіток ґрунту за один прохід техніки, що дає змогу заощадити приблизно 30% палива.

2. Внесення добрив на різні рівні, оптимізація живлення рослин, зниження витрат мінеральних добрив.
3. Можливість одночасно виконувати розпушування ґрунту та посів.
4. Збереження природної родючості та зниження ерозії ґрунту.
5. Зниження ущільнення ґрунту.
6. Підвищення родючості ґрунту.

Перспективним є використання смугового обробітку на горбистих ділянках.

Під час використання технології Strip-Till виникають і деякі труднощі. Умовою її успішного застосування є узгодження робочої ширини оброблених міжрядь із розмірами ходової частини трактора та шириною міжрядь висіву насіння. За смугового обробітку ґрунту також необхідно забезпечувати задану ширину обробітку смуги ґрунту без деформування сусідніх міжрядь.

1.2 Агротехнічні вимоги до смугового обробітку ґрунту

Під час вирощування кукурудзи та інших культур за технологією мугового обробітку ґрунту необхідно дотримуватися агротехнічних вимог [4]:

- обробіток проводиться у встановлені агротехнічні строки;
- відхилення середньої глибини обробітку ґрунту від заданої має бути в межах $\pm 0,01$ м;
- глибину обробітку ґрунту встановлюють у межах від 0,03 до 0,20 м;
- відхилення середньої глибини загортання добрив від заданої, для 80% добрив, має перебувати в межах $\pm 2,5$ см;
- глибина борозен і висота гребенів має бути не більше 0,03 м;
- поверхня обробленого поля має бути рівною і містити дрібні грудки;
- не допускаються необроблені смуги та огріхи;
- ширина обробленої смуги має бути в межах від 0,25 до 0,28 м;

- відхилення стикових міжрядь суміжних смуг допускається в межах ± 2 см, двох суміжних проходів агрегату ± 5 см;

Виходячи з агротехнічних вимог, культиватори для смугового обробітку ґрунту мають забезпечувати:

- зниження енергоємності та металоємності конструкції, можливість зміни геометрії робочих органів, підвищення надійності (коефіцієнт готовності має бути не нижчим за 0,95) виробничого процесу.

- агротехнічну ефективність (у широко варійованих природних умовах, зокрема за екстремальних умов, твердість 1,5 МПа, вологість ґрунту 40%), а також високу технологічну надійність (коефіцієнт готовності не нижче 0,95).

1.3 Аналіз технологій вирощування кукурудзи

Кукурудза - це культура, що має високу врожайність зерна і цінна своєю зеленою масою, особливу цінність вона представляє, як кормова рослина [5].

При вирощуванні кукурудзи збільшення обсягу виробництва зерна можливе за дотримання таких умов:

- підвищення врожайності за рахунок правильного підбору сортів;
- використання якісного насіння;
- удосконалення технології вирощування;
- використання агротехнічних і хімічних способів боротьби з бур'янами, шкідниками та хворобами;
- оптимальне застосування мінерального живлення;
- збільшення площ під посів кукурудзи;
- застосування технологій меліорації.

Динаміка потреби вітчизняного ринку в насінні кукурудзи представлена на рисунку 1.2 [16]. Розміщення кукурудзи в сівозміні. Найкращими попередниками в сівозмінах за вирощування кукурудзи є зернобобові, багаторічні трави, овоче-баштанні культури, озимі та ярі зернові.



Рисунок 1.2 – Динаміка потреби вітчизняного ринку в насінні кукурудзи

Обробіток ґрунту під посів кукурудзи, необхідний для створення сприятливих умов росту культури.

Основний обробіток ґрунту залежатиме від технології обробітку культури і має бути націлений на:

- боротьбу з бур'янами та шкідниками;
- збереження, мінімізацію втрат вологи;
- поліпшення та підтримання оптимальної структури ґрунту;
- максимальне розкладання рослинних залишків;
- зменшення кількості робочих операцій і проходів, особливо навесні, для зниження ущільнення ґрунту [10, 12].

За традиційної технології обробіток ґрунту починається з лущення стерні на глибину 6-8 см. Коли попередниками є великостеблові культури, кукурудза та соняшник, то поля обробляють важкими дисковими знаряддями.

Наступні обробки проводять за появи сходів однорічних бур'янів, вид обробки залежить від видового складу бур'янів.

За появи великої кількості багаторічних бур'янів проводять обробку гербіцидами суцільної дії у фазі 5-6 листків. При цьому, не раніше, ніж через 10-15 днів проводять оранку поля, з метою проникнення гербіциду в кореневу систему бур'янів.

У подальшому, восени, за потреби проводять глибоке розпушування на глибину 25-27 см після внесення добрив.

Посів кукурудзи, як і інші сільськогосподарські культури, проводять в оптимальні строки та за оптимальних умов. Посів здійснюють, коли ґрунт прогріється до 12-15 градусів у шарі 10 см. Проростання насіння кукурудзи відбувається за температури ґрунту 7-9 градусів. Не допускається проводити посів, коли ґрунт недостатньо прогрітий, при цьому строки проростання насіння значно збільшуються, а також значно знижується густина сходів, за ранніх строків посіву рослини більше піддаються впливу хвороб і шкідників, що в кінцевому підсумку позначається на якості врожаю та обсязі виробленої продукції. Щоб уникнути впливу несприятливих факторів, рекомендується розпочати посів, коли температура ґрунту досягне 14-16 градусів. Також необхідно враховувати, що лабораторна схожість насіння завжди дещо нижча за польову, тому при розрахунку норми висіву слід робити поправку на схожість (збільшити до 4%).

Пізні строки посіву призводять до того, що фаза інтенсивного росту рослин збігається з найспекотнішим і найпосушливішим періодом, унаслідок чого знижується врожайність.

За традиційним способом обробітку кукурудзи слідом за сівбою проводять боронування зубовими боронами та коткування в одному агрегаті. Це проводять з метою вирівнювання верхнього шару ґрунту та знищення понад 90% пророслих бур'янів.

Не слід проводити боронування за появи сходів, оскільки на ранніх етапах проростки кукурудзи легко ушкоджуються, що знижує густану сходів і призводить до зрідження посівів. Оптимальна густану дає змогу підвищити врожайність кукурудзи до 20%. Густану ранньостиглих і середньоранніх

форм має перебувати в межах 60-65 тис. р/га, середньопізніх і пізньостиглих - 50-60 тис. р/га.

Під час вирощування кукурудзи за технологією Strip-till повний обробіток ґрунту проводять за один прохід, економія на паливе при цьому сягає 30%. Внесення мінеральних добрив здійснюють безпосередньо в ґрунт на різні глибини, що сприяє оптимізації живлення рослин, а економія добрив сягає 20%. Також у разі використання навіски для сівалки можна одночасно проводити посів. У США основними знаряддями, що застосовуються для попередньої підготовки ґрунту та точного внесення добрив, є знаряддя Orthman [45, 46, 47].

Значним чинником отримання високої врожайності за вирощування кукурудзи є оптимальне мінеральне живлення. Ця культура чуйна на внесення мінеральних та органічних добрив, за порівняно короткий час кукурудза утворює велику кількість органічної маси.

За даними фахівців приблизно на 50% зростання врожайності залежить від добрив і на 50% від таких факторів, як агротехніка, оптимальні сорти культур, меліорація тощо. [8,12]. Залежність урожайності від дози добрив показано на рисунку 1.3.

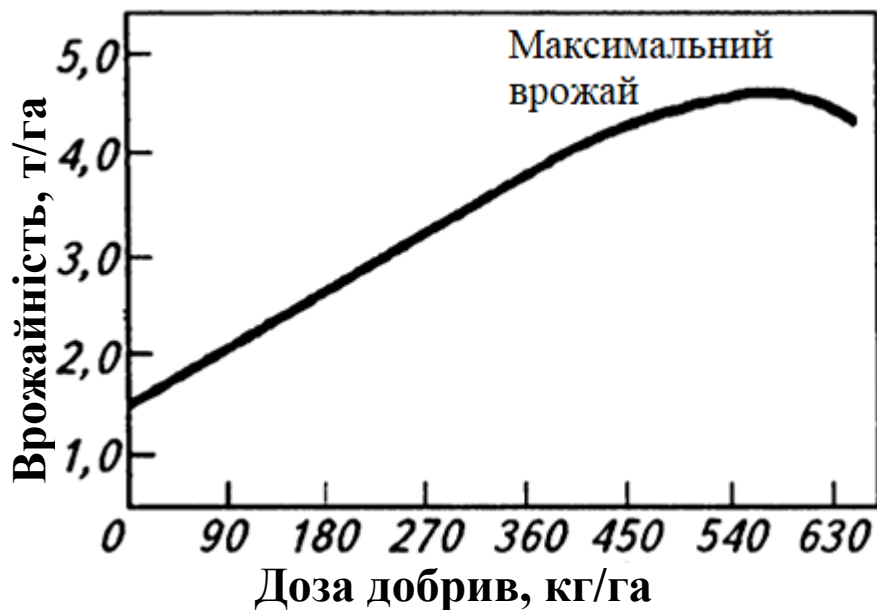


Рисунок 1.3 – Залежність врожайності від дозування добрив

Основні поживні елементи, що входять до складу, як мінеральних, так і органічних добрив це азот, фосфор і калій. Азот важливий елемент, необхідний для росту і розвитку рослин, для кукурудзи, найбільш ефективний у період цвітіння і наливу зерна. У початковій фазі росту поглинається аміачний азот, на пізніх стадіях розвитку - нітратна форма азоту.

У початковий період росту кукурудза дуже вимоглива до фосфору, до 70% його необхідно вносити під основний обробіток восени. Також він сприяє прискореному розвитку рослин і формуванню стійкості до вилягання. Нестача фосфору може призвести до того, що місцями ріст і зовсім може бути відсутнім, а багато рослин не утворюють качанів.

Перетворення сонячного світла на поживні елементи - одна з ключових особливостей рослин і культурних зокрема, цьому активно сприяє наявність такого елемента, як калій, завдяки калію, відбувається активне переміщення поживних речовин і формується стійкість до хвороб. Утворення великої кількості органічної маси (в чому і цінність кукурудзи), вимагає великої кількості калію.

Досліди показують, що для стабільного зростання врожаю і збереження родючості ґрунту необхідно повертати азот і калій на 75-80%, а фосфор - на 100% [11,19].

Поряд з основними формами добрив значне місце в системі добрив посідають і мікродобрива, що містять у собі такі елементи, як: цинк, марганець, мідь, кобальт, бор тощо.

Під час вирощування кукурудзи виникає потреба в забезпеченні цинком і марганцем, а також у міді та борі. Найчастіше у кукурудзи виникають захворювання, пов'язані з нестачею засвоюваного цинку. Внесення мікродобрив на основі цинку і міді (за дефіциту в ґрунті) проводять у фазі 6-8 листків. На сьогодні хімізація відіграє значну роль в отриманні високих урожаїв, дещо на другий план відсунуто використання органічних добрив.

Проте застосування органічних добрив і зокрема гною покращує повітряні, водні та теплові властивості ґрунту, збагачуючи його гумусом. Одна з позитивних властивостей гною - це здатність перетворювати безструктурні ґрунти на структурні. Гній має у своєму складі азот - 0,5-0,8%, фосфор - 0,2-0,3%, калій - 0,5-0,7%, а курячий послід - азот - 1,3%, фосфор - 1,8%, калій - 0,9%.

Слід зазначити, що кукурудза відчуває потребу у фосфорі в початковій фазі росту і розвитку, фосфорні добрива сприяють посиленому розвитку її кореневої системи в період посіву [1-15].

Внесення добрив можна розділити на три основні способи:

- основний (до посіву) - проводиться перед оранкою;
- припосівний (у рядки) - проводиться під передпосівну культивуацію;
- післяпосівний (підживлення) - проводиться в період росту і розвитку рослин.

За суцільного внесення добрив рослини не засвоюють повністю всі поживні елементи, оскільки частина добрив не потрапляє в зону, в якій вони були б засвоєні, частково вони залишаються не використаними. Негативний бік цього явища в тому, що не засвоєна частина добрив вимивається дощами і завдає шкоди екології, а також відбувається перевитрата добрив, але є в цьому і позитивний бік, коли поживні речовини, не засвоєні в перший рік, впливають на врожайність на другий і наступні роки після внесення.

Особливості різних прийомів обробітку ґрунту завжди пов'язані з певною територією і відрізняються для кожного окремого регіону. У кожному регіоні існують свої ґрунтово-кліматичні особливості: кількість опадів, тип і насиченість ґрунту поживними елементами, види бур'янів тощо. Традиційно більшість бур'янів прийнято прибирати механічним способом. Істотної шкоди врожаю зерна кукурудзи завдає гумама. Тому, крім збереження та накопичення вологи, основний обробіток ґрунту застосовують для боротьби з гумама та іншими видами бур'янів.

Однак технології змінюються, якщо розглядати смуговий обробіток ґрунту, то при цьому основну масу бур'янів механічним способом прибрати неможливо, тому згідно з даною технологією застосовують хімічні методи захисту рослин. Після механічного обробітку ґрунту бур'яни прибираються тільки з обробленої ділянки поля, а на необробленій частині бур'яни з'являються, тому боротися з ними можливо тільки за допомогою гербіцидів.

Від ефективності боротьби з бур'янами з використанням гербіцидів залежать витрати праці та собівартість отриманого врожаю. Адже, якщо не боротися з бур'янами врожайність кукурудзи (на насіння) може знижуватися до 70% [5].

За використання технології смугового обробітку ґрунту порівняно з традиційною технологією виключається найбільш енергоємна операція - відвальна оранка, що не дає змоги виконати об'ємне розпушування пласта і перемішування шарів ґрунту та добрив, внесених на поверхню поля розкидним способом. У зв'язку з цим одночасно з обробітком смуг ґрунту необхідно вносити в ці смуги рідкі та гранульовані добрива. Ефективність їхньої подальшої дії залежатиме від розподілу добрив за глибиною залягання кореневої системи рослин. У зв'язку з цим культиватор для смугового обробітку ґрунту має забезпечувати не тільки розпушування смуги ґрунту, а й одночасно внутрішньогрунтове об'ємне внесення різних видів добрив.

1.4 Аналіз наявних конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту

Високі врожаї в сільському господарстві значною мірою залежать від використовуваних технічних засобів і агротехніки. Технологія Strip-till є комплексним рішенням для підвищення якості врожаю та збереження родючості ґрунту. На сьогоднішній день прогресивні ґрунтообробні знаряддя користуються високим попитом, а їх використання є кроком до збереження ґрунтових ресурсів.

Знаряддя для смугового обробітку ґрунту - це ґрунтообробні знаряддя, які замінюють такі енергоємні операції, як основний обробіток ґрунту.

Систему знарядь, що використовуються для різних технологій обробітку ґрунту, представлено на рисунку 1.4.

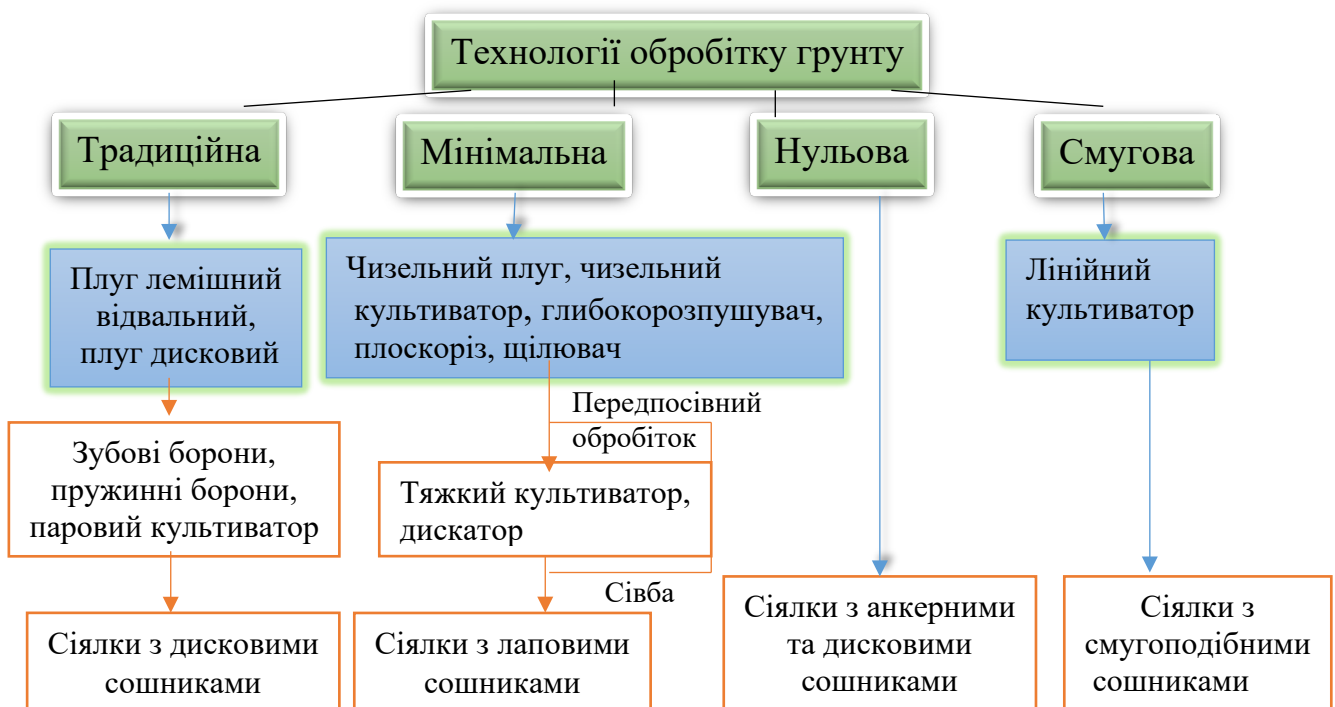


Рисунок 1.4 – Система знарядь, що використовуються за різних технологій обробітку ґрунту

Знаряддя No-till - це, по суті, ґрунтообробні машини з жорстким шасі, робочою секцією для кожної оброблюваної смуги і системою наведення для внесення твердих і рідких гранульованих мінеральних добрив, а в деяких

випадках і рідких органічних добрив. Використання систем супутникової навігації є невід'ємною частиною цієї технології, оскільки під час обробітку не допускається відхилення від лінії [40, 41]. Конструкція культиватора розрахована на використання в несприятливих умовах і на високих швидкостях і є надзвичайно міцною. Паралелограмний механізм забезпечує постійну глибину обробітку в різних ґрунтових умовах, що мінімізує навантаження на робочу поверхню знаряддя і, таким чином, забезпечує довговічність конструкції.

Паралелограмний механізм фіксує робочу частину культиватора, яка зазвичай складається з майже ідентичних робочих елементів, що відрізняються за формою і конструктивними параметрами в залежності від ґрунтово-кліматичних умов, в яких вони будуть оброблятися.

Кожна секція культиватора складається з наступних робочих елементів: передні диски, які проникають в щільну ґрунтову кірку, що утворилася в результаті різних механічних процесів і впливу природно-кліматичних факторів. Робочий орган у свою конструкцію включає: коток прикочувальний, навіску триточкову, раму навісну, механізм регулювання глибини обробітку, а також робочі органи для основного обробітку ґрунту. На першому ярусі встановлено робочі органи у вигляді пластинчастих стійок, що мають стрілчасті лапи, розташовані під кутом, один розміщений по центру на задньому брусі рами навісної, а два інших - по ширині захоплення і симетрично від центру знаряддя на передньому брусі рами. На другому ярусі встановлено робочі органи, виконані у вигляді право- і лівосторонніх стійок, що забезпечують обробіток орного шару, закріплені на передньому брусі рами, симетрично відносно один одного, а також розгорнуті в протилежні боки. Робочі органи третього ярусу також виконані у вигляді право- і лівосторонніх стійок, які в нижній частині мають, розташовані під кутом, змінні долота, що забезпечують глибоке розпушування ґрунту.

Відсутність паралелограмного механізму в даній конструкції знижує її ефективність роботи і не дає змоги копіювати рельєф ґрунту.

У результаті проведеного аналізу наявних конструкцій культиваторів для смугового обробітку ґрунту слід виділити низку характерних особливостей, описаних нижче.

На рисунку 1.5 зображено знаряддя для безполицевого поярусного смугового обробітку ґрунту.

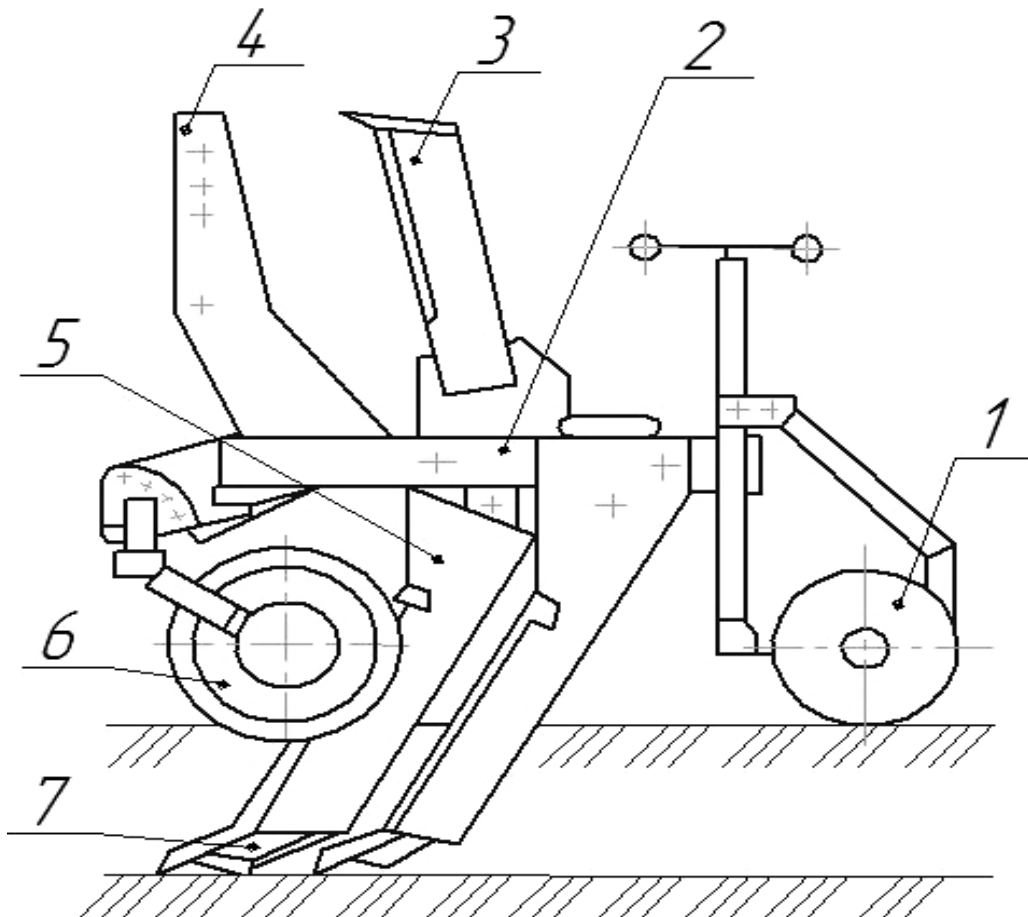


Рисунок 1.5 - Робочий орган для безполицевого поярусного смугового обробітку ґрунту

1 - коток прикочувальний, 2 - навішування триточкове, 3 - рама навісна, 4 - механізм регулювання глибини обробітку, 5 - стрілочаста лапа, 6 - робочі органи другого ярусу, робочі органи третього ярусу, 7 - змінне долото

На рис. 1.6 показана робоча секція для смугового обробітку. Основним робочим органом для розпушування ґрунту та внесення добрив є щільноутворювач, а на дні борозни встановлений бункер для внесення мінеральних добрив.

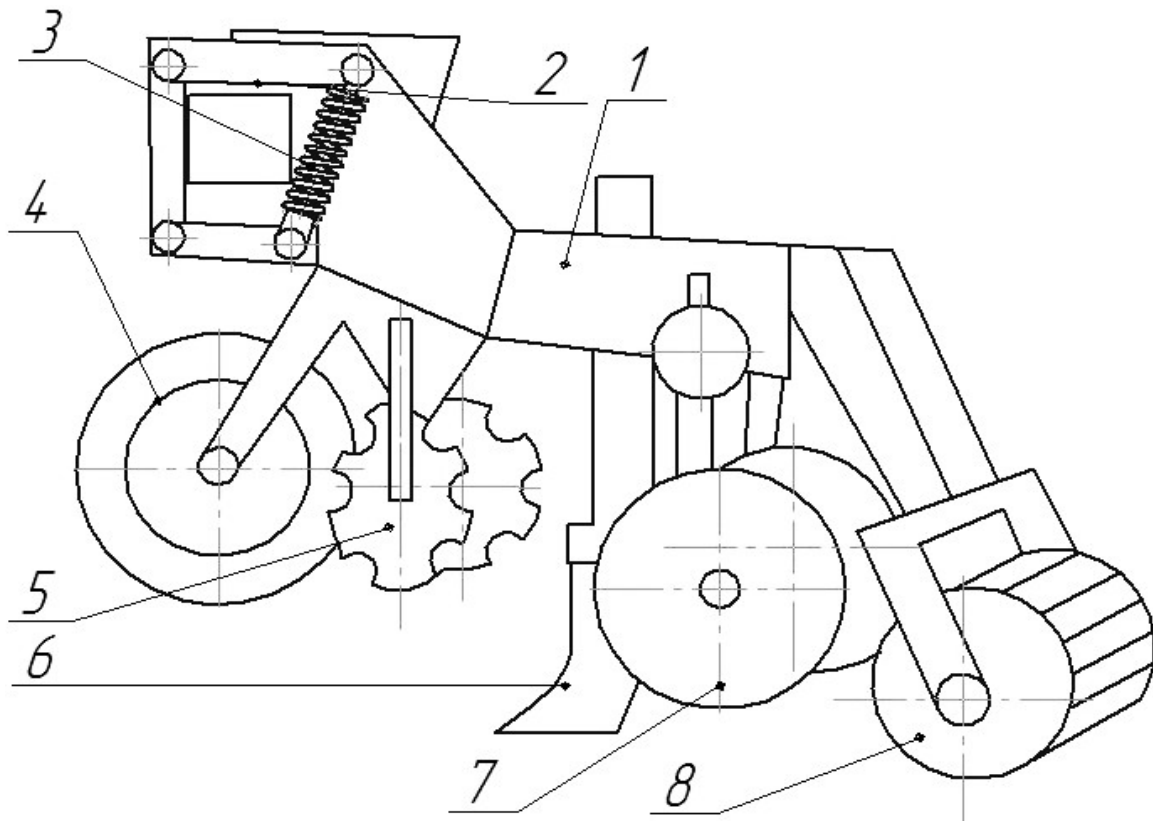


Рисунок 1.6 - Робоча секція знаряддя для смугового обробітку ґрунту

1 - рама; 2 - механізм підпружинений; 3 - механізм паралелограмний; 4 - стійка диска; 5 - диск; 6 - щілінкоутворювач; 7 - диски сферичні; 8 - коток прикочувальний.

На рамі 1, що має паралелограмний механізм 3, встановлюються диски 5 для очищення оброблюваних рядків, щілінкоутворювач 6 із робочим органом для внесення мінеральних добрив, 7 диски котка та прикочувальний коток 8.

Встановлення робочого органу з можливістю внесення добрив дає змогу скоротити кількість операцій на обробіток ґрунту, що підвищує ефективність роботи цього знаряддя. Однак для ефективнішого використання робочого органу в його конструкції варто було б забезпечити можливість внесення добрив у процесі обробітку ґрунту.

На малюнку 1.7 представлено секцію знаряддя для смугового обробітку ґрунту фірми Carter.

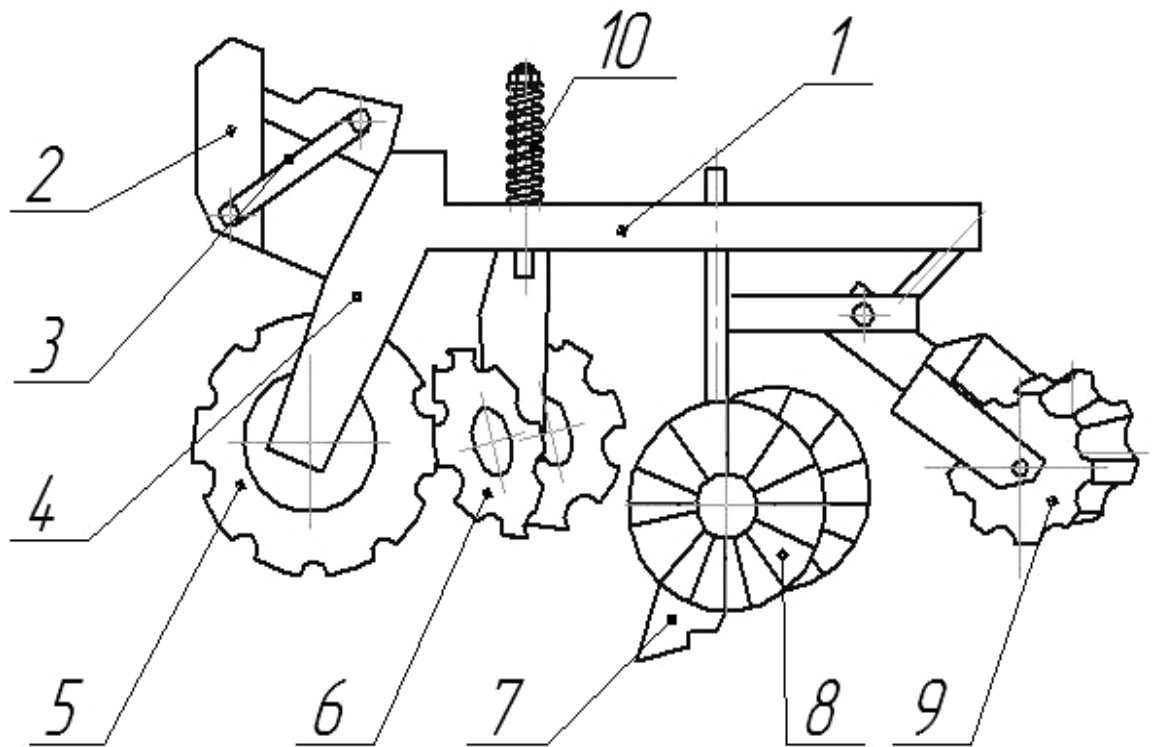


Рисунок 1.7 - Секція знаряддя для смугового обробітку ґрунту фірми Carter

1 - рама; 2 - механізм підпружинений; 3 - механізм паралелограмний; 4 - стійка диска; 5 - диск; 6 - диск; 7 - щілінкоутворювач; 8 - диски сферичні; 9 - коток прикочувальний.

Конструкція знаряддя, зображеного на рисунку 1.7, майже ідентична конструкції на рисунку 1.6, відрізняючись лише кількома деталями: типом паралелограмного механізму, типом кріплення п'яти дисків на рамі та формою прикочуючого циліндра. Основними робочими органами для розпушування ґрунту та внесення добрив є розпушувач ґрунту та туковисівна труба малого діаметру для внесення добрив. Конструкція робочого органу також дозволяє здійснювати двоетапне внесення добрив в процесі обробітку ґрунту. Недоліком цієї частини є її висока вартість. На рисунку 1.8 показано культиватор Stripcat зі смуговим обробітком ґрунту. Даний тип культиватора агрегується з тракторами 4 класу і в своїй конструкції також має схожість з вищеописаними моделями.

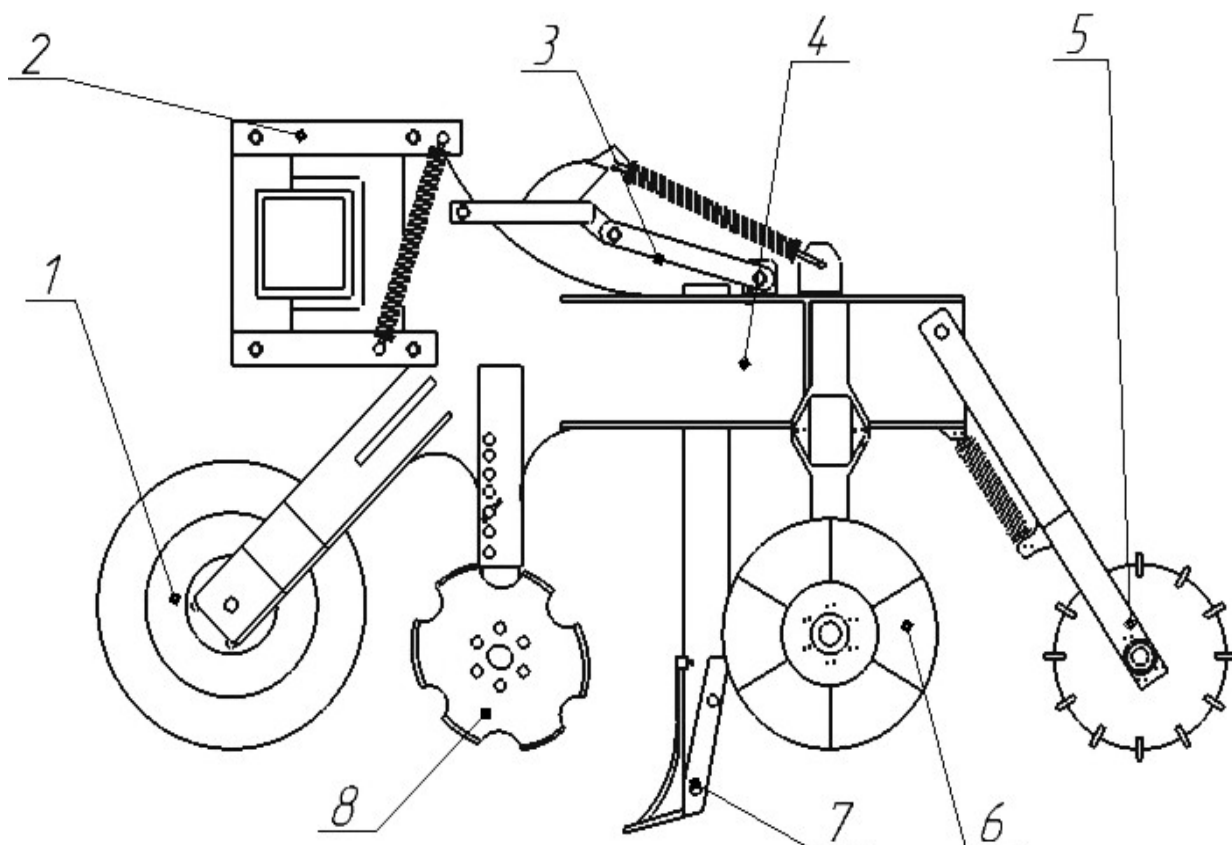


Рисунок 1.8 - Схема секції культиватора для смугового обробітку ґрунту Stripcat

1 - диск; 2 - механізм паралелограмний; 3, 5 - шини передні та задні; 4 - рама поздовжня; 6 - диски для формування гребеня; 7 - щілінкоутворювач для внесення добрив; 8 - диск зубчастий для видалення пожнивних решток

Недоліком цієї секції є складність її виготовлення, висока вартість оригінальних запчастин.

У результаті проведеного аналізу конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту сформовано такі рекомендації під час проектування конструкції культиватора:

- для плавної роботи культиватора і витримування заданої глибини обробітку, в передній частині переважно встановлювати турбодиск;
- необхідно щоб оброблена смуга лежала в межах від 0,25 до 0,28 м;
- стрілочасті лапи не потрапляють у заданий інтервал зони деформації, перевищує дані значення, тому доцільно використовувати долотоподібні

стійки, додатковою перевагою яких є нижчий опір робочого органу відносно стрілчастих лап;

- оптимальним способом для утворення гребенів є застосування дисків сферичної форми з гладкою кромкою, які необхідно розташовувати під кутом;
- на секції культиватора найкраще використовувати кільчасто-шпоровий коток.

Кільчасто-шпоровий коток дає змогу проводити якісне розпушування та прикочування, і при цьому зменшується його опір на перекочування.

Оскільки за смугового обробітку ґрунту обробляється тільки близько 1/3 поля, то необхідно не допустити, щоб обробіток ґрунту виявився суцільним. Дослідження показують, що за відповідної глибини обробітку розпушувальними знаряддями, деформація ґрунту одного знаряддя перебиває деформацію сусіднього, що не допускається.

Для усунення перекриттів у поперечному напрямку слід встановити ширину оброблюваної смуги, що дорівнює 25 см.

Зменшити деформацію від розпушувального знаряддя можливо, використовуючи підрізні диски, які прорізають щілину в оброблюваному шарі на задану глибину. Призначення щілини в цьому разі це обмеження зони деформації ґрунту. При цьому опір підрізних дисків буде мінімізовано, за рахунок малої площі контакту і обертання диска, встановленого таким чином, що деформації сусідніх зон не відбувається.

Висновки

1. У результаті проведеного аналізу конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту необхідно в передній частині культиватора переважно встановлювати турбодиск і витримування заданої глибини обробітку,
2. Необхідно щоб оброблена смуга лежала в межах від 0,25 до 0,28 м;
3. Доцільно використовувати долотоподібні стійки, додатковою перевагою яких є нижчий опір робочого органу відносно стрілчастих лап;
4. Оптимальним способом для утворення гребенів є застосування дисків сферичної форми з гладкою кромкою, які необхідно розташовувати під кутом;

5. На секції культиватора найкраще використовувати кільчасто-шпоровий коток.

2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА

На основі аналізу наявних конструкцій культиваторів для смугового обробітку ґрунту та усунення їхніх недоліків нами пропонується така конструктивна схема секції культиватора (рисунок 2.1).

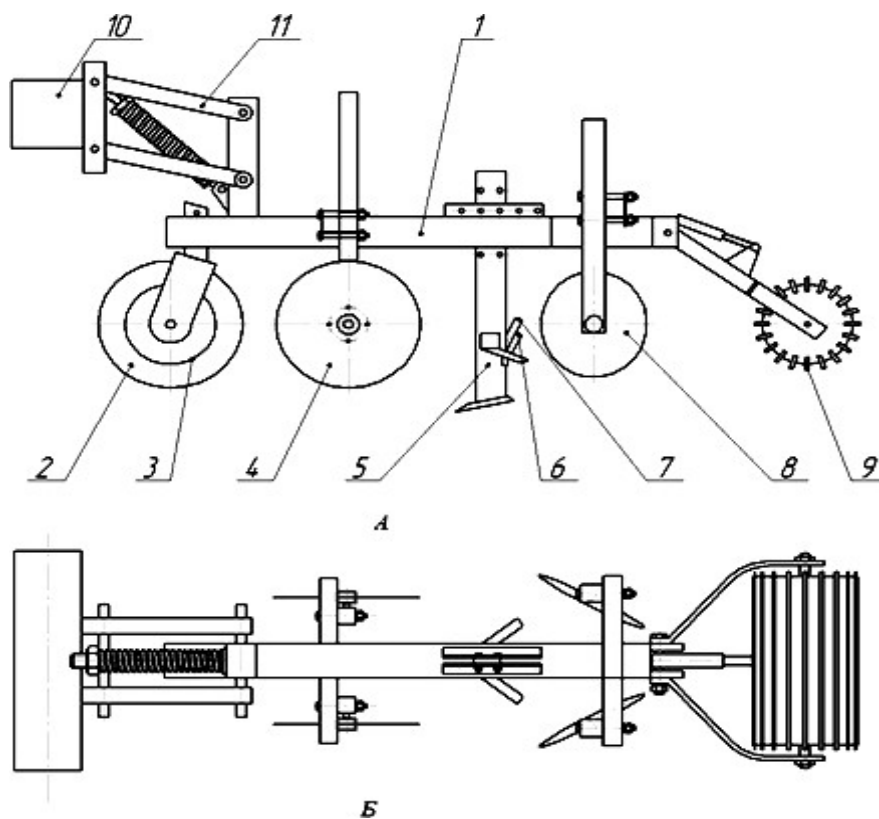


Рисунок 2.1 - Робоча секція розробленого культиватора

Робоча частина культиватора складається зі штанги 1, на якій за допомогою підвісного преса з паралелограмним механізмом 11 послідовно розміщуються заготовки.

Робоча частина стрічкового культиватора забезпечує багаторівневе внесення добрив і складається з рами 1, опорних ребер 3, двох симетрично розташованих плоских дисків 4, фрези 5, послідовно розташованих дискових фрез 2, що забезпечують лінії для внесення мінеральних гранул і рідких добрив 6, 7. Конструкція складається з двох симетрично розташованих круглих дисків 8 з протилежними кутами атаки та робочого органу преса 9.

Технологічний процес обробки заготовки на стрічці з багат шаровим змащенням відбувається наступним чином. Під час руху заготовки дисковий відвал 2 заглиблюється в ґрунт під навантаженням заготовки та дією притискної підвіски 11. Симетрично розташовані диски 4, розташовані за дисковим відвалом, підрізають бур'яни, пожнивні рештки та верхній шар ґрунту, зменшуючи площу деформації та руйнування ґрунтового шару.

Культиватор 5 розпушує ґрунт через тукопроводи 6 і 7, вносячи рідкі та неорганічні добрива одночасно на різну глибину. Круглі диски 8 мають кут атаки, протилежний напрямку руху культиватора, і служать для закриття борозен, створених копіювальним механізмом 5. Котки 9 ущільнюють і вирівнюють робочу зону і підтримують робочу глибину. Притискна підвіска 11 повертає і заглиблює робочий орган.

Секція культиватора смугового обробітку ґрунту з багаторівневим внесенням добрив забезпечує рівномірний обробіток ґрунту на задану глибину, а також багаторівневе (об'ємне) внесення мінеральних гранул і рідких добрив, що знижує енерговитрати на обробіток ґрунту.

2.1 Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми секції культиватора для смугового обробітку ґрунту

Аналіз існуючих конструкцій культиваторів для смугового обробітку ґрунту дозволив виявити деякі загальні характерні недоліки, такі як відсутність паралелограмного механізму для імітації рельєфу ґрунту (в деяких моделях), висока вартість та складність виготовлення дослідних зразків, відсутність об'ємного змащення на місці під час обробітку ґрунту, високе енергоспоживання під час обробітку ґрунту, недостатня стійкість конструкції з'єднання ріжучої лапи з навісним культиватором тощо.

З метою усунення вищезазначених недоліків пропонується конструкція культиватора для смугового обробітку ґрунту, в якій ми намагаємось поєднати

переваги існуючих конструкцій культиваторів. Запропонована конструкція культиватора має наступні особливості:

- 1) Використання пружинного механізму в виштовхуючому котку, що забезпечує стабільне намотування смуг,
- 2) Використання вдосконаленого механізму імітації рельєфу оброблюваної ділянки,
- 3) Регулювання глибини канавки здійснюється шляхом переміщення леза диска у вертикальній площині за допомогою гвинтового механізму.

З метою документального підтвердження конструктивно-технологічних параметрів розробленого культиватора для смугового обробітку ґрунту наведено схему розташування робочих органів з перехресною конструкцією (рис. 2.1).

Секція культиватора для смугового обробітку ґрунту з об'ємним внесенням добрив дає змогу забезпечувати рівномірний обробіток ґрунту на задану глибину та знизити енергоємність обробітку ґрунту.

Крім обробітку ґрунту певної ширини розроблювана секція культиватора має забезпечувати об'ємне внутрішньоґрунтове внесення рідких і гранульованих добрив.

Для цього на стійці щілинкоутворювача на заданому рівні просвердлені отвори внутрішнім різбленням із можливістю закріплення на них ножів із добривом для внесення рідкого мінерального добрива, а також є 2-й добривоутворювач. При цьому ножі з удобрювачами розташовані симетрично по обидва боки стійки щілинкоутворювача під гострим кутом до горизонтально-поперечної площини, а нарізування щілин здійснюють під кутом 30...45 °.

На рисунку 2.2 (А) зображено робочий орган щілинкоутворювача, який складається зі стійки 1, долота 2 і розсікача 3 для зменшення опору робочого органу. На стійці 1 пригвинчені ножі 4 з трубчастим удобрювачем 5 розташовані під кутом α до вертикальної площини. На кінцях ножів приварені подрібнювачі 6, для нарізання щілин, у які краще проникають добрива.

На рисунку 2.9 (Б) зображено переріз Б-Б спосіб кріплення ножів 4 з добривом 5 на стійці щілінкоутворювача 1 за допомогою болтів 7 із внутрішньою шестигранною напівпотайною головкою.

На рисунку 2.9 (В) зображено вигляд А, де під гострим кутом β до горизонтальної площини розташовується ніж-добривачка 4, при цьому нарізання щілин проводять під кутом 30...450, шириною захоплення b та висотою установки a . Дільник 8 розсікає вертикально подавальне рідке добриво, що рівномірно подається, на правий і лівий удобрювачі.

На фігурі 4 показано розріз С-С з ножем 4 і удобрювачем 5. Ніж 4 має ріжучу кромку з кутом скосу α розташованим під кутом γ , верхня приварена частина прямої частини удобрювача розташовується під кутом γ_1 .

Робочий орган для внесення добрив, що містить розташовану під кутом 30... 450 стійку щілинника з розсікачем і долотом, що вирізняється тим, що оснащений ножем з удобрювачем, причому ніж має різальну кромку, утворену виконаним під кутом скосом, розміщений під гострим кутом до горизонтально-поперечної площини та пригвинчений до стійки болтами з внутрішньою шестигранною напівпотайною голівкою, до якої приварено удобрювач, при цьому удобрювач виконаний із плавним радіусом згину.

Робочий орган ніж з удобрювачем, що використовується за технології смугового обробітку ґрунту, працює таким чином. Під час руху агрегату по полю ножі з удобрювачами з обох боків заглиблюються в орний шар ґрунту й утворюють похилі щілини в поперечній площині, а нарізання щілин здійснюють під кутом 30...450. При цьому ніж здійснює нарізку щілин із частковим подрібненням ґрунту, а удобрювач підводить добриво. Після проходження пристрою в орному шарі ґрунту добрива розподіляються у вигляді похилих смуг на заданому рівні.

Таке внесення добрив усуває їх випаровування, змивання та вивітрювання з поверхні ґрунту і забезпечує рівномірне живлення рослин весь вегетаційний період розвитку від проростання до повного дозрівання, виключає підживлення рослин як окрему технологічну операцію, дає змогу

використовувати природні процеси для підготовки ґрунту, тим самим покращує агротехнічні вимоги.

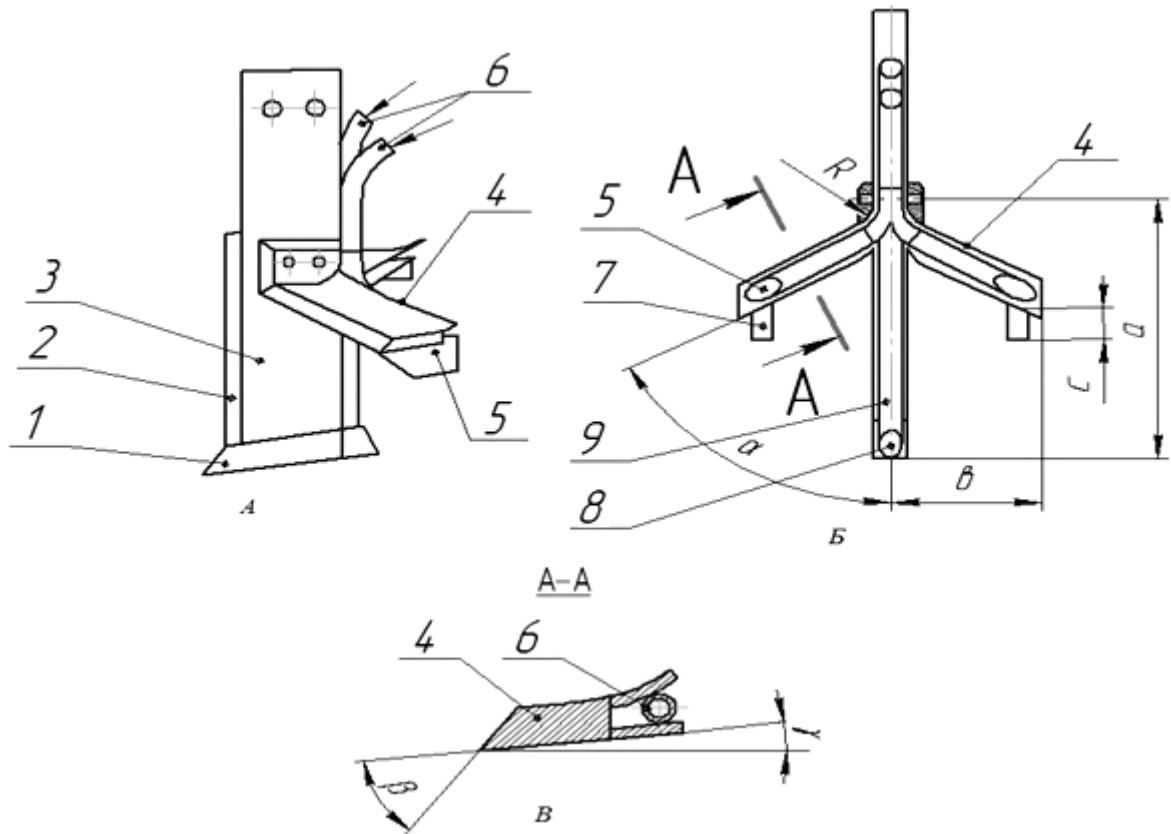


Рисунок 2.2 - Схема робочого органу для внесення добрив

1 - долото; 2 - розсікач; 3 - стійка; 4 - ніж; 5 – горизонтальний щілювач; 6, 9 - трубчастий удобрювач; 7 - наконечник-живильник; 8 - вертикальний щілювач.

На рис. 2.3 представлено розрахункову схему розміщення робочих органів на рамі знаряддя. На схемі вказані конструктивні параметри, що характеризують положення робочих органів секції в просторі відносно один одного й оброблюваної поверхні.

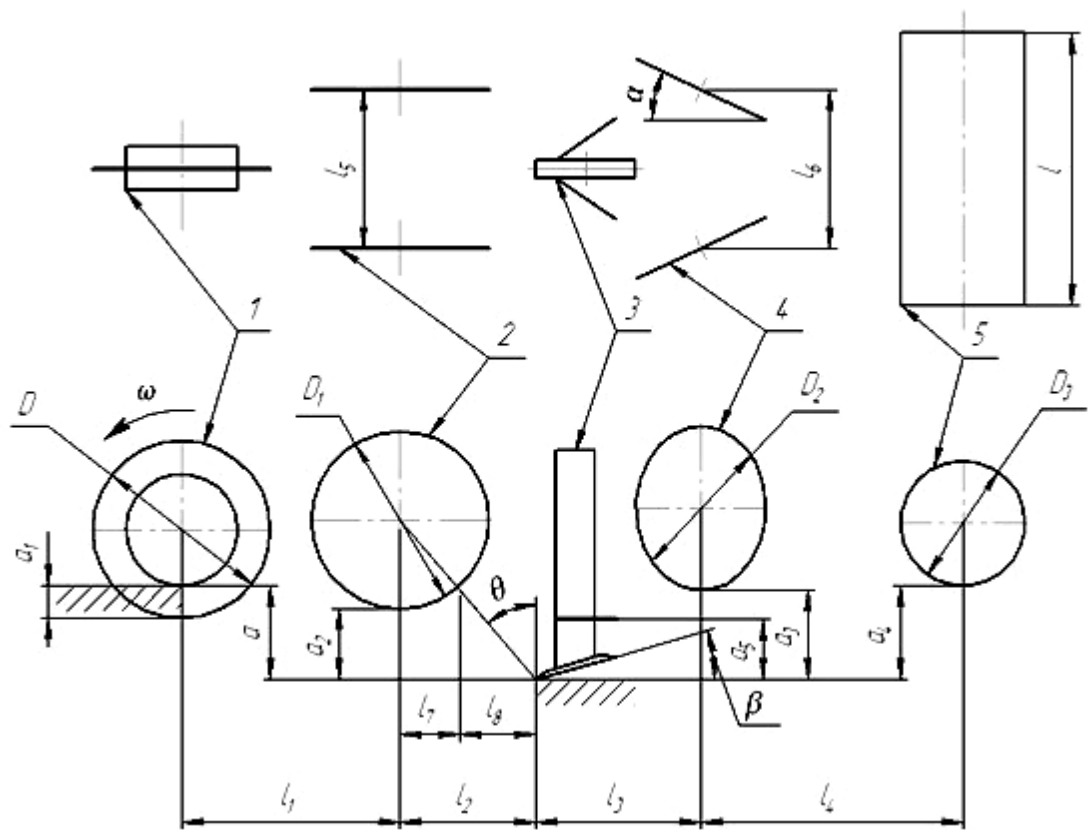


Рисунок 2.3 - Схема розміщення робочих органів на рамі знаряддя

1 - диск передній розрізний; 2 - диски задні розрізні; 3 - щілювач з ножами; 4 - диски сферичні завалювальні; 5 - коток планчастий; 11 - відстань між осями переднього і задніх розрізних дисків; 12 - відстань між носком щілювача і віссю задніх розрізних дисків; 13 - відстань між носком розщеплювача і віссю завалювальних сферичних дисків; 14 - відстань між осями завалювальних сферичних дисків і планчастим котком; 15 - відстань між задніми сферичними дисками в поперечному напрямку.

Розрахункова схема встановлення бічних вертикальних дисків представлена на малюнку 2.4.

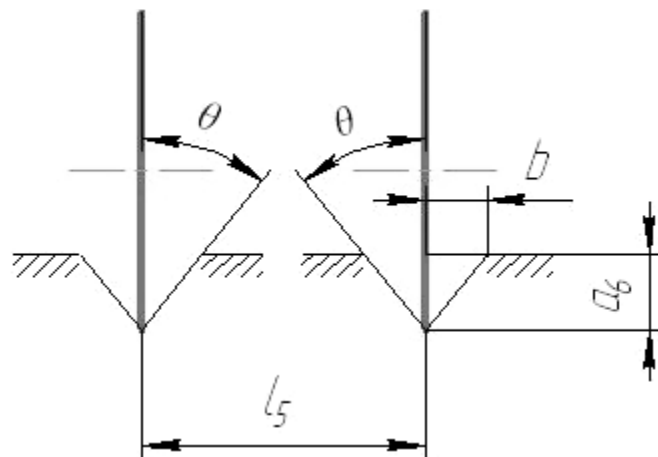


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема встановлення бічних вертикальних дисків

Кут θ залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту і змінюється в межах від 18 до 42° [3, 4, 5].

Визначимо (рис. 2.5) відстань між слідами робочих органів за формулою:

$$S = (S - S_n) + B_b + 2 \cdot (a - a_1) \cdot \operatorname{tg} \theta_n \quad (2.1)$$

де B_b - ширина захвату робочого органа для внесення добрива, м; a - висота встановлення ножів, м; θ_n - кут, за якого відбувається сколювання ґрунту в поперечно-вертикальній площині; a_1 - висота встановлення ножів на стійці щілювача, м.

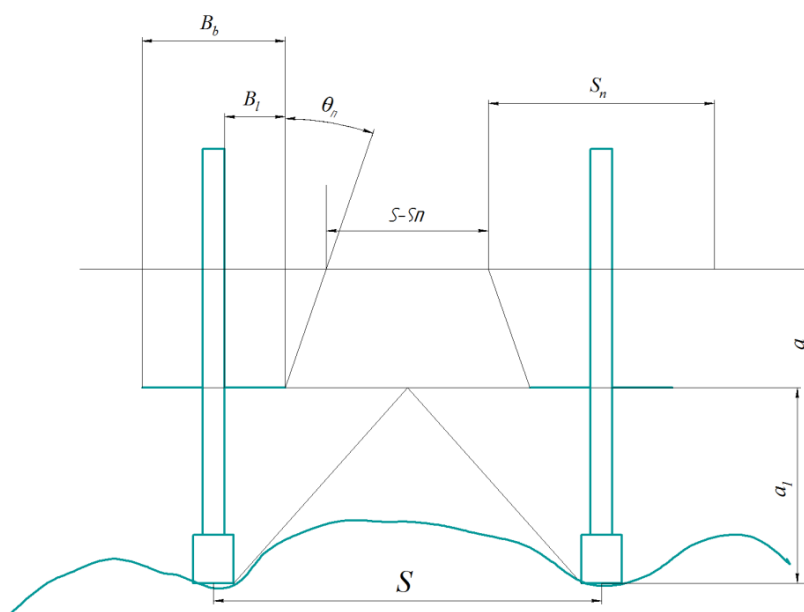


Рисунок 2.5 - Розрахункова схема для визначення ширини робочого органа для внесення добрив

З формули (2.1) виразимо мінімальну ширину робочого органа для внесення добрив верхнього ярусу:

$$B_b = S_n - 2 \cdot (a - a_1) \cdot \operatorname{tg} \theta_n \quad (2.2)$$

За глибини обробітку ґрунту $a=0,25$ м, висоти встановлення ножів на стійці щілинкоутворювача $a_1=0,15$ м і максимального кута сколювання ґрунту $\theta_n=42^\circ$ ширина ножів верхнього ярусу обробітку і внесення добрив $Bb=0,18$ м.

Положення робочого органа на стійці визначається виходячи з технологічного процесу взаємодії його з ґрунтом у поздовжній площині (рисунок 2.6). Для зниження енергоємності процесу необхідно мінімізувати накладення зон деформації пласта долотом щілинкоутворювача 1 і робочого органа для внесення добрив верхнього ярусу 2 одна на одну. Цю умову буде забезпечено, якщо носок долота або робочого органа для внесення добрива і перетин лінії відколу ґрунтового шару з поверхнею ґрунту лежатиме на одній лінії по вертикалі.

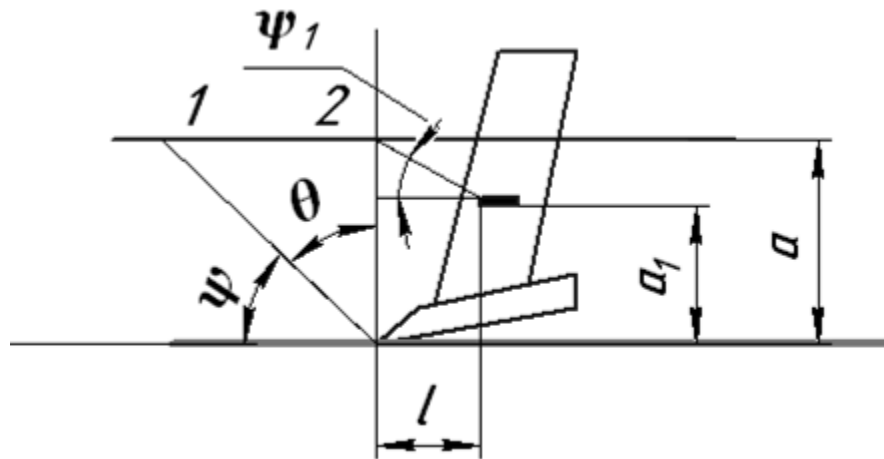


Рисунок 2.6 - Розрахункова схема висоти встановлення ножів на стійці щілювача

Для забезпечення умов, описаних вище, відстань від ножа до носка долота визначається з виразу:

$$l = (a - a_1) / \operatorname{tg} \psi_1 \quad (2.3)$$

де ψ_1 - кут зсуву ґрунту верхнього ярусу, град.

$$\psi_1 = \alpha + \varphi_2.$$

У результаті аналізу технологій обробітку ґрунту було встановлено:

- положення робочого органу на стійці щілинкоутворювача значною мірою впливає на якість внесення добрив і тяговий опір знаряддя;

- для підвищення врожайності сільськогосподарських культур необхідно забезпечити об'ємне внутрішньогрунтове внесення добрив по глибині оброблюваного шару;

- внесення добрив на різні глибини безпосередньо в ґрунт сприяє поліпшенню живлення рослин і дає змогу скоротити операції на підживлення рослин.

- робочий орган дає змогу здійснити основний обробіток ґрунту на ширину смуги від 15 до 25 см, водночас приблизно 60% площі оброблюваного поля не обробляється, що зі свого боку веде до зниження енергетичних витрат.

2.2 Визначення відстані між робочими органами

Для усунення забивання ґрунту та рослинних решток між робочими органами секції зони деформації ґрунту кожного з них не повинні перетинатися одна з одною

Згідно з розрахунковою схемою (рисунок 2.7) відстань між робочими органами визначається таким чином.

Розпушувальний робочий орган характеризується такими параметрами:

a - глибина обробітку, м ($a = 0,25$ м);

β - кут постановки долота до дна борозни, град;

v - ширина захвату долота, м ($v = 0,03$ м);

v_g - ширина зони розпушування долота, м;

l_1 - виліт долота відносно стійки, м ($l_1 = 0,05$ м);

l_2 - відстань між диском і розпушувальним робочим органом, м

$$l_2 = a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2.4)$$

де α - кут подрібнення ($\alpha = 20^\circ$), φ - кут тертя ґрунту по матеріалу долота ($\varphi > 20 \dots 30^\circ$) [11].

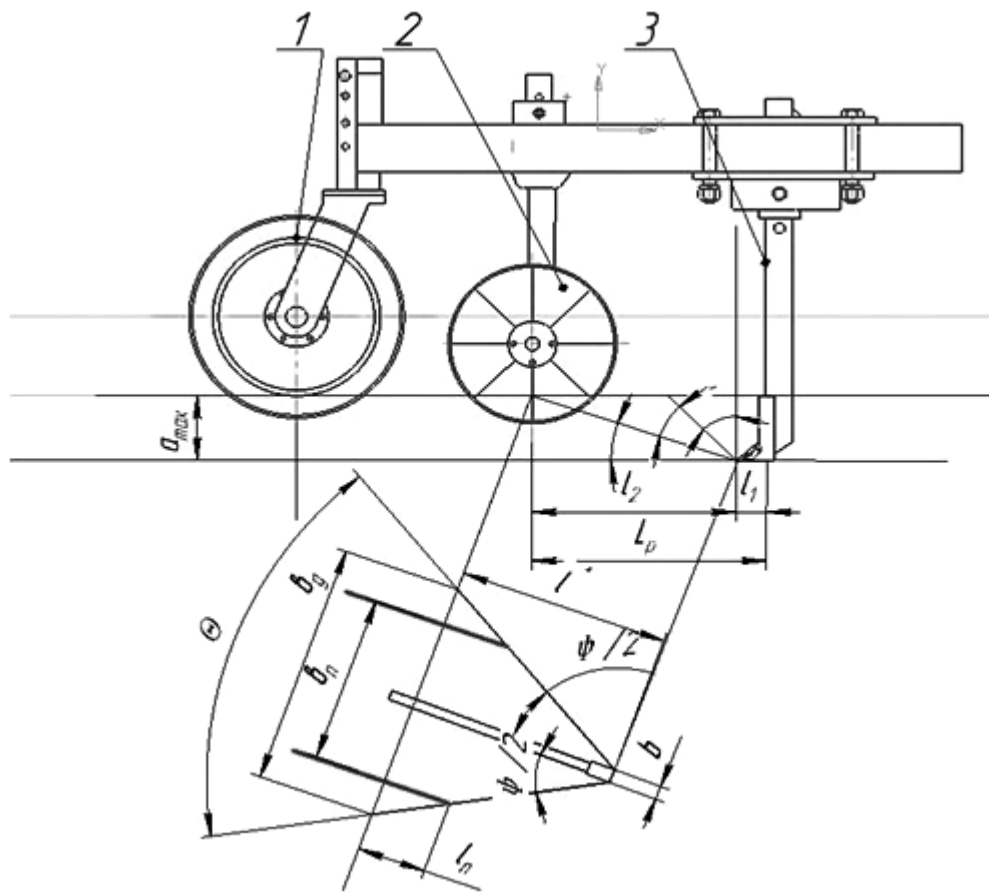


Рисунок 2.7 - Розташування робочих органів культиватора
1-розрізний диск із ребордами; 2- підрізні диски; 3- розпушувач

Зона поширення деформації ґрунту в поздовжньому напрямку залежить від величини a , а також від кутів α і φ . У разі зменшення відстані від долота до підрізних дисків може призвести до заклинювання ґрунту, а збільшення відстані до невиправданого подовження конструкції. Зона деформації визначається з формули 2.7.

Кут, що характеризує область деформації в поперечному напрямку ґрунту в площині сколювання

$$\theta = 2\varphi_2 \quad (2.5)$$

Кут ψ сколювання ґрунту може бути визначений за формулою:

$$\psi = 90^\circ - \frac{\alpha + \varphi_1 + \varphi_{II}}{2} \quad (2.6)$$

де φ_1 – кут тертя ґрунту по матеріалу лапи, φ_2 – кут внутрішнього тертя ґрунту ($\varphi_1 = 20^\circ \dots 30^\circ$, $\varphi_2 = 30^\circ \dots 40^\circ$)

$$\Psi = 90^\circ - \frac{25 + 25 + 35}{2} = 47,5^\circ$$

Потрібно визначити глибину деформації l^* . Вона визначається за формулою:

$$l^* = \sqrt{l^2 - a_{\max}^2} = \sqrt{0,0036^2 + 0,25^2} = 0,3 \text{ м} \quad (2.7)$$

Відстань між щілювачем і підрізними дисками органами L_p визначається як:

$$L_p = l_1 + l_2 \quad (2.8)$$

$$L_p = (0,05 + (0,25 \cdot \operatorname{tg}(25^\circ + 35^\circ))) = 0,3 \text{ м}$$

Для визначення деформації в поперечному напрямку ми використовуємо формулу:

$$v_g = v + 2a \cdot \operatorname{tg} 2\varphi = 0,05 + 2 \cdot 0,25 \cdot \operatorname{tg} 26^\circ = 0,6 \text{ м} \quad (2.9)$$

Виходячи з результатів формули 2.9, зона деформації в поперечному напрямку становить $v_g = 0,6$ м, з рис. 2.8а видно, що, за заданих значень, зона деформації в поперечному напрямку перетинається з деформацією сусіднього робочого органу, що є неприпустимим для технології смугового обробітку ґрунту. Для того щоб досягти утворення необробленої смуги ми встановлюємо паралельно два розрізні диски на глибину та відстань: $l_n = 0,1$ м $v_n = 0,25$ м. При такій установці у нас залишатиметься необроблена смуга завширшки 0,25 м (рис. 2.9 б).

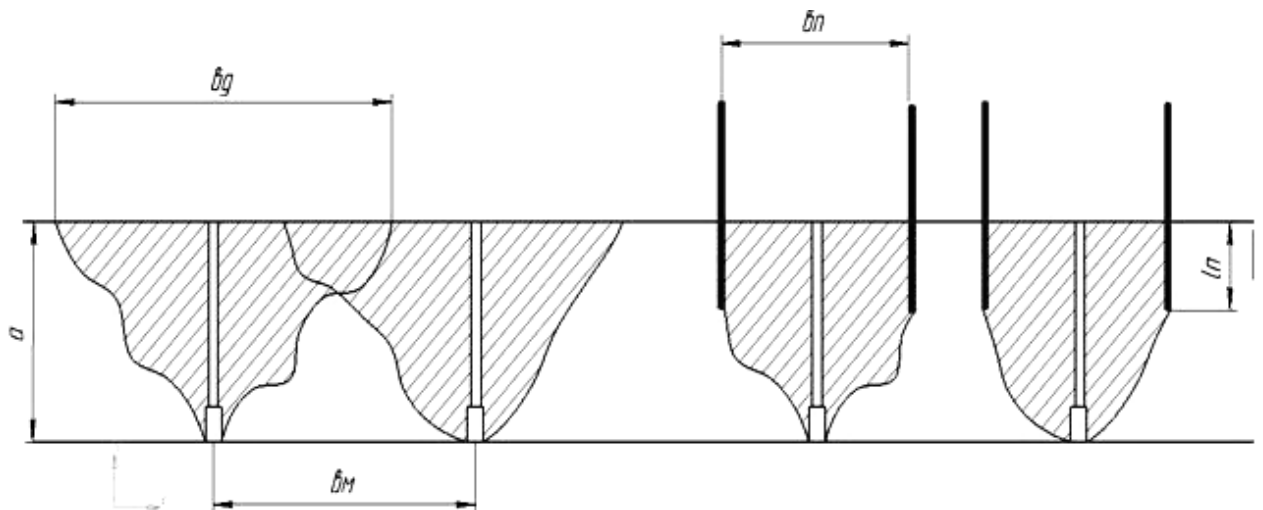


Рисунок 2.9 - Схема деформації ґрунту розпушувачем: а) деформація ґрунту розпушувачем, б) деформація ґрунту із застосуванням розрізних дисків.

Під час роботи ці розрізні диски підрізатимуть ґрунт на певну глибину L_p і утворюватимуть вертикальні розрізи. Деформація ґрунту, яка йтиме від розпушувача, доходячи до розрізаного ґрунту, не буде далі поширюватися. Тим самим утворюється смуга необхідної ширини vp і глибини обробітку a .

Таким чином, на основі теоретичних розрахунків отримано такі конструктивно-технологічні параметри секції культиватора для смугового обробітку ґрунту:

- ширина ножів верхнього ярусу обробітку ґрунту і внесення добрив $Bb = 0,18$ м;
- відстань між щілинником і підрізними дисками органами $L_p = 0,3$ м;
- глибина ходу розрізних дисків $ln = 0,1$ м;
- відстань між розрізними дисками $vp = 0,25$ м

2.3 Теоретичне визначення тягового опору секції культиватора

Для вибору енергетичного засобу для агрегування розроблюваного культиватора необхідно визначити його тяговий опір, що виражає фізичну сутність взаємодії робочих органів із ґрунтом.

Тяговий опір секції культиватора $P_{\text{тяг}}$ можна визначити як суму складових тягових опорів кожного робочого органу.

$$P_{\text{тяг}} = P_{\text{тд}} + 2 \cdot P_{\text{тдд}} + P_{\text{щіл}} + 2 \cdot P_{\text{сд}} + P_{\text{кат}} \quad (2.10)$$

де $P_{\text{тд}}$ - опір турбодиска, Н; $P_{\text{тдд}}$ - опір підрізних турбодисків, Н; $P_{\text{щіл}}$ - опір щілінкоутворювача з ножами, Н; $P_{\text{сд}}$ - опір сферичних дисків, Н; $P_{\text{кат}}$ - опір котка для коткування, Н.

Опір турбодиска і підрізних дисків:

$$P_{\text{тд}} = a \cdot k_d \quad (2.11)$$

де a - глибина обробітку, k_d - розрахунковий питомий опір ножа на 1 см глибини за товщини спинки 10...17 мм становить $k_d = 5...9$ Н/см.

Тяговий опір розпушувального робочого органу складається з сил, що витрачаються на підрізання шару ґрунту лезом долота і ножем стійки, на тертя ґрунту об долото і стійку робочого органу, на підйом і розпушування ґрунту. Значення цих сил залежить від параметрів долота і стійки.

Тяговий опір розпушувального робочого (щілінника):

$$P_{\text{щіл}} = k \cdot b_d \cdot h \quad (2.12)$$

де k - питомий тяговий опір різанню, Н/м; b_d - ширина долота, м; h - глибина обробітку, м.

Відомо, що у дискових робочих органів тяговий опір менший, ніж у розпушувальних робочих органів, тому що сили тертя ґрунту об диск переходять на силу перекочування.

У разі деформації ґрунту зсувом питомий опір ґрунту різанню:

$$k = \frac{\tau_{\text{max}} \cos \varphi_1 \sin(\alpha \varphi)}{\cos^2(\alpha + \varphi + \varphi_1) / 2} \quad (2.13)$$

де α - кут установки долота до дна борозни; τ_{max} - напруга чистого зсуву; φ і φ_1 - кут зовнішнього і внутрішнього тертя ґрунту.

Тяговий опір хвилястого диска:

$$P_{сд} = \frac{P_{тд}}{\operatorname{tg}(\alpha_{вд} + \varphi_{вд})} \quad (2.14)$$

де $\alpha_{вд}$ - кут установки ножа до напрямку руху ($\alpha = 10...12$), $\varphi_{вд}$ - кут (зовнішнього) тертя ґрунту об метал ($\varphi = 23...25$).

У результаті розрахунків:

- тяговий опір турбодиска 157...193 Н;
- тяговий опір щілинника 635...775 Н;
- тяговий опір сферичного диска 225...275 Н;
- тяговий опір котка 112...132 Н;
- загальний тяговий опір секції культиватора 1668...2036 Н.

За отриманими формулами можна підібрати енергетичний засіб для агрегування даного культиватора.

Висновки

1. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему секції культиватора для смугового обробітку ґрунту, що відрізняється від наявних аналогів використанням пружинного механізму на коткувальному котку, який забезпечує щільне коткування смуги; використанням вдосконаленого механізму копіювання рельєфу оброблюваного поля; можливістю об'ємного внутрішньогрунтового внесення добрив завдяки встановленню похилих ножів з добривами на стійці щілинкоутворювача.

2. На основі аналітичних розрахунків обґрунтовано основні конструктивно-технологічні параметри секції культиватора для смугового обробітку ґрунту та визначено енергетичні показники робочих органів і секції в цілому:

- ширина ножів верхнього ярусу обробітку ґрунту та внесення добрив $B_b = 0,18$ м;
- відстань між щілювачем і підрізними дисками органами $L_p = 0,3$ м;
- глибина ходу розрізних дисків $l_n = 0,1$ м;
- відстань між розрізними дисками $v_n = 0,25$ м;
- тяговий опір турбодиска 157...193 Н;

- тяговий опір щілинкоутворювача становив 635...775 Н;
- тяговий опір сферичного диска становив 225...275 Н;
- тяговий опір котка становив 112...132 Н;
- загальний тяговий опір секції культиватора становив 1668...2036 Н.

3. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У розробленій секції культиватора найбільший тяговий опір має щілювач, що має безпосередню взаємодію з ґрунтом.

Вихідним критерієм експерименту (параметр оптимізації) є параметр тягового опору секції культиватора. За отриманими даними тягового опору ми підбираємо енергетичний засіб для агрегування:

- швидкість руху робочого органу V_p ,
- глибина ходу L ,
- кут α (кут розчину ножів).

3.1 Методика проведення лабораторних експериментів із визначення енергетичних і якісних показників роботи

На рис. 3.1 показано лабораторну установку з визначення тягового опору та показників якості обробітку ґрунту.



Рисунок 3.1 – Лабораторна установка для визначення тягового опору

1 - рейки напрямні; 2 - аналогово-цифровий перетворювач МІС-400D; 3 - канал ґрунтовий; 4 - гідросистема; 5 - навішування з тензодатчиками; 6 - візок із приводом; 7 - розроблена секція для смугового обробітку ґрунту

Для реєстрації та опрацювання отриманих експериментальних даних нами використано вимірювальний комплекс (рис.3.2), основні технічні характеристики вимірювального комплексу якого наведено в таблиці 3.1. Реєстрацію даних із тензодатчиків проводили за допомогою модуля МС-212. Модуль призначений для роботи з мостовими тензодатчиками опором 100...1000 Ом під час проведення статичних і динамічних вимірювань.

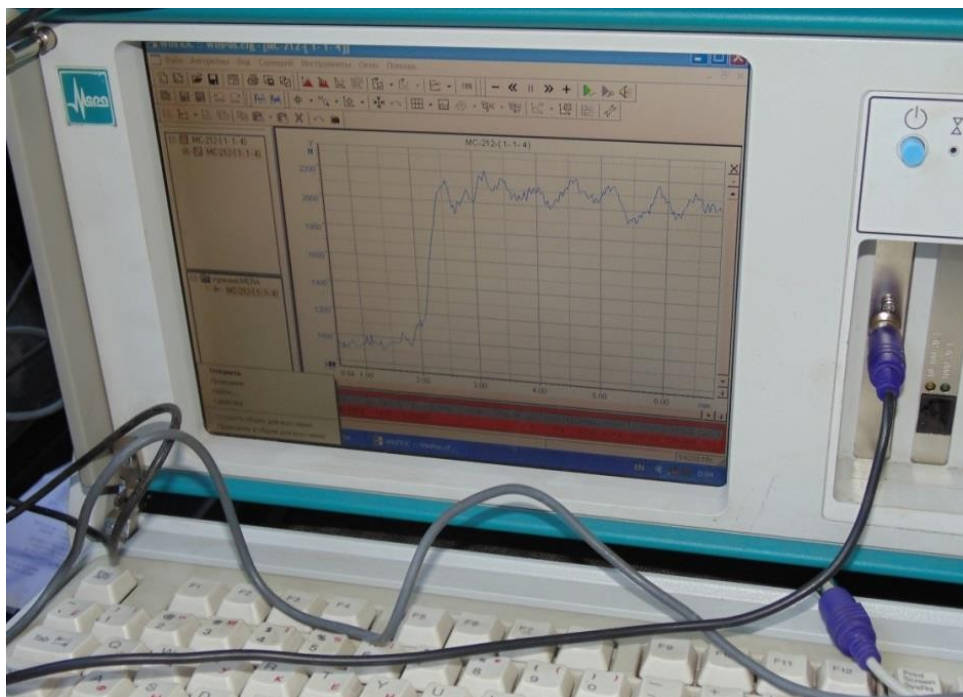


Рисунок 3.2 – Вимірювальний комплекс

Калібрування вимірювальної апаратури проводилося за допомогою тарувального стенда (рисунок 3.3). Завдання навантаження на тензозв'язку здійснювали в межах 3 т, на розривній машині марки ГРМ-20.

Кріплення для тарування і необхідні умови підбирали таким чином, щоб мінімізувати похибку тарування.



Рисунок 3.3 - Калібрування тарувальної ланки

1 - гідравлічна розривна машина ГРМ-20; 2 - тензодатчик розтягування; 3 - вимірювальний комплекс; 4 - динамометр механічний

Для визначення похибки вимірювальних каналів модуля МС-212 необхідно провести випробування в п'яти рівномірно розподілених за діапазоном вимірювання контрольних точках, включно з початком і кінцем діапазону на всіх каналах модуля.

Для цього необхідно під'єднати тензорезистори за мостовою схемою, до того ж у плечах моста має бути однаковий опір, установити опорну напругу модуля і верхню межу діапазону вимірювання каналу. Потім провести балансування моста і запустити на комплексі програму вимірювань.

Вимірювання і запис проводилися програмним комплексом WinRecorder, розробленим виробником тензоапаратури.

Оброблення даних здійснювалося в програмному комплексі WinPos, також розробленим виробником. Є також можливість збереження отриманих експериментальних даних у форматі Excel.

Вимірювання вологості ґрунту проводилося вологоміром TR di Turoni & c. Snc (рисунок 3.4). Технічна характеристика вологоміра: діапазон вологост – 0-100%, зонд для вологості - нержавіюча сталь, діаметр 6 мм, довжина 23 см, зонд для температури - нержавіюча сталь, діаметр 3 мм, довжина 15 см; діапазон вимірювання температури - від -5 до +50 °С

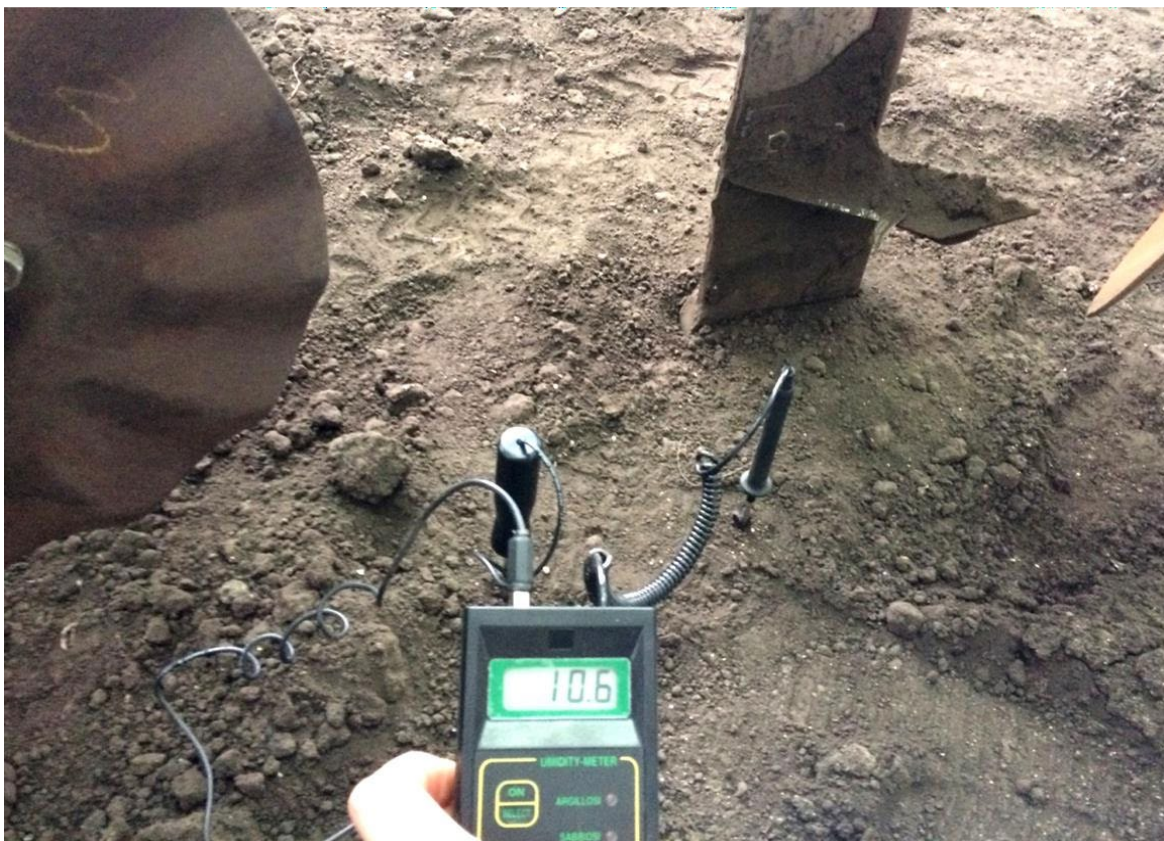


Рисунок 3.4 – Визначення вологості ґрунту

Визначення вологості проводили за загальновідомими методиками.

Форма профілю борозни визначалася профілометром (рисунок 3.5), до конструкції якого входять стрижні 3 із закріпленою на рамці 1. Рамка по всій довжині має отвори для стрижнів із відстанню між ними - 10 мм. Стрижні вільно переміщуються в отворах, фіксація стрижнів здійснюється гвинтами 2. Показання профілометра фіксуються на міліметровому папері 4. Перед початком вимірювань на міліметровому папері накреслюють лінію початку відліку 0-0 і перпендикулярно до неї - шкалу з позитивними і негативними значеннями. Горизонтальність рамки контролюється рівнем. Для виміру профілю борозни профілометр встановлюють перпендикулярно до борозни і

здійснюють фотографування положення стрижнів, у подальшому зображення обробляють на комп'ютері.



Рисунок 3.5 - Спосіб визначення профілю оброблюваної смуги
1 - штатив; 2 - кріплення; 3 - стрижні; 4 - міліметровий папір

Визначення глибини обробітку ґрунту показано на малюнку 3.6.



Рисунок 3.6 - Спосіб визначення середньої глибини обробітку ґрунту
1 - щілинник; 2 - вертикальна мірна лінійка; 3 – горизонтальна планка.

Для визначення ширини оброблюваної смуги необхідно з теоретичних розрахунків знати ширину розставлення підрізних дисків і глибину підрізання верхнього шару. Ширину визначають за допомогою лінійки в 15-20 місцях, визначають середнє значення, воно не повинно перевищувати 25 см, що обмежують агротехнічні вимоги на смуговий обробіток (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 - Спосіб виміру ширини обробітку

1 - турбодискові ножі; 2 - мірна лінійка; В - ширина зони обробітку

Основні фактори, що характеризують процес роботи робочого органу під час експериментальних досліджень поділяємо на контрольовані, керовані та вихідні.

Контрольовані незалежні параметри: тип ґрунту, густина, в'язкість ґрунтового середовища.

Вхідні керовані параметри: швидкість руху робочого органу, глибина обробітку, кут розчину крил, кут подрібнення.

Вихідні параметри: тяговий опір, тиск на робочий орган. Вибрані вихідні параметри відповідають вимогам ефективності, універсальності, мають фізичний сенс, представлені числами і легко обчислюються.

Літературні джерела і теоретичні дослідження свідчать про те, що основний вплив на величину тягового опору надають такі фактори: швидкість переміщення, глибина обробки, конструктивні і технічні параметри.

3.2 Оцінка адекватності залежностей тягового опору секції культиватора

Для перевірки адекватності аналітичних залежностей тягового опору секції культиватора результати, отримані за формулою (2.10), порівнювали з результатами лабораторних експериментів у ґрунтовому каналі. Адекватність залежності 2.10 оцінювали за тяговим опором секції культиватора для смугового обробітку ґрунту залежно від швидкості руху. Тяговий опір визначався на експериментальній установці для енергетичної оцінки (рис.3.1)

Порівняльні результати тягового опору, отримані на ґрунтовому каналі та за формулою 2.10, подано в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Порівняльні характеристики розрахунків та експериментальних даних

Швидкість руху V , км/год	0,41	0,43	0,76	1,29	1,95
Опір секції культиватора експериментальний, R_e , Н	623,11	607,2	756,25	961	1221,1
Опір секції культиватора, теоретичний, R_m , Н (2.10)	546,45	577,87	703,27	889,5	1103,1

Графіки залежності тягового опору секції культиватора від швидкості руху подано на рисунку 3.8.

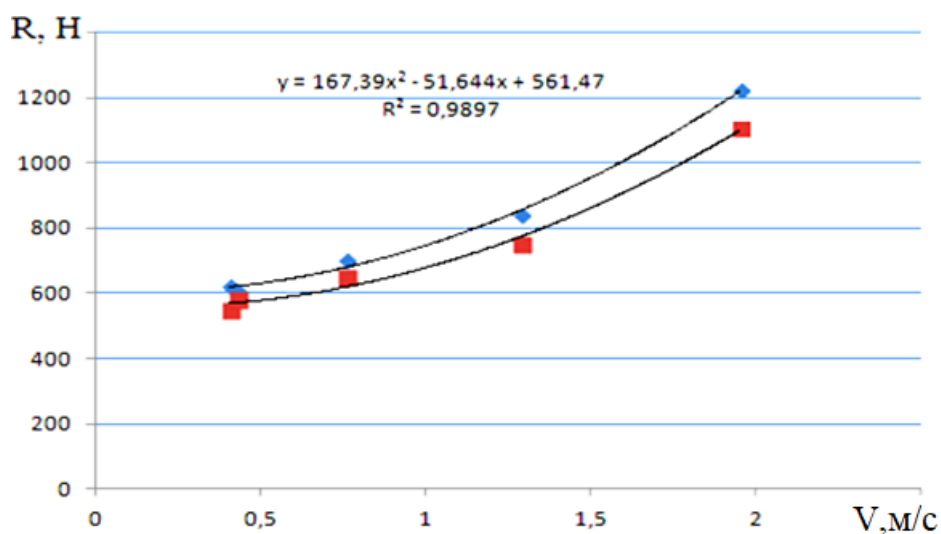


Рисунок 3.8 - Залежність тягового опору від швидкості руху секції культиватора

Проведемо аналіз кореляції залежностей опору секції культиватора від швидкості, отриманих експериментальним і теоретичним шляхом. Коефіцієнт кореляції виявився рівним 0,997.

Перевіримо гіпотезу про те, що відмінності в представлених вибірках є випадковими за допомогою двовибіркового t-критерію. Згідно з розрахунками t-критичне дорівнює 2,3. Значення ймовірності P виявилось рівним 0,67, що потрапляє в межі t-критичного і перебуває доволі далеко від його меж, що дає змогу зробити висновок про те, що відмінності в представлених вибірках мають випадковий характер.

Отримані залежності за критерієм Фішера лежать у довірчій зоні з рівнем значущості 95%, що свідчить про адекватність отриманої аналітичної залежності 2.10. Цю залежність можна використовувати для попереднього аналізу тягового опору культиваторів для смугового обробітку ґрунту аналогічної конструкції.

3.3 Агротехнічна оцінка розробленої секції для смугової обробки

За результатами теоретичних і лабораторних досліджень нами було обґрунтовано основні конструктивно-технологічні параметри секції культиватора для смугового обробітку ґрунту з одночасним внесенням добрив (рис.3.9).

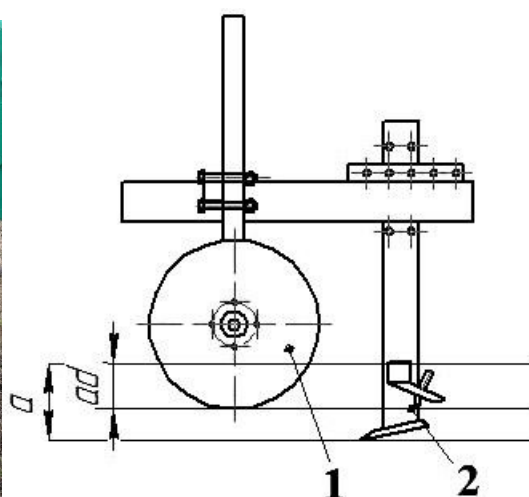


Рисунок 3.9 - Секція культиватора для смугового обробітку ґрунту

1 - підрізні диски, 2 - розпушувальний робочий орган

Під час випробування глибина обробітку щілінкоутворювача а варіювалася в діапазоні від 25 до 30 см, а підрізних дисків ад - у діапазоні від 7 до 10 см (рисунок 4.36), швидкість руху - від 0,8 до 3,4 м/с.

Як вихідні параметри під час проведення агротехнічної оцінки за різних швидкостей руху агрегату і глибини обробітку було обрано такі показники: ступінь підрізання бур'янів, ступінь подрібнення ґрунту, брижистість.

Параметри тягового опору, ступеня подрібнення та глибистості залежно від швидкості руху за різних глибин ходу щілінкоутворювача та глибини ходу підрізних дисків $a_d=0,1$ м подано в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2

Залежність тягового опору, ступеня подрібнення і глибистості від швидкості руху за різних глибин ходу щілювача

Глибина обробки а, м	Швидкість V, км/год	Тяговий опір, Н	Ступінь подрібнення C_k , %	Глибистість $K_{зл}$, %
0,25	3,20	1580,56	90	10
	4,50	1675,32	80	20
	7,70	1770,02	78	20
	9,50	1988,21	76	22
0,30	3,20	1620,56	92	9
	4,50	1875,32	78	12
	7,70	1970,02	72	18
	9,50	2358,21	80	20

Графічні залежності тягового опору від швидкості руху при глибинах обробітку щілінкоутворювача 0,25 м і 0,30 м показано на рисунку 3.10.

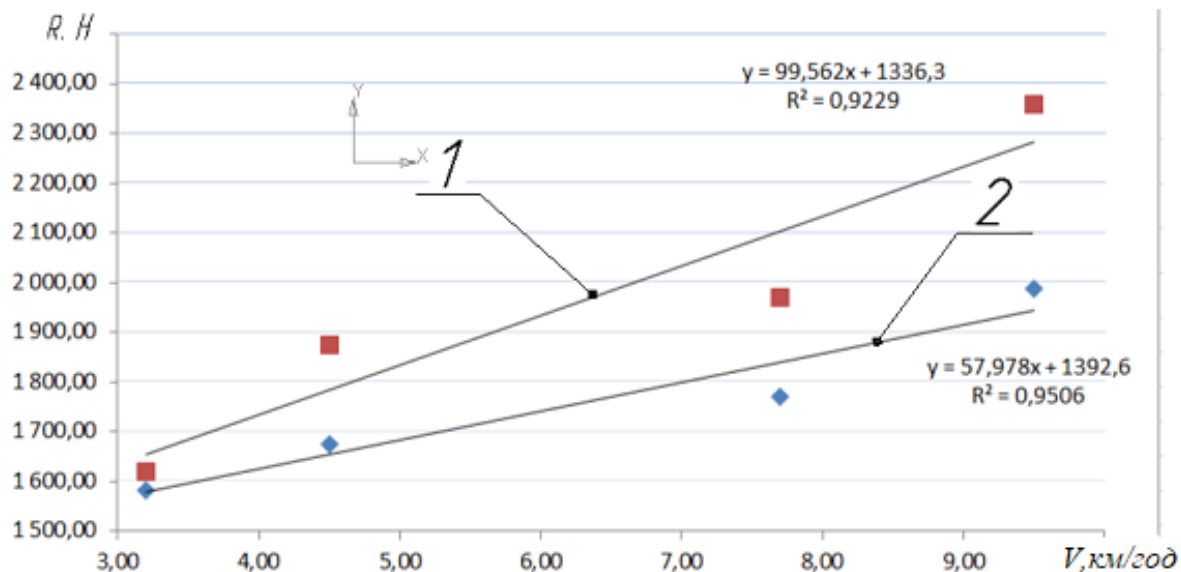


Рисунок 3.10 - Графік залежності тягового опору від швидкості

1- тяговий опір за глибини обробітку 0,30 м,

2- тяговий опір за глибини обробітку 0,25 м.

Очевидно, що в разі зростання швидкості руху робочого органа і глибини обробітку зростає і тяговий опір знаряддя.

Залежність ступеня подрібнення ґрунту від швидкості руху знаряддя за глибин обробітку щілінкорозпушувача 0,25 і 0,3 м показано на рисунку 3.11

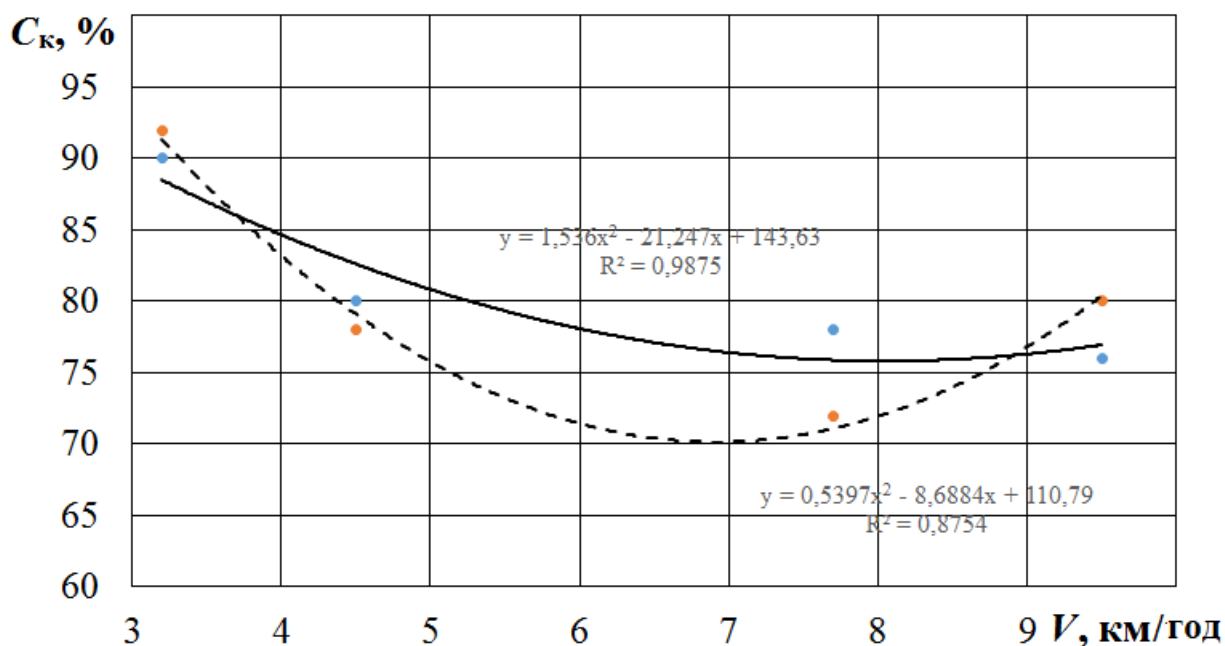


Рисунок 3.12 - Залежність ступеня подрібнення від швидкості руху за глибини обробітку 0,25 і 0,3 м

_____ - $a=0,25$ м, ----- $a=0,3$ м

Із графіка видно, що ступінь подрібнення ґрунту розробленою секцією культиватора для смугового обробітку ґрунту знижується за робочих швидкостей руху знаряддя 4,5...7,7 км/год. Особливо це помітно при збільшенні глибини обробітку до 0,3 м. Ступінь подрібнення ґрунту культиватором відповідає агротехнічним вимогам ($S_k > 75\%$) за глибини обробітку 0,25 м.

Графічні залежності глибистості ґрунту від швидкості руху знаряддя за глибин обробітку щілинкорозпушувача 0,25 і 0,3 м показано на рисунку 3.13.

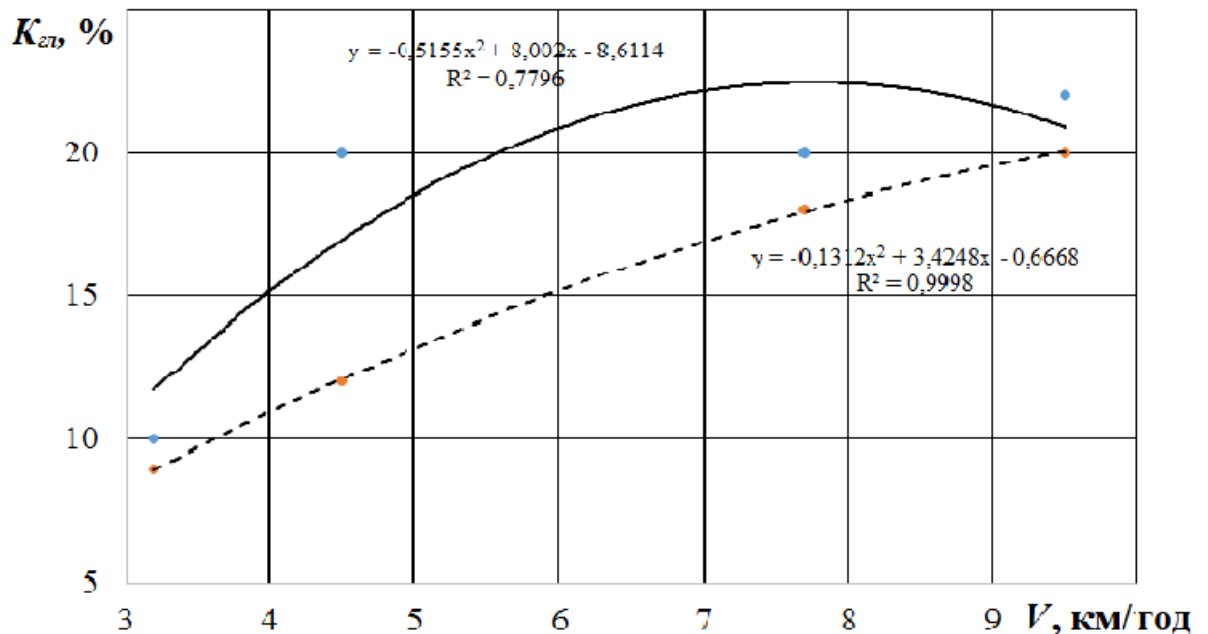


Рисунок 3.14 - Залежність глибистості від швидкості руху за глибини обробітку 0,25 і 0,3 м

Як видно з даних залежностей зі збільшенням швидкості руху знаряддя глибистість ґрунту збільшується.

Згідно з агротехнічними вимогами ступінь подрібнення має бути не менше 75%, а глибистість у межах 10...15%. Результати польових досліджень засвідчили, що під час обробітку на глибину до 0,25 м необхідний ступінь подрібнення забезпечується за будь-якої робочої швидкості руху агрегату від

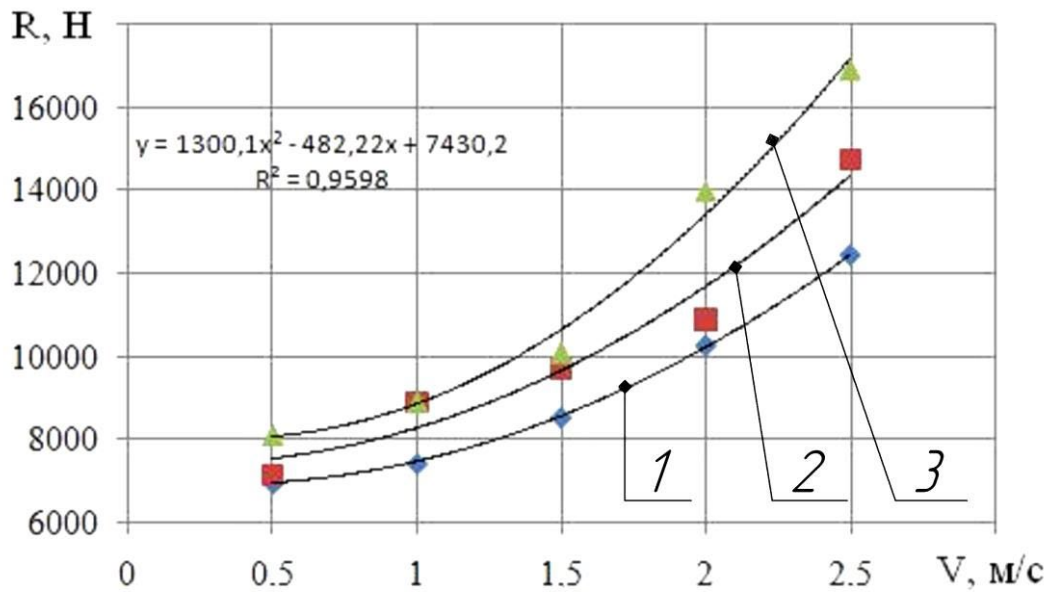
3,0 до 9,5 км/год. У разі збільшення глибини обробітку понад 0,3 м необхідно збільшувати швидкість руху понад 8 км/год.

В таблиці 3.3 показано значення тягового опору знаряддя за різних технологічних параметрів - глибини ходу розпушувача a , кута атаки сферичних дисків α і швидкості руху знаряддя V .

Таблиця 3.3 - Залежність тягового опору культиватора від швидкості руху та кута атаки сферичних дисків

Кут атаки сферичних дисків α , град.	Швидкість руху знаряддя V , м/с				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Глибина ходу розпушувача $a=15$ см					
20°	6941,2	7412	8524,3	10254,3	12431,5
25°	7170,1	8910,1	9710,2	10900,1	14720,4
30°	8100,1	8900,1	10100,3	14000,2	16942,1
Глибина ходу розпушувача $a=20$ см					
20°	8550,2	8701,4	10421,5	11801,3	13456,8
25°	8803,7	9741,3	12004,1	13871,4	16126,4
30°	9252,4	10471,9	13002,1	14471,2	17163,2
Глибина ходу розпушувача $a=25$ см					
20°	9301,2	9841,7	11900,5	12300,2	14902,5
25°	9531,5	11751,2	12981,2	15024,2	17200,3
30°	10874,2	12008,1	14847,2	17850,1	19850,4

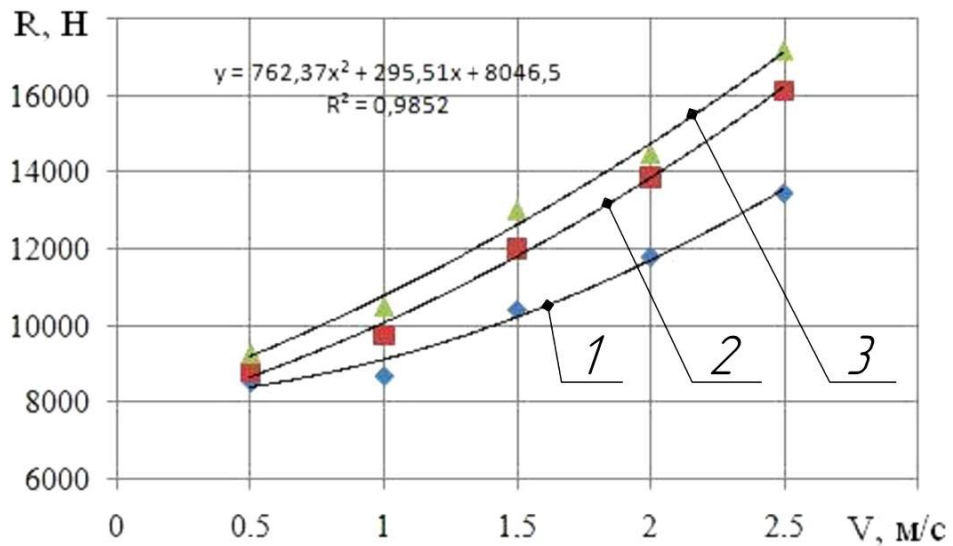
На рисунку 3.15 показано графіки залежності тягового опору від швидкості руху знаряддя за різних кутів атаки дисків α для глибини ходу розпушувача 15 см.



1 - $\alpha = 20$ град.; 2 - $\alpha = 25$ град.; 3 - $\alpha = 30$ град.

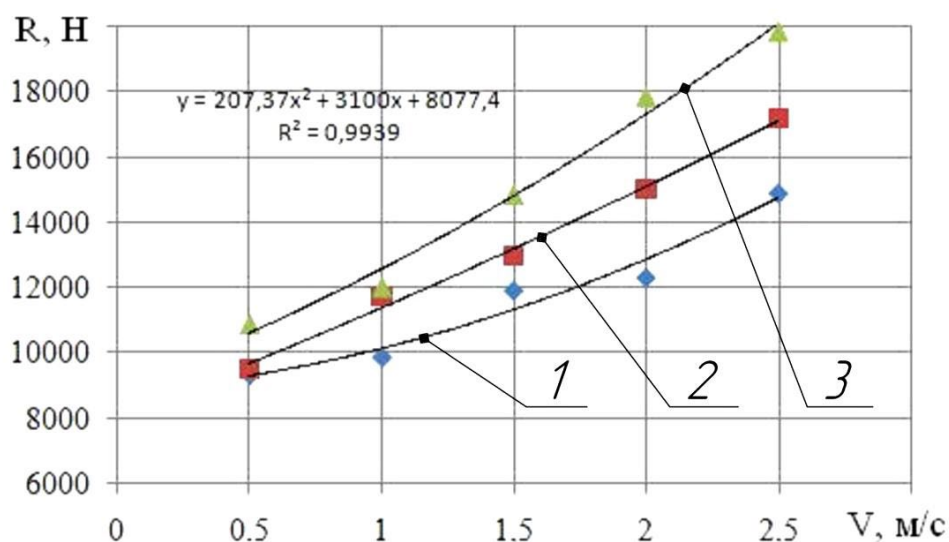
Рисунок 3.15 - Залежність тягового опору від швидкості руху за різних кутів установлення сферичних дисків ($a = 0,15$ м)

На рис. 3.16 показано залежність тягового опору від швидкості за глибини ходу розпушувача 20 см, а на малюнку 3.17 за глибини ходу 25 см.



1 - $\alpha = 20$ град.; 2 - $\alpha = 25$ град.; 3 - $\alpha = 30$ град

Рисунок 3.16 - Залежність тягового опору від швидкості за різних кутів установки сферичних дисків ($a = 0,20$ м)



1 - $\alpha = 20$ град.; 2 - $\alpha = 25$ град.; 3 - $\alpha = 30$ град

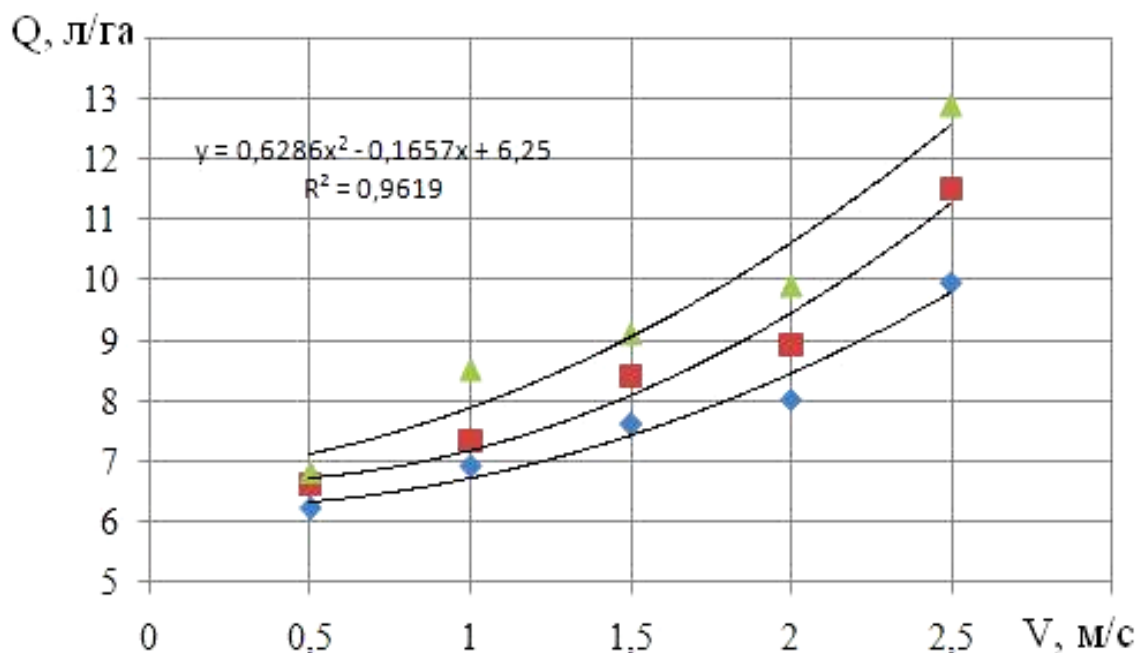
Рисунок 3.17 - Залежність тягового опору від швидкості за різних кутів установки сферичних дисків ($a = 0,25$ м)

З рисунків 3.16 і 3.17 випливає, що зі зростанням швидкості та кута атаки сферичних дисків тяговий опір знаряддя зростає. Такий самий характер зміни залежностей отримано і для витрати палива трактора. У таблиці 3.4 і рисунку 3.18 подано залежності витрати палива за різних конструктивно-технологічних параметрів знаряддя.

Таблиця 3.4

Витрата палива залежно від швидкості руху та кута атаки сферичних дисків

Кут установки сферичних дисків α , град.	Швидкість руху V, м/с				
	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
20°	6,2	6,9	7,6	8	9,95
25°	6,6	7,3	8,4	8,9	11,5
30°	6,8	8,5	9,1	9,9	12,9



1 - $\alpha = 20$ град.; 2 - $\alpha = 25$ град.; 3 - $\alpha = 30$ град

Рисунок 3.18 – Залежність витрати палива від швидкості за різних кутів атаки сферичних дисків ($a = 0,25$ м)

Зі збільшенням швидкості руху знаряддя зростає тяговий опір знаряддя і, як наслідок, погектарна витрата палива. З рисунку 3.18 видно, що витрати палива в середньому збільшуються на 70...80% при збільшенні швидкості руху від 0,5 м/с до 2,5 м/с.

Під час агротехнічної оцінки розробленого культиватора проводили оцінку якості подрібнення ґрунту залежно від конструктивно-технологічних параметрів робочих органів культиватора і швидкості руху. Показники оцінки якості подрібнення подано в таблиці 3.5. Згідно з отриманими результатами видно, що зі зростанням швидкості руху знаряддя якість подрібнення покращується (рисунок 3.19), за винятком швидкості 1,5 м/с.

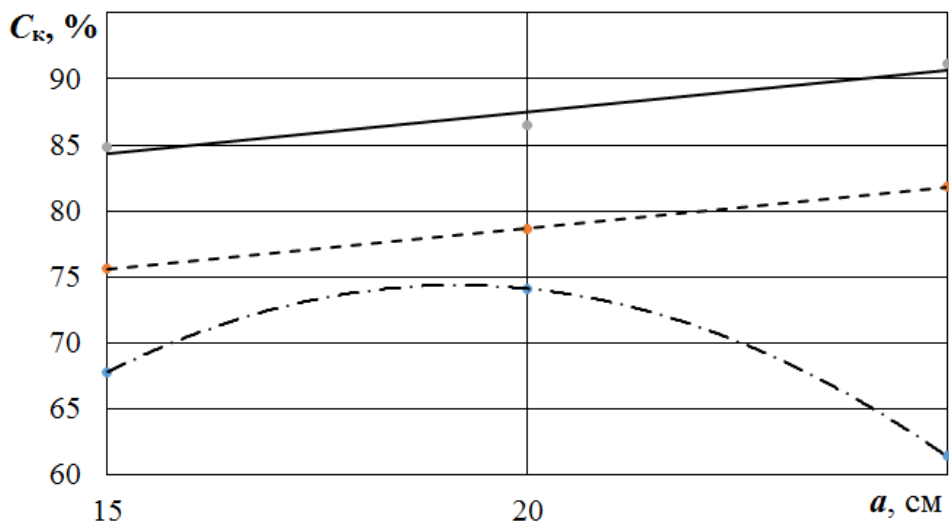
За швидкості руху 2 - 2,5 м/с ґрунтові грудки розміром понад 100 мм відсутні, при цьому якість кришіння підвищується на 20-25%. А за швидкості руху 2,5 м/с і глибини ходу розпушувача 25 см якість кришіння вища за 90 % і оцінюється за шкалою якості кришіння як «відмінно». У діапазоні швидкостей 1,5-2 м/с якість кришіння «задовільна». За швидкості 2,0 м/с і за глибини ходу 25 см якість кришіння «хороша». Найбільший ступінь кришіння

грунту спостерігається за швидкості руху знаряддя 2-2.5 м/с.

Таблиця 3.5

Результати оцінки якості кришення ґрунту

Швидкість руху, м/с	Глибина ходу розпушувача a , см	Кількість (%) ґрунтових фракцій розміром, мм				Ступінь кришення, C_k , %
		більше 100	100 – 50	50 – 10	менше 10	
1,5	15	4,5	9,2	18,5	67,8	67,8
	20	4,0	9,9	12,0	74,1	74,1
	25	8,8	15,2	15,6	61,4	61,4
2,0	15	0	8,5	15,9	75,6	75,6
	20	0	8,2	13,2	78,6	78,6
	25	0	8,7	9,5	81,8	81,8
2,5	15	0	5,1	10,1	84,8	84,8
	20	0	5,6	7,9	86,5	86,5
	25	0	4,5	4,3	91,2	91,2



— · — · — $V=1,5$ м/с; — — — — $V=2,0$ м/с; — — — — $V=2,5$ м/с

Рисунок 3.19 - Залежність ступеня подрібнення C_k від глибини ходу розпушувача a при зміні швидкості руху V

Висновки

1. Розроблено методику проведення лабораторних, лабораторно-польових та польових експериментів для визначення тягового опору щільвача та секції культиватора для смугового обробітку ґрунту.
2. Виготовлено експериментальний зразок секції культиватора для смугового

обробітку ґрунту з можливістю змінювати конструктивні та технологічні параметри для їх обґрунтування.

3. У результаті лабораторно-польових експериментів із розробленою секцією культиватора встановлено, що для зниження тягового опору та поліпшення якості обробітку ґрунту найраціональнішим є коток, який коткує, з гострими планками, діаметром 400 мм, кількістю планок 15 шт.

4. У результаті польових досліджень встановлено, що для зниження тягового опору, витрати палива, глибистості та підвищення ступеня подрібнення обробленого ґрунту швидкість руху агрегату з розробленим культиватором має бути вищою за 1,5 км/год.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Охорона праці при роботі з культиватором включає дотримання низки заходів безпеки для захисту працівників від можливих травм або аварій. Ось основні аспекти охорони праці при експлуатації культиватора. Вимоги безпеки праці при роботі з культиватором включають дотримання низки обов'язкових заходів, що забезпечують безпечні умови праці для оператора та запобігають нещасним випадкам. Ось основні вимоги:

4.1. Загальні вимоги безпеки

- До роботи з культиватором допускаються лише особи, які пройшли навчання, мають відповідну кваліфікацію і допуск до роботи.
- Оператор повинен пройти медичний огляд і бути в хорошій фізичній формі.
- Перед початком робіт необхідно ознайомитися з інструкціями з експлуатації та пройти інструктаж з техніки безпеки.

4.2. Підготовка до роботи

- Провести ретельний огляд культиватора, перевіривши стан всіх вузлів та механізмів, звернути увагу на ріжучі інструменти.
- Перевірити наявність і справність захисних огорож та пристроїв.
- Переконатися, що двигун працює без перебоїв, а також що усі елементи системи керування функціонують справно.
- Робоче місце повинно бути очищене від зайвих предметів і сторонніх осіб.
- Необхідно використовувати належні засоби індивідуального захисту (рукавички, захисні окуляри, каску, навушники тощо).

4.3. Вимоги безпеки під час роботи

- Заборонено працювати на несправному обладнанні або використовувати його не за призначенням.

- Оператор повинен дотримуватися безпечної швидкості під час руху культиватора і уникати раптових маневрів.
- Не допускати перевантаження двигуна та інших компонентів культиватора.
- Категорично заборонено здійснювати будь-які ремонтні роботи або налаштування на працюючому культиваторі.
- Оператор повинен бути уважним і стежити за оточенням, щоб уникнути наїзду на сторонні предмети або людей.
- При будь-якій поломці або несправності негайно припинити роботу, вимкнути двигун і повідомити керівництву.

4.4. Вимоги безпеки після завершення робіт

- Після завершення роботи необхідно вимкнути двигун і дочекатися повної зупинки всіх рухомих частин.
- Провести очищення культиватора від ґрунту та іншого сміття.
- Перевірити стан ріжучих елементів і інших частин культиватора.
- Забороняється залишати культиватор без нагляду на нахилених поверхнях або в місцях, де можливе його самовільне переміщення.

4.5. Екстрені ситуації

- У разі виникнення аварійної ситуації необхідно негайно вимкнути двигун і усунути небезпеку.
- Оператор повинен знати правила надання першої допомоги та дії у разі травм або інших нещасних випадків.

Дотримання цих вимог забезпечить безпечне виконання робіт з культиватором і знизить ризик травмування операторів та інших працівників.

При використанні культиватора необхідно дотримуватися певних екологічних правил, щоб зменшити негативний вплив на навколишнє середовище:

1. Мінімальне порушення обґрунтування: глибоке розпушування обґрунтування може призвести до ерозії та втрати родового шару.

Використовуйте культиватор лише на поверхневому рівні, щоб уникнути порушення природної структури підстави.

2. Збереження органічних речовин: під час обробки підстави залишайте органічні залишки (рослинні залишки) на поверхні або змішуйте їх з підставою. Це допоможе зберегти вологу та покращити родючість.

3. Використання мульчі: після культивації можна застосувати мульчування, яке захищає ґрунт від висихання, зменшує ріст бур'янів і захищає від ерозії.

4. Уникайте частого використання: частина обробка культиватором може сприяти деградації ґрунту. Використовуйте його тільки тоді, коли це дійсно необхідно, наприклад, для підготовки до посадки.

5. Контроль бур'янів природними методами: замість постійної культивації для боротьби з бур'янами, можна використовувати природні методи, такі як покривні культури (сидерати), що пригнічують ріст бур'янів, або органічну мульчу.

6. Вибір екологічних моделей культиваторів: якщо це можливо, виберіть культиватори з низьким рівнем викидів або електричні моделі, які не потребують викопне паливо, щоб зменшити викиди парникових газів.

7. Утримання природних контурів ландшафту: під час обробки землі культиватором уникайте різких змін рельєфу, обробляйте землю вздовж шилів або в природних напрямках, щоб зменшити ризик ерозії ґрунту.

8. Підтримка обґрунтованого життя: обробка землі на невеликій глибині зберігає життєво важливі речовини, такі як черв'яки, гриби та мікроорганізми, які сприяють підтримці його родючості і здоров'я.

9. Ротація культур: вирощування різних культур на одному полі та регулярна зміна культури допомагають відновити основу після використання культиватора, зменшуючи його візна.

10. Змінення використання хімічних добрив: оскільки культиватор отримує підставу до посадки, використовуйте органічні добрива або компост, щоб

підтримати природний баланс обґрунтованих поживних речовин без хімічних речовин, які можуть забруднювати довкілля.

11. Захист водних ресурсів: уникайте обробки земель, які розташовані поблизу води, після чого культиватор може сприяти змиву обґрунтованих і хімічних речовин у річки чи озера. Це може призвести до забруднення водних ресурсів.

Утримання цих екологічних заходів під час використання культиватора допоможе зберегти родючість обґрунтувань, захистити біорізноманіття та мінімізувати негативний вплив на навколишнє середовище.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СМУГОВОЇ ОБРОБКИ ҐРУНТУ

Економічна ефективність запропонованої технології смугового обробітку ґрунту оцінювалася за такими показниками:

- визначення економічного ефекту за рахунок зниження експлуатаційних витрат при використанні смугової технології;
- визначення економічного ефекту за рахунок підвищення врожайності зеленої маси кукурудзи при вирощуванні її за смуговою технологією;
- визначення економічного ефекту за рахунок поєднання операцій культивуації та різноглибинного внесення добрив.

Визначення економічної ефективності від впровадження у виробництво розробленого культиватора проводили на основі методики [20, 21].

Спочатку визначимо витрати на виготовлення секції культиватора для смугового обробітку ґрунту за формулою:

$$Z_{ul} = Z_{к.д} + Z_{о.д} + Z_{п.д} + Z_{Сб.н} + Z_{оп}, \quad (5.1)$$

$Z_{к.д}$ - затрати на виробництво деталей корпусу., грн;

$Z_{о.д}$ - затрати на виробництво оригінальних деталей, грн;

$Z_{п.д}$ - витрати на покупні деталі, вироби, грн;

$Z_{Сб.н}$ - заробітна плата з відрахуваннями для робітників, які працюють на складанні конструкції, грн;

$Z_{о.п}$ - загальновиробничі витрати, грн.

Вартість виробництва деталей корпусу визначається за формулою:

$$Z_{к.д} = M_k \cdot C_{т.д}, \quad (5.2)$$

де M_k - маса матеріалу, витраченого на виготовлення корпусних деталей (рама; паралелограмний механізм із пружинами; каток; щілювач; кріплення для дисків тощо), $M_k = 110$ кг;

$C_{Т.д}$ - середня собівартість одного кілограма виготовлених деталей.,
грн/кг; $C_{Т.д} = 78$ грн/кг

$$Z_{к.д} = 110 \cdot 78 = 8580 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення оригінальних деталей визначаються:

$$Z_{о.д} = Z_M + Z_{пр}, \quad (5.3)$$

де Z_M - вартість матеріалу заготовок для виробництва оригінальних деталей, грн

$$Z_M = M_3 \cdot C_3, \quad (5.4)$$

де M_3 - маса заготовок, кг; C_3 - вартість одного кілограма матеріалу заготовки, грн.

$$Z_M = 440 \cdot 60 = 26400 \text{ грн},$$

$Z_{пр}$ - заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн

Розрахуємо заробітну плату працівників, залучених до виробництва оригінальних деталей за формулою:

$$Z_{пр} = Z_{пр1} + Z_{д1} + Z_{соц}, \quad (5.5)$$

де $Z_{пр1}$ - заробітна плата працівників, залучених на виготовленні оригінальних деталей, грн;

$Z_{д1}$ - додаткова заробітна плата, грн;

$Z_{соц}$ - нарахування за соціальним страхуванням, грн

$$Z_{пр1} = Z_ч \cdot t_1 \cdot КД \cdot N, \quad (5.6)$$

де $Z_ч$ - годинна ставка робітників за середнім розрядом, грн;

t_1 - середня трудомісткість виготовлення окремо оригінальних деталей, чол-год;

$К_д$ - коефіцієнт, що враховує додаткову оплату до заробітної плати

($K_d = 1,03$);

N - кількість виготовлених деталей, шт.

$$Z_{np1} = 7 \cdot 83,7 \cdot 1,03 \cdot 44 = 26552 \text{ грн}$$

Визначимо додаткову заробітну плату:

$$Z_{o1} = \frac{8 \cdot 26553}{100} = 2124,16 \text{ грн}$$

Визначимо нарахування із соціального страхування за такою формулою:

$$Z_{соц} = \frac{30,3(Z_{np1} + Z_{o1})}{100} \quad (5.7)$$

$$Z_{соц} = \frac{30,3(26552 + 2124,2)}{100}$$

Заробітна плата працівників, залучених на виготовленні оригінальних деталей, дорівнюватиме:

$$Z_{np} = 26552 + 2124,2 + 8688,9 = 37365,1 \text{ грн}$$

Визначимо витрати на виготовлення оригінальних деталей:

Визначимо вартість покупних деталей. Із придбаних деталей це турбодиски в кількості 3 штук, вартістю 1500 грн. кожний (4500 грн); а також сферичні диски в кількості 2 штук, вартістю 1000 грн. кожний (2000 грн).

$$Z_{n.d} = 4500 + 2000 = 6500 \text{ грн}$$

Витрати на виготовлення секції культиватора для смугового обробітку ґрунту дорівнюватимуть:

$$Z_{с1} = 8580 + 63765,1 + 6500 + 6289,2 + 7421,2 = 92555,5$$

Тоді витрати на виготовлення чотирьохсекційного культиватора дорівнюватимуть:

$$Z_v = N_c Z_{u1} + Z_p$$

де N_c - кількість секцій культиватора, шт;

Z_p - витрати на виготовлення опорної рами культиватора, грн;

$Z_{в1}$ - витрати на виготовлення секції культиватора.

$$Z_{в} = 4 \cdot 92555,5 + 56350 = 426572 \text{ грн}$$

Прямі операційні витрати на одиницю виконаної роботи розробленого культиватора для смугового обробітку ґрунту за технологією Strip-Till.

Визначимо прямі експлуатаційні витрати на одиницю наробітку за такою формулою:

$$И = Z + A + \Gamma + P + \Phi \quad (5.8)$$

де Z - витрати на заробітну плату обслуговуючого персоналу., грн;

Γ - витрати на паливно-мастильні матеріали, грн;

P - витрати на технічне обслуговування і ремонт, грн;

A - відрахування на амортизацію, грн; Φ - інші витрати, грн.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу визначаються за формулою:

$$Z = \frac{K \cdot L \cdot N}{W_{см}} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 1719}{5} = 300 \text{ грн / га}$$

де L - кількість обслуговуючого персоналу, осіб;

$W_{см}$ - годинна продуктивність машини;

K - коефіцієнт нарахувань на зарплату (єдиний сільськогосподарський податок, єдиний соціальний податок), $K = 1,15$;

Γ - оплата праці обслуговуючого персоналу, грн./чол.-год.

Витрати на оплату праці за традиційної технології дорівнюють

$$Z = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 1076}{1,25} = 190 \text{ грн}$$

Амортизаційні відрахування A , грн/га, визначають за формулою

$$A = \frac{BK_a}{W_e T_3} \quad (5.9)$$

де W_e - продуктивність експлуатаційного часу, га/год;

B - балансова вартість знаряддя, грн;

K_a - коефіцієнт відрахування на амортизацію, $K_a = 0,13$;

T_3 - річний наробіток машини, год.

За традиційної технології використовували таку техніку: трактор МТЗ-82, плуг ПЛН-3-35, сівалку СТВ-8ДУ, культиватор КПС-4, борону БЗСС, лушпильник ЛДГ-5, обприскувач ОПШ-2000.

Під час застосування технології Strip-till використовувалася така техніка: трактор МТЗ-82, розроблений культиватор, обприскувач ОПШ-200.

Вартість паливно-мастильних матеріалів визначається за формулою:

$$Г = q \cdot K \cdot G_T \quad (5.10)$$

де q - витрата палива на одиницю роботи, кг/га;

K - коефіцієнт обліку вартості мастильних матеріалів;

G_T - ціна 1 кг палива.

Витрати коштів на ремонт і технічне обслуговування техніки визначаються за формулою:

$$P = \frac{Br_p}{W_e T_3} \quad (5.11)$$

де r_p - коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування;

T_3 - річне завантаження техніки, год;

W_3 - продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу.

Визначимо інші прямі витрати на різні допоміжні матеріали за формулою:

$$\Phi = \sum Q_M C_i \quad (5.12)$$

де Q_M - питома витрата матеріалу (зерно, добрива і гербіциди), кг/га;

C_i - вартість матеріалу за 1 кг, грн.

Техніко-економічні показники

Показники	Традиційна технологія	З використанням культиватора
		для смугової обробки
Витрати		
Заробітна плата, грн/га	1655	990
Амортизаційні відрахування, грн/га	700,5	242,7
Витрати на ремонт та обслуговування, грн/га	661,8	238,4
Засоби для захисту рослин, грн/га	1692	1938
Мінеральні добрива, грн/га	1197	900
Насіння, грн/га	1400	1400
ПММ, грн/га	3911	1457,5
Врожайність зеленої маси, ц/га	297	363
Економічний ефект від скорочення кількості операцій на обробіток ґрунту, грн/га	4050,7	

Висновки

В результаті розрахунків встановлено, що впровадження технології смугового обробітку ґрунту сприяє отриманню економічного ефекту від скорочення кількості операцій на обробіток ґрунту 4050,7 грн/га, а загальна економія від використання смугової технології та надбавки врожаю склала 9660,7 грн/га. Термін окупності абсолютних капітальних вкладень відносно традиційної технології склав 0,11 року \approx 1 рік.

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведеного аналізу конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту необхідно в передній частині культиватора переважно встановлювати турбодиск і витримування заданої глибини обробітку, необхідно щоб оброблена смуга лежала в межах від 0,25 до 0,28 м.

2. Доцільно використовувати долотоподібні стійки, додатковою перевагою яких є нижчий опір робочого органу відносно стрілчастих лап, оптимальним способом для утворення гребенів є застосування дисків сферичної форми з гладкою кромкою, які необхідно розташовувати під кутом.

3. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему секції культиватора для смугового обробітку ґрунту, що відрізняється від наявних аналогів використанням пружинного механізму на коткувальному котку, який забезпечує щільне коткування смуги; використанням вдосконаленого механізму копіювання рельєфу оброблюваного поля; можливістю об'ємного внутрішньогрунтового внесення добрив завдяки встановленню похилих ножів з добривами на стійці щілінкоутворювача.

4. Виготовлено експериментальний зразок секції культиватора для смугового обробітку ґрунту з можливістю змінювати конструктивні та технологічні параметри для їх обґрунтування.

5. У результаті лабораторно-польових експериментів із розробленою секцією культиватора встановлено, що для зниження тягового опору та поліпшення якості обробітку ґрунту найраціональнішим є коток, який коткує, з гострими планками, діаметром 400 мм, кількістю планок 15 шт.

6. У результаті польових досліджень встановлено, що для зниження тягового опору, витрати палива, глибистості та підвищення ступеня подрібнення обробленого ґрунту швидкість руху агрегату з розробленим культиватором має бути вищою за 1,5 км/год.

7. В результаті розрахунків встановлено, що впровадження технології смугового обробітку ґрунту сприяє отриманню економічного ефекту від скорочення кількості операцій на обробіток ґрунту 4050,7 грн/га, а загальна

економія від використання смугової технології та надбавки врожаю склала 9660,7 грн/га. Термін окупності абсолютних капітальних вкладень відносно традиційної технології склав 0,11 року ≈ 1 рік.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Данилюк М. І., Клименко А. С. Сільськогосподарські машини та обладнання. Київ: Аграрна освіта. 2010.
2. Заворотний А.І. Механізація та автоматизація сільськогосподарського виробництва. Харків: ХНАУ. 2018.
3. Коняєв М. Г., Лазоренко М. В. Трактори і сільськогосподарські машини. Київ: Ліра-К, 2014.
4. Генсирук І. М., Нікіфорова Л. І. Сільськогосподарські машини для обробітку ґрунту, посіву та догляду за рослинами. Вінниця: Нова книга. 2012.
5. Шатило Л.І., Савченко О.Г. Основи проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник. Київ: НТУ. 2016.
6. Гетьманець О. Д., Верещака О. О. Технології обробітку ґрунту в сучасному землеробстві. Київ: Аграрна освіта, 2018.
7. Михайлов М. Г. Енергозберігаючі технології обробітку ґрунту. Харків: ХНАУ, 2015.
8. Власенко В. І., Чорний М. В. Основи обробітку ґрунту та догляду за посівами. Київ: Освіта, 2013.
9. Дем'яненко І. М., Сметана О. С. Нульовий та мінімальний обробіток ґрунту в землеробстві. Одеса: ОНАУ, 2019.
10. Куликов М. С., Сердюк Л. П. Системи та технології обробітку ґрунту. Вінниця: Нова книга, 2016.
11. Томаш І. П. Інноваційні технології у землеробстві. Львів: ЛНУ, 2021.
12. Генсьор І. В., Савченко П. С. Аналіз конструкцій та основних робочих органів культиваторів для смугового обробітку ґрунту. Аграрна техніка і технології. 2020.
13. Мартинюк В. П., Поліщук М. К. Оптимізація конструктивних параметрів культиватора для зниження тягового опору. Сільськогосподарське машинобудування. 2019.

14. Кравченко Л. Г., Демиденко В. І. Вдосконалення конструкції культиватора для обробітку важких ґрунтів. Науковий вісник аграрного університету. 2018.

15. Козаченко О. М., Левченко Ю. І. Дослідження динаміки робочих органів культиватора для стрічкового обробітку ґрунту. Механізація і автоматизація сільського господарства. 2021.

16. Гринько А. О., Василенко Д. Р. Конструктивні зміни в секціях культиватора для зменшення ущільнення ґрунту. Сільськогосподарська інженерія. 2017.

17. Шевченко І. М., Білозерський А. В. Вплив конструктивних параметрів культиватора на якість обробки ґрунту. Інженерія та технічне забезпечення агропромислового комплексу. 2022.

18. Мартинюк В. П., Савченко О. П. Методика розрахунку параметрів сільськогосподарських машин. Навчальний посібник. Київ: Агроосвіта, 2014.

19. Петровський О.М. Методика розрахунку і проектування сільськогосподарських машин. Харків: ХНАУ, 2015.

20. Шевченко О.В. Розрахунок параметрів робочих органів сільськогосподарських машин. Навчальний посібник. Вінниця: Нова книга, 2017.

21. Климова О.В. Основи розрахунку та проектування сільськогосподарських машин. Навчальний посібник. Одеса: ОНАУ. 2019.

**ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕРОБКИ РОСЛИННОЇ СИРОВИНИ
В ПАЛИВНИЙ ГАЗ**

Демонстраційний матеріал до дипломної роботи освітнього ступеня "Магістр"

Виконав: студент 2 курсу групи МгАІ-23

Дорошук Ярослав Володимирович

Керівник: к.т.н., доцент

Золотовська Олена Володимирівна

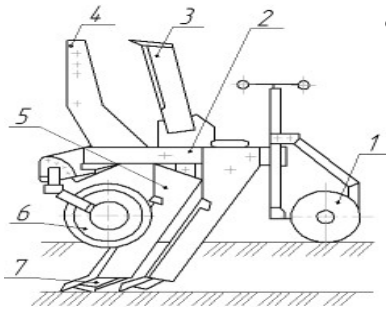
Мета роботи - підвищення ефективності смугового обробітку ґрунту шляхом удосконалення конструктивно-технологічної схеми та параметрів секції культиватора.

Об'єкт дослідження - культиватор для смугового обробітку ґрунту

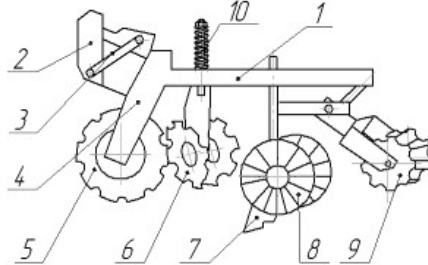
Предмет дослідження - закономірності зміни агротехнічних та енергетичних показників культиватора для смугового обробітку ґрунту.

Аналіз наявних конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту

Робочий орган для безпліцевого поярусного смугового обробітку ґрунту



Секція знаряддя для смугового обробітку ґрунту фірми Carter



Робоча секція знаряддя для смугового обробітку ґрунту

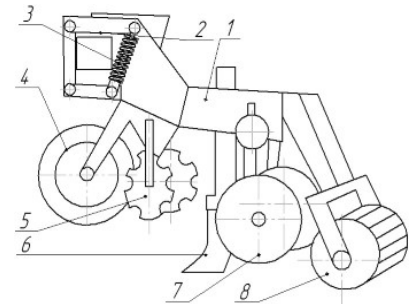
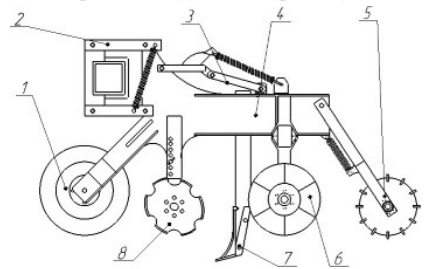
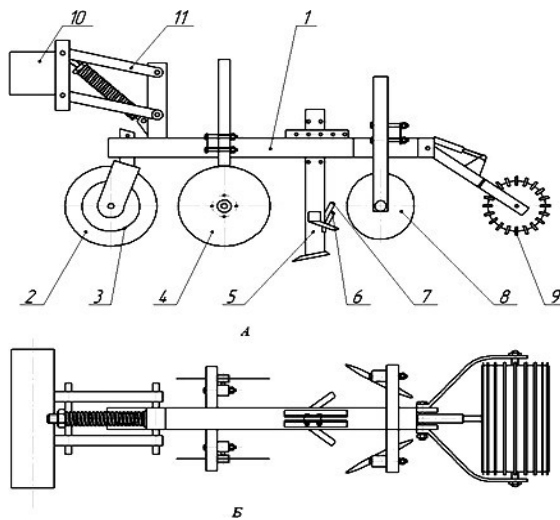


Схема секції культиватора для смугового обробітку ґрунту Stripcat



ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ТА ПАРАМЕТРІВ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА

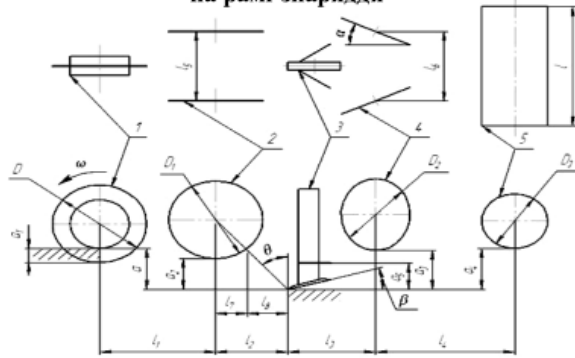
Робоча секція розробленого культиватора



Робоча частина культиватора складається зі штанги 1, на якій за допомогою підвісного преса з паралелограмним механізмом 11 послідовно розміщуються заготовки.

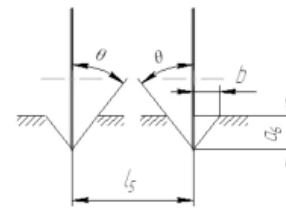
Робоча частина стрічкового культиватора забезпечує багаторівневе внесення добрив і складається з рами 1, опорних ребер 3, двох симетрично розташованих плоских дисків 4, фрези 5, послідовно розташованих дискових фрез 2, що забезпечують лінії для внесення мінеральних гранул і рідких добрив 6, 7. Конструкція складається з двох симетрично розташованих круглих дисків 8 з протилежними кутами атаки та робочого органу преса 9.

Схема розміщення робочих органів на рамі знаряддя



1 - диск передній розрізний; 2 - диски задні розрізні; 3 - щілювач з ножами; 4 - диски сферичні завальовальні; 5 - коток планчастий; l1 - відстань між осями переднього і задніх розрізних дисків; l2 - відстань між носком щілювача і віссю задніх розрізних дисків; l3 - відстань між носком розщеплювача і віссю завальовальних сферичних дисків; l4 - відстань між осями завальовальних сферичних дисків і планчастим котком; l5 - відстань між задніми сферичними дисками в поперечному напрямку

Розрахункова схема встановлення бічних вертикальних дисків

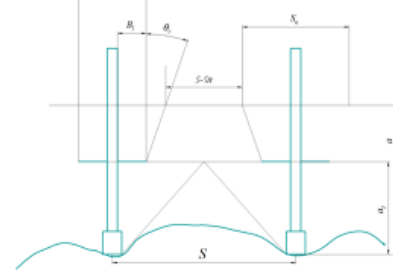


Кут θ залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту і змінюється в межах від 18 до 42°

Розрахункова схема для визначення ширини робочого органу для внесення добрив

$$B_B = S_n - 2 \cdot (a - a_1) \cdot \operatorname{tg} \theta_n$$

$$S = (S - S_n) + B_B + 2 \cdot (a - a_1) \cdot \operatorname{tg} \theta_n$$



МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Лабораторна установка для визначення тягового опору



1 - рейки напрямні; 2 - аналогово-цифровий перетворювач МІС-400D; 3 - канал ґрунтовий; 4 - гідросистема; 5 - навішування з тензодатчиками; 6 - візок із приводом; 7 - розроблена секція для смугового обробітку ґрунту

Визначення вологості ґрунту



Спосіб визначення середньої глибини обробітку ґрунту



1 - шпильник; 2 - вертикальна мірна лінійка; 3 - горизонтальна планка.

Спосіб визначення профілю обробленої смуги



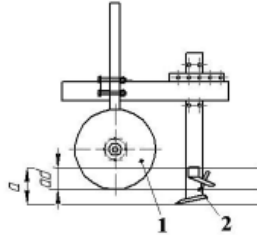
1 - штатив; 2 - кріплення; 3 - стрижні; 4 - міліметровий папір

Спосіб виміру ширини обробітку



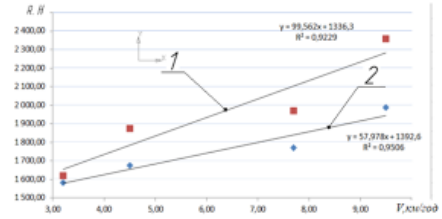
1 - турбодискові ножі; 2 - мірна лінійка; В - ширина зони обробітку

Агротехнічна оцінка розробленої секції для смугової обробки



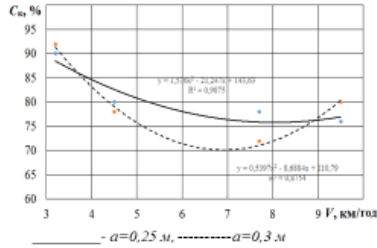
1 - підрівні диски, 2 - розпушувальний робочий орган

Графік залежності тягового опору від швидкості

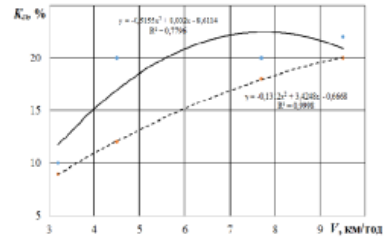


1- тяговий опір за глибини обробки 0,30 м,
2- тяговий опір за глибини обробки 0,25 м.

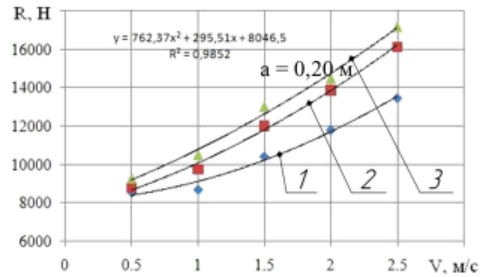
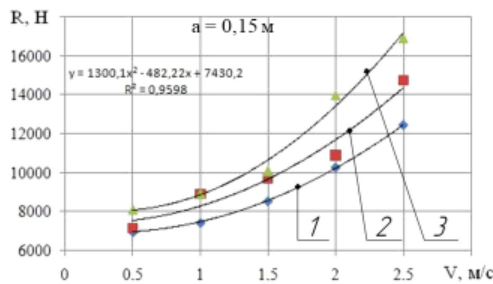
Залежність ступеня подрібнення від швидкості руху за глибини обробки 0,25 і 0,3 м



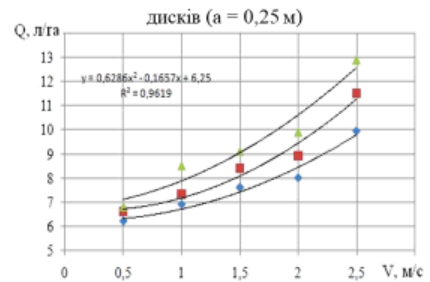
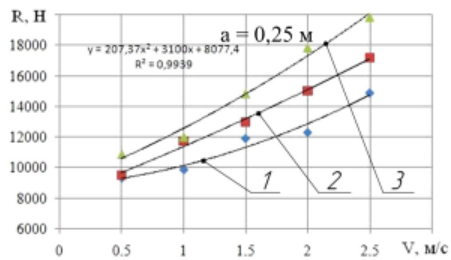
Залежність глибистості від швидкості руху за глибини обробки 0,25 і 0,3 м



Графіки залежності тягового опору від швидкості руху знаряддя за різних кутів атаки дисків α для глибини ходу розпушувача 1 - $\alpha = 20$ град.; 2 - $\alpha = 25$ град.; 3 - $\alpha = 30$ град.



Залежність витрати палива від швидкості за різних кутів атаки сферичних



Техніко-економічні показники

Показники	Традиційна технологія	з використанням культиватора
		для смугової обробки
Витрати		
Заробітна плата, грн/га	1655	990
Амортизаційні відрахування, грн/га	700,5	242,7
Витрати на ремонт та обслуговування, грн/га	661,8	238,4
Засоби для захисту рослин, грн/га	1692	1938
Мінеральні добрива, грн/га	1197	900
Насіння, грн/га	1400	1400
ПММ, грн/га	3911	1457,5
Врожайність зеленої маси, ц/га	297	363
Економічний ефект від скорочення кількості операцій на обробіток ґрунту, грн/га		4050,7

ВИСНОВКИ

1. У результаті проведеного аналізу конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту необхідно в передній частині культиватора переважно встановлювати турбодиск і витримування заданої глибини обробітку, необхідно щоб оброблена смуга лежала в межах від 0,25 до 0,28 м.

2. Доцільно використовувати долотоподібні стійки, додатковою перевагою яких є нижчий опір робочого органу відносно стрічастих лап, оптимальним способом для утворення гребенів є застосування дисків сферичної форми з гладкою кромкою, які необхідно розташовувати під кутом.

3. Обґрунтовано конструктивно-технологічну схему секції культиватора для смугового обробітку ґрунту, що відрізняється від наявних аналогів використанням пружинного механізму на коткувальному котку, який забезпечує щільне коткування смуги; використанням вдосконаленого механізму копіювання рельєфу оброблюваного поля; можливістю об'ємного внутрішньогрунтового внесення добрив завдяки встановленню похилих ножів з добривами на стійці шлінкуотворювача.

4. Виготовлено експериментальний зразок секції культиватора для смугового обробітку ґрунту з можливістю змінювати конструктивні та технологічні параметри для їх обґрунтування.

5. У результаті лабораторно-польових експериментів із розробленою секцією культиватора встановлено, що для зниження тягового опору та поліпшення якості обробітку ґрунту найраціональнішим є коток, який коткує, з гострими планками, діаметром 400 мм, кількістю планок 15 шт.

6. У результаті польових досліджень встановлено, що для зниження тягового опору, витрати палива, глибистості та підвищення ступеня подрібнення обробленого ґрунту швидкість руху агрегату з розробленим культиватором має бути вищою за 1,5 км/год.

7. В результаті розрахунків встановлено, що впровадження технології смугового обробітку ґрунту сприяє отриманню економічного ефекту від скорочення кількості операцій на обробіток ґрунту 4050,7 грн/га, а загальна економія від використання смугової технології та надбавки врожаю склала 9660,7 грн/га. Термін окупності абсолютних капітальних вкладень відносно традиційної технології склав 0,11 року \approx 1 рік.