

**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:

**«Підвищення ефективності внутрішньогрунтового способу внесення рідких
добрив»**

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

_____ Касяненко Владислав Анатолійович

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**

Касяненко Владислав Анатолійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи** : Підвищення ефективності внутрішньогрунтового способу
внесення рідких добрив»

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

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

затвержені наказом вищого навчального закладу від

“11” 11 2024 року №3769

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

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

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно
розробити)** 1. Обґрунтування актуальності теми дипломної роботи. . 2.
Обґрунтування конструктивної схеми внесення добрив. 3. Методика та результати
лабораторно-польових досліджень. 4. Охорона праці та захист навколишнього
середовища. 5. Техніко-економічна ефективність. Висновок. Бібліографічний
список.

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 аркуші 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 18.03.2024

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)

Касяненко В.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Золотовська О.В.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Касяненко В.А. Підвищення ефективності внутрішньогрунтового способу внесення рідких добрив / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

В дипломній роботі аналізується сучасний стан, особливості та агротехнічні вимоги смугового обробітку ґрунту в системі землеробства. Проведено аналіз конструкції знаряддя для смугової обробки ґрунту.

Спланована Конструктивна схема секції культиватора. Теоретично обґрунтовано основні конструктивні та технічні параметри секції культиватора для смугової оранки, визначено енергетичні показники робочого органу та всієї секції в цілому.

Розроблено методику проведення лабораторних, лабораторно-польових та натурних експериментів з визначення тягового опору секцій луцильника та культиватора для смугового обробітку ґрунту.

Наведено результати розрахунку економічної ефективності при використанні 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 «ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ СЕКЦІЇ КУЛЬТИВАТОРА ДЛЯ СМУГОВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ». Ч.1.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1 ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ	9
1.1 Аналіз технології обробітку ґрунту в системі землеробства	9
1.2 Агротехнічні вимоги використання технології Strip-Till	11
1.3 Аналіз технологій вирощування сояшника	12
1.4 Обґрунтування існуючих конструкцій знарядь для технології Strip-Till	18
2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНОЇ СХЕМИ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ	31
2.1 Обґрунтування параметрів робочого органу внесення добрив	39
3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	46
3.1 Методика досліджень	46
3.2 Обґрунтування конструктивних параметрів робочих органів культиватора	50
3.3 Моделювання процесу внесення РКД	52
4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	55
4.1. Загальні вимоги безпеки	55
4.2. Підготовка до роботи	55
4.3. Вимоги безпеки під час роботи	55
4.4. Вимоги безпеки після завершення робіт	56
4.5. Екстрені ситуації	56
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ СМУГОВОЇ ОБРОБКИ ҐРУНТУ	58
ВИСНОВКИ	64
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	66

ВСТУП

Нині найпоширенішим способом основної обробки 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 обробки ґрунту.

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

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 обробком ґрунту. Однак наявність на поверхні поля рослинних решток, підвищена твердість і зв'язаність ґрунту суттєво впливають на процеси ґрунтообробки, що необхідно враховувати під час обґрунтування параметрів і розроблення культиваторів для смугового обробки 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 обробки ґрунту під просапні культури з можливістю об'ємного внутрішньоґрунтового внесення добрив є актуальним завданням. Нині ґрунтообробні знаряддя для смугового обробки 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. 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.

Мета роботи - підвищення ефективності внутрішньоґрунтового способу внесення рідких добрив шляхом удосконалення конструктивно-технологічної схеми та параметрів секції культиватора.

Об'єкт дослідження - культиватор для смугового обробітку ґрунту та об'ємного внутрішньоґрунтового внесення рідких комплексних добрив.

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 ОБГРУНТУВАННЯ АКТУАЛЬНОСТІ ТЕМИ ДИПЛОМНОЇ РОБОТИ

1.1 Аналіз технології обробітку ґрунту в системі землеробства

Сучасне сільське господарство-це досить складний і трудомісткий процес, який передбачає використання різних систем обробітку ґрунту, основними з яких є: традиційна, мінімальна, нульова (без обробітку ґрунту) та безвідвальна обробка ґрунту традиційні методи включають кілька етапів обробітку ґрунту: чергування шарів, катастрофічна обробка ґрунту, відмова від обробітку ґрунту з передпосівною обробкою та сіяти. 1. Традиційна технологія є однією з найбільш енергоємних і вимагає використання різних сільськогосподарських знарядь, таких як: Лемеші, відвальні плуги, Дискові плуги; зубчасті і пружинні борони; парові культиватори; сівалки з дисковим сошником.

Мінімальна технологія передбачає такі операції, як глибоке розпушування без ротації пласта, культивація і посів насіння. Ця техніка значно економить енергію і вимагає використання меншої кількості сільськогосподарських знарядь в порівнянні з традиційною технікою, такий як: чизельні плуги, чизельні культиватори, глибокорозпушувачі, плоскорізи, щілинні фрези; важкий культиватор-дискатор; сівалка з ножними сошниками.

Технологія смугової обробки ґрунту, на відміну від нульової, передбачає формування смуг, в яких здійснюється подальша обробка ґрунту і посів насіння. З точки зору підвищення продуктивності, технологія стрічкового обробітку ґрунту є більш ефективною, ніж технологія без обробітку ґрунту, із впровадженням додаткових операцій, що виконуються на оброблених смугах, що сприяє підвищенню врожайності на 25% та економії мінеральних добрив до 50% (47). Культиватори використовуються для обробки ґрунту до спеціальних причіпних або навісних смуг[46].

На сьогоднішній день технологія strip-till володіє великим потенціалом і вже активно застосовується в передових господарствах США, Канади,

Аргентини, Німеччини та інших. Технологія стрічкової обробки ґрунту може забезпечити вирішення таких проблем, як короткий вегетаційний період, велика кількість бур'янів, низька родючість ґрунтів з недостатнім вмістом органічної речовини, плетисті ґрунти і т.д., а також може застосовуватися в посушливих районах і на ґрунтах, схильних до вітрової ерозії (дефляції). Технологія стрічкового землеробства в цих країнах знаходить найбільше застосування при вирощуванні кукурудзи.

Суть технології смугової обробки ґрунту полягає в розпушуванні смуги ґрунту на певну глибину, внесення добрив і посіві культурних рослин на оброблену смугу [46]. Локалізація зони обробітку така, що близько 2/3 всього поля (близько 70%) залишається необробленим, добриво концентрується в кореневій зоні рослини, зазвичай вноситься 1 раз на рік під час осіннього або весняного розпушування, а навесні можна сіяти на точно оброблені смуги сівалки для висіву насіння [46, 47].

Наприклад, в Сполучених Штатах для обробки ґрунту за технологією strip-till використовуються гранульовані і рідкі добрива. При цьому вноситься близько 60% гранульованих добрив і 40% рідких добрив. Широко використовуються гранульовані азотні та фосфорні добрива (N11P52, N18P46). Великою популярністю користуються добрива в рідкій формі з вмістом діючої речовини N10P34. Також використовуються суміші N9P24K5 та N11P22K7.

У технології up to the strip необхідно виділити кілька основних переваг:

1. Виключається обробка ґрунту за 1 прохід техніки, що дозволяє заощадити близько 30% палива.

2. Вносити добрива на різних рівнях, оптимізувати живлення рослин і знизити витрату мінеральних добрив.

3. Можливість одночасно проводити розпушування і посів ґрунту.

4. Збереження природної родючості і зменшення ерозії ґрунту.

5. Зменшує ущільнення ґрунту.

6. Підвищити родючість ґрунту.

Перспективним є застосування смугової обробки в горбистій місцевості.

Також існують деякі труднощі при використанні стрічки за технологією *up to technology*. Умовою її успішного застосування є узгодження робочої ширини оброблюваного міжряддя з розмірами шасі трактора і шириною міжряддя висівається матеріалу. При смугової оранки також необхідно забезпечити задану ширину ґрунтової смуги, не деформуючи відстань між сусідніми рядами.

1.2 Агротехнічні вимоги використання технології Strip-Till

Під час вирощування сояшника та інших культур за технологією мугового обробітку ґрунту необхідно дотримуватися агротехнічних вимог [4,6, 7]:

- обробіток проводиться у встановлені агротехнічні строки;
- відхилення середньої глибини обробітку ґрунту від заданої має бути в межах $+ 0,01$ 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 сояшника

При вирощуванні сояшника збільшення обсягу виробництва насіння 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 сояшника;
- застосування технологій меліорації.

Динаміка потреби вітчизняного ринку в насінні сояшника представлена на рисунку 1.2 [46]. Розміщення сояшника в сівозміні. Найкращими попередниками в сівозмінах за вирощування сояшника є зернобобові, багаторічні трави, кукурудза, овоче-баштанні культури, озимі та ярі зернові.

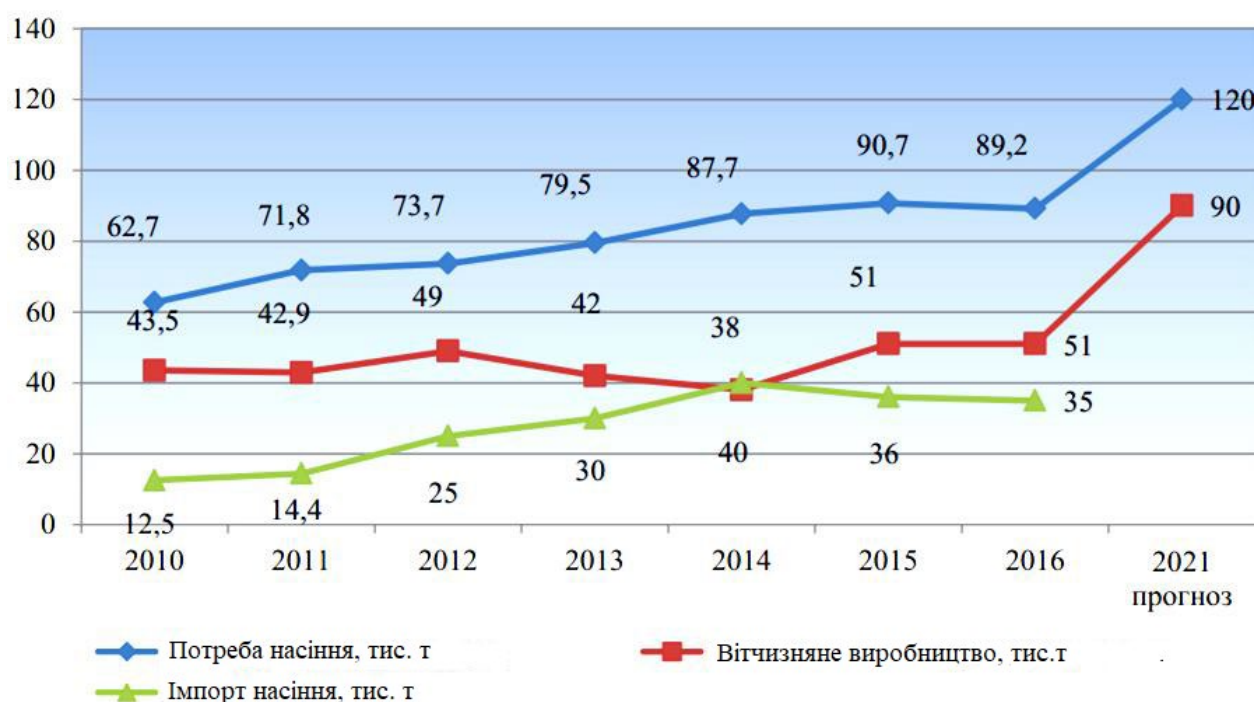


Рисунок 1.2 – Динаміка потреби вітчизняного ринку в насінні сояшника

Обробіток ґрунту під посів сояшника, 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 [45].

За традиційної технології обробіток ґрунту починається з луцення 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 та сояшника, 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 густоту сходів і призводить до зрідження посівів. Оптимальна густота дає змогу підвищити врожайність кукурудзи до 20%. Густота ранньостиглих і середньоранніх форм має перебувати в межах 60-65 тис. р/га, середньопізніх і пізньостиглих - 50-60 тис. р/га.

Під час вирощування сояшника за технологією Strip-till повний обробіток ґрунту проводять за один прохід, економія на пальному 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. [5]. 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 сояшника 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% [5-13].

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 сояшника виникає потреба в забезпеченні цинком і марганцем, а також у міді та борі. Найчастіше у сояшника 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 рослина відчуває потребу у фосфорі в початковій фазі росту і розвитку, фосфорні добрива сприяють посиленому розвитку її кореневої системи в період посіву [4,5].

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 сояшника 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% [4,5].

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 Обґрунтування існуючих конструкцій знарядь для технології Strip-Till

Висока сільськогосподарська культура багато в чому залежить від технічних засобів реалізації, технології, використовуваної в рослинництві, а технологія стрічкової обробки ґрунту є комплексним рішенням для поліпшення якості оброблюваних культур і підтримки родючості ґрунтів. Високотехнологічні інструменти, що використовують технологію Strip-till, сьогодні представляють великий інтерес, і їх використання є одним з кроків по збереженню ресурсів ґрунту. Інструмент для стрічкового землеробства-це культиватор, який замінює енергоємні операції, такі як базове землеробство. Система застосування, що використовується для різних методів ведення сільського господарства, показана на малюнку 1.4.

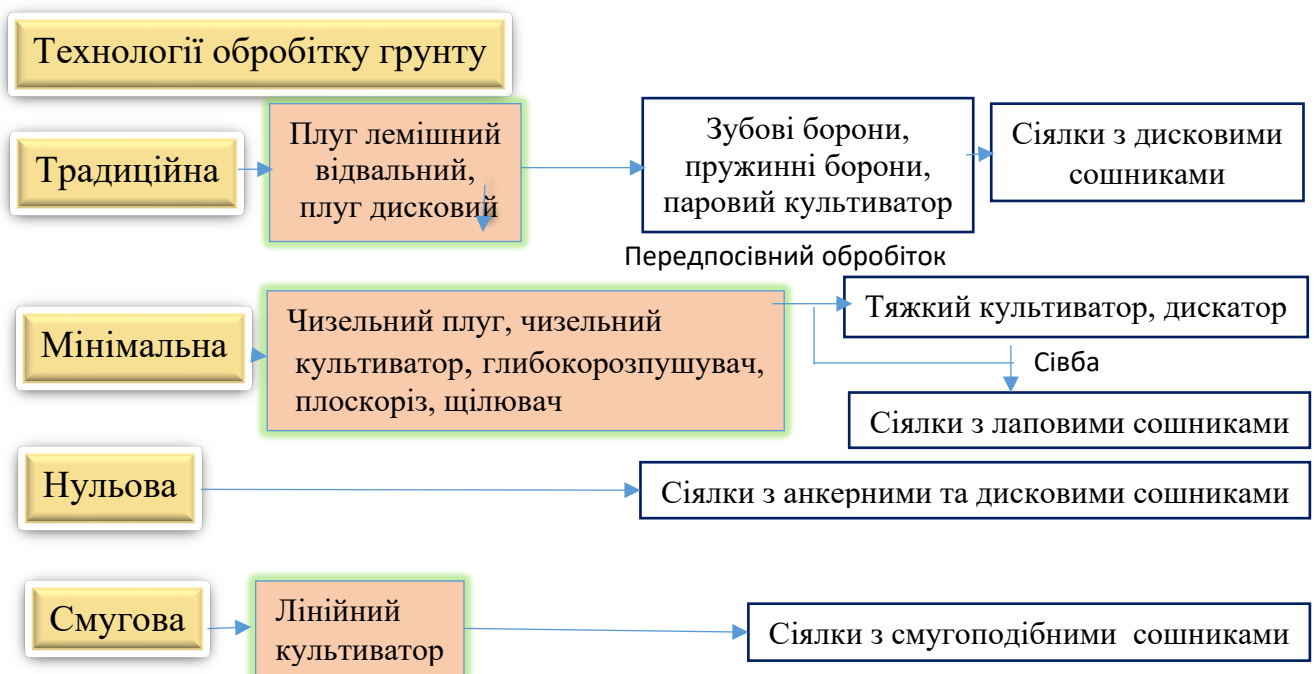


Рисунок 1.4 – Система знарядь, що використовуються за різних технологій обробітку ґрунту

Інструмент для смугової обробки ґрунту - це, в основному, культиватор з жорстким каркасом в конструкції, обслуговується робоча секція для кожної культивованої смуги, система повітропроводів для внесення твердих гранульованих і рідких мінеральних добрив, а в деяких випадках і рідких органічних добрив. Рама культиватора призначена для роботи в суворих умовах і на високих швидкостях і володіє особливою міцністю. Підтримка постійної глибини Жовтневої посадки в різних умовах на місцевості знижує навантаження на робочу поверхню інструменту і, таким чином, забезпечує довговічність конструкції.

Механізм паралелограма фіксує робочу частину культиватора, яка, як правило, включає в себе практично ідентичний набір робочих органів, що розрізняються за формою і конструктивними параметрами в залежності від ґрунту і кліматичних умов, в яких він призначений для оранки.

Кожна секція культиватора містить наступні робочі органи:

1. Передній диск виконує функцію зрізання щільної кірки поверхні ґрунту, яка утворюється в результаті різних механічних маніпуляцій і впливу природно-кліматичних факторів. Таким чином, диск послаблює натяг поверхні підлоги і ще більше знижує опір тертя пістолета.

2. Робочий орган для очищення ліній. Призначення пристрою-видалення з обробної смуги рослинних залишків певної жорсткості і міцності, що створює додаткові труднощі при Жовтневій обробці ґрунту, тим самим підвищуючи тяговий опір секції культиватора.

3. Наступним елементом конструкції поперечного перерізу є розпушувальна стійка, яка приводиться в дію після видалення залишків овочів з центру смуги. Процес здійснюється шляхом заміни роботи лопаті самоскидного плуга плугом на глибину до 0,35 м. харчова сода також оснащена насінневими трубками для внесення твердих гранул і рідких добрив.

4. Бічні диски, їх функція полягає в тому, щоб розрізати смуги певної ширини, тим самим обмежуючи зону оранки і бічну деформацію ґрунту, тим самим знижуючи тяговий опір інструменту.

5. Роликовий валик являє собою обертовий робочий орган, закріплений за секцією культиватора, який забезпечує функцію перекочування, подрібнення і вирівнювання ґрунту в оброблюваній зоні смуги, а голчастий диск може мати різну конструкцію у вигляді гладкої циліндричної форми. , встановлені планки, спіральна конструкція і т. д.

В результаті аналізу існуючої конструкції культиватора для їзди по смузі руху слід виділити деякі особливості, які будуть описані нижче.

На малюнку 1.5 показаний інструмент для безполицевого поярусного смугового обробітку ґрунту.

Робочий орган конструкції включає в себе: роликовий валик 1, 3-точкову підвіску 2, навісну раму 3, Механізм регулювання глибини обробки 4, а також робочий орган 6, 7 для Жовтня фундаменту. На першому ярусі робочий корпус зібраний у вигляді пластинчастої стійки з загостреними ніжками, розташованими по діагоналі, 1 розміщений в центрі задньої планки навісний рами 3, Інші 2 розташовані симетрично по ширині рукоятки і симетрично від центру пістолета. передня балка рами.

2. В ярусі монтується робочий корпус 5, виконаний у вигляді лівої і правої стійок, що забезпечує обробку коливального шару, закріпленого на передній Балці рами 3, розташованих симетрично один одному і в протилежному напрямку. 3. Робочий корпус ярусу також виконаний у вигляді правої і лівої стійок, а в нижній частині по діагоналі розміщено знімне долото, щоб ґрунт був глибоко розпушена.

Відсутність механізму паралелограма в цій конструкції знижує його ефективність і не дозволяє копіювати рельєф ґрунту.

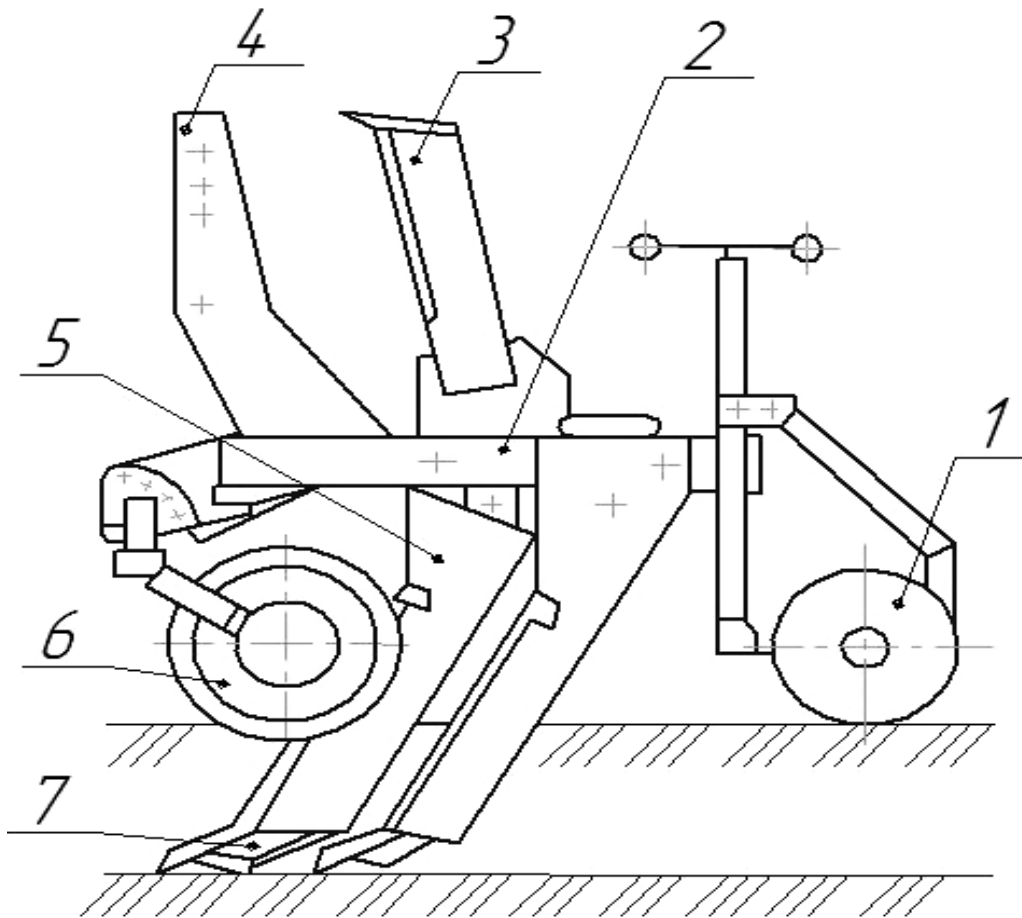


Рисунок 1.5 - Робочий орган для безполицевого поярусного смугового обробітку ґрунту

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

На рис. 1.6 представлена робоча секція для смугового обробітку ґрунту. Для розпушування ґрунту і внесення добрив, як основний робочий орган, застосовують щілинкоутворювач і встановлений на ньому тукопровід для подачі мінеральних добрив на дно борозни.

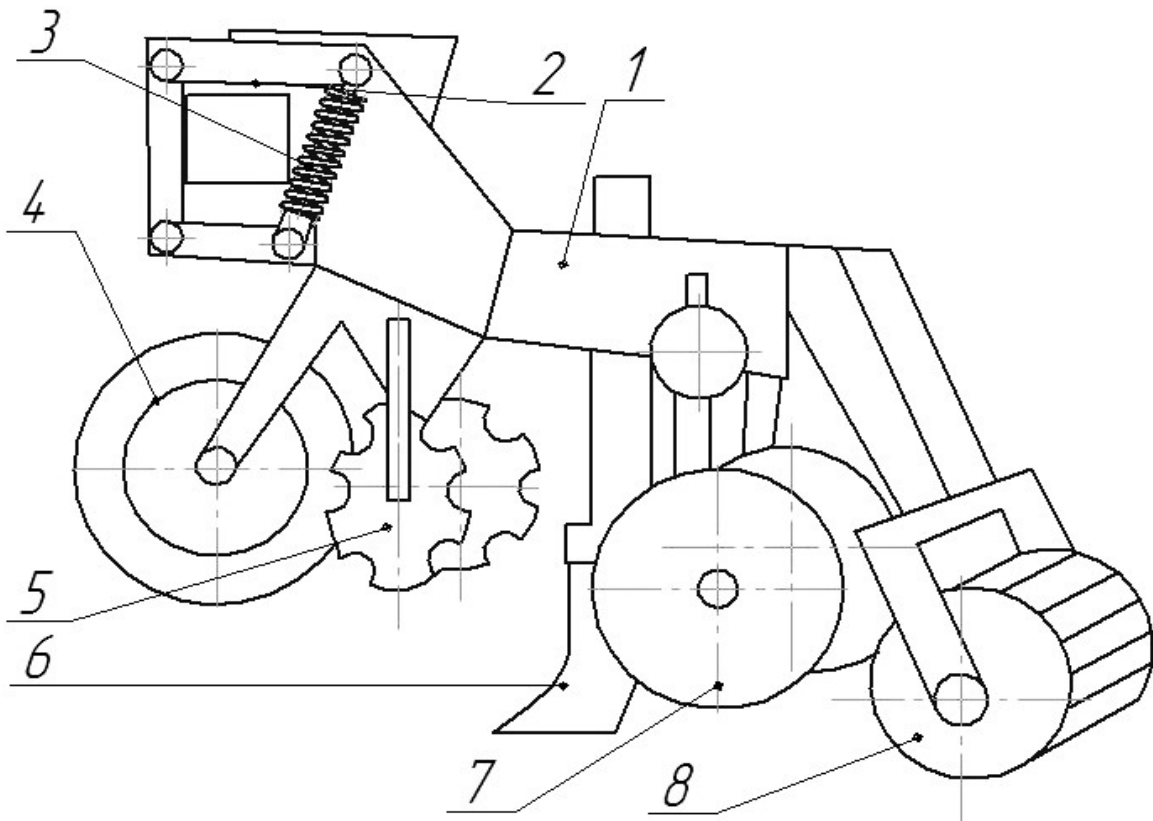


Рисунок 1.6 - Робоча секція знаряддя для смугового обробітку ґрунту

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 передбачити можливість внесення добрив у процесі обробітку ґрунту.

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

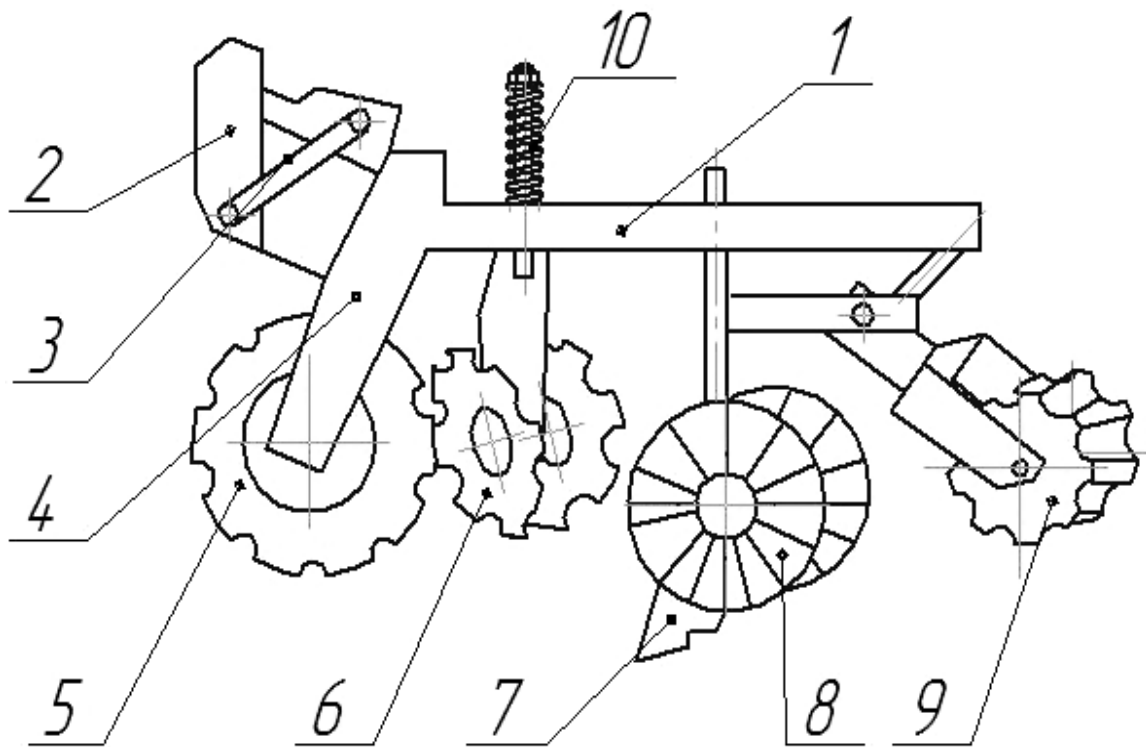


Рисунок 1.7 - Секція знаряддя для смугового обробітку ґрунту фірми Carter

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

Конструкція робочого органу, показана на малюнку 1.7, практично ідентична конструкції, показаній на малюнку 1.6, і має лише кілька різних функцій. Тип механізму паралелограма. Тип установки диска 5 на раму 1. Основним робочим органом для розпушування ґрунту і внесення добрив є труба невеликого діаметра для внесення мінеральних добрив і машина для формування щілин. Крім того, в конструкції робочого органу корисно передбачити можливість внесення добрив 2-го рівня при оранці. Недоліком цієї частини є висока вартість. На малюнку 1.8 представлено культиватор Stripcat для смугового обробітку ґрунту. Даний тип культиватора агрегатується з тракторами 4 класу і в своїй конструкції також має схожість з вищеописаними

моделями. Культиватор цього типу збирається з тракторами класу 4, а також по конструкції аналогічний вищевказаним моделям.

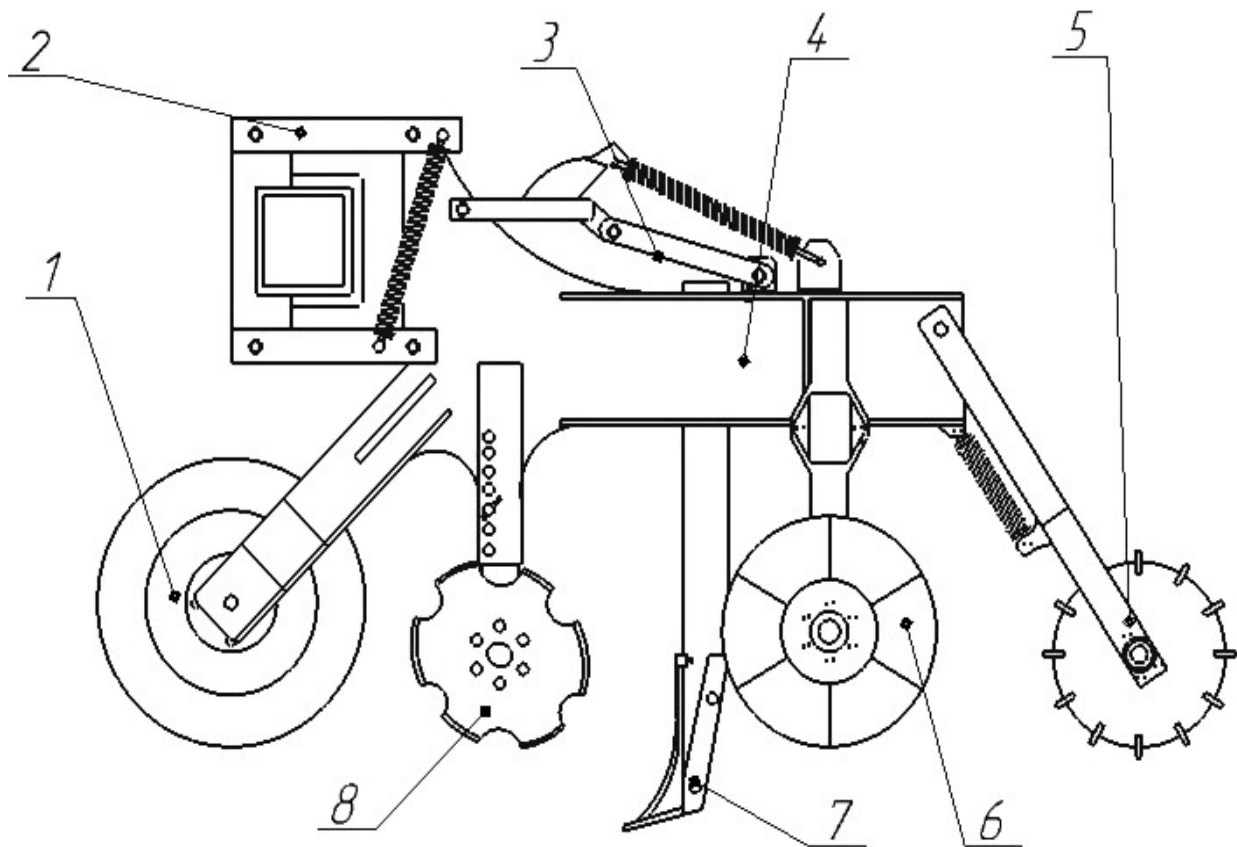


Рисунок 1.8 - Схема секції культиватора для смугового обробітку ґрунту Stripcat

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.

На малюнку 1.9 показаний культиватор підвищеної вантажопідйомності, який включає в себе раму, паралелограмний механізм, прикріплений до робочого органу. Підрізаючи ґрунт, підрізають диски з ребрами 1 витримують задану глибину обробки, у 2-му ряду встановлюються 2 голчастих диска 8, очищають міжряддя від рослинних залишків, а для наступного луцильника 7

встановлюється тяговий шлях для внесення добрив, за яким слідує два диска для формування гребенів 6 і катки для прокатні ролики 5.

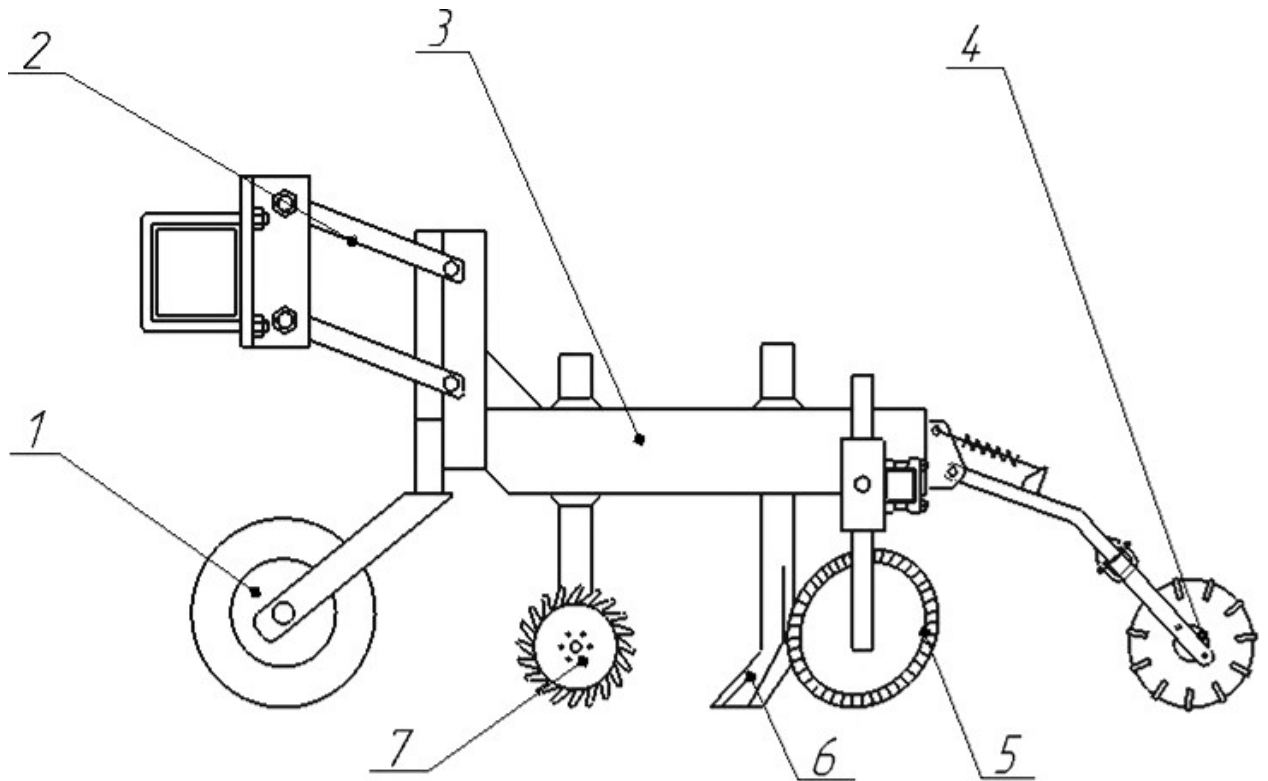


Рисунок 1.9 - Схема секції культиватора Super Duty

1 - диск підрізний із ребордою; 2 - механізм паралелограмний; 3 - рама; 4 - коток, що накочує; 5 - диск; 6 - ніж із хвостовиком; 7 – диск зубчастий для очищення смуги.

Ця конструкція культиватора має високу енергоємність процесу обробки ґрунту.

На малюнку 1.10 представлено культиватор ALPHA II. Особливістю даного культиватора є можливість глибокого розпушування, встановлений наприкінці голчастий коток дає змогу поліпшити якість кришіння ґрунту.

Недоліком культиватора є погане копіювання рельєфу поля та низька якість обробки ґрунту.

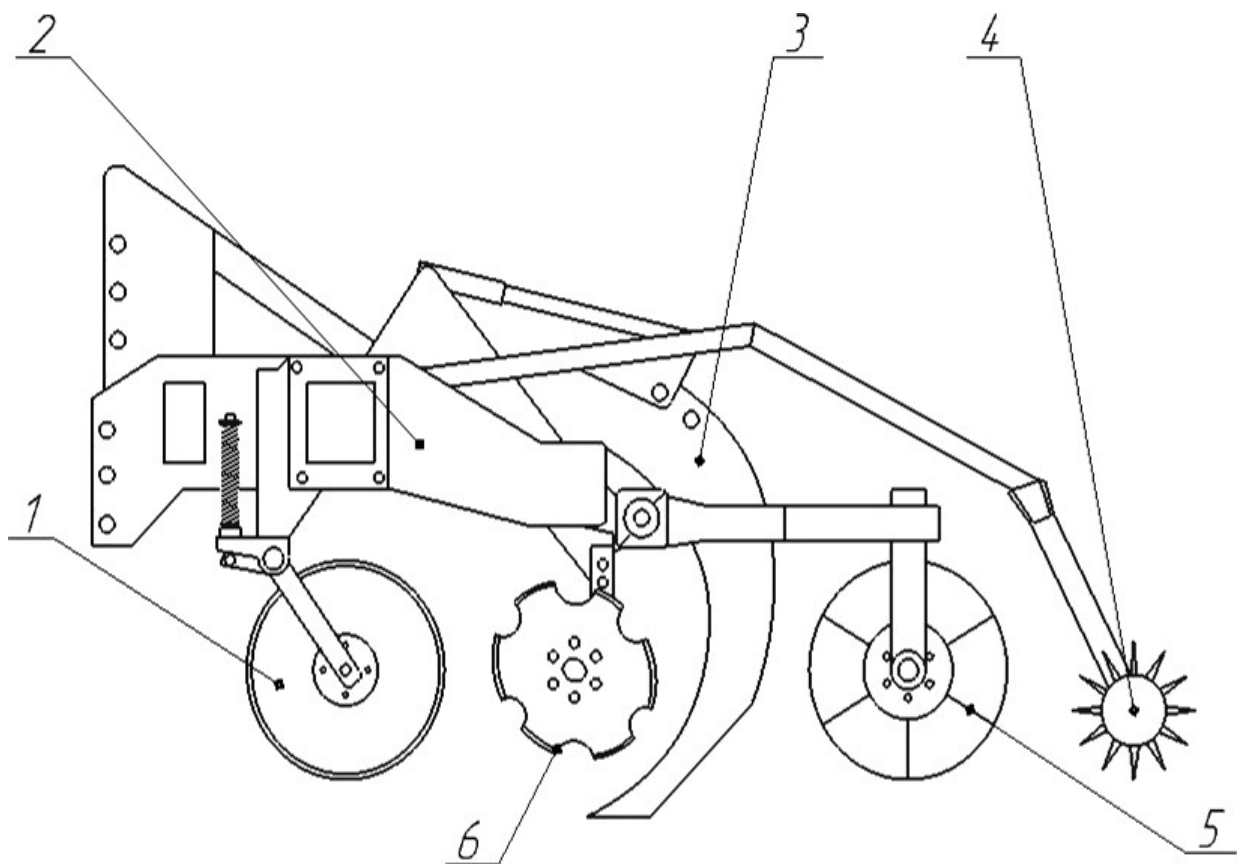


Рисунок 1.10 - Схема секції культиватора глибокорозпушувача ALPHA II

1 - диск підрізний; 2 - рама; 3 - глибокорозпушувач; 4 - коток, що прикочує; 5 - диск; 6 - диск зубчастий сферичний

На рис. 1.11 є додаткова рама 2, перед якою прикріплений плоский диск 1, є голчастий диск 7 для вивільнення смуги, робочий орган-долото на пружинній стійці 6, до допоміжної рами прикріплені 2 диска 5 і розкочує ролик.

Жорстка фіксація і відсутність паралелограмних механізмів спрощують конструкцію пістолета, але при цьому втрачається здатність плавно адаптуватися до місцевості.

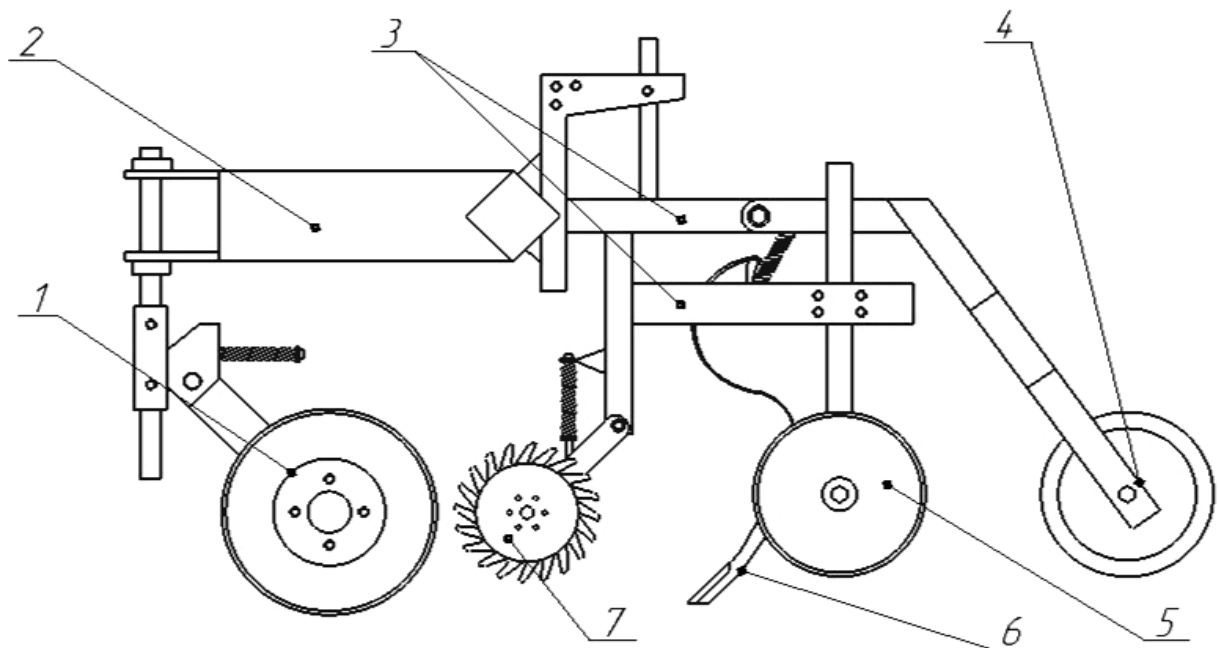


Рисунок 1.11 - Культиватор причіпний для смугового обробітку Artisanal.

1 - диск плоский; 2 - рама; 3 - рами допоміжні; 4 - коток прикочувальний; 5 - диск сферичний; 6 - щілкоутворювач на гнучкій стійці; 7 - диск для очищення смуги.

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;
- стрічасті 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 стрічастих 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 перекриває 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.

На основі аналізу наявних конструкцій культиваторів для смугового обробітку ґрунту та усунення їхніх недоліків нами пропонується така конструктивна схема секції культиватора (рисунок 1.12).

Культиваторна частина або секція культиватора складається з кронштейна 1, а робоча частина послідовно встановлюється на нього за допомогою притискної підвіски, що представляє собою паралелограмний механізм 11.

Робоча секція для стрічкової обробки ґрунту забезпечує можливість багаторівневого внесення добрив, включаючи раму 1, послідовно встановлений дисковий ніж 2, опорні ребра 3, симетрично розташовані 2 плоских диска 4, щелерезку 5, трубопроводи 6, 7 для мінеральних гранульованих і рідких добрив. Конструкція 8 містить симетрично встановлені під зустрічним кутом атаки 2 сферичних диска, а також робочий орган кочення 9.

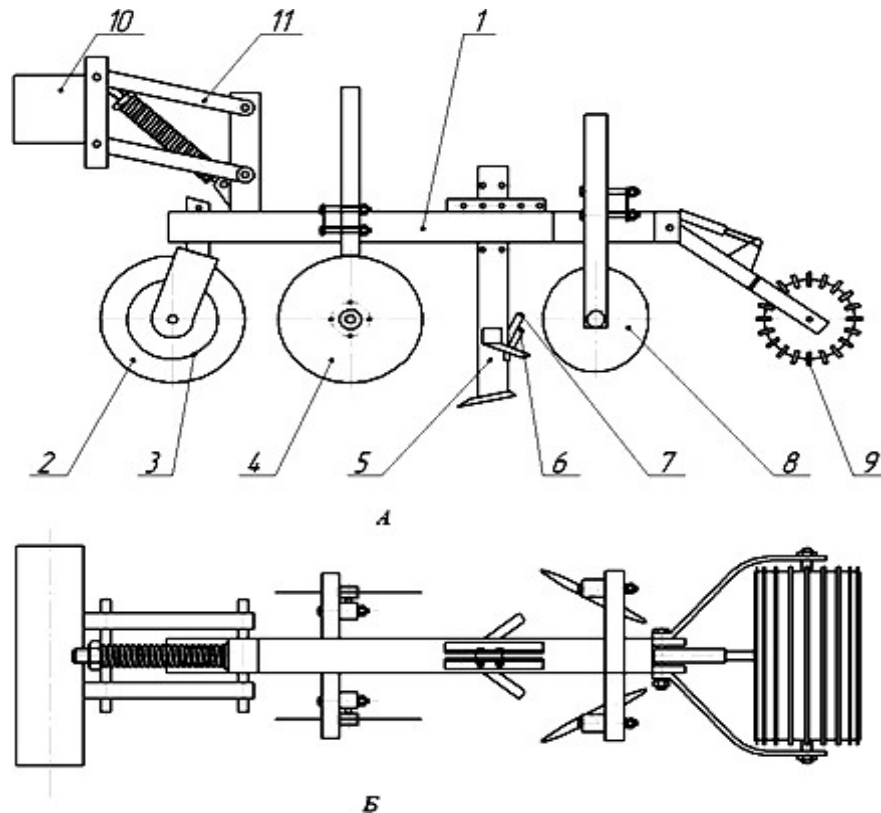


Рисунок 1.12 - Робоча секція розробленого культиватора

Технічний процес роботи робочої секції для смугової оранки з багаторівневим внесенням добрив здійснюється наступним чином: під час руху робочого органу дисковий ніж 2 глибоко занурюється в ґрунт під впливом ваги робочої частини і дії притискної підвіски 11. Симетрично встановлений диск 4, що йде за дисковим ножем, підрівнює верхній шар дерну, рослинних залишків і ґрунту, тим самим обмежуючи зону деформації і руйнування ґрунтового шару.

Через проріз 5, по трубопроводах 6 і 7, одночасно вносять рідкі і мінеральні добрива на різну глибину для розпушування ґрунту. Сферичний диск 8 має кут атаки, протилежний напрямку руху культиватора, і виконує функцію забивання канавки, утвореної щілиною 5. Каток 9 ущільнює і вирівнює оброблювану ділянку ґрунту, а також витримує глибину обробки, передбачену набором. Копіювання рельєфу і поглиблення робочого органу забезпечується притискною підвіскою 11.

Культиваторна секція для багаторівневого смугового обробітку ґрунту з внесенням добрив забезпечує рівномірний обробіток ґрунту на певну глибину, а

також багаторівневе (об'ємне) внесення мінеральних гранульованих та рідких добрив, а також знижує енерговитрати на обробіток ґрунту.

Висновки

1. У результаті проведеного аналізу конструкцій знарядь для смугового обробітку ґрунту необхідно в передній частині культиватора переважно встановлювати турбодиск і витримувати 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 ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

Дотримання зазначених норм при внесенні рідких мінеральних і рідких комплексних добрив вимагає застосування спеціального обладнання та оснащення, що враховують особливості технічного процесу приготування робочого розчину добрив з рідкими компонентами різної в'язкості. Для здійснення процесу приготування робочого розчину рідких комплексних добрив необхідно використовувати Дозуючі пристрої, що забезпечують внесення добрив заданої концентрації. Враховуючи вимоги і рекомендації, ми пропонуємо пристрій для внесення рідких комплексних добрив одночасно з смугової оранкою (рисунок 2.1). Пристрій працює наступним чином. При відкритому клапані 3 розчин добрива з ємності 1 подається через фільтр 2 і вводиться насосом 4. Надлишок розчину повертається в ємність за допомогою запобіжного клапана. Основна кількість рідини надходить в розподільник добрив. Подача насоса регулюється частотним регулятором 11. Пристрій для установки УЗО включає в себе 2 вищевказаних ідентичних пристрої для установки УЗО на 2 верхніх і 2 нижніх рівнях.

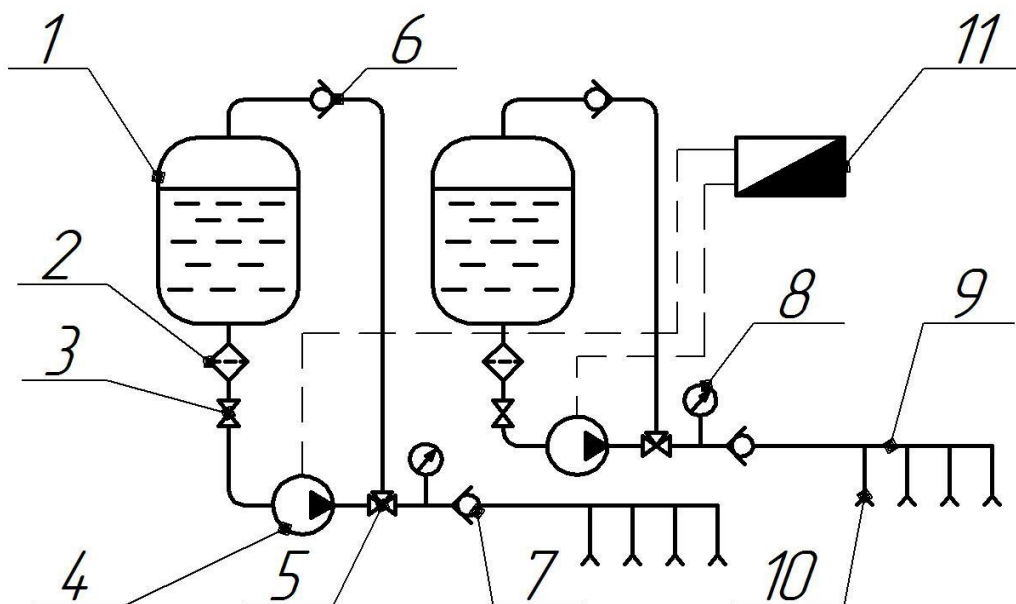


Рисунок 2.1 - Принципова гідролічна схема пристрою для внесення РКД

1 - ємність із розчином добрив; 2 - фільтр; 3 - вентиль; 4 - відцентровий насос; 5 - трійник; 6 - клапан запобіжний; 7 - клапан відсічний; 8 - манометр; 9 - колектор; 10 - впорскувальний інжектор; 11 - пульт керування насосами.

Для обговорення параметрів розробленого пристрою вам необхідно:

- провести моделювання технічного процесу подачі добрив в інжекційну форсунку аналітичним способом;
- змодельовати технологічний процес подачі добрив в інжекційну форсунку чисельним методом;
- порівняти результати аналітичних розрахунків з результатами чисельного моделювання.

Пристроєм для створення потоку рідини в гідравлічній системі є насос. Продуктивність відцентрового насоса в значній мірі залежить від частоти обертання лопаті насоса, і регулювання витрати рідини таким чином може значно знизити витрати енергії на тертя і інші втрати в порівнянні з системами, в яких використовується перепуск рідини за допомогою клапанів і запірної арматури. У такому насосі витрата пропорційний частоті обертання його робочого органу.

Для моделювання потоку рідини в гідравлічній системі необхідно враховувати можливість зміни витрати. Отже, за такою формулою визначають витрата робочого розчину добрива в залежності від швидкості обертання приводу насоса, особливо електроприводу:

$$G_2 = \frac{G_1 n_2}{n_1} \quad (2.1)$$

де G_1 - об'ємна подача робочого розчину за номінальної частоти обертання робочого органу насоса n_1 , м³/год; G_2 - об'ємна подача робочого розчину за зміненої частоти обертання робочого органу насоса n_2 , м³/год; n_1 - номінальна частота обертання робочого органу насоса, хв⁻¹; n_2 - змінена частота обертання робочого органу насоса, хв⁻¹;

Обчислюмо напір потоку рідини в залежності від частоти обертання робочого органу насоса за формулою:

$$H_2 = \frac{H_1 n_2^2}{n_1^2} \quad (2.2)$$

де H_1 - напір робочого розчину за номінальної частоти обертання робочого органу насоса n_1 , м; H_2 - напір робочого розчину за зміненої частоти обертання робочого органу насоса n_2 , м.

Виразимо напір через тиск, тоді отримаємо:

$$P_2 = \frac{P_1 n_2^2}{n_1^2} \quad (2.3)$$

Загальна витрата робочого розчину добрива дорівнює сумі витрат на кожен інжекційний форсунку, яка зазвичай вказується наступним чином:

$$G_{\text{заг}} = \sum G_{\text{нв}} + \sum G_{\text{нн}} \quad (2.4)$$

Добриво вноситься пошарово і проводиться в верхньому і нижньому шарах, тому витрата верхнього шару виражається за такою формулою:

$$G_{\text{в}} = \sum G_{\text{нв}} \quad (2.5)$$

де $G_{\text{нв}}$ - витрата робочого розчину для n -го інжектора у верхньому шарі, м³/с.

А для нижнього шару витрата знаходиться за формулою:

$$G_{\text{н}} = \sum G_{\text{нн}} \quad (2.6)$$

де $G_{\text{нн}}$ - витрата робочого розчину для n -го інжектора в нижньому шарі, м³/с.

Щоб задати граничні умови при моделюванні процесу пошарової подачі добрив і потім визначити величину витіку робочого розчину знаходиться витрати та тиск для кожного впорскувального інжектора:

$$G_n = \mu_n f \sqrt{2gH} \quad (2.7)$$

де μ_n - коефіцієнт витрати впорскувального інжектора; f - площа перерізу впорскувального інжектора, мм²; H - напір, м.

Підведемо до квадрата праву і ліву частини й отримаємо вираз:

$$G_n^2 = (\mu_n f)^2 2gH \quad (2.8)$$

Виразимо формулу напору через отримане рівняння:

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{G_n}{\mu_n f} \right)^2 \quad (2.9)$$

Вираз (2.9) представимо у вигляді тьку:

$$P = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{G_n}{\mu_n f} \right)^2 \quad (2.10)$$

Виразимо формулу через масову витрату, масова витрата в загальному вигляді визначається виразом:

$$G_{nm} = \rho G_n \quad (2.11)$$

Підставимо (2.7) у (2.11)

$$G_{nm} = \rho \mu_n f \sqrt{2gH} \quad (2.12)$$

Тоді формула (2.9) для масової витрати має вигляд:

$$H = \frac{1}{2g} \left(\frac{G_{nm}}{\rho \mu_n f} \right)^2 \quad (2.13)$$

Тоді вираз (2.12) через тиск:

$$G_{nm} = \rho \mu_n f \sqrt{\frac{2P}{\rho}} \quad (2.14)$$

Вираз (2.10) для масової витрати визначається за виразом:

$$P = \frac{1}{2} \rho \left(\frac{G_n}{\rho \mu_n f} \right)^2 \quad (2.14)$$

Параметр μ_n - коефіцієнт витрати задають, виходячи з типу вихідного отвору і його форми, а також таких конструктивних параметрів інжектора, як діаметр d на виході та довжина L вузької частини інжектора (рисунок 2.2).

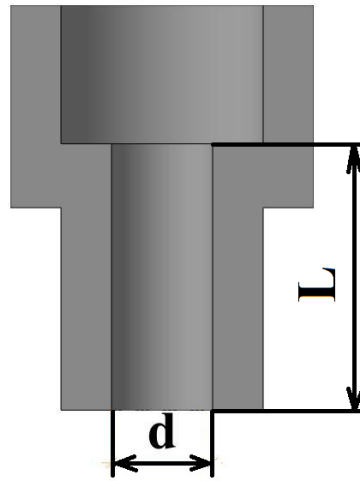


Рисунок 2.2 – Впорскувальний інжектор

Визначемо коефіцієнт витрати відповідно відношення довжини вузької деталі до діаметра вузької частини. Відповідно до цього методу визначимо довжину вузької частини насадки, вона дорівнює двом діаметрам насадки, тобто $L=4\text{мм}$ (рис.2.3).

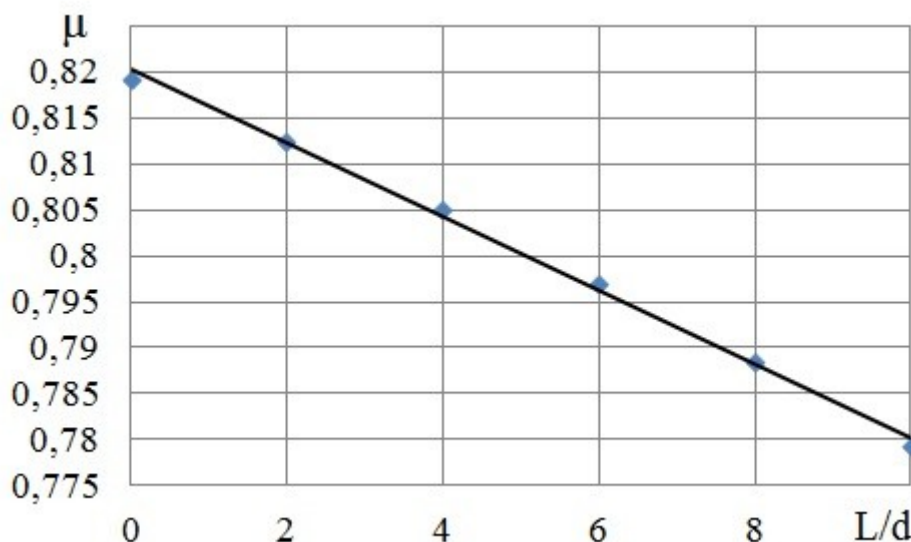


Рисунок 2.3 – Визначення коефіцієнта витрати зі впорскувального інжектора

Коефіцієнт витрати для циліндричної насадки дорівнює $\mu_n=0,81$, за діаметра $d = 2 \text{ мм}$.

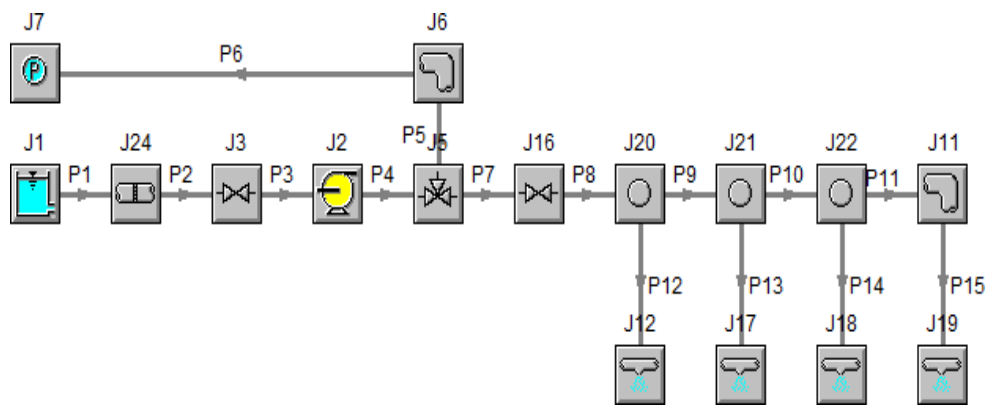


Рисунок 2.4 – Схема гідравлічної системи для верхнього та нижнього шарів

Моделювання гідравлічної системи пристрою для пошарового застосування проводилося в програмі AFT Fathom [57, 58]. У процесі моделювання використовується метод визначення перепаду тиску в системі при заданих витратах, коли відомі конструктивні параметри ланки системи. Схема гідравлічної системи показана на малюнку 2.4. Вона представлена у вигляді універсальної схеми внесення розчинів добрив у верхній і нижній шари.

Програма дає змогу розв'язати досить широке коло завдань і задовольняє умовам для визначення технологічних параметрів гідравлічної системи [17].

Для розрахунків необхідно задати такі умови:

- тиск, що діє на поверхні рідини бака з розчином добрив;
- тиск або витрата, створювані насосом;
- завдання коефіцієнтів опору і діаметра на ділянках трубопроводу;
- завдання коефіцієнтів опору клапанів і фільтрів;
- умови на виході з уприскувальних інжекторів (тиск, коефіцієнт витрати, площа перерізу інжектора).

На рисунку 2.5 показано область завдання граничних умов для ємності з добривами.

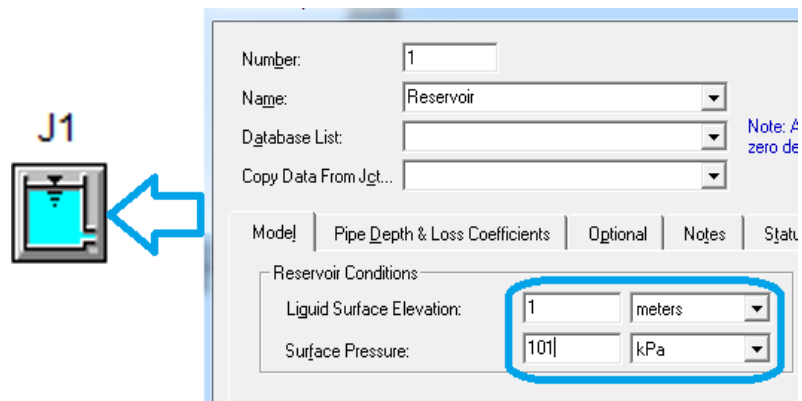


Рисунок 2.5 - Завдання граничних умов для ємності з добривами
 На рисунку 2.6 показано область завдання граничних умов для насоса.

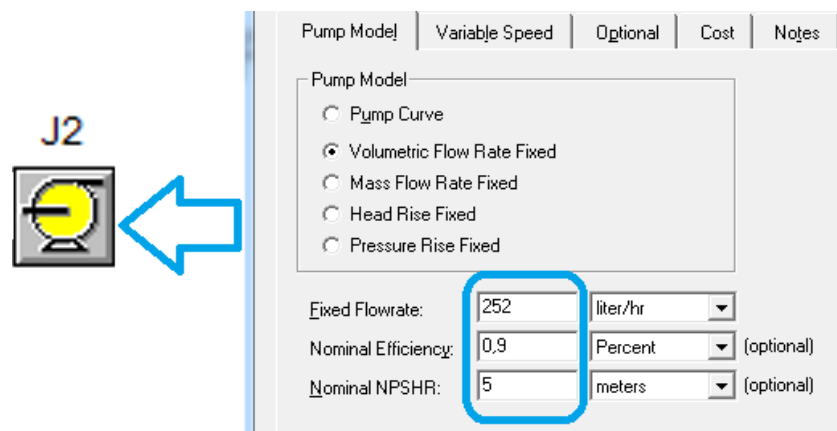


Рисунок 2.6 - Завдання граничних умов для насоса

На рисунку 2.7 показана область завдання граничних умов для ділянок трубопровода.

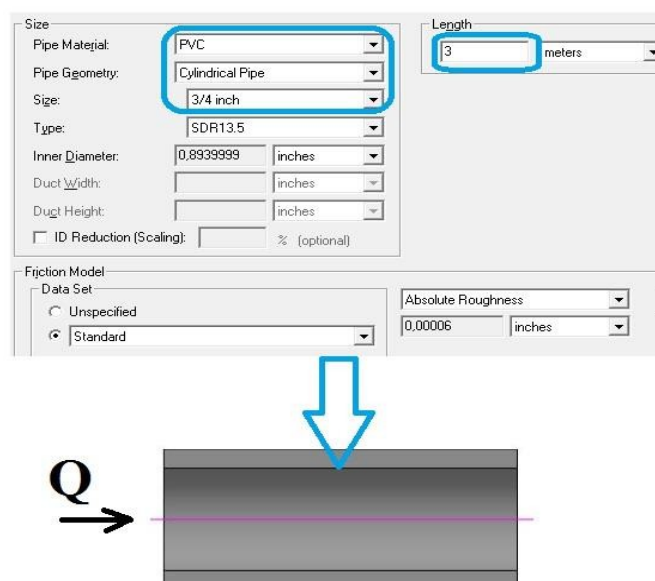


Рисунок 2.7 – Завдання граничних умов для ділянок трубопроводів.

На рисунку 2.8 показана область завдання граничних умов для фільтра.

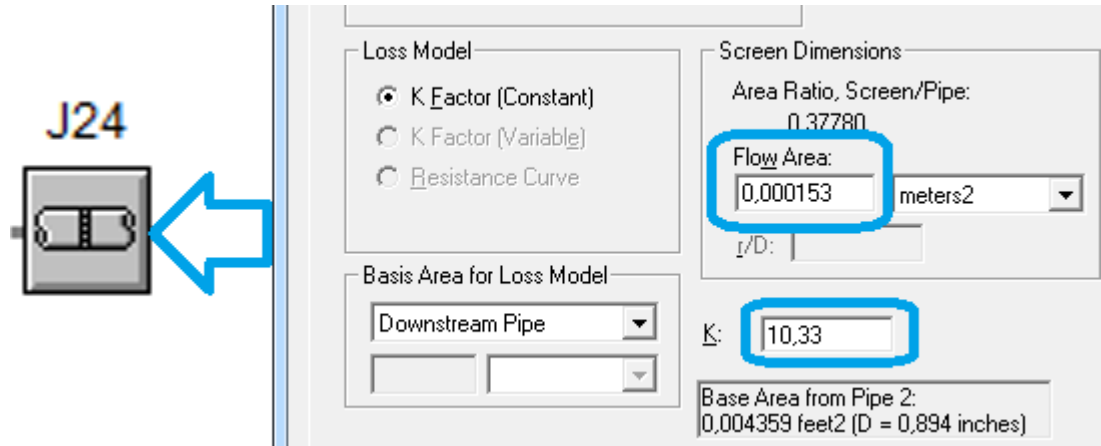


Рисунок 2.8 – Завдання граничних умов для фільтра

На рисунку 2.9 показана область завдання граничних умов для клапанів.

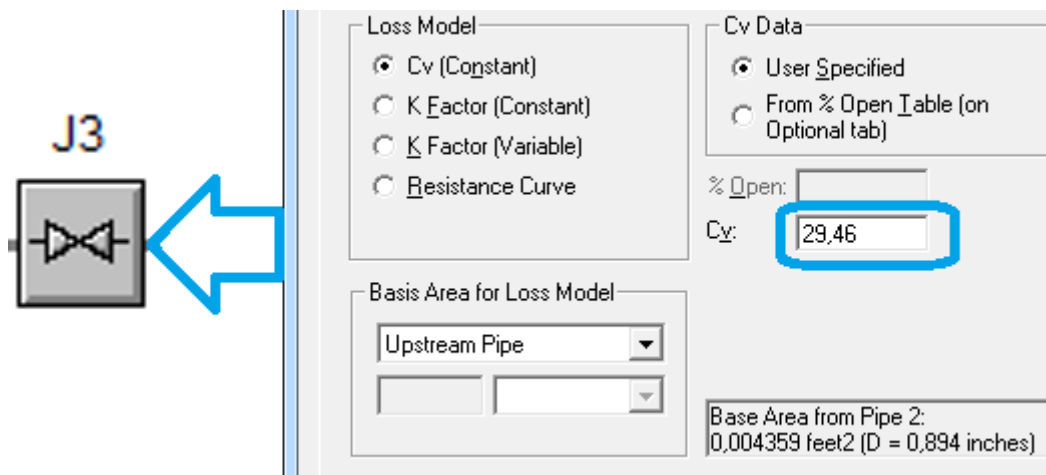


Рисунок 2.9 – Завдання граничних умов для клапанів

На рисунку 2.10 показана область завдання граничних умов для впорскувальних інжекторів.

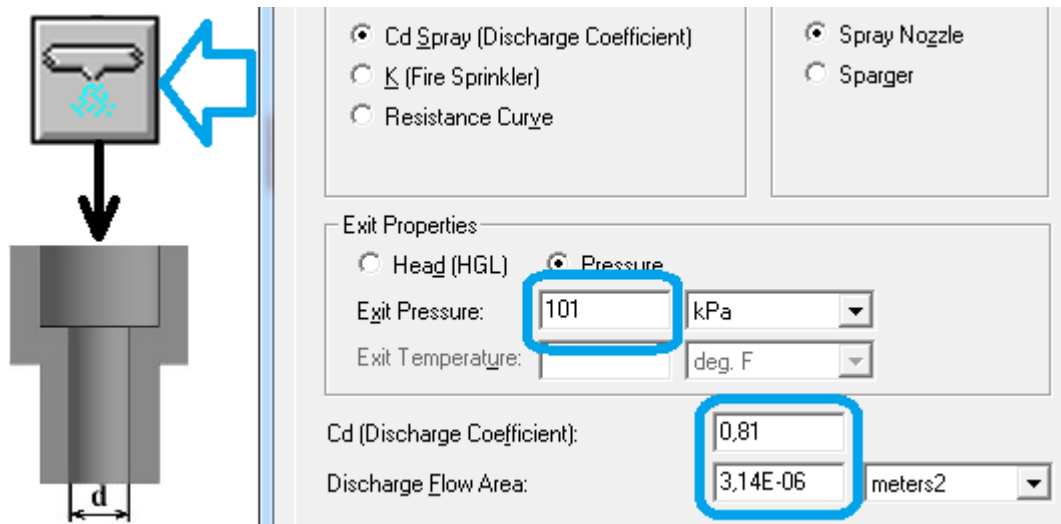


Рисунок 2.10 – Завдання граничних умов для впорскувальних інжекторів

2.1 Обґрунтування параметрів робочого органу внесення добрив

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 внутрішньогрунтове внесення рідких і гранульованих добрив.

Для цього на стійці щілінкоутворювача на заданому рівні просвердлені отвори внутрішнім різьбленням 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 щілінкоутворювача під гострим кутом до горизонтально-поперечної площини, а нарізування щілин здійснюють під кутом $30...45^{\circ}$.

На рисунку 2.11 (А) зображено робочий орган щілінкоутворювача, 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 2.11 (Б) зображено переріз Б-Б спосіб кріплення ножів 4 з добривом 5 на стійці щілинкоутворювача 1 за допомогою болтів 7 із внутрішньою шестигранною напівпотайною головкою.

На рисунку 2.11 (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 напрямної 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 виконанням 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

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

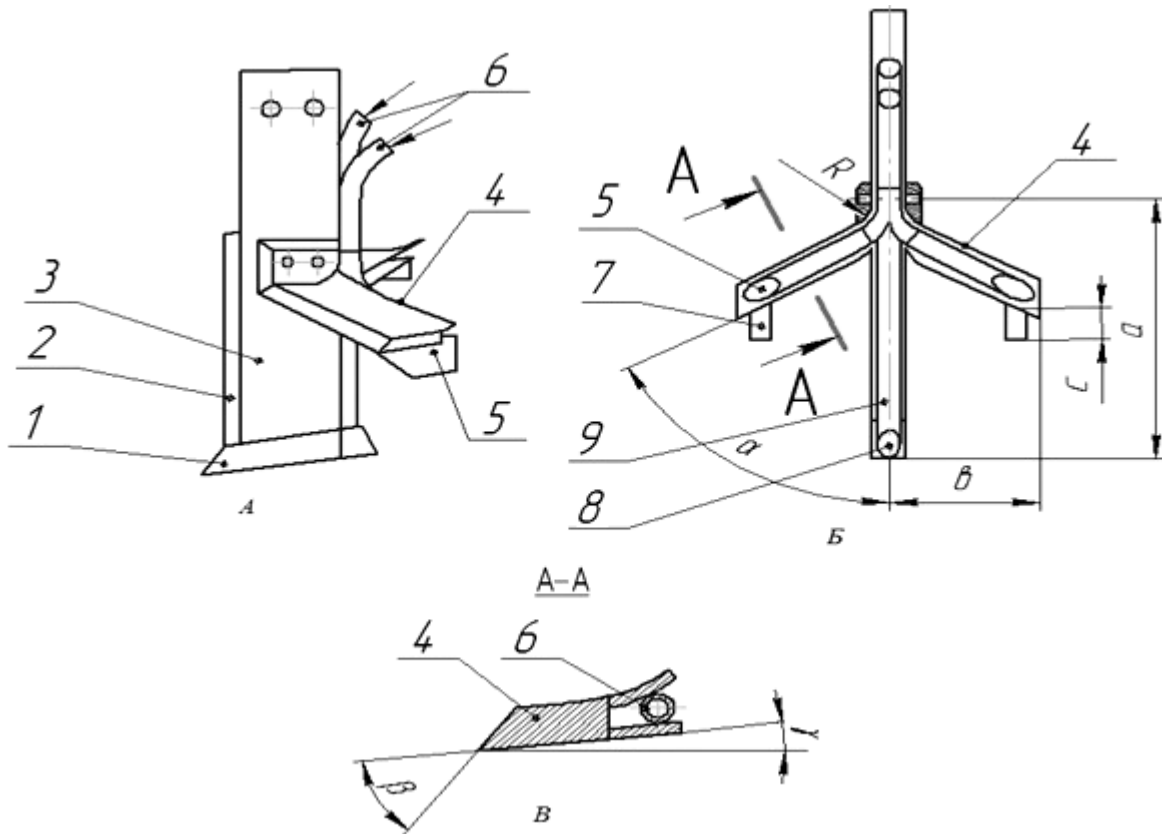


Рисунок 2.2 - Схема робочого органу для внесення добрив

1 - долото; 2 - розсікач; 3 - стійка; 4 - ніж; 5 – горизонтальний щілювача; 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.

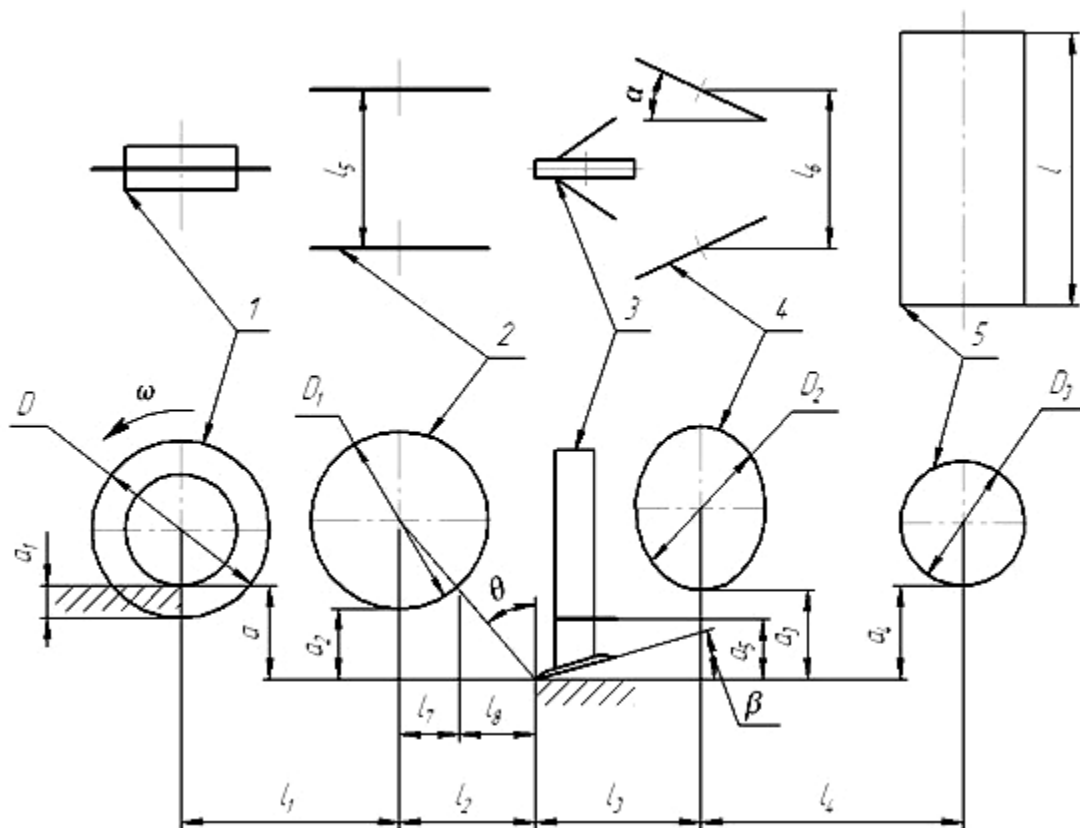


Рисунок 2.3 - Схема розміщення робочих органів на рамі знаряддя

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.

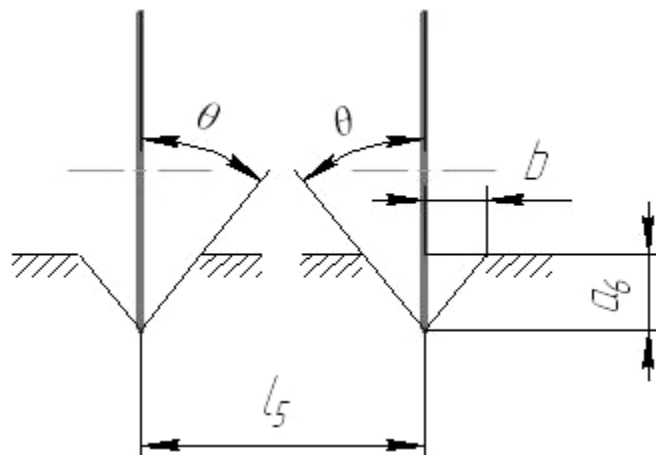


Рисунок 2.4 - Розрахункова схема встановлення бічних вертикальних дисків
 Кут θ залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту і змінюється в межах від 18 до 42° [12, 15].

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.

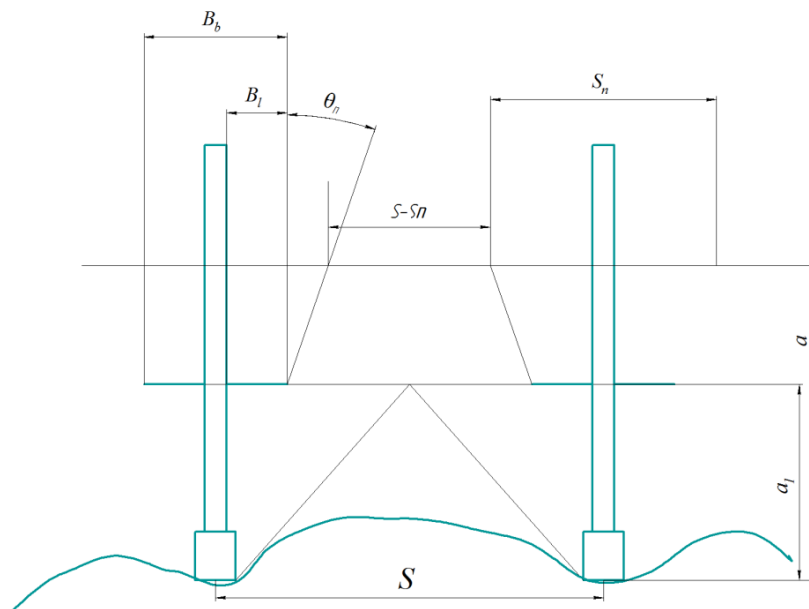


Рисунок 2.5 - Розрахункова схема для визначення ширини робочого органу для внесення добрив

З формули (2.1) виразимо мінімальну ширину робочого органу 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 щілінкоутворювача $a_1=0,15$ м і максимального кута сколювання ґрунту $\theta_n=42$ о ширина ножів верхнього ярусу обробітку і внесення добрив $B_b=0,18$ 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.

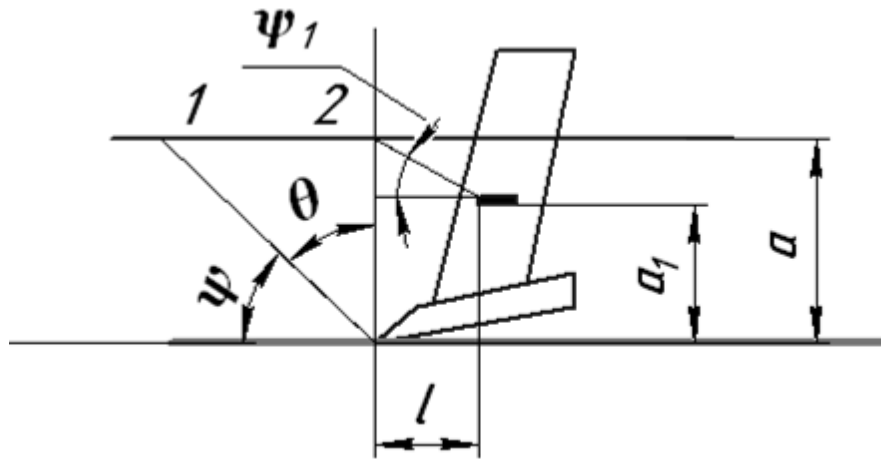


Рисунок 2.6 - Розрахункова схема висоти встановлення ножів на стійці щілювача

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 внутрішньоґрунтове 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.

Висновки

Обґрунтовано основні параметри, граничні та початкові умови для реалізації моделі гідравлічної системи внесення РКД у програмі AFT Fathom: тиск, що діє на поверхні рідини бака з розчином добрив 101 кПа; витрата, створювана насосом, 252 л/год; задавання коефіцієнтів опору трубопроводу 10,33; діаметра на ділянках трубопроводу 0,02 м; коефіцієнт опору клапанів і фільтрів 29,46; тиск на виході з упорскувальних інжекторів 101 кПа; коефіцієнт витрати 0,81; площа перерізу інжектора $1,53 \cdot 10^{-4} \text{ м}^2$.

3 МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Методика досліджень

З метою перевірки працездатності розробленої секції культиватора та визначення якості його роботи нами було проведено лабораторно-польові випробування. Підготовка випробувань проводилася відповідно до агротехнічних вимог зони. На обрану для випробувань ділянку склали характеристику із зазначенням типу ґрунту, рельєфу, мікрорельєфу, вологості. Тип ґрунту лужний чорнозем. Вологість ґрунту перед обробіткою становила в середньому 18-23 %.

Визначення вологості, налаштування культиватора всіх робочих органів на задану глибину обробітку проводили за загальновідомими методиками.

Для оцінки структурного стану ґрунту засновано на просіюванні через набір сит діаметрами отворів 10;7;3;2;1;0,5 мм не розтертого повітряно-сухого ґрунту масою 0,25 - 2,5 кг із подальшим зважуванням маси кожної фракції ґрунту на ситах. За співвідношенням суми вмісту (%) агрономічно цінних (0,25-10,0 мм) до малоцінних визначається коефіцієнт структурності та оцінюється структурний стан ґрунту.

Основним показником якості роботи культиватора є глибина обробітку ґрунту та ширина оброблюваної смуги. Метод, за яким оцінювалася глибина обробітку ґрунту, і так у 15-20 місцях визначаємо глибину обробітку ґрунту й знаходимо середнє значення, середня глибина її не повинна перевищувати більш ніж на 2 см. Якщо під час визначення виявлено відхилення то оранку бракують або їй знижується оцінка (рис. 3.1)



Рисунок 3.1 – Визначення середньої глибини оранки

Для визначення ширини оброблюваної смуги необхідно знати ширину розміщення підрізних дисків і глибину підрізання верхнього шару. Ширину розставлення підрізних дисків коригують за допомогою лінійки в 15-20 місцях, визначають його середнє значення, яке не повинно перевищувати 0,25 м, якщо значення перевищить встановлені обмеження, то обробіток буде суцільним, що не допускається. На рис. 3.2 показано процес обробітку ґрунту розробленим культиватором.

Метою дослідження було уточнення конструктивно-технологічних параметрів культиватора, критеріями якого були якість обробітку ґрунту за показником ступеня подрібнення ґрунту, в рамках ширини оброблюваної смуги та енергетична оцінка розробленої конструкції за показником тягового опору знаряддя.

Вологість ґрунту перед обробітком визначалася вологоміром сипучих матеріалів TR 47122 виробництва Forli і була в межах від 19 до 24 %. Методом просіювання та виділення фракцій було визначено структурний стан ґрунту після проходу знаряддя через решітні рамки. Розміри вічок рамок становили: менше 10 мм; від 10 до 25 мм; від 25 до 50 мм; від 50 до 100 мм; понад 100 мм.

Вимірювання тягового опору знаряддя проводили з використанням тензозвена вимірювального комплексу, обладнаного датчиком номіналом 30000 Н, який встановлювали між двома тракторами.



Рисунок 3.2 – Дослідження культиватора в лабораторно-польових умовах

Загальний вигляд культиватора для смугового обробітку ґрунту представлений на рисунку 3.3.

Для польових випробувань використовували щілинник посиленої конструкції, показаний на малюнку 3.4.

На культиватор встановлювали додаткове обладнання для внесення рідких комплексних добрив (РКД). На малюнку 3.5 показано пульт керування пристосуванням для внесення РКД.

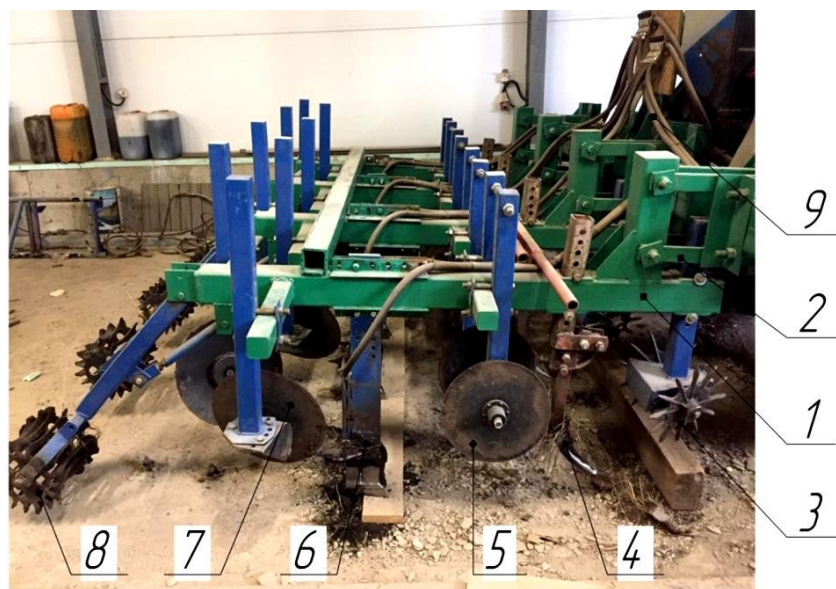


Рисунок 3.3 – Загальний вигляд

1 - рама; 2 - паралелограмний механізм; 3 - голчасті диски;
 4 - розпушувач; 5 - плоскі розрізні диски; 6 - розпушувач із
 тукопроводами; 7- сферичні диски; 8 - планчастий прикочувальний коток



Рисунок 3.4 - Щілювач посиленої конструкції для проведення польових випробувань

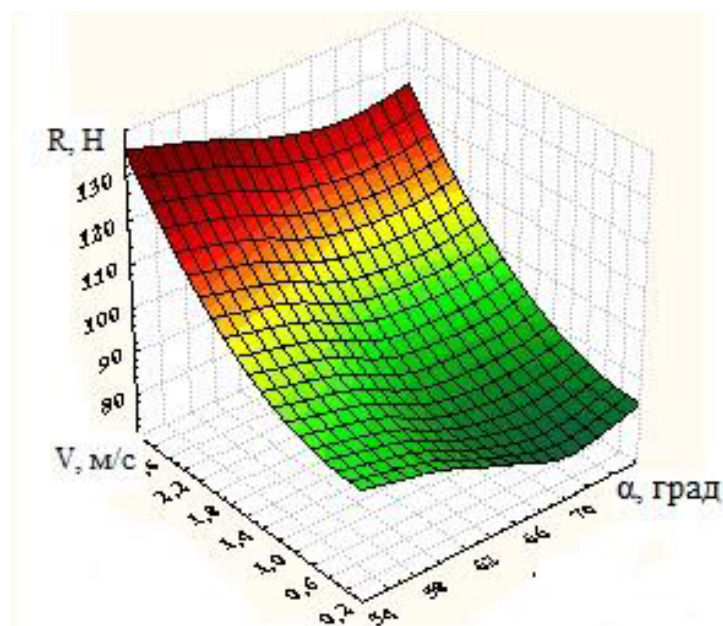
Пульт керування являє собою частотний регулятор, що керує двома незалежними насосами, які здійснюють подачу добрив на дві різні глибини. Привід насосів здійснюється від електромережі трактора.



Рисунок 3.5 - Пульта керування насосами пристосування для внесення РКД

3.2 Обґрунтування конструктивних параметрів робочих органів культиватора

Як конструктивний параметр для обґрунтування було прийнято кут постановки розпушувального робочого органу на дно борозни - кут подрібнення α_p , як технологічний параметр - швидкість руху V , а як вихідний параметр - тяговий опір (рис. 3.6).



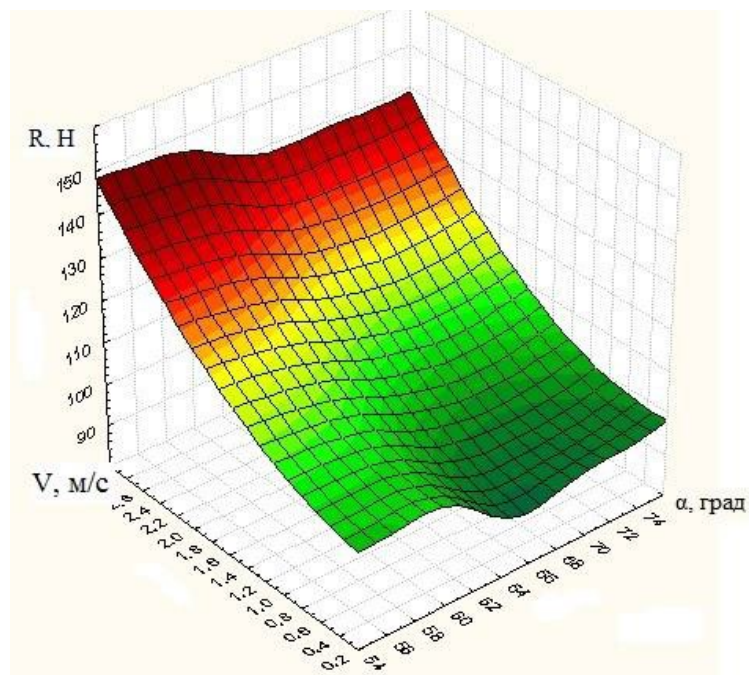
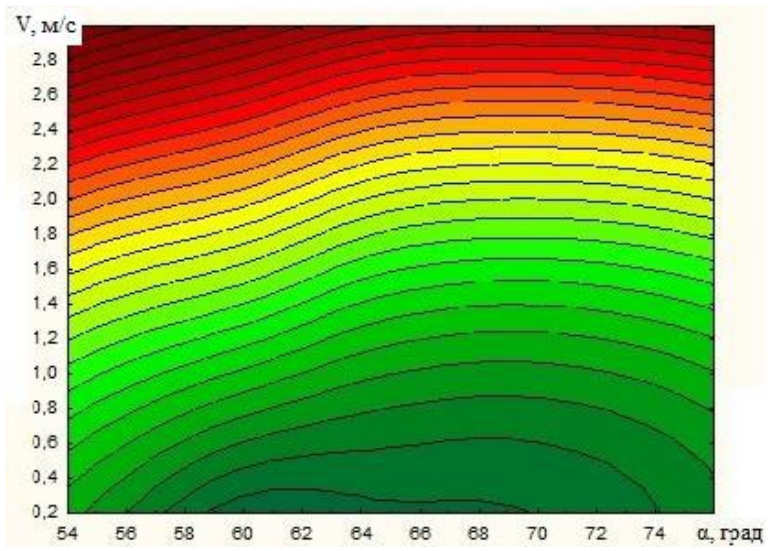
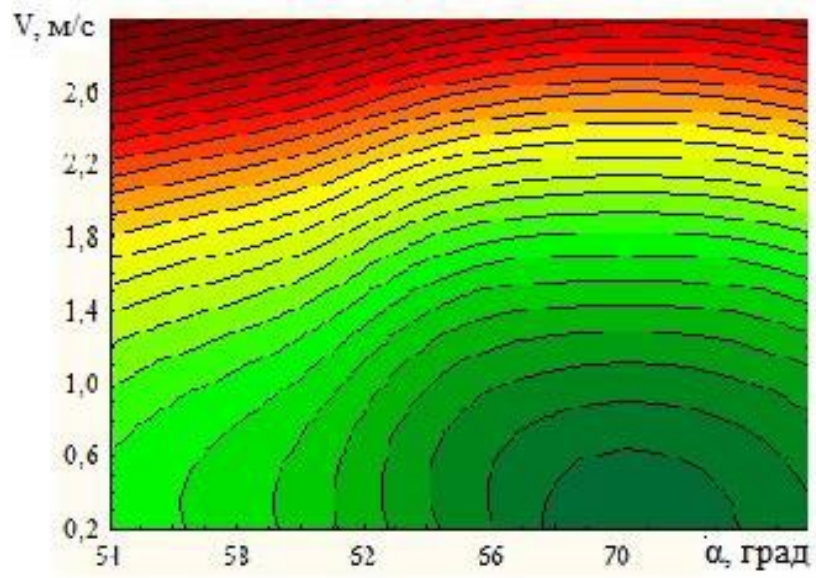


Рисунок 3.6 – Залежність тягового опору ущільнювача від кута становлення ножів від швидкості руху при глиинах 0,22м, 0,24м, 0,26м, 0,28м

У результаті опрацювання результатів моделювання було встановлено, що зі збільшенням швидкості руху розпушувача тяговий опір збільшується за квадратичною залежністю, що відповідає загальноприйнятим уявленням. Однак незалежно від швидкості руху розпушувача, спостерігається значне зниження тягового опору на кутах постановки розпушувача 60⁰...75⁰. Саме цей діапазон кутів і слід розглядати як раціональний конструктивний параметр розпушувача. Зниження тягового опору спостерігається через зменшення площі тертя ґрунтового середовища під час руху. Після досягнення деякого кута йде підвищення тягового опору через те, що ґрунтове середовище починає згруджуватися попереду ножів.

3.3 Моделювання процесу внесення РКД

В результаті моделювання були отримані наступні вихідні параметри на межі впорскувальних інжекторів. (рис.3.7)

Spray Discharge	Name	P Static In (kPa)	P Static Out (kPa)	P Stag. In (kPa)	P Stag. Out (kPa)	Vol. Flow Rate Thru Jct (liter/hr)	Mass Flow Rate Thru Jct (kg/sec)	Loss Factor (K)
12	Spray Discharge	124,5	101,0	124,5	101,0	6,282E+01	1,742E-02	2,535E+04
17	Spray Discharge	124,6	101,0	124,6	101,0	6,293E+01	1,745E-02	2,535E+04
18	Spray Discharge	124,7	101,0	124,7	101,0	6,306E+01	1,749E-02	2,535E+04
19	Spray Discharge	124,8	101,0	124,8	101,0	6,318E+01	1,752E-02	2,535E+04
26	Spray Discharge	125,4	101,0	125,4	101,0	2,336E-10	6,479E-14	1,900E+27

Рисунок 3.7 – Вхідні параметри

Оцінка результатів моделювання проводилась по двом параметрам – гідростатичном тиску та об'ємній витраті для 4-х інжекторів.

У результаті експериментів (рисунок 3.8 і 3.9) було визначено варіацію витрати добрив із впорскувальних інжекторів. Варіація склала 3,9%, що не перевищує встановлені агротехнічні вимоги.



Рисунок 3.8 – Визначення величини варіації витрати розчину РКД

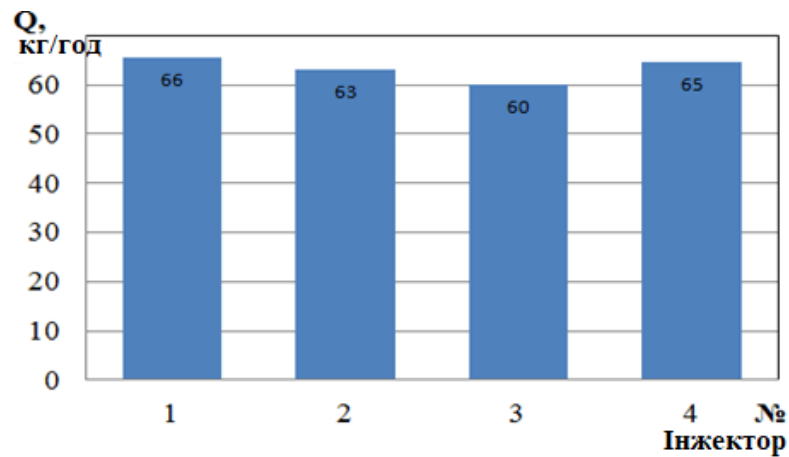


Рисунок 3.9 - Рівномірність розподілу рідких добрив по ширині захоплення культиватора

Таблиця 3.1

Результати визначення рівномірності розподілу рідких добрив по ширині захвату культиватора

Інжектор	Расход удобрений, кг/ч				Величина варіації, %
	Дослід №1	Дослід №2	Дослід №3	Середнє	
1	66	64	67	66	3,9
2	62	63	64	63	
3	61	60	59	60	
4	65	66	63	65	

За традиційної технології врожайність зеленої маси кукурудзи становила 280,0 ц/га, за смугового обробітку без унесення води - 292,0 ц/га, для варіанта з унесенням води - 332,9 ц/га, для варіанта з об'ємним внутрішньогрунтовим внесенням РКД - 363 ц/га. Прибавка врожаю за смугового обробітку з об'ємним внутрішньогрунтовим внесенням РКД порівняно зі смуговим обробітком без води та РКД становила 71 ц/га, а відносно контролю з внесенням води 40,9 ц/га. Прибавка врожаю за смугового обробітку та внесення добрив порівняно з традиційною технологією становила 83 ц/га. Таким чином, доведено ефективність розробленого культиватора з об'ємним внутрішньогрунтовим внесенням добрив і порівняно з традиційною технологією, і зі смуговим обробітком ґрунту.

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 різучі 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 ГРУНТУ

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:

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

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

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

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

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

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

($K_д = 1,03$);

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:

$$Z_{e1} = 8580 + 63765,1 + 6500 + 6289,2 + 7421,2 = 92555,5$$

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_{v1} - витрати на виготовлення секції культиватора.

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

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:

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

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:

$$Z = \frac{K \cdot L \cdot N}{W_{cm}} = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 1719}{5} = 390 \text{ грн / га}$$

де L - кількість обслуговуючого персоналу, осіб;

W_{cm} - годинна продуктивність машини;

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

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

Витрати на оплату праці за традиційної технології дорівнюють

$$Z = \frac{1,15 \cdot 1 \cdot 1076}{1,25} = 960 \text{ грн}$$

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 1,1 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 щілинкоутворювача.

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.

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.