

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

01.11 - МР.2223 С 2023.12.07. 099 ПЗ

КУЧМАГРА РОМАН СЕРГІЙОВИЧ

2024 р.

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

УДК 631.3:631.51(477.41)

ПОГОДЖЕНО

Декан механіко - технологічного факультету

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Вячеслав БРАТІШКО

(підпис)

(ПІБ)

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2024 р.

«___» _____ 2024 р.

МАГІСТЕРСЬКА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на тему Удосконалення технологічних операцій механізованого обробітку
грунту в умовах СФГ «Хлібодар» Київської області

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Гарант освітньої програми

доктор технічних наук, професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Братішко Вячеслав Вячеславович

(ПІБ)

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи

д.т.н., проф. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Войтюк Валерій Дмитрович

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Кучмагра Роман Сергійович

(ПІБ)

КИЇВ – 2024

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

**Завідувач кафедри технічного сервісу та
інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка**

д.т.н., проф. Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ПІБ)

« ____ » _____ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я
ДО ВИКОНАННЯ МАГІСТЕРСЬКОЇ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ СТУДЕНТУ**

Кучмагри Роману Сергійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Освітня програма «Агроінженерія»

(назва)

Орієнтація освітньої програми освітньо-професійна

(освітньо-професійна, або освітньо-наукова)

Тема магістерської кваліфікаційної роботи Удосконалення технологічних операцій
механізованого обробітку ґрунту в умовах СФГ «Хлібодар» Київської області

затверджена наказом ректора НУБіП України від «07» грудня 2023 р. № 2223 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____

(рік, місяць, число)

Вихідні дані до магістерської кваліфікаційної роботи Науково – технічна література; результати
науково-дослідних робіт по літературних джерелах по вивченню питання технологічних операцій
механізованого обробітку ґрунту

Перелік питань, що підлягають дослідженню:

1. Стан питання, огляд конструкцій і досліджень

2. Обґрунтування конструкції

3. Аналітична частина

4. Охорона праці

5. Економічна ефективність роботи

Перелік графічного матеріалу Електронна презентація на 19 слайдах

Дата видачі завдання «10» листопада 2023 р.

Керівник магістерської кваліфікаційної роботи _____

(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____

(підпис)

Войтюк В.Д.

(прізвище та ініціали)

Кучмагра Р.С.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Магістерська кваліфікаційна робота на тему «Удосконалення технічних операцій механізованого обробітку ґрунту в умовах СФГ «Хлібодар» Київської області», містить пояснювальну записку на 74 сторінках, у т.ч. 5 розділів, 47 рисунок, 7 таблиць, та використано список літературних джерел на 50 найменувань.

Робота присвячена удосконаленню технологічних операцій ефективності механізованого обробітку ґрунту.

Розроблена конструкція біонічного гольчатого диска ротаційної борони дозволить зменшити питомий тиск на родючий шар ґрунту та покращить тягово-зчіпні показники тракторів за рахунок збільшення площі контакту шин з опорною поверхнею.

Для реалізації поставленої мети в першому розділі проведено дослідження впливу коливань елементів машинно-тракторного агрегату на його динамічні показники.

В другому розділі проведено аналіз шляхів підвищення тягово-зчіпних показників колісних тракторів, врахувавши переваги і недоліки кожного обрано способ з використанням здвоєння коліс.

В третьому розділі проведено удосконалення ходової частини, а саме розроблено конструкцію пристрою кріплення додаткових коліс. Проведено конструктивно-технологічні розрахунки запропонованого пристрою, якими доведено підвищення тягово-зчіпних показників трактора за рахунок збільшення площі контакту коліс з опорною поверхнею.

Розроблено питання з охорони праці при експлуатації тракторів зі здвоєними колесами.

Виконано економічне обґрунтування запропонованого удосконалення.

Ключові слова: ГОЛЬЧАСТИЙ ДИСК, БОРОНА, ПОВЕРХНЕВИЙ ОБРОБІТОК ГРУНТУ, ПИТОМИЙ ТИСК НА ГРУНТ.

ЗМІСТ

РЕФЕРАТ.....	3
ЗМІСТ.....	4
ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ, ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ..	7
1.1. Огляд конструкцій комбінованих культиваторів вітчизняного виробництва.....	8
1.2. Комбінований агрегат TopDown 300-900.....	14
1.3. Комбіновані агрегати для умов смугового землеробства.....	16
1.4. Робочі органи комбінованих ґрунтообробних агрегатів.....	19
1.5. Комбінований агрегат конструкції І.І. Лазаренка.....	21
1.6. Загальна характеристика процесу боронування.....	24
1.7. Ротаційні борони масового виробництва.....	24
1.8. Гнучка борона Л.Ф. Бабицького.....	27
1.9. Ротаційні борони спеціального призначення.....	28
1.10. Біонічна ротаційна борона власної розробки.....	28
1.11 Огляд аналітичних досліджень.....	31
РОЗДІЛ 2 ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ.....	36
2.1. Обґрунтування прототипу і конструктивної схеми робочого органу.....	36
2.2. Математична модель.....	38
РОЗДІЛ 3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА.....	42
3.1. Програма та методика експериментальних досліджень.....	42
3.2. Результати експериментальних досліджень.....	49
РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
4.1. Аналіз стану безпеки праці в умовах СФГ «Хлібодар» Київської області.....	58
4.2. Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її здійсненні.....	58
4.3. Організація контролю.....	60

	8
Висновки по розділу.....	61
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	62
Висновок по розділу.....	67
ВИСНОВКИ.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	69

ВСТУП

Актуальність роботи. За визначенням боронування являє собою механізований обробіток, який передбачає кришення, розпушення, часткове перемішування, вирівнювання поверхні ґрунту, а також знищення проростків і сходів бур'янів. Його застосовують для подрібнення грудок, руйнування ґрунтової кірки, вирівнювання гребенів, тощо. Можна стверджувати, що боронування в значній мірі визначає якісний стан ґрунтового середовища.

Мета роботи – удосконалення технологічних операцій механізованого обробітку ґрунту, за допомогою ротаційної борони шляхом раціоналізації параметрів голчастого колеса.

Завдання досліджень. Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні завдання:

- на основі аналізу наведених в науково-технічній літературі результатів досліджень, окреслені невирішені проблеми та визначений напрямок аналітичних і експериментальних досліджень;
- аналітично обґрунтована форма голок та побудована аналітична модель взаємодії ротаційної борони з оброблюваним середовищем;
- виконані експериментальні дослідження на підтвердження адекватності висунутих робочих гіпотез і розроблених аналітичних моделей;
- проведені техніко-економічні розрахунки на підтвердження ефективності виконаних досліджень.

Об'єкт дослідження - процес взаємодії з ґрунтом нової конструкції голчастого диска.

Предмет дослідження - вплив конструктивних параметрів системи голчасте колесо-пружний стояк на якісні показники обробітку ґрунту та надійності конструкції.

Методи дослідження - теоретичні дослідження виконані з застосуванням методів теоретичної і землеробської механіки, аналітичної та нарисної геометрії, прикладної математики. Експериментальні дослідження виконані за спеціально розробленими методиками з залученням методів планування експерименту та регресійного аналізу.

РОЗДІЛ 1 СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

Механізованим обробітком ґрунту необхідно забезпечити отримання дрібногрудкової структури посівного шару. Обробіток ґрунту також спрямований на створення сприятливих умов для роботи сільськогосподарських машин на висіві, при догляді за посівами та збиранню врожаю. Вимоги агротехніки для створення найкращих умов проростання насіння та розвитку рослин носять районований характер для кожної окремої культури.

Умови органічного землеробства Вносять свої корективи в технологічні процеси обробітку ґрунту і сівби. Так особливістю сошників для дрібнонасіневих культур є те, що вони негативно реагують на рослинні залишки довжиною, що співставимі з шириною міжряддя сівалки.

Аналізом літературних джерел встановлено, що для більшості дрібнонасіневих культур раціональний приведений діаметр грудок становить 2 - 10 мм, довжина рослинних залишків до 50 мм.

Аналізом літературних джерел нами систематизована наступна схема досліджень, спрямованих на розробку нових робочих органів, рис. 1.1.

Суттєвим резервом підвищення ефективності використання земельних ресурсів, збільшення врожайності сільськогосподарських культур є скорочення термінів і покращення якості виконання технологічних операцій обробітку ґрунту. Як показує практика, одноопераційні агрегати втратили свою актуальність. Світова тенденція – це використання комбінованих багатоопераційних агрегатів. В Україні такі агрегати випускають. Вони у своїй більшості за компоновкою практично являють собою копію відомих закордонних зразків, але створені на основі застарілої елементної бази, що не дозволяє повністю реалізувати переваги конструкції. Особливо це є актуальним в умовах ведення органічного землеробства, для якого характерна занижена консолідація поверхневого шару ґрунту. Тому, проблема полягає в створенні комплексу комплектуючих робочих органів, адаптованих до ефективної сумісної роботи.

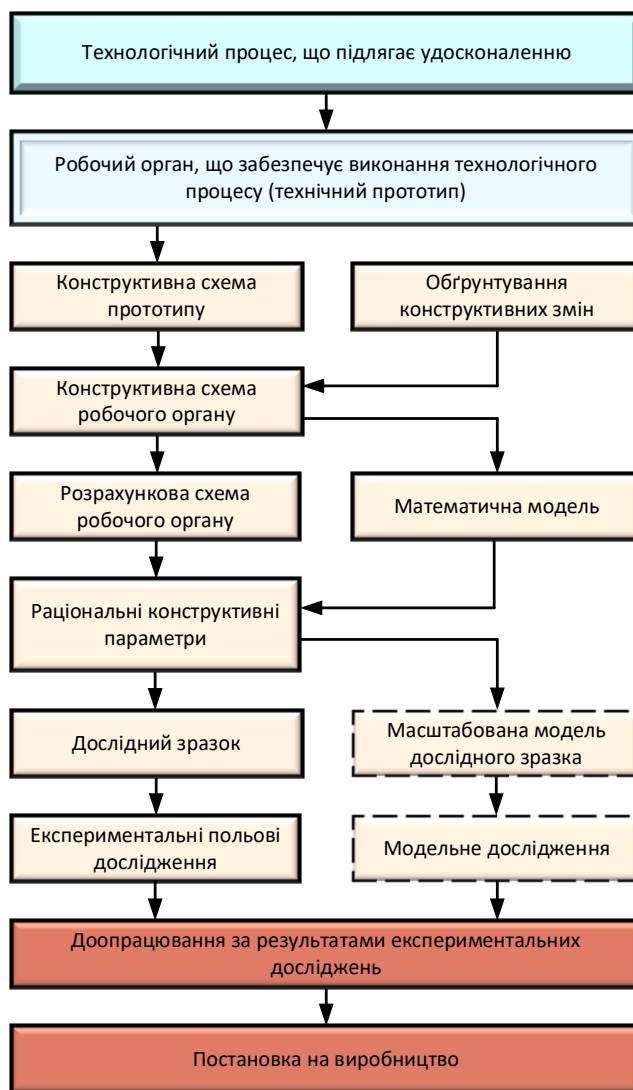


Рис.1.1. Послідовність досліджень, спрямованих на розробки нового робочого органу

Дослідження за тематикою магістерської кваліфікаційної роботи виконані нами у відповідності до наведеної структури робіт.

1.1. Огляд конструкцій комбінованих культиваторів вітчизняного виробництва

Одноопераційним агрегатом підготувати ґрунт для роботи сівалки рівня Тетро. Не можливо. Тому в технологічному процесі повинні бути задіяні комбіновані агрегати. Агрегат комбінований ґрунтообробний АКГ-3 (ВАТ «Уманьфермаш» рис. 1.2.).

Агрегат призначений для розпушення необроблених ущільнених ґрунтів з різним механічним складом, розробки задернілої скиби та брил після оранки,

підрізання бур'янів на необроблених полях після збирання основних сільськогосподарських культур та подрібнення пожнивних решток, прикочування розпушеного ґрунту.



Рис. 1.2. Агрегат комбінований ґрунтообробний АКГ-3

Основними складовими вузлами агрегату є: рама, колісний хід, робочі органи, гідросистема та механізм переведення агрегату в транспортне і робоче положення, причіпний пристрій.

Рама зварної конструкції, виготовлена з труб прямокутного перерізу. За допомогою болтових з'єднань на ній встановлені всі інші вузли та деталі агрегату.

Колісний хід складається із чотирьох опорно-ходових коліс. Передні обладнані гвинтовими механізмами піднімання або опускання коліс відносно рами (регулювання глибини ходу стрілочастих лап). Ступиці задніх коліс прикріплені до важелів поворотного вала, з'єданого шарнірно з основною рамою. Поворотний вал також має важелі, до одного з яких кріпиться шток гідроциліндра переведення агрегату з робочого положення у транспортне, і навпаки, а для іншого - жорстка стяжка для фіксування агрегату у транспортному положенні.

Робочі органи агрегату - стрілочасті лапи, сферичні диски, рубчасті котки. Стояки стрілочастих лап кріпляться до рами через пружинно- демпферні пристрої, що згладжують динамічні навантаження на лапи під час роботи. Сферичні диски мають постійний кут атаки, їх стояки жорстко прикріплені болтами до спеціальних кронштейнів, приварених на рамі. Регулювання глибини ходу дисків здійснюється шляхом зміни положення стояків по висоті відносно кронштейнів. Ззаду на рамі жорстко закріплені рубчасті котки, положення яких у

вертикальній площині регулюється суміщенням відповідних отворів кронштейнів підшипникових опор котків із отворами виносних кронштейнів рами.

Причипний пристрій складається зі сниці, закріпленої до рами шарнірно (у вертикальній площині) і механізму регулювання положення сниці відносно поверхні землі. Під час переміщення агрегату по полю стрілочасті лапи заглиблюються у ґрунт, розпушують його, а сферичні диски подрібнюють рослинні залишки і перемішують їх з поверхневим шаром ґрунту.

Ешелоноване розміщення лап (15 лап у 4 ряди) дозволяє встановлювати їх на рамі машини на порівняно великій відстані одна від одної. Відстань між лапами в ряду - 800 мм, між рядами - 630 мм, що сприяє проходженню робочих органів у ґрунті без порушень технологічного процесу.

Глибина ходу лап регулюється підніманням або опусканням передніх опорно-ходових коліс та рубчастих котків; сферичних дисків - зміною їх положення відносно рами по висоті.

Рубчасті котки додатково подрібнюють грудки, вирівнюють та ущільнюють поверхневий шар ґрунту, запобігаючи втратам продуктивної вологи. Під час роботи агрегату задні (транспортні) колеса підняті догори і не чинять тиску на оброблену поверхню поля.

Агрегат комбінований дисковий Power CUTT-4 (ВAT «Хмільниксільмаш»). Призначений для екологічного та економічного обробітку ґрунту за один прохід по будь-якому агрофону (забур'яненому, стерні різних культур, наявність великої кількості органічної маси, кукурудза, соняшник та ін.) за один прохід під посів. Складається з двох «бульдозерів»; двох батарей 2-рядних дисків; двох батарей культиваторних лап підвищеної стійкості; гнучкої борони; прикочувальних котків.

Батареї дисків зібрані на коротких квадратних валах, що забезпечує високу жорсткість конструкції і рівномірний компенсаційний розподіл зусиль, застосовуються підшипники, що центруються, з високим ресурсом напрацювання (2-3 тис. га), система захисту запобігає їх зносу при максимальних глибинах обробки, оригінальна система очищення дисків забезпечує якість обробки ґрунту

навіть у дощову погоду. Використання високоякісних імпортних систем гідравліки і колісного ходу гарантує надійність при агрегуванні з будь-якими видами тракторів.



Рис. 1.3. Агрегат комбінований дисковий Power CUTT-4

Універсальний комбінований напівнавісний агрегат для багатоопераційного обробітку ґрунту ЛКП-4.4 (ВАТ «Львівський завод фрезерних верстатів»). Призначений для високоефективного обробітку ґрунту. Використання комбінатора на післязливних полях, по стерні з розстеленою соломною або після скошених інших культур дає можливість високоякісно підготувати угіддя під посів, посадку.

Комплексне використання механізмів комбінатора дає можливість одночасно проводити такі види операцій:

- прорізні диски прорізають ґрунт по осі симетрії збірної лемішної лапи, що сприяє зменшенню тягової сили на трактор, крім цього, ламається бур'ян, залишки культур на полі.
- лемішні, стрілочаті лапи розрихлюють ґрунти, підрізають стерню, бур'ян і заробляють їх землею.
- тарілчасті диски перемішують, роздрібнюють землю і заробляють нею стерню, соломну, бур'ян і вирівнюють поле.
- здвоєні валки роздрібнюють і ущільнюють певний шар ґрунту, готують насінневе ложе для посіву зі збереженням вологи.

Ґрунтообробна машина ЛКП-4.4 агрегується із тракторами типу ХТЗ-17221 для легких ґрунтів, а для інших ґрунтів - з тракторами більше 200 к.с.

Агрегати комбіновані АК-4, АК-6 (ВАТ «Калинівське РП «Агромаш»). Призначені для розпушення та підготовки під посів за один прохід необроблених, ущільнених ґрунтів, підготовки під посів у попередньо розпушеного (зораного або розпушеного без обороту скиби) ґрунту з частково подрібненими поживними рештками на поверхні, парового обробітку ґрунту в степовій, лісостеповій та поліській зонах України на ґрунтах різного механічного складу.

Агрегат комбінований АК-4 складається з рами, батареї дисків, транспортного ходу стрілчастих лап, пруткового котка, вирівнювача, кільчасто-шпорового котка.

Агрегат виконує 5 операцій за один прохід:

- сферичні диски підрізають, подрібнюють верхній шар ґрунту, не порушуючи його структури;
- три ряди стрілчатих лап у культивуєчій частині обробляють посівний ґрунт глибиною до 20 см;
- перший ряд подрібнюючих барабанів проводить попереднє подрібнення ґрунту;
- вирівнювач у вигляді шини вирівнює верхній шар;
- котки забезпечують кінцеве подрібнення і ущільнення посівного шару ґрунту.

Технологічний процес проходить таким чином: диски, зібрані в батарею, розрізають верхній шар ґрунту: Три ряди стрілчатих лап підрізають та розпушують шар ґрунту. Прутковий коток і вирівнювач виконують подрібнення та вирівнювання поверхні поля. На завершальній стадії кільчасто-шпоровий коток здійснює остаточне подрібнення грудок і ущільнює ґрунт на глибину посіву.

Агрегат комбінований АК-6 компактний, універсальний, чотирьохопераційний культиватор із широким спектром застосування. Використовується як для поверхневого обробітку, так і для інтенсивної культивації з чудовим змішуванням поживних залишків на глибину обробітку

від 5 до 25 см. Завдяки високій рамі та відстані між стійками пожнивні рештки добре змішуються навіть у найскладніших умовах.

Агрегат виконує такі операції за один прохід:

- передній ряд дисків «ромашка» виготовлений зі сталі 65Г за спеціальною технологією, що забезпечує довговічність і низькі витрати на технічне обслуговування. Диски подрібнюють пожнивні залишки, що залишились після збирання урожаю, і змішують їх із верхнім шаром ґрунту. Робоча глибина дисків плавно регулюється від 3 до 12 см. Можлива комплектація дисків трьох видів (гладкі, «ромашка», culter), а також регулювання трьох кутів атаки батареї дисків;

- культивуєча частина знаряддя АК-6 складається із чотирьох рядів лап, нерухомо закріплених на рамі агрегату, призначених для суцільної культивації нижче рівня роботи дисків, для розпушування ґрунту та підрізування бур'янів. Лапа проникає у ґрунт під кутом 10-15 градусів;

- сталевий планчатий барабан розбиває грудки і розрівнює ґрунт після проходження культиваторних лап;

- заключною частиною робочої конструкції є ряд важких котків, які подрібнюють та ущільнюють ґрунт.

У першу чергу ущільнення є важливим чинником при посушливих умовах. Робиться це для того, щоб насіння рослин і бур'янів, що залишились, сходили швидко і одночасно, а також створюється бар'єр для випаровування вологи.



Рис. 1.4. Агрегат комбінований АК-4 (6)

При роботі агрегату комбінованого АК-6 вирізні диски змішують органічні і мінеральні добрива, соломку, сидерати та інші поживні залишки з верхнім шаром ґрунту (0-6см).

1.2. Комбінований агрегат TopDown 300-900

Комбінована машина TopDown 300-900 - це багатофункціональний диско-лаповий культиватор, який здатний за один прохід якісно підготувати ґрунт. Здатність змінювати глибину обробітку відповідно до різних умов та потреб на полі культиватор TopDown є надзвичайно універсальним та довговічним. Використовуючи культиватор TopDown зменшується кількість проходів по полі, при цьому зберігається ґрунтова волога, зменшуються витрати. Завдяки одночасному виконанню кількох операцій культиватор TopDown створює хороше насіннєве ложе з дрібногрудочкуватою структурою лише за один прохід. Основними його перевагами є збереження ґрунтової вологи, оптимальний ступінь ущільнення та заощадження часу протягом напруженого періоду обробітку ґрунту. TopDown - це багатофункціональний культиватор, який в одній машині поєднує чотири робочих зони. Диски, розташовані з інтервалами 12,5 см, та закріплені на індивідуальних стійках з гумовими амортизаторами, забезпечують подрібнення стебел та соломи, перемішуючи їх у верхньому шарі. Потім лапи, з інтервалом між проходами 27 см, розпушують і ретельно перемішують ґрунт та поживні рештки на глибину до 30 см. На завершальному етапі вирівнювальні диски і коток якісно вирівнюють та прикочують поверхню ґрунту. Завдяки одночасному виконанню кількох операцій культиватор TopDown створює хороше насіннєве ложе з дрібногрудочкуватою структурою лише за один прохід. Основними його перевагами є збереження ґрунтової вологи, оптимальний ступінь ущільнення та заощадження часу протягом напруженого періоду обробітку ґрунту.



Рис. 1.5. Багатофункціональний диско-лаповий культиватор TopDown 300-900

Як і у більшості комбінованих агрегатів, в конструкції застосований ешелонований принцип розташування робочих органів. Сутність полягає в тому, що однотипні робочі органи сгруповані в секції, які в певній послідовності встановлені на єдиній рамі. Але на відміну від відомих агрегатів в утвореному ешелоні секції можна міняти місцями, що надає можливості адаптувати агрегат під конкретні умови експлуатації. Основна задача культиватора – сформувати мілкокомковату структуру ґрунту і подрібнити рослинні рештки. Досягається це за рахунок використання батарей з дисками різного конструктивного виконання. Розглянемо дві найбільш оригінальні конструкції дисків. На рис. 1.6. представлена конструкція фрезерного диска. Оригінальність технічного рішення полягає в тому, що по периметру диска розташовані вирізи, які утворені двома концентрично розташованими сферами. Фактично ми отримуємо аналог фрези, але параметри вирізів обґрунтовані з точки зору раціонального різання без заклинювання рослинних решток.

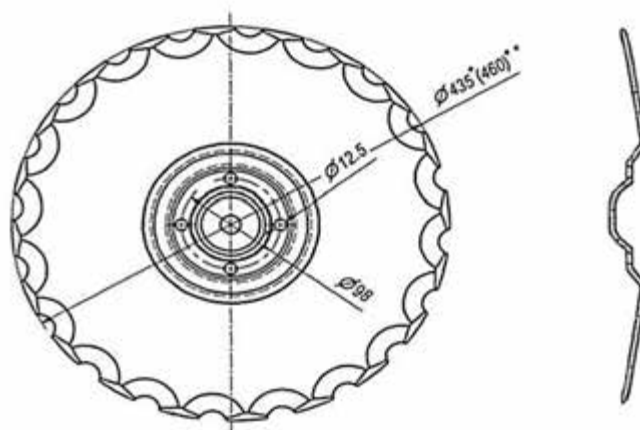


Рис. 1.6. Фігурний диск культиватора TopDown 300-900



Рис. 1.7. Лопатевий диск культиватора TopDown 300-900

Батарея рис. 1.7. утворена плоскими дисками серповидної форми індивідуально встановленими на стояках з можливістю зміни кута постановки до вертикалі. Призначення такого технічного рішення - підрізання кореневої системи стерні зібраної культури.

1.3. Комбіновані агрегати для умов смугового землеробства

Сьогодні багато аграріїв використовують технологію «Strip-Till», або смуговий обробіток ґрунту. Це не просто модне захоплення а можливість суттєво збільшити прибутковість. «Strip-Till» - це економна технологія обробітку ґрунту, при якій виконують мінімальний обробіток ґрунту. При підготовці ґрунту по даній технології виконується прогрівання і підсушування ґрунту, руйнують ущільнення і вносять мінеральні добрива. Обробіток проводять тільки смуги куди буде виконаний посів шириною 20-30 см. та глибиною до 30 см. Дана технологія найбільш ефективна при підготовці до висіву пропашних культур. Враховуючи те, що тема нашої роботи пов'язана з культурами, застосування системи смугового обробітку може бути досить перспективним. Особливість технологічного процесу підготовки смуги до сівби полягає в тому, що рослинні рештки можна не дрібнити, а просто виносити за межі смуги, що і зроблено в комбінованому агрегаті АСОГ-8, рис. 1.8. АСОГ-8 виконує підготовку по технології стрип-тіл. Він має ширину захвату 5,6 м. і складається з 8 секцій, які розташовані на відстані 70 см. одна від одної і прикріплені до рами за допомогою

пералелограмної навіски, що дозволяє секціям заглиблюватись рівномірно. Кожна секція виконує обробіток в смузі рядка і виконує 5 технологічних операцій.

Спочатку диск розрізає рослині рештки, потім очисник який складається з двох дисків звільняє смугу від решток рослин. Розрихлюючий ніж виконує рихлення ґрунту на глибину до 30 см. і вносяться мінеральні добрива. Пара загортальних дисків не дозволяють розкидання ґрунту на міжряддя і формують гребінь. Даний гребінь сприяє прогріванню ґрунту та збереженню вологи. Каток закриває вологу, руйнує грудки та готує смуги до сівби. При обробітку на зиму каток не застосовують.



Рис. 1.8. Комбінований агрегат смугового землеробства АСОГ-8

Даний агрегат також випускається в модифікації, яка оснащена механізмом внесення мінеральних добрив, що робить його ще більш комбінованим рис.1.9.



Рис. 1.9. Комбінований агрегат смугового землеробства АСОГ-8
обладнаний механізмом внесення добрив.

Гребенева технологія землеробства

Для роботи в умовах гребеневого землеробства розроблена спеціальна борона (рис. 1.10.). Робочий орган виконує ярусний обробіток при гребневому розміщенню культури, наприклад картоплі. Ротор обробляє міжряддя з нищенням бур'яну і розпушує гребені на невелику (до 3 см) глибину. До недоліків конструкції слід віднести те, що ротор закріплений консольно і тому навантаження на підшипникову опору буде збільшеним. Але варіант з двома опорами не забезпечить сходження рослинних решток з голок і тому не використовується. Як правило голки таких борін виконують циліндричними з однобічним загостренням. В залежності від напрямку загострення секція має різну реакцію ґрунту. Тому вони можуть бути ліво і правосторонніми. В залежності від конкретних умов, їх можна міняти місцями.



Рис. 1.10. Ротаційна борона для роботи в умовах гребеневого землеробства

Технологія землеробства Strip-Till

Особливість системи смугового землеробства Strip-Till полягає в чередуванні оброблюваних і необроблюваних смуг, що виключає можливість використання борін стандартної ширини захвату. Нами розроблена конструкція секції ротаційної борони, яка повністю вписується в систему машин для смугового землеробства (рис. 1.11.). Особливість конструкції також полягає в тому, що батарея має пружні стояки, що в процесі роботи призводить до збудження коливань. Автоколивання в системі сприяють самоочищенню від

забивання міждискового простору рослинними рештками, що в умовах обмеженого простору смуги суттєво підвищує технологічну надійність секції.

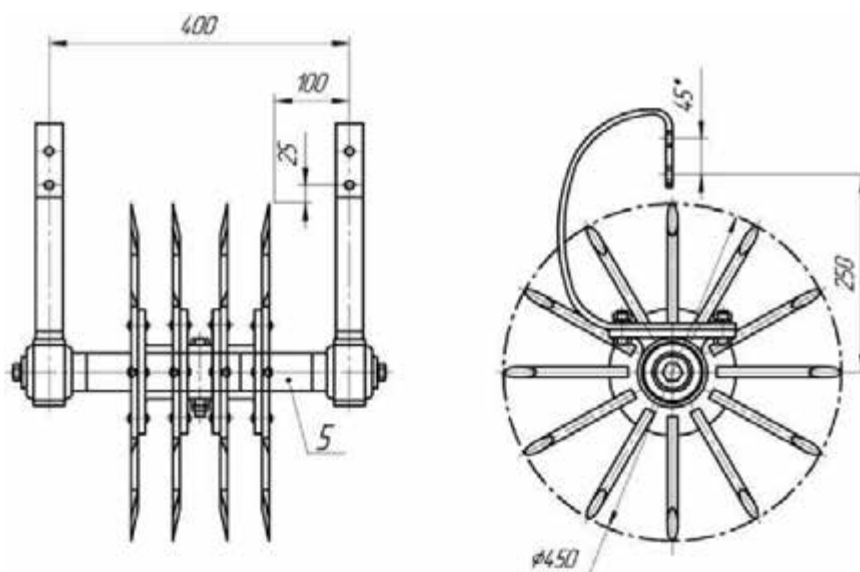


Рис. 1.11. Секція ротаційної борони для роботи за системою смугового землеробства Strip-Till - власна розробка

1.4. Робочі органи комбінованих ґрунтообробних агрегатів

1.4.1. Дискові робочі органи

Аналіз конструкцій показує, що в комбінованих агрегатах використовують практично всі відомі конструкції дисків. Як в складі дискових батарей, так і на індивідуальному кріпленні. В зв'язку з тим, що розроблений нами агрегат не передбачає комплектацію сферичними дисками їх конструкції в огляді не наводимо. Взагалі, базовий варіант передбачає комплектацію звичайними плоскими дисками в вигляді батареї з єдиним валом. Але батарея може бути укомплектована дисками іншого конструктивного виконання (рис. 1.12.).

Надати перевагу одному з представлених дисків складно, бо всі вони добре зарекомендували себе в багатьох конструкціях. Таким чином вони всі можуть бути включені до базового варіанту комплектації розробленої машини. Конструкція може бути укомплектована і шпоровими дисками, такими як наприклад, розробки кафедри тракторів і сільськогосподарських машин (рис. 1.12.). Ця конструкція теж має в основі біологічний прототип - лісового їжака.

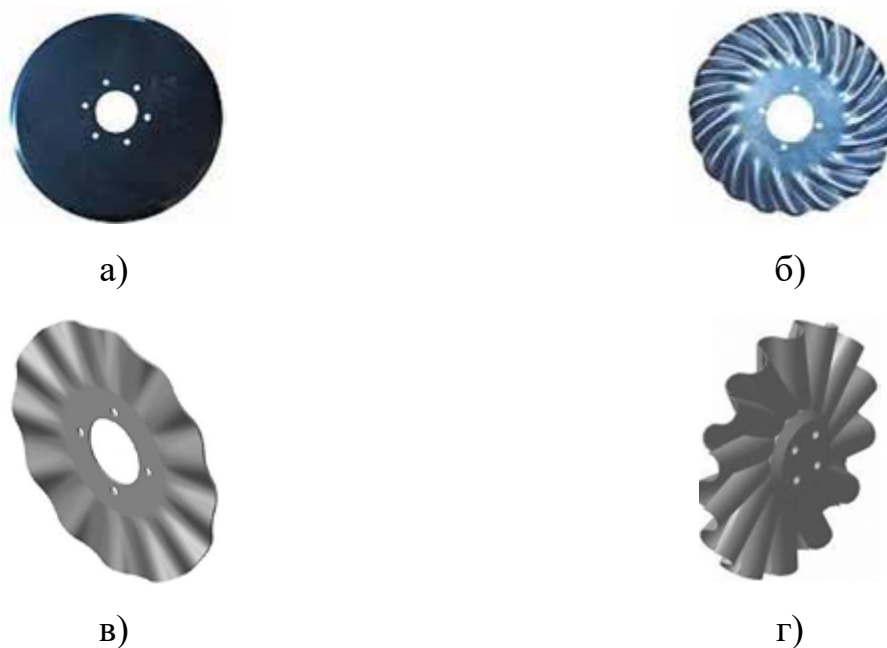


Рис. 1.12. Варіанти виконання дисків для комплектації розробленого комбінованого агрегату:

а - Плоский диск Bellota; б, в, г - турбодиски Great Plains

1.4.2. Аналіз конструкцій стрільчастих лап.

В більшості комбінованих агрегатів використовують стрільчасті лапи традиційної конструкції. Їх легко отримати по кооперації і в умовах масового виробництва вони відносно дешеві. Але ряд виробників незважаючи на витрати комплектують свої агрегати спеціально розробленими лапами рис. 1.13. Їх параметри обґрунтовані для роботи в режимі покращеного режиму різання з проковзуванням, або з метою підвищення надійності. Не зважаючи на більш високу собівартість виготовлення і відповідно ціну продажу. Такі лапи користуються хорошим попитом.



Рис. 1.13. Окремі види інноваційних стрільчастих лап :

а - профіль леза логарифмічної форми ; б - підвищеної стріловидності;

1.4.3. Катки-подрібнювачі

Як правило комбіновані ґрунтообробні агрегати комплектують катками-подрібнювачами, або їх використовують як окремий агрегат. Катки-подрібнювачі мають два конструктивні виконання: барабанного (рис. 1.14.) і дискового (рис. 1.15.) типу

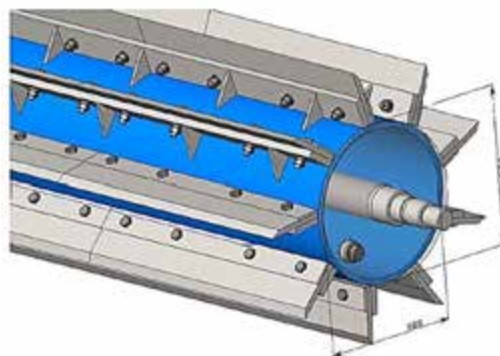


Рис. 1.14 Конструктивна схема типового катка-подрібнювача барабанного типу



Рис. 1.15. Каток-подрібнювач дискового типу

Як показує досвід використання катків підприємством «Альфа-Агро» Петриківського району Дніпропетровської області. Обидва катки показують хороші результати роботи по вирівнюванню поверхні і подрібненню рослинних решток, як у стоячому так і у скошеному варіанті. Особливо ефективним є використання катків по агрофону грубостеблових культур.

1.5. Комбінований агрегат конструкції І.І. Лазаренка

Конструкцію цього агрегату необхідно навести в огляді по цілому ряду причин:

1. Комбінований агрегат є найпростішим, а може і найпримітивнішим втіленням самих сучасних технологій обробітку ґрунту. Причина на поверхні: Закордонні комбіновані агрегати являють собою конструктивні технічні рішення надсучасного рівня, але вони не адаптовані до наших ґрунтових умов, ще і плюс органічне землеробство в умовах чорнозему. Найраціональним було б рішення - це використання агрегатумодульної конструкції, в якій модулі можна змінювати у відповідності до конкретних умов, але на даний момент такі конструкції відсутні. І.І. Лазаренко, враховуючи досвід експлуатації відомих закордонних машин, розробив власну конструкцію, але відсутність якісної вітчизняної комплектації сучасного рівня примусила шукати компромісні варіанти, які і являють собою конструктивно-технологічні рішення І.І. Лазаренка. Тому, ця конструкція носять компромісний варіант між потребами і можливостями.

2. Науковець вже тривалий час практикує органічне землеробство і досвід його роботи повинен бути систематизований і опрацьований пристосовно до ґрунтових умов Дніпропетровської області.

Технологічний процес відбувається наступним чином. При наявності на поверхні поля рослинних залишків грубостебельних культур, дискова батарея 3, їх подрібнює. Далі, стрільчасті лапи 4 розпушують ґрунт на глибину 5 - 8 см і вичісують бур'яни, що встигли дати паростки. Наступним етапом турбодиски 6 занурюють рослинні рештки у ґрунт на глибину ходу стрільчастих лап. Завершує технологічний процес реберчастий каток, який ущільнює поверхневий шар ґрунту і подрібнює рослинні рештки на поверхні. Основна ідея конструкції полягає в тому, що стрільчаста лапа підрізає ґрунт і завдяки рваній поверхні леза (рис. 1.16.) вичісує рослинні рештки до глибини 2-3 см, тим самим створюючи ідеальні умови для роботи турбодисків. В подальшому, з метою зменшення кінематичної довжини агрегату, турбодискова батарея була винесена в окремий агрегат і зроблена двослідною.

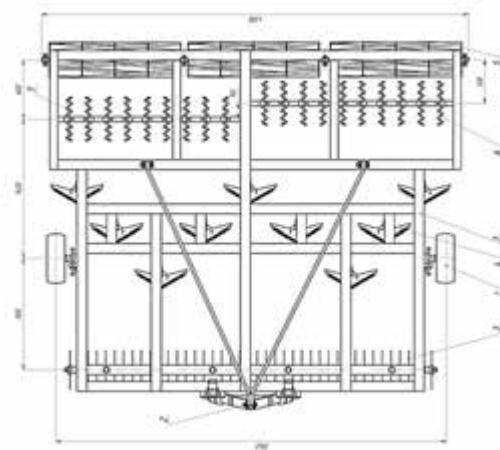


Рис. 1.16. Конструктивна схема комбінованого агрегату І.І. Лазаренка

1 - рама; 2 - начіпний пристрій; 3 - батарея дискова (встановлюється тільки при наявності рослинних решток грубостебельних культур великої довжини, 4 - лапа стрільчаста; 5 - каток опорний; 6 - батарея турбодискова (в остаточному варіанті виділена в окремий агрегат).

Конструктивна ширина захвату лап 400 мм, перекриття 50 мм. Робота у умовах заниженої консолідації ґрунту забезпечується стріловидною лапи і нанесенням на її поверхню рваного шару зносостійкого матеріалу, а як відомо рвана поверхня леза є гарантом підвищеної ріжучої спроможності. Наявність катка-подрібнювача в даній конструкції є обов'язковою. Бо потрібен механізм вирівнювання поверхні. На рис. 1.17.,б) можна чітко відслідкувати сліди лез барабана. За крайньої необхідності їх можна видалити шляхом боронування, але як показує досвід така проблема не виникає.



а)



б)

Рис. 1.17. Стрільчасті лапи та загальний вид ділянки

а - стрільчаста лапа конструкції І.І. Лазаренко б- загальний вид ділянки після проходу агрегату

Слід відмітити, що як видно на рис. 1.17.,а - стільчаста лапа є плоскорізною і кути підйому грудей і атаки крил. Малі: від 5 до 7 градусів. Це пояснюється тим, що винесення нижнього шару на поверхню категорично не припустиме. В ході роботи встановлено, що раціональною робочою швидкістю для такого типу агрегатів є 14-18 км/год. При роботі по агрофону залишків грубостеблових культур і до 20 км/год по аргофону зернових культур.

1.6. Загальна характеристика процесу боронування

Оглядом літературних джерел встановлено, що агротехнічні вимоги на якість боронування залежать від того яким чином борона використовується: як самостійний агрегат, чи у складі ґрунтообробного комплексу. Проте можна окреслити вимоги, які є спільними для різних варіантів використання борін:

- глибина борозен 3 - 4 см;
- діаметр грудок ґрунту не більше 5 см;
- відсутність брил і гребенів;
- відсутність огріхів;
- відсутність бур'янів;

в разі післясходового боронування кількість пошкоджених культурних рослин не більше 3%.

Для зменшення випаровування вологи навесні боронуванням на поверхні ґрунту створюють мульчуючий шар товщиною 3-4 см. Операцію рекомендовано проводити коли вологість поверхневого шару буде становити. близько 60% повної вологості. Для запобігання огріхів боронування рекомендується проводити з перекриттям за шириною захвату 15-20 см

1.7. Ротаційні борони масового виробництва

Останнім часом ротаційні борони різного конструктивного виконання отримали широке розповсюдження, що обумовлене рядом переваг над пасивними робочими органами.

Оглядом літературних джерел встановлено. Саме ротаційні борони дають

змогу подолати проблему утворення кірки на посівах озимих культур, розв'язуючи цілу низку супутніх проблем.

На полях України працюють різноманітні моделі ротаційних борін, що відповідають усім агротехнічним вимогам, і які виготовляють закордонні та вітчизняні фірми-виробники сільськогосподарської техніки. Розглянемо, на наш погляд, найцікавіші серед них.

Ротаційна зубова борона «ДИНАР», рис. 1.18. обробляє ґрунт на глибину до 5 см. Основним робочим органом є дискова батарея, що складається з роторних зірочок з евольвентним профілем зуба. Роторні зірочки виготовлені методом литва зуба і ступиці як єдиного конструктивного елемента.

Зміна інтенсивності дії на ґрунт виконується регулюванням жорсткості подвійної пружини стояка кріплення і швидкістю руху агрегату.

В цілому перевага робочих органів з косим зубом полягає в геометрії входження зуба у ґрунт. Так, якщо вигин зуба спрямований за напрямком руху, то зуб входить у ґрунт вертикально, якщо повернути зуб вигином проти напрямку руху то інтенсивність дії на ґрунт суттєво зростає, що є корисним при обробці стерні



Рис.1.18. Ротаційна борона «Динар», виробництва ПАТ «Лозовські машини»

Окремо слід розглянути випадки, коли ротаційна борона використовується у складі комбінованого агрегату. В такому разі борона не є основним базовим

робочим органом і використання зірочок (дисків) складної конструкції не є виправданим, бо основний технологічний процес виконують інші робочі органи.

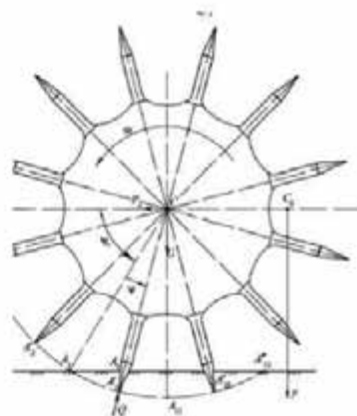


Рис.1.19. Ротаційна борона у складі комбінованого агрегату

За правило в таких конструкціях використовують найбільш дешевий базовий варіант з прямими зубами циліндричної форми (рис. 1.19.). Проте в разі коли борона виконує основний технологічний процес її конструктивні елементи максимально адаптують до цього процесу. Так для збагачення поверхневого шару повітрям використовують принцип так званого мікрориву [3,4]. Сутність полягає в тому, що кінцевіку зуба надають форму лопати (рис. 1.20.) В процесі роботи зуб повторює процес підкопування лопатою. Принциповим є те, що на завершальному етапі реакція діючих сил буде спрямована від дна борозни вертикально в напрямку денної поверхні, що зовні нагадує вибух.

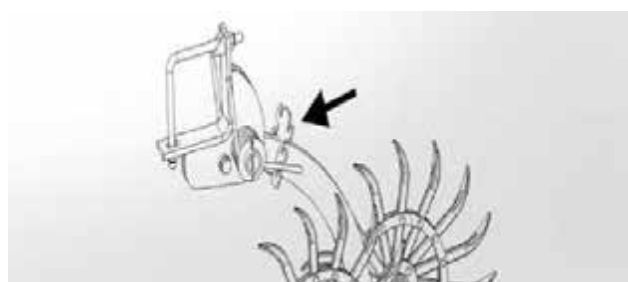
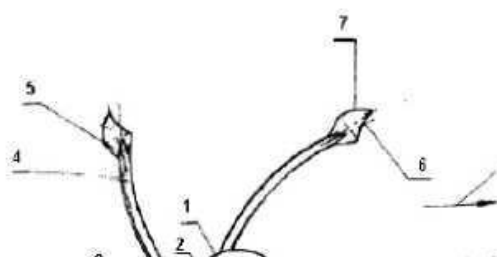


Рис. 1.20. Варіанти виконання зубових дисків підкопуючої дії

В варіанті легких ґрунтових умов знайшли розповсюдження легкі голчасті ротаційні борони, які використовують в основному для порушення ґрунтової кірки (рис. 1.21.). До недоліків слід віднести значну кількість складових одиниць в конструкції.



Рис. 1.21. Голчастий диск легкої ротаційної борони

1.8. Гнучка борона Л.Ф. Бабицького

Л.Ф.Бабицький [3,4] запропонував конструкцію гнучкої ротаційної борони (рис. 1.22.).

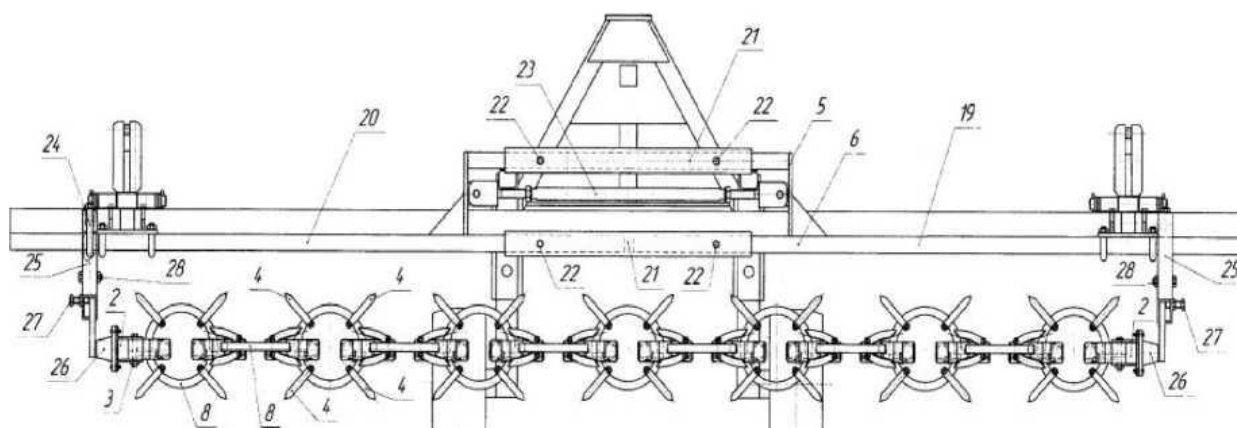


Рис. 1.22. Конструктивна схема гнучкої ротаційної борони Л.Ф. Бабицького

В процесі руху, за рахунок наявності пружних елементів, голки виконують складний коливальний рух (рис. 1.23.), що дозволяє робити поверхневий шар ґрунту більш однорідним.

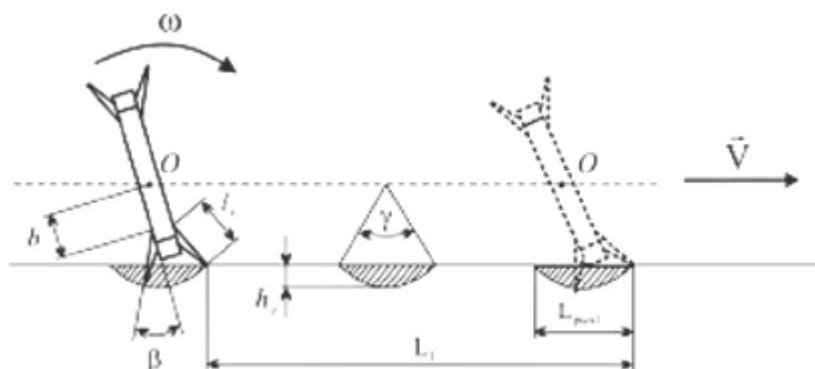


Рис. 1.23. Схема коливального руху голок борони Л.Ф. Бабицького
Запропонована борона V- подібної форми. (рис. 1.24.).

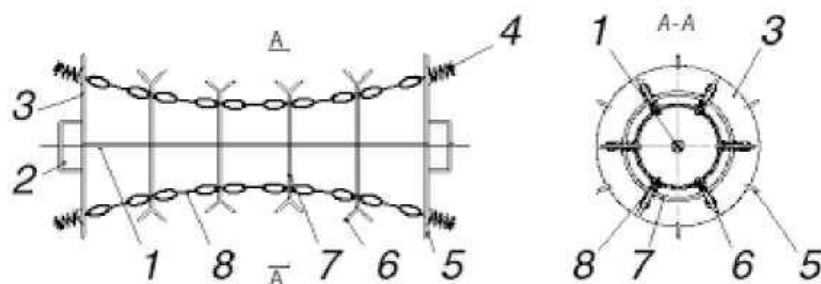


Рис. 1.24. Схема гнучкої ротаційної борони

1 - вал; 2 - опора валу; 3 - диск опорний; 4 - циліндрична пружина;
5 - ґрунтозацеп; 6 - зуб; 7 - проміжне кільце; 8 - ланцюг.

Конструкція даної машини представлена на рис.1.25.



Рис. 1.25. Схема борони

1.9. Ротаційні борони спеціального призначення

Розглянуті вище конструкції борін призначені до роботи в умовах рядової експлуатації, тобто на звичайних плантаціях в умовах традиційної системи землеробства. В той же час існує ряд технологій вирощування сільськогосподарських культур, які теж потребують боронування, але традиційними способами це зробити не можливо. Розглянемо окремі конструктивні рішення, адаптовані саме під такі технології.

1.10. Біонічна ротаційна борона власної розробки

У ротаційних зубових і гольчатих борін в процесі роботи виникають технологічні відмови з причини нависання на голках суміші ґрунту і рослинних решток. В процесі аналітичних досліджень було проаналізовано, як цю проблему

вирішує звичайний лісовий їжак. Розв'язка впливає з аналізу будови вузла кріплення голок до панцирю тварини (рис. 1.26.)

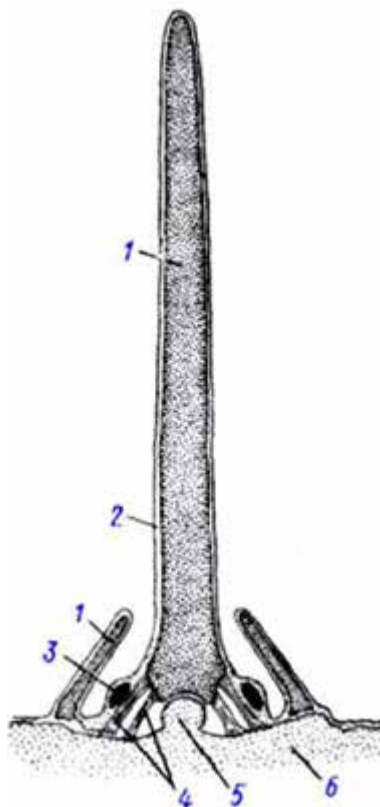


Рис. 1.26. Схема кріплення голки до панциря їжака:

1 - голка; 2 - епітелій; 3 - нерве кільце; 4 - м'язи; 5 - суглобова головка; 6 - панцирь

З точки зору кінематики, процес виглядає наступним чином. Нервова система тварини подає сигнал на нерве кільце 3, м'язи 4 починають стискатись-розтискатись і приводять у коливальний рух голку. Коливання голок відбувається не синхронно і в системі спостерігається несинхронізований коливальний рух всіх голок індивідуально, що призводить до видалення наколотих рослинних решток

На рис. 1.27. приведені конструктивні схеми різних варіантів аналогу голки біологічного прототипу. Варіанти відрізняє характер доведення сили реакції голки до суглобової кінцівки 4: *а, б* - зосереджений; *в* - розсереджений

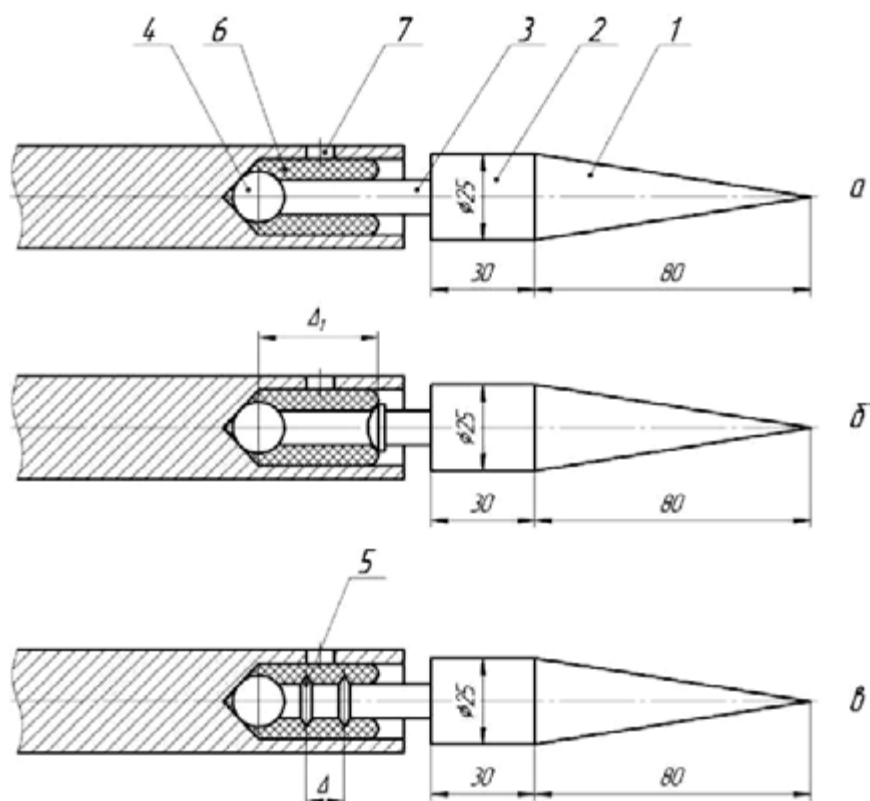


Рис. 1.27. Варіанти конструктивного виконання голок [11]

1 - наконечник; 2 - тіло голки; 3 - шток; 4 - суглобова кінцівка; 5 - технологічні проточки; 6 - силіконова маса; 7 - технологічний отвір

На рис.1.14 представлена узагальнена конструктивна схема біонічного гольчатого диска ротаційної борони [11]

Конструкція уніфікована з відомими конструктивними рішеннями розглянутих вище борін і може бути використана в серійних конструкціях.

Не дослідженим є питання кількості робочих циклів пружного елемента до його руйнування. Імітаційними дослідженнями встановлений прогнозований строк безаварійної роботи складає 2 - 2,5 роки, але слід відмітити, що в разі руйнування пружного елемента, голку заклинить в корпусі і конструкція буде працювати в пасивному режимі, тобто, працездатність буде збережена.

Слід відмітити, що технологія заповнення порожнини корпусу голки в умовах масового виробництва відпрацьована на ДП «Гуляйпільський маханічний завод» і проблем не викликає в разі руйнування пружного елемента.

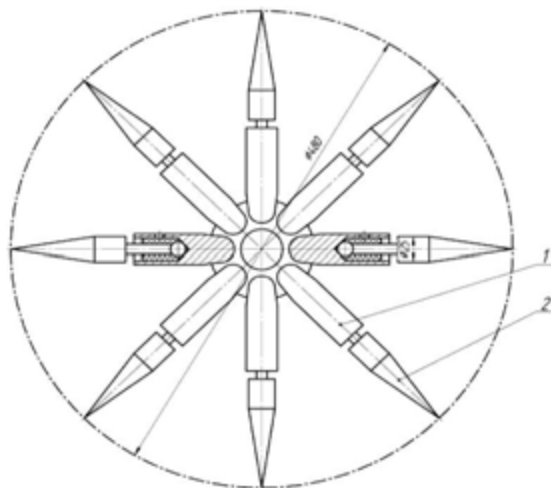


Рис. 1.28. Конструктивна схема біонічного гольчатого диска ротаційної борони
1 - корпус зуба; 2 - зуб

1.11. Огляд аналітичних досліджень.

Виходячи з того, що розроблена нами конструкція має в якості прототипу виконану раніше розробку кафедри сільськогосподарських машин [6]. Виконаємо огляд окремих найбільш визначальних елементів аналітичних досліджень наведених в [6].

В якості основи в моделі прийнята розрахункова схема (рис. 1.29.).

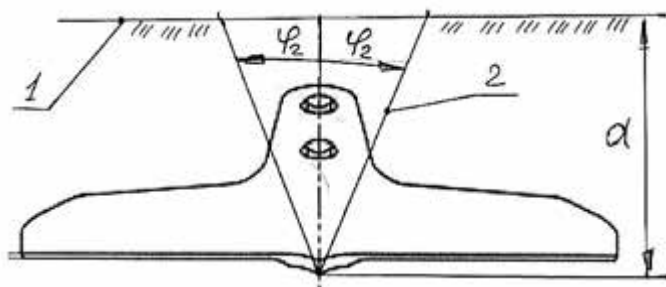


Рис. 1.29. Розрахункова схема до визначення діючих сил:

1 - рівень денної поверхні; 2 - пріоритетний напрямок розповсюдження ліній сколювання

Послідовність взаємодії робочої поверхні з ґрунтом наступна.

Лобова частина лапи відділяє від загального масиву ґрунту призму сколювання, яка потрапляє на поверхню лапи і в процесі її руху на поверхню діють сили нормального тиску і тертя. Тяговий опір буде являти собою проекцію на напрямок руху всіх діючих сил. Розглянемо їх послідовно.

У відповідності до [16], сила сколювання призми дорівнює

$$F_{СК} = C_{ПИТ} \cdot S, \quad (1.1.)$$

де $C_{ПИТ}$ - питоме зчеплення часток ґрунту в консолідованому стані;

S - площа поверхні сколотої призми.

Для визначення площі розглянемо розрахункову схему (рис. 1.30.). Як відомо [16] від ріжучого елемента в поперечно-вертикальній площині розповсюджуються лінії сколювання під кутом внутрішнього тертя до вертикалі.

В роботі пропонується спочатку знайти загальну силу сколювання, а потім її рівнодіючу спроектувати на напрямок руху. На наш погляд, це не є методично виправданим, бо не всі складові рівнодіючої мають складову повздовжньої реакції. Для малих глибин таке усереднення може бути виправдане тим, що лінія сколювання розповсюджується на малих глибинах під кутом φ_2 до профілю леза [13,16] і частина площі сколювання яка не співпадає з напрямком руху буде складати малий відсоток від загального сколювання. але на глибинах коли треба підрізати кореневу систему, а це більше за 15 см, необхідно приймати напрямок $90^\circ + \varphi_2$.

У відповідності до [6] утворювана фігура являє собою перевернуту призму з параметрами

$R = \alpha \cdot tg\varphi_2$ - радіус кола основи;

$L = \frac{\alpha}{\cos\varphi_2}$ - утворююча призми.

Площа, утворюваної фігури дорівнює

$$1. \quad S = 3,14 \cdot R \cdot L, \quad (1.2.)$$

де α - кут постановки лобової частини до дна борозни.

де α - глибина робочого ходу;

φ_2 - кут внутрішнього тертя консолідованого ґрунту.

Таким чином, проекція сили сколювання на напрямок руху буде дорівнювати.

$$F_1 = F_{СК} \cdot T \cdot \cos(90 - \alpha - \varphi_3), \quad (1.3.)$$

де α - кут постановки лобової частини до дна борозни.

Модель виконана у відповідності до розрахункової схеми (рис. 1.30.)

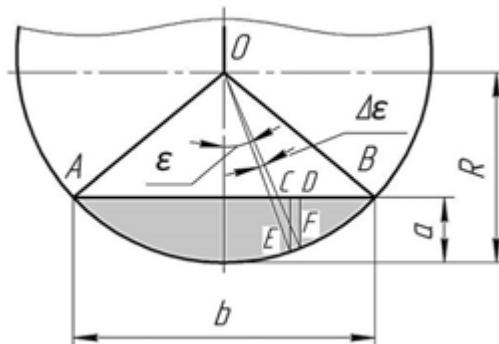


Рис. 1.30. Розрахункова схема до визначення сил, що діють на диск

Постійно на диск діють: сила різання шару ґрунту на глибину його занурення і сила тертя ґрунту.

Кут входження у ґрунт від'ємний, тому розгалуження тріщин не буде. Занурену частину диска (заштрихований сектор) можна розглядати як вертикальну підпірну стінку. Виріжемо на її поверхні нескінченно тонку елементарну ділянку CDFE і розглянемо її як елементарну підпірну стінку. Висота ділянки

$$H = CE = R \cdot (1 - \cos \varepsilon), \quad (1.4.)$$

Питомий тиск, що діє на виділену ділянку, спрямований перпендикулярно до її поверхні і доведений на висоті, що дорівнює 1/3 її висоти від нижнього обрізу.

$$E_\alpha = \frac{\gamma \cdot H^2}{2} \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5 \cdot \varphi_2), \quad (1.5.)$$

де γ - питома вага ґрунту

φ_2 - кут внутрішнього тертя

Ширина ділянки при $\varepsilon \rightarrow 0$

$$CD = R \cdot \Delta \varepsilon, \quad (1.6.)$$

де R - радіус диска.

Таким чином, загальний тиск ґрунту на виділену ділянку становить

$$P = E_a \cdot R \cdot \Delta\varepsilon, \quad (1.7.)$$

Загальна сила тертя зануреної частини диска (з двох боків) прикількості дисків в батареї $n = 6$

$$F_B = 12 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5 \cdot \varphi_2) \cdot \operatorname{tg}\varphi_1 R \cdot \int_0^\omega [a - R \cdot (1 - \cos\varepsilon)]^2 \cdot d\varepsilon, \quad (1.8.)$$

де

$$\omega = \frac{R-a}{R}. \quad (1.9.)$$

φ_1 - кут тертя ґрунту по сталі.

Диск рухається на невеликій 5-6 см глибині в розпушеному шарі ґрунту до того ж в умовах органічного землеробства консолідація ґрунту занижена. Тому, в роботі [6], прийняте, що сили зминання у порівнянні з силами тертя суттєво менші, тому їх не враховували.

Слід відмітити, що більшість конструктивних і кінематичних параметрів ротаційних борін кожним виробником відпрацьовані експериментально і стосовно наперед визначеної конструкції. Прийняття конструктивної схеми залежить в основному від досвіду і інтуїції розробника. Аналітичні обґрунтування як правило відсутні. В результаті аналізу конструкцій ротаційних борін встановлено, що дія їх робочих органів на ґрунт може бути систематизована наступним чином: вертикальне занурення прямої голки з конусоподібним наконечником [5], створення мікровибуху [4,7,11], дія торцевою поверхнею [16]. В першому випадку кришення відбувається за рахунок вертикальної ріжучої сили занурення леза, в другому утворення вертикально діючої сили від нижнього до поверхневого горизонтів, в третьому кришення відбувається під дією стискаючих сил. Більшістю дослідників варіант мікровибуху розглядається як пріоритетний.

Серед останніх досліджень, слід відмітити роботу В.В. Шевчука [21], який показав голки циліндричної конструкції з конічним наконечником. (рис. 1.31.)

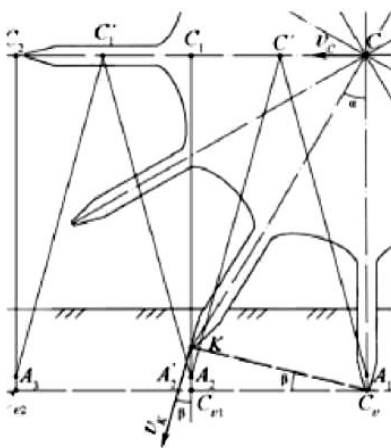


Рис. 1.31. Розрахункова схема до визначення кінематичних параметрів голчастого диска

Також слід відмітити роботи Л.Ф. Бабицького (рис. 1.32., 1.33.).

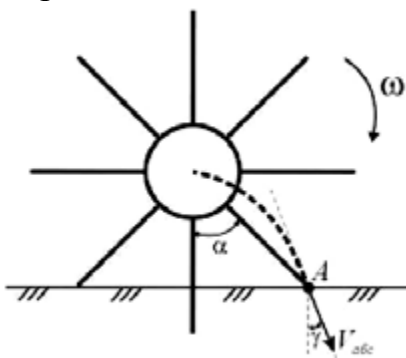


Рис. 1.32. Кінематична схема руху голки диска

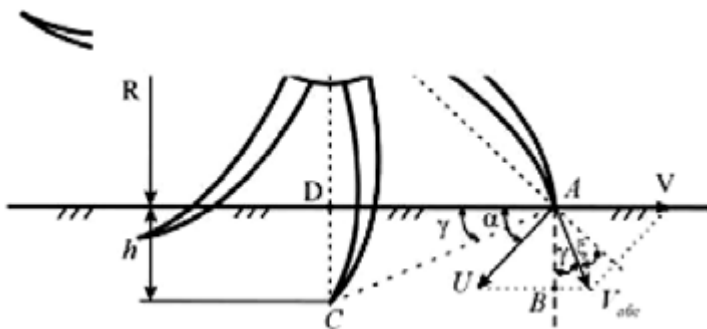


Рис. 1.33. Загальний вид голки, запропоновано Л.Ф.Бабицьким

Висновок по розділу

Відомі конструкції ротаційних борін забезпечують якісне виконання технологічного процесу, але вони конструктивно складні і як наслідок мають високу вартість виготовлення. Тому метою даної магістерської роботи є обґрунтування максимально простої конструкції, але такої що могла б забезпечити якісні показники виконання технологічного процесу.

РОЗДІЛ 2 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ

2.1 Обґрунтування прототипу і конструктивної схеми робочого органу

За основу досліджень прийнятий робочий орган роторної борони БРН-3,5А (рис. 2.1.). Вибір обґрунтовано тим, що дана борона випускається низькою вітчизняних виробників і досить розповсюджена в господарствах.

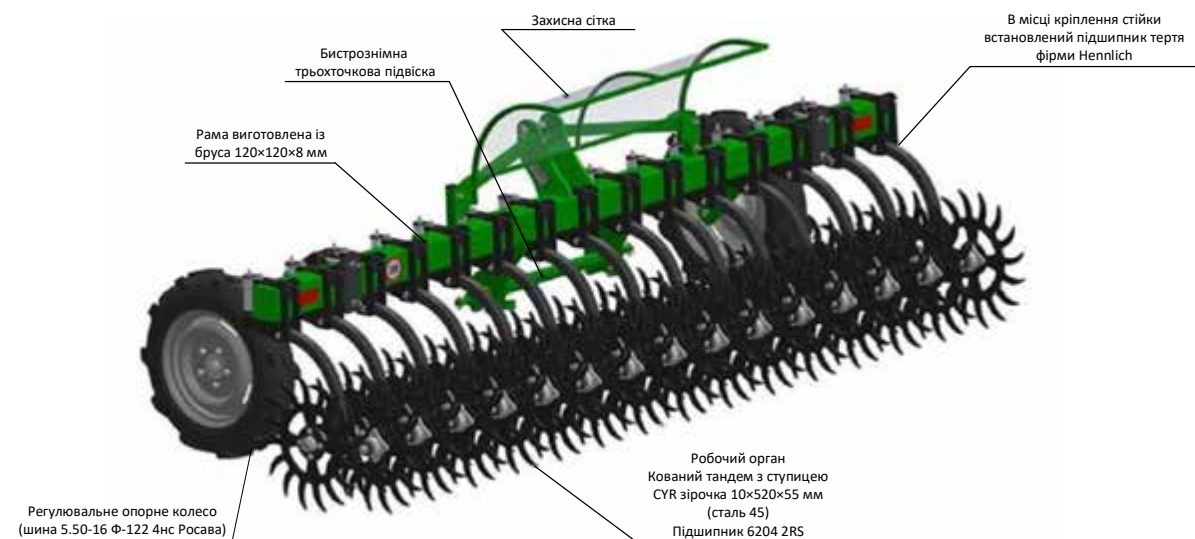


Рис. 2.1. Борона ротаційна начіпна БРН-3,5А

Борона призначена для суцільної і міжрядної обробки будь-яких культур: зернових, просапних, сої, овочів і т.д. Підходить для всіх типів ґрунтів. При обробці даним агрегатом проводиться механічна боротьба з бур'яном в фазі нитки, розпушування кірки ґрунту і закладення добрив або гербіцидів. Гойдає тандем на двох підшипниках збільшує термін служби даного вузла і забезпечує копіювання рельєфу ґрунту і однакову глибину обробки. Чим вище швидкість, тим сильніше рихлити ґрунт.

Профіль зуба такої борони добре аргументований, що дозволяє нам використовувати елементи досліджень [3,4,8,21].

Візуальними спостереженнями за роботою прототипу встановлено, що встановлені паралельно диски розпушують ґрунт в межах утвореної борозни у вольвентний простір залишається практично монолітним. Нами пропонується змінити конструктивно-розрахункому схему диска наступним чином (рис. 2.2.)

Основні відмінності полягають в наступному. Диск пропонується зробити комбінованим. Базовим елементом конструкції є дисковий ніж 3 який поділяє оброблювану борозну на два сектори. З обох сторін диска прикріплені у шахматному порядку зуби з 40вольвентним профілем робочої поверхні.

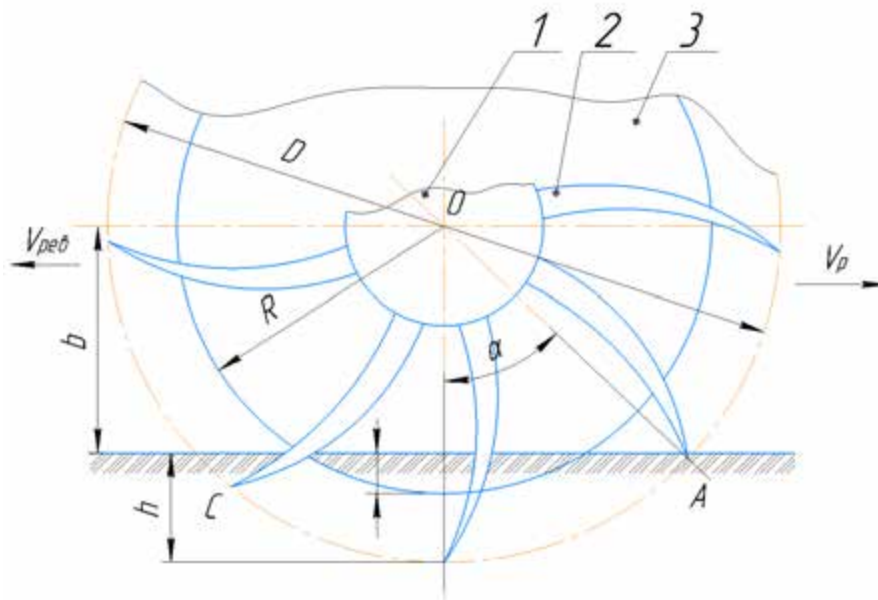


Рис. 2.2. Розрахункова схема ротаційного зубового диска:

1 - ступиця; 2 - зуб; 3 - дисковий ніж;

Таке конструктивне рішення призводить до того, що кожен зуб формує свою зону мікрориву у відділеному секторі.

У відповідності до розрахункової схеми виготовлений дослідний зразок диска (рис. 2.3.)



Рис. 2.3. Загальний вид диска

Зуб можна представити як долото зі змінним кутом атаки, що надає можливості в моделі використовувати закономірності розповсюдження ліній

сколу від леза [12] і розглядати поверхню як підпірну стійку [14,23].

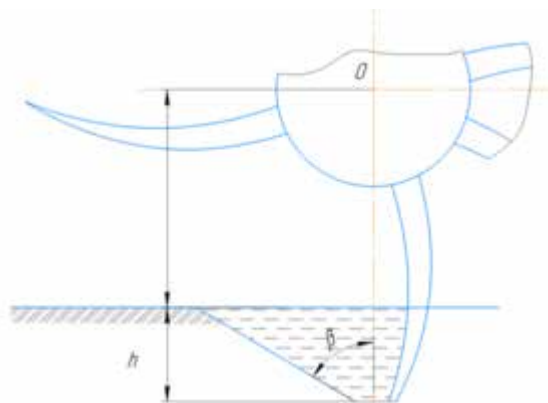


Рис. 2.4. схема формування мікробуху:

1 - пріоритетний напрямок розповсюдження лінії сколу; 2 - розпушена призма ґрунту; 3 - буферна зона [6]

2.2 Математична модель

В аналітичному плані при розробці математичної моделі за основу була взята теорія внутрішньої напруги [14]. Систематизувавши схему досліджень нами пропонується наступна схема, що описує принципові положення досліджень наглядно рис. 2.5.



Рис. 2.5. Блок-схема систематизації робочого органу за функціональним призначенням складових його частин.

Сутність математичної моделі полягає у визначенні залежності тягового опору і якісних показників кришення від конструктивних і кінематичних параметрів знаряддя.

Основу математичної моделі становить інтегральна формула А.М. Панченка обчислення прогнозованого тягового опору ріжучого периметру довільної геометричної форми [14] Розглянемо цю залежність на предмет адаптації до виконуваних нами досліджень.

$$\begin{aligned}
 P_{p1} = & \left[C_{n3} \left[\frac{0,66a^2 \cdot ctg\phi_2}{\cos(\alpha_p - \phi_2)} + e_3 \cdot a \right] \cdot tg(\alpha_p + \phi_2) + 4,9b_3 \cdot a^2 \times \right. \\
 & \times tg^2(45^\circ - 0,5\phi_2) \cdot \gamma [\sin \phi_2 + \cos(\alpha_p + \phi_2) \cdot \cos \alpha_p \cdot tg\phi_1] + \\
 & + 2a^2 \{ 0,5C_{n3} [tg^2(45^\circ - \phi_2) + ctg\alpha_p] \cdot \left[\frac{0,55ctg\phi_2}{\cos(45^\circ + \phi_2)} \right] + \\
 & + 4,9\delta_p \cdot tg^2(45^\circ - 0,5\phi_2) \sin \phi_2 \gamma \} \cdot tg\phi_1 + K'(Z + X \cdot tg\phi_1) \times \\
 & \times b_3 + \frac{9,81b_3 \cdot a \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \left| \cdot \cos \left[arctg \left(\frac{i + \sin \phi_1}{\cos \phi_1} \right) \right] \right., \quad (2.1.)
 \end{aligned}$$

Особливість наведеної залежності (2.1.) полягає в тому, що вона оперує з приведеними значеннями конструктивних параметрів, але як показують виконані дослідження [11,14,19], це безумовно вносить похибку в розрахунки, але в даному випадку ми виходимо з того, що іншої працездатної методики просто не існує.

Адаптація даної залежності (2.1.) до розрахункової схеми рис. 4.2. полягає в урахуванні впливу на процес ділянки 3. В зв'язку з відсутністю методики визначення її параметрів її вплив враховуємо тим, що в формулі замість коефіцієнта зовнішнього тертя ϕ_1 ґрунту по сталі використовуємо коефіцієнт внутрішнього тертя ϕ_2 . Приведене значення ширини захвату b_3 прирівнюємо ширині леза зуба. Інші параметри приймаємо конструктивно: за аналогією з серійною машиною прототипом. γ - питома вага ґрунту, приймаємо такою, що дорівнює питомій вазі ґрунту дослідної ділянки; α - глибина робочого ходу; V -

робоча швидкість агрегату; θ - задній кут леза. i - коефіцієнт ковзання. Але сама велика складність полягає в тому, що методика розглядає поверхню долота (зуба) як прямолінійну з постійним кутом атаки α_p . В нашому випадку профіль поверхні криволінійний, тобто має змінний кут атаки. В такому випадку можливі два варіанти : розглядати поверхню як таку, що утворена нескінченною кількістю нескінченно малих поверхонь, знаходити реакцію кожної такої поверхні і шляхом інтегрування знаходити загальну реакцію. Але методика працює з приведеними величинами і для збереження її цілісності, необхідно криволінійний профіль замінити на плоский, який би з достатнім ступенем кореляції міг замінити реальний. Конструктивно поступаємо наступним чином. З'єднуємо на профілі прямою лезо долота і точку, що відповідає максимальному заглибленню зуба. Кут нахилу прямої до вертикалі приймаємо як кут постановки підпірної стінки, що надає правомірності використання методики визначення реакції підпірної стінки [23]. Приграничний шар z вирівнює поверхню і надає нам таке право.

Тяговий опір на робочій швидкості 3,05 м/с. і величині заглиблення зуба 120 мм для дослідного зразка становить:

Заміряне значення - 2,43 кН.

Розрахункове значення - 3,22 кН

Абсолютна похибка розрахунків

$$\varepsilon = \frac{3,22-2,43}{2,43} \cdot 100 = 25\%,$$

Що є цілком нормальним для аналітичних моделей.

Взаємодію з ґрунтовим середовищем диска окремо не розглядаємо бо його функція просто розділити потоки розпушеного ґрунту.

Об'єм сколотої призми :

Від леза зуба в повздовжно-вертикальній площині розповсюджуються лінії сколу які визначають об'єм сколотої призми рис. 2.6. Об'єм необхідно знати для оцінки ступеня кришення ґрунту робочим органом.

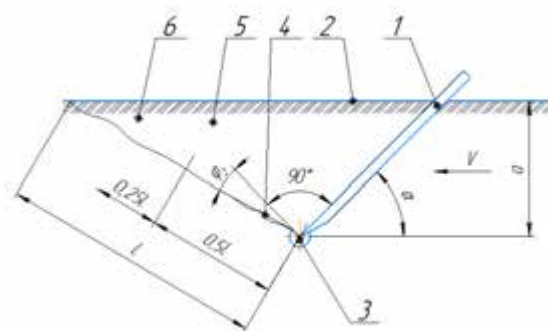


Рис. 2.6. Закономірність розповсюдження лінії сколу від леза у
повздовжно- вертикальній площині [12]

Об'єм призми сколу VСК буде дорівнювати додатку площі поперечного перетину S і ширині зуба b

$$V = \frac{0,5 \cdot a^2}{\cos \alpha}, \quad (2.2.)$$

Середній приведений діаметр грудки

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V}{\pi}}, \quad (2.3.)$$

Висновки по розділу

➤ Теорія внутрішньої напруги може бути використана як основа для створення аналітичної моделі взаємодії ротаційної зубової борони з ґрунтовим середовищем.

➤ Адаптація розрахункової схеми і аналітичної моделі полягає в урахуванні впливу на процес приграничного до поверхні шару ґрунту, а саме в заміні в розрахунку сил тертя кута зовнішнього тертя на внутрішній.

➤ Враховуючи те, що модель взаємодії з ґрунтом в своїй основі має рівняння прямолінійної підпірної стінки, запропоновано, використовуючи метод найменших квадратів шляхом лінійної інтерполяції знайти параметри приведеної прямолінійної поверхні, що відповідає загальним принципам аналітичної моделі.

➤ Аналітичні розрахунки, виконані на основі запропонованої моделі показують хорошу, в межах 25%, збіжність результатів з результатами експериментальних.

РОЗДІЛ 3 АНАЛІТИЧНА ЧАСТИНА

3.1. Програма та методика експериментальних досліджень

Аналітичне обґрунтування переліку контрольованих показників

Розрахункова схема будується розробником на підставі власних уявлень про конструкцію з урахуванням аналізу існуючого прототипу. Проаналізуємо відомі математичні моделі на предмет визначення необхідної і достатньої кількості показників, що забезпечують їх функціонування. Всього можна виділити три види математичних моделей.

Перший вид складають моделі, що входять до розрахункового курсу сільськогосподарських машин [10]. Їх особливість полягає в тому, що вони аргументують конструктивні параметри робочих органів з точки зору можливості виконання технологічного процесу без урахування якісних показників роботи.

Другу групу складають моделі землеробської механіки. Моделі цієї групи розглядають конструкцію робочого органу з точки зору взаємодії з оброблюваним середовищем, наприклад [8,11,21]. До третьої групи відносяться фундаментальні моделі загальнотеоретичного характеру, наприклад [6,14].

Аналіз моделей за наведеними групами дозволяє окреслити показники, що забезпечують функціонування моделей і характеризують виконання робочим органом технологічного процесу. Їх можна розділити на три групи:

1. *Показники агрофону, що характеризують стан плантації до початку роботи агрегату:*

- Питоме зчеплення часток ґрунту;
- Твердість і межа несучої спроможності ;
- Кути внутрішнього і зовнішнього тертя ґрунту в консолідованому і розпушеному стані;
- Питома вага ґрунтового середовища;
- Показники, що характеризують наявність і стан рослинних решток на поверхні і в оброблюваному шарі.

2. *Показники, що характеризують результат взаємодії з оброблюваним*

середовищем

- Якість кришення і розпушення;
- Ступінь підрізання і загортання рослинних решток;
- Гребнистість і брилястість поверхні;
- Глибина обробітку;

3. *Показники, що характеризують знаряддя в процесі роботи*

- Складові тягового опору;
- Сталість ходу;
- Наявність технологічних відмов;
- Наявність технічних відмов;

Методики визначення більшості показників добре відпрацьовані:

4. механічні властивості [12];
5. показники кришення і розпушення [13];
6. тяговий опір [22];
7. експлуатаційні показники [15].

Окремі приватні методики досліджень

В ряді наукових праць запропоновані, власні показники, які вирішують специфічні задачі стосовно конкретних робочих органів, як-то, наприклад, коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів [14], який дозволяє оцінити нерівномірність кришення. Для визначення цього показника, як і для визначення коефіцієнту структурності необхідно шляхом просіювання ґрунтових проб на решетах отримати розподіл фракційного складу. На відміну від коефіцієнту структурності далі будується не гістограма розподілу а його огіва, рис. 3.1.

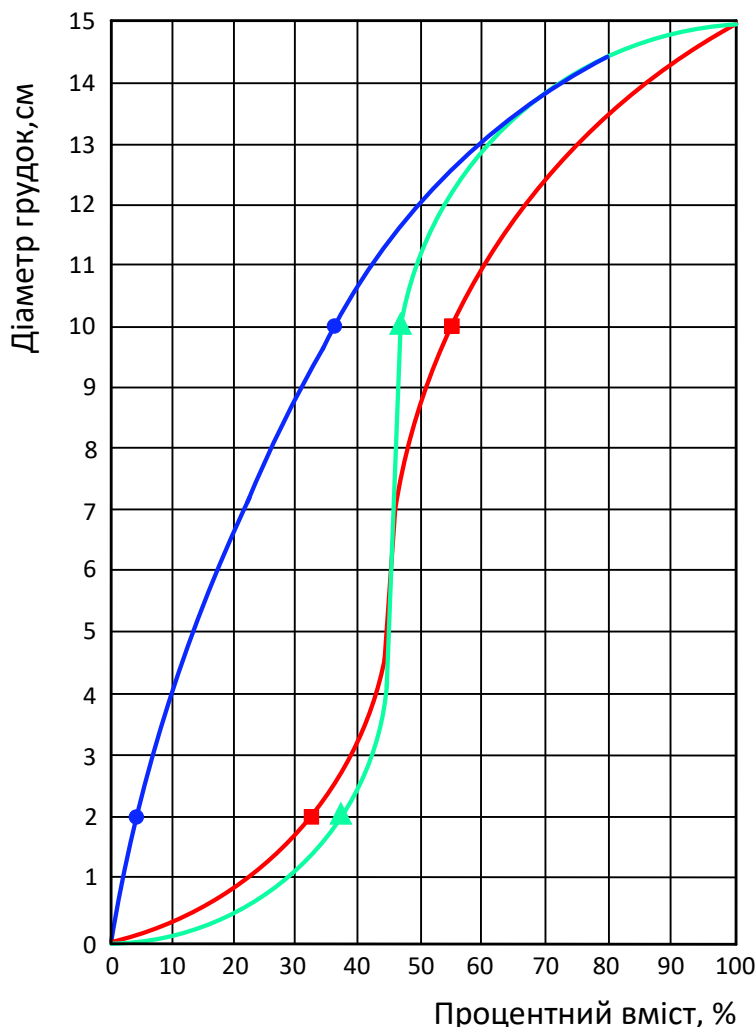


Рис. 3.1. Огиви розподілу фракційного складу взятої ґрунтової проби

Відміна огиви полягає в тому, що накопичена частота поміщена по осі абсцис, а значення признаку, в даному випадку вага фракції на осі ординат. Потім, за графіком знаходять накопичену масу до рівня відповідно 10 і 60%. Коефіцієнт різноподрібнення [14] визначається за залежністю:

$$K_p = \frac{d_{10}}{d_{60}} \quad (3.1.)$$

де d_{10} і d_{60} середній приведений діаметр грудок що становлять відповідно 10% і 60% за накопиченою масою.

Для оцінки надійності машинодослідні станції часто використовують показник, який отримав назву коефіцієнт готовності. Фактично цей показник означає імовірність того, що в любий довільно взятий момент часу знаряддя знаходиться у працездатному стані. Для визначення цього показника необхідно за

допомогою генератора випадкових чисел згенерувати в межах робочого часу зміни 10 значень часу і перевірити, чи працює в даний момент агрегат, чи ні, при цьому не поділяють на технічні причини і людський фактор. Коефіцієнт визначають за залежністю:

$$K_{\text{ГОТ}} = \frac{n}{10}, \quad (3.2.)$$

де n - кількість випадків знаходження агрегату в неробочому стані.

У зв'язку з масовим поширенням органічного землеробства і адаптацією обробітку ґрунту до його умов, актуальним є обґрунтування системи показників для оцінки якості формування шару мульчі. Оцінці підлягають стан денної поверхні і стан шару ґрунту на глибину обробітку. Для характеристики стану поверхні традиційно використовують два показники - гребнистість і глибистість (брилястість). Обидва показники опосереднено характеризують збільшення площі денної поверхні поля і тому є сенс ввести єдиний інтегральний показник, який би характеризував це збільшення

$$K_{\text{П}} = \frac{B_1}{B}, \quad (3.3.)$$

де B - площа контрольної ділянки до обробітку знаряддям,

B_1 - після обробітку.

Сутність методики визначення показника визначається наступним чином (рис. 3.2.).

$$K_{\text{ГОТ}} = \frac{L_M}{L}, \quad (3.4.)$$

де L_M - заміряна довжина канату;

L - відстань по прямій між крайніми точками заміру.

Знання абсолютного значення цього показника дозволяє оцінювати випаровування вологи і величину отриманої сонячної радіації.

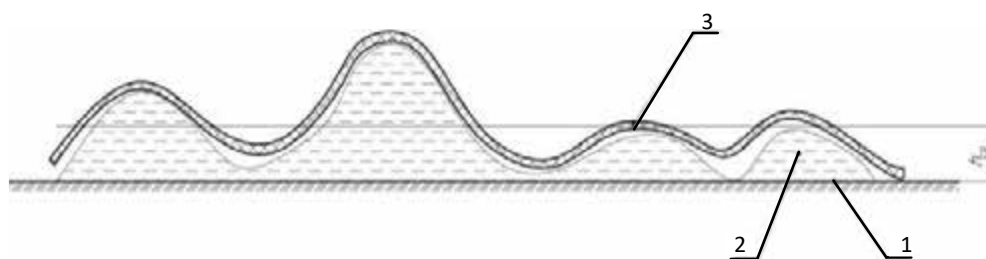


Рис. 3.2. Схема профілю денної поверхні

1 - вихідний рівень; 2 - гребінь; 3 - канат.

Стан шару ґрунту на глибину обробітку пропонується оцінювати за двома показниками: якість кришення за коефіцієнтом структурності який визначається як відношення [8]

$$K_{СТ} = \frac{m}{M}, \quad (3.5)$$

де m - сумарна маса структурних відмінностей з приведеним діаметром $0,25 \leq d \leq 10$ мм;

M - загальна маса взятої проби.

Якість заорювання рослинних решток

Показник пропонуємо оцінювати за коефіцієнтом заорювання

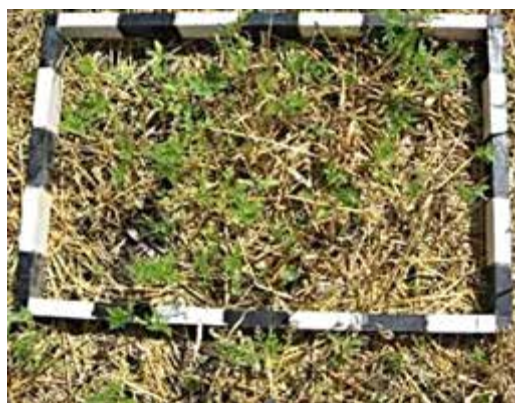
$$K_3 = \frac{n}{N} \quad (3.6)$$

де n - вагова кількість рослинних решток на поверхні ґрунту і поверхневому шарі 5-8 см до проходу агрегату в межах накладеної на поверхню рамки;

N - вагова кількість рослинних решток у шарі мульчі на повну глибину обробітку ґрунту в межах рамки;

Сутність методики визначення полягає в наступному. На поверхню поля накладається рамка (рис. 3.3.,а) і в її межах знімається шар ґрунту 5-8 см, якщо визначається n і на повну глибину обробітку, якщо визначається N .

Взята проба просіюється на решеті з діаметром отворів 10 мм. (рис. 3.3.,б). Не просіяні рослинні рештки збирають, зважують і визначають питому вагу в розрахунку на 1 см^2 денної поверхні.



а)



б)

Рис. 3.3. Визначення бур'янів

a - обладнання; *б* - сепарація рослинних решток $d = 10$ мм.

До переваг даного методу можна віднести і те, що є можливість одночасного визначення коефіцієнтів структурності різноподрібнення розпушеного ґрунту.

Для оцінки ступеня кришення ґрунтової кірки взяту ґрунтову пробу з поверхневого шару просіваю попередньо на решеті з діаметром отворів 50 мм, що дозволяє відділити фракцію з відповідним приведеним діаметром, бо агровимоги припускають кришення до приведенного діаметру 50 мм.

Рис. 3.4. Сепарація поверхневого фракційного складу на решеті $d = 50$ мм.

Конструкція дослідної установки

У зв'язку з обмеженими технічними можливостями в магістерській кваліфікаційній роботі були використані не опубліковані результати польових досліджень, СФГ «Хлібодар» Київської області.

Експериментальні дослідження проводились в умовах рядової експлуатації

з використанням експериментальної дослідної установки даного підприємства, рис. 3.5. На рисунку представлений базовий варіант комплектації заводу-виробника.

Установка являє собою поперечну прямокутну балку до якої хомутами кріпиться ряд гряділів з навішеними ротаційними дисками. Вся конструкція за допомогою гідравлічної начіпки навішується на трактор ЮМЗ-8040.2. Особливість конструкції полягає в тому, що диски занурюються у ґрунт примусово з можливістю заміру сили занурення. Установка оснащена сучасним вимірювальним обладнанням з можливістю аналізу і відсіювання випадково отриманих результатів.

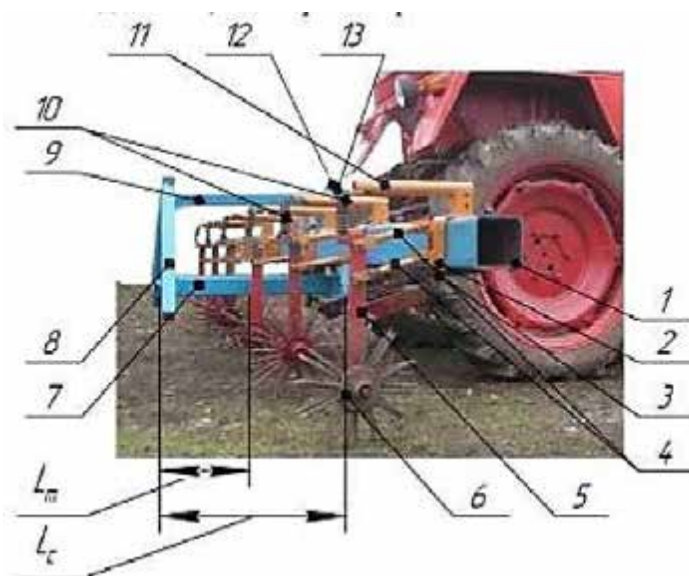


Рис. 3.5. Експериментальна установка М.П. Смирнова, варіант базової комплектації:

1 - поперечна балка; 2 - механізм кріплення; 3,4 - тяги паралелограму; 5 - стаяк; 6 - ротаційний диск; 7, 8,9 - елементи конструкції рами; 10 - 13 - елементи тензметричної ланки.

В процесі досліджень з експериментальної установки знімалися диски 6 виробництва базового підприємства і встановлювалися наші дослідні зразки, рис. 2.2.

Програма експериментальних досліджень

Програмою передбачена комплексна оцінка ґрунтообробного знаряддя. А саме визначення, окресленої в п.3.1 групи показників.

Поетапно програма передбачає :

1. Оцінку стану дослідної ділянки з точки зору отримання показників, обумовлених потребами математичної моделі.
2. Визначення залежності тягового опору від вихідних параметрів дослідження.
3. Визначення якісних показників кришення і розпушення від вихідних параметрів дослідження.
4. Визначення показників експлуатаційної надійності конструкції.
5. Оцінка ремонтпридатності і уніфікації з відомими серійними робочими органами даного типу і призначення.

Традиційно для вирішення подібної задачі прийнято проводити трифакторний експеримент з наступним аналізом отриманого рівняння регресії і поверхні відгуку. При плануванні експерименту необхідно враховувати, що план повинен бути симетричним, або міг бути приведеним до такого шляхом інтер- і екстраполяції. В нашому випадку план експерименту складений за узгодженням з можливостями і потребами базового підприємства.

Признано недоцільним змінювати діаметр описаного кола диска, як параметр остаточно відпрацьований. Зміну механіко-технологічних властивостей ґрунту можливо виконати тільки проведенням експерименту мінімум у трьох різних господарствах, що не гарантує отримання симетричного плану, але значно підвищує вартість експерименту. Таким чином в якості змінних вихідних параметрів остаточно прийняті: кут атаки диска і робоча швидкість. Питоме зчеплення часток ґрунту, його твердість і кути тертя прийняті в якості незмінних вихідних параметрів.

Кодування факторів признане не доцільним.

3.2. Результати експериментальних досліджень

3.2.1. Характеристика дослідної ділянки

Площа плантації, 300 га

Тип ґрунту - чорнозем звичайний середньо суглинистий

Стан поверхні - ґрунтова кірка завтовшки 2,5 - 3,0 см

Рослинні рештки - різнотрав'я

Уклон поверхні - до 3 градусів

Таблиця 3.1.

Показники агрофону, запозичено зі звітності господарства

№	Показник	Значення
1	Питоме зчеплення часток ґрунту, $C, \text{кН/м}^2$	2,5 - 4,5
2	Межа несучої спроможності, K'	450 - 820
3	Питома вага, $\gamma, \text{т/м}^3$	1,4 - 1,45
4	Кут тертя в консолідованому стані, град	48 - 56
5	Кут тертя по сталі, град	28 - 36
6	Твердість, $q, \text{Н/см}^2$	50 - 55

Загальні показники виконання технологічного процесу

Пробуксовування і ризкання не відмічено.

Коефіцієнт готовності агрегату $K_{\Gamma} = 0,9 - 0,93$

Коефіцієнт використання робочого часу зміни $K_{\text{ЗМ}} = 0,85 - 0,9$

Візуальним оглядом огріхів не відмічено

Глибина в дослідному і серійному варіантах практично не перевищувала товщини кірки. Раціональне значення робочої швидкості методом експертної оцінки визначене в діапазоні 12-18 км/год що відповідає нормативним вимогам.

Основні результати досліджень

Як було обґрунтовано в розділі №3, з об'єктивних причин ми відмовились від експерименту за трифакторним планом. Всі дослідження виконані шляхом однофакторного експерименту.

Результати дослідження тягового опору.

Заміряні значення тягового опору (чотирирядний варіант виконання)

Робоча швидкість, м/с		2,07	2,60	3,05	3,22	3,91	4,06	4,71	5,0
Тяговий опір, кН	Дослідний	1,91	2,33	2,43	2,52	2,61	2,64	2,70	2,73
	Серійний	1,92	2,34	2,41	2,50	2,64	2,65	2,75	2,78

Для аналізу отриманих залежностей виконаємо лінійну інтерполяцію. І на її основі встановимо математичну залежність якій підпорядковується масив дослідних даних. За результатами інтерполяції отримано рід графічних залежностей, які описують поведінку залежності (рис. 3.6.)

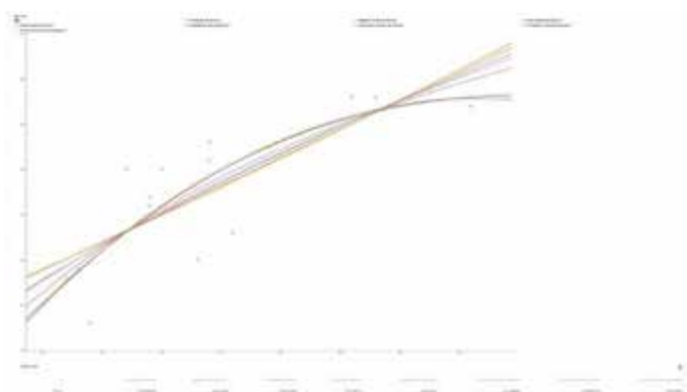


Рис. 3.6. Графічна інтерпретація залежності за результатами лінійної інтерполяції на основі методу найменших квадратів

Як показав аналіз найбільший рівень кореляції мають три залежності, які можна використовувати як такі, що найбільш адекватно описують процес:

$$\text{Лінійна регресія - } y = 0,2393x + 1,6275$$

$$\text{Коефіцієнт лінійної парної кореляції } 0,9091$$

$$\text{Квадратична регресія } y = -0,1156x^2 + 1,0652x + 0,2576$$

$$\text{Коефіцієнт кореляції } 0,9838$$

$$\text{Кубічна регресія } y = 0,0618x^3 - 0,7696x^2 + 3,2692x - 2,0960$$

$$\text{Коефіцієнт кореляції } 0,9961$$

Якісні показники виконання технологічного процесу.

Таблиця 3.3.

Фракційний аналіз взятої проби ґрунту Робоча швидкість агрегату 2, м/с;
поверхнева кірка відсутня

Кут атаки α , град	Діаметр отвору решета, мм	Маса фракції, кг	
		Дослідний	Серійний
0	10	5,32	6,81
	20	6,55	7,90
	25	7,21	8,93
	50	8,78	9,43
	Всього, кг	27,86	75,64
5	10	6,61	9,54
	20	7,84	10,87
	25	8,55	12,54
	50	9,03	14,65
	Всього, кг	32,03	47,6

Таблиця 3.4.

Фракційний аналіз взятої проби ґрунту. Робоча швидкість агрегату 4,м/с;
поверхнева кірка відсутня

Кут атаки α , град	Діаметр отвору решета, мм	Маса фракції, кг	
		Дослідний	Серійний
0	10	5,87	9,02
	20	6,53	10,12
	25	7,09	10,31
	50	8,16	10,92
	Всього ,кг	27,65	31,37
5	10	9,26	8,66
	20	9,78	8,91
	25	10,22	9,07
	50	10,11	10,0
	Всього, кг	39,37	36,64

Розрахункові контрольні показникиСерійний агрегат $\alpha = 0$; робоча швидкість 2,0 м/сКоефіцієнт структурності $K_{СТ} = 0,16$ Коефіцієнт різноподрібнення $K_P = 0,44$ Серійний агрегат $\alpha = 5^\circ$ робоча швидкість 4,0 м/сКоефіцієнт структурності $K_{СТ} = 0,19$ Коефіцієнт різноподрібнення $K_P = 0,4$ Дослідний агрегат $\alpha = 0$; робоча швидкість 4,0 м/сКоефіцієнт структурності $K_{СТ} = 0,26$ Коефіцієнт різноподрібнення $K_P = 0,39$ Дослідний агрегат $\alpha = 5^\circ$ робоча швидкість 4,0 м/сКоефіцієнт структурності $K_{СТ} = 0,38$ Коефіцієнт різноподрібнення $K_P = 0,44$ Значення D_{10} і D_{60} - отримані шляхом аналізу огів розподілу, рис. 3.1.

Аналіз отриманих розрахункових показників показує, що експериментальний агрегат формує поверхневий шар з більш якісним коефіцієнтом структурності при меншій розбіжності в приведених діаметрах утворюваних ґрунтових комків. Збільшення кута атаки до 5° підвищує якість кришення, але і збільшує нерівномірність розмірів утворюваних ґрунтових відмінностей.

Допоміжні показники оцінки якості виконання технологічного процесу.Коефіцієнт гребнистості $K_{П} = 0,17 - 0,19$;Коефіцієнт якості заорювання рослинних решток $K_3 = 0,81 - 0,84$;

Ступінь кришення поверхневої кірки визначалась в ході окремо проведеного експерименту $C_{КР} = 0,89 - 0,93$. Для візуальної оцінки якості роботи експериментального агрегату наводимо типовий вид поверхні обробленої плантації, рис. 3.7.



Рис. 3.7. Типовий вигляд поверхні поля після проходу дослідного агрегату

Аналіз фотовідбитку показує, що розпушення ґрунту відбувається при частковому збереженні стерні.

Комплексні польові дослідження тягового опору

Ротаційні зубці борони часто використовують у складі комбінованих агрегатів, де їх встановлюють під кутами до напрямку руху і вертикалі (рис. 1.3). В такому конструктивному виконанні вони встановлені не на єдиному валу а на індивідуальних стояках. Тому нами проведені польові випробування, які б дозволили дослідити тяговий опір комплексно, в обох варіантах використання. Дослідження виконувались з використанням експериментального тензометричного візка [7]. Який дозволяє встановити диск під різними кутами нахилу.

Для експерименту була окреслена група вихідних факторів і виконане їх кодування (табл. 3.5.)

Таблиця 3.5.

Рівні варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
Кут нахилу до напрямку руху, град	X1	0	5	10
Кут нахилу до вертикалі	X2	0	5	10
Робоча швидкість м/с	X3	1,5	3,0	4,5

$$P = 0,96 + 0,059X_1 + 0,068X_2 + 0,064X_3 - 0,028X_1^2 - 0,118X_2^2 - 0,046X_3^2 - 0,01X_1X_2 - 0,012X_1X_3 + 0,072X_2X_3$$

, кН

Аналіз отриманого регресійної моделі

Дослідимо поведінку отриманої залежності при відсутності впливу одного з факторів.

$$\underline{X_1 = 0.}$$

$$P = 0,96 + 0,068X_2 + 0,064X_3 - 0,118X_2^2 - 0,046X_3^2 + 0,072X_2X_3$$

$$P_{MIN} = 0,72, \quad P_{MAX} = 1,02$$

$$X_2 = 0.$$

$$P = 0,96 + 0,059X_1 + 0,064X_3 - 0,028X_1^2 - 0,046X_3^2 - 0,012X_1X_3$$

$$P_{MIN} = 0,71, \quad P_{MAX} = 1,88$$

$$X_3 = 0$$

$$P = 0,96 + 0,059X_1 + 0,068X_2 - 0,028X_1^2 - 0,118X_2^2 - 0,01X_1X_2$$

$$P_{MIN} = 0,73, \quad P_{MAX} = 0,98$$

Графічний аналіз рівняння регресії представлений на рис.4.3.

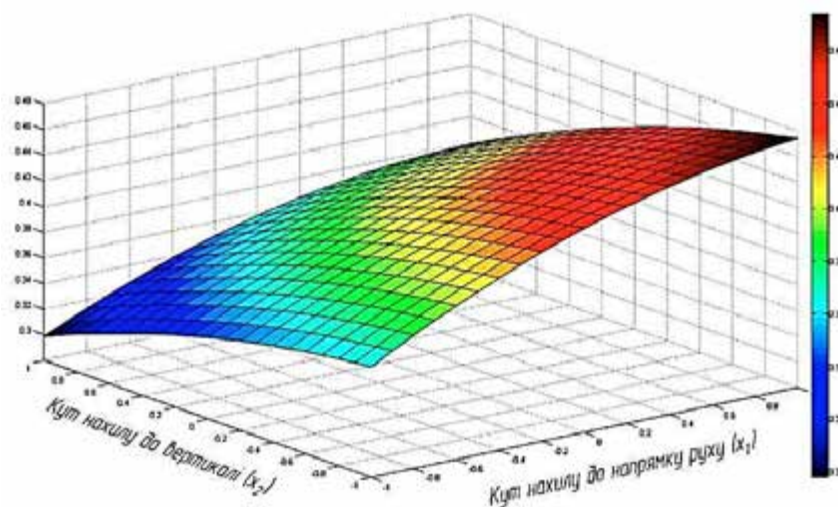


Рис. 3.8. Графічна інтерпретація рівняння регресії при відсутності впливу фактора швидкості

Аналіз зовнішнього виду поверхні відгуку є характерним для поверхонь другого ступеня, тобто конструкція дуже чутлива до змін кутів постановки диска.

3.2.5. Прогнозована продуктивність агрегату та витрати палива

Годинна продуктивність визначається за формулою[7]

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau, \quad (3.7.)$$

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{ЗМ}}} \quad (3.8.)$$

$$\tau = \frac{6,43}{7} = 0,92$$

$$W_{\text{ГОД}} = 0,1 \cdot 8,3 \cdot 9,14 \cdot 0,92 = 6,97 \text{ га/год.},$$

Продуктивність за зміну:

$$W_{\text{ЗМ}} = 6,97 \cdot 7 = 48,8 \text{ га/зм}$$

Витрати палива:

$$q = \frac{Q_p \cdot T_p + Q_X \cdot T_p + Q_O \cdot T_O}{W_{\text{ГОД}}}, \quad (3.9.)$$

де Q_p , Q_X , Q_O - відповідно, годинні витрати палива двигуна трактора при робочому завантаженні, на холостих поворотах і заїздах, а також при зупинках із працюючим двигуном;

$$Q_p - (32 \dots 51) \text{ кг/год.}; Q_X - (16 - 27) \text{ кг/год.}; Q_O - 3,5 \text{ кг/год.}$$

Тоді

$$q = \frac{29,5 \cdot 6,43 + 11 \cdot 0,12 + 3,5 \cdot 0,45}{6,97} = 36,2 \text{ кг/год}$$

Висновки по розділу

1. Наведені методики у своїй більшості добре відпрацьовані рядом дослідників і повністю адаптовані під технічні можливості використаної експериментальної установки.

2. Окреслена група показників є необхідною і достатньою за кількістю оцінюваних експлуатаційних параметрів агрегату.

3. Запропоновано методики визначення ряду оригінальних показників.

4. Методики узгоджені з програмою досліджень базового підприємства і питання що до доцільності роботи зняті.

5. В цілому в ході експериментальних досліджень підтверджена раціональність прийнятих конструктивних рішень

6. У порівнянні з серійним зразком суттєвої різниці в величині тягового опору не відмічено.

7. Якісні показники кришення , оцінені за коефіцієнтами структурності і різноподрібнення структурованих агрегатів в середньому на 7-10% кращі.

8. Слід відмітити, що по сліду експериментального зразка рівномірність кришення візуально краща, про що свідчить і коефіцієнт різноподрібнення.

9. Прийняті методики оцінки показників виконання технологічного процесу даним видом знаряддя, як дослідного, так і експериментального підтвердили свою ефективність.

РОЗДІЛ 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз стану безпеки праці в умовах СФГ «Хлібодар» Київської області

Верховною Радою України прийнято закон який відбиває державну політику в області охорони праці і базується на наступних основних принципах:

- соціальний захист працівників, повна компенсація збитків особам, що потерпіли від нещасливих випадків на виробництві і професійних захворюваннях;
- установлення єдиних нормативів по охороні праці для усіх видів підприємств незалежно від форми власності і видів їхньої діяльності;
- використання економічних методів охорони праці;
- міжнародне співробітництво в галузі охорони праці, використання світового досвіду в організації роботи з поліпшення умов і безпеки праці.

Використання цих принципів на практиці вимагає знання багатьох галузей науки і техніки, однак, тільки такий усебічний підхід до питань охорони праці, може забезпечити необхідний захист здоров'я і життя працівників. Не менш важливою умовою даної роботи є облік необхідних вимог безпеки вже на етапі конструювання нової техніки, що дозволяє послабити чи навіть усунути небезпечні фактори машин на самому ранньому етапі.

4.2. Загальна характеристика операції і нормативні вимоги безпеки при її здійсненні

Операція підготовки ґрунту ґрунтообробним агрегатом виконується для скорочення витрат праці по підготовки до сівби зернових і інших культур. Технологія процесу підрізування полягає в тому, що агрегат керований одним трактористом рухаючи по полю човниковим способом робить плоскорізну обробку ґрунту одночасно спускаючи верхній шар ґрунту, заробляючи рознімну борозну і при цьому зберігається ще й стерня.

У технологічну схему операції входять: безпосередній виконавець (тракторист); засоби технологічного оснащення (трактор, сільськогосподарська

машина - ґрунтообробний агрегат) і предмет праці (ґрунт). Даний процес відповідає структурній моделі: «людина-організація-техніка-рослина-виробниче середовище» чи прибігаючи до умовних позначок «л-о-т-р-вс». Відповідно до неї складаються вимоги по безпеці праці відповідно до наявного на

дані елементи нормативними документами. Виробниче середовище в який виконується операція - кабіна трактора. Механізатор постійно знаходиться в ній залишаючи на незначні інтервали часу для добутку регулювань, контролю якості роботи, огляду агрегату і по особистих нестатках. У кабіні трактора він підданий постійному впливу таких факторів як: висока температура, вологість повітря і його склад, атмосферний тиск, шуми, вібрації, інтенсивність висвітлення. Поза кабіною він піддається небезпеки травмуватися від рухаючих частин агрегату.

Основні вимоги безпеки до елементів розглянутої системи і виробничому середовищу встановлюються на основі галузевих стандартів ОСТ46.4.2.143-83 ССБТ.

Основними вимогами до виконавця процесу є:

- тракторист повинен бути не молодше 16 років;
- мати права на водіння тракторів даного класу;
- повинен бути здоровий (пройти медичний огляд на предмет загальних і професійних захворювань (радикуліт, бронхіт та ін.);
- знати трактор і комбінований ґрунтообробний агрегат;
- повинен бути атестованим для робіт на машинах з підвищеною небезпекою відповідно до Типового Положення про навчання питань охорони праці.

Технічний стан агрегату повинен відповідати вимогам: ГОСТ12.3.002-75 ССБТ (Загальні вимоги безпеки); Правилам пожежної безпеки в Україні; ГОСТ12.3.003-76 і ГОСТ12.3.020-80 (Загальні вимоги при виконанні збиральних робіт); ГОСТ 12.2.049-80 (Ергономічні вимоги), ГОСТ12.2.019- 86, а також вимогам, що містяться в заводському посібнику по експлуатації ХТА-220-2. Машини повинні бути: технічно справними, цілком укомплектовані необхідними пристосуваннями, інструментами й аптечкою.

При виконанні робіт і при переїздах агрегату з місця на місце ухил місцевості не повинен перевищувати 20° по розуміннях його стійкості.

Вимоги до загальних вимог безпеки визначені змістом галузевих стандартів, основний зміст яких виключити за допомогою визначеної організації праці травмонебезпечні ситуації і захворювання виконавця процесу.

Організація виробничого процесу буде залежати від конкретних умов господарства і рішень господаря про хід робіт. Оплата праці здійснюється відповідно до існуючого законодавством і положенням про оплату праці. Рівень організації охорони праці цілком залежить від дій голови сільськогосподарського фермерського господарства і відповідальності самих працівників що виконують точи інший технологічний процес.

4.3. Організація контролю

Відповідно до закону України «Про охорону праці» відповідальними за безпечний стан робочих місць є безпосередні керівники робіт, що забезпечують відомчий контроль (голова фермерського господарства).

При господарських взаємодіях, ситуаціях купівлі-продажу, оренди, передачі об'єктів у розпорядження відповідальних особи, передача права володіння матеріальною відповідальністю однієї особи іншому спричиняє юридичну відповідальність за стан безпеки переданої технічної системи у виді об'єкта (машинній системи), процесу (технологічній системи).

Юридична особа несе відповідальність за раціональне використання виробничих ресурсів, основні з який - матеріальні, трудові, фінансові. Юридична особа може покласти спеціальні функції і на інші особи, забезпечивши їхню атестацію.

Мобільні робочі місця (у даному випадку агрегат з комбінованим ґрунтообробним агрегатом) складають основну частку в матеріальних ресурсах і, через їхню підвищену небезпеку, поряд з матеріальною вимагають додаткової відповідальності за їх технічний стан і безпечну експлуатацію.

Ці види відповідальності залежать від організаційної структури

господарства, набору кваліфікаційних вимог до атестуємих фахівців. Тому в процесі господарської діяльності необхідний розподіл відповідальності між особами, що забезпечують керування виробничими процесами. Якщо матеріально відповідальна особа не може бути атестована, як відповідальне за безпечний стан підвідомчої техніки, це покладається на старшого фахівця, що має відповідне утворення і допуск. Якщо техніка передається на обслуговування як зовнішня послуга, то в умовах договору визначається відповідальна особа. (В умовах фермерського господарства, а особливо не великих господарств, як правило вся відповідальність полягає на голові.)

Висновки по розділу

У даному розділі представлені вимоги безпеки при підготовці ґрунту модернізованим агрегатом. Приведено техніку контролю агрегату по показниках безпеки. Представлено перелік параметрів контролю робочого місця тракториста по показниках безпеки.

РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Метою проведення техніко-економічної оцінки пропонованої розробки є визначення вартості витрат на розробку нового ґрунтообробного агрегату, визначення витрат, зв'язаних з експлуатацією даного агрегату, розрахунок витрат праці, й очікуваного економічного ефекту.

Для визначення ефективності пропонованої конструкції умовно назвемо її БРН 3,5М - проектована модель, а в якості базової моделі візьмемо технологію підготовки ґрунту, що складається з машини БРН-3,5

Таблиця 5.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг роботи	га	300	300
2	Продуктивність	га/год.	6,32	6,97
3	Витрати ПММ	кг/год.	39,5	36,2
4	Вартість:	грн.		
	- Трактора		320000	320000
	- Машини		66000	68000
	- Всього		386000	388000
5	Кількість обслуговуючого персоналу	кіл.	1	1

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

$$K_{НГ} = \frac{W_{СЕЗ}}{W_{ГОД}}, \quad (5.1)$$

$$K_{НГБ} = \frac{300}{6,32} = 47,5 \text{ год}$$

$$K_{НГП} = \frac{300}{6,97} = 43,04 \text{ год}$$

Витрати праці:

$$B_{\Pi} = K_{\text{НГ}} \cdot n, \quad (5.2.)$$

де $n = 1$ - працівники

$$B_{\text{ПБ}} = 47,5 \cdot 1 = 47,5 \text{ год.}$$

$$B_{\text{ПП}} = 43,04 \cdot 1 = 43,04 \text{ год.}$$

Експлуатаційні витрати.

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{ГОД}}} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (5.3.)$$

де C_T - тарифна ставка, 21,98 грн/год;

$K_1 = 1,2$ - коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,382$ - коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

$$\Pi_{\text{Б}} = \frac{21,98}{6,32} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 5,77 \text{ грн./га}$$

$$\Pi_{\text{П}} = \frac{21,98}{6,97} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,382 = 5,23 \text{ грн./га}$$

Амортизаційні відрахування.

Енергетичний засіб - 15%, агрегат - 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- Енергозасіб - 1550 год;
- агрегат - 580 год

Трактор:

$$A_{\text{ТРБ}} = \frac{320000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 6,32} = 4,9 \text{ грн./га}$$

Машина:

$$A_{\text{МБ}} = \frac{69000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 6,32} = 2,7 \text{ грн./га}$$

Всього:

$$A_{\Sigma} = 4,9 + 2,7 = 7,6 \text{ грн./га}$$

Трактор:

$$A_{\text{ТРП}} = \frac{320000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 6,97} = 4,4 \text{ грн./га}$$

Машина:

$$A_{\text{МП}} = \frac{69000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 6,97} = 2,5 \text{ грн./га}$$

Всього:

$$A_{\Sigma} = 4,4 + 2,5 = 6,9 \text{ грн./га}$$

Витрати на ПММ.

$$B_{\text{ПММБ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot B_{\text{ПММ}}, \quad (5.4.)$$

$$B_{\text{ПММБ}} = 50,5 \cdot 39,5 = 1994,75 \text{ грн./га}$$

$$B_{\text{ПММП}} = 50,5 \cdot 36,2 = 1828,1 \text{ грн./га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \quad (5.5.)$$

де $B_{\text{Б}}$ - балансова вартість, грн;

K - коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Трактор:

$$B_{\text{ТРБ}} = \frac{320000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 47,5 \cdot 6,32} = 204,66 \text{ грн./га}$$

$$B_{\text{ТРП}} = \frac{320000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 47,5 \cdot 6,32} = 204,66 \text{ грн./га}$$

Машина:

$$B_{MB} = \frac{66000 \cdot (8+0,2)}{100 \cdot 47,5 \cdot 6,32} = 18,02 \text{ грн./га}$$

$$B_{MP} = \frac{66000 \cdot (8+0,2)}{100 \cdot 43,04 \cdot 6,97} = 18,58 \text{ грн./га}$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{TP} + B_M, \quad (5.6.)$$

$$B_B = 204,66 + 18,02 = 222,68 \text{ грн./га}$$

$$B_{II} = 204,80 + 18,58 = 223,38 \text{ грн./га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

$$EB_B = 5,77 + 7,6 + 1994,75 + 204,66 = 2212,78 \text{ грн./га}$$

$$EB_{II} = 5,23 + 6,9 + 1828,1 + 204,80 = 2045,03 \text{ грн./га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CT3}, \quad (5.7.)$$

$$E_{\Sigma B} = 2212,78 \cdot 300 = 663834 \text{ грн.}$$

$$E_{\Sigma II} = 2045,03 \cdot 300 = 613509 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

$$K_B = \frac{B_B}{W_{CE3}} \quad (5.8.)$$

$$K_{BET} = \frac{320000}{300} = 1066,67 \text{ грн./га}$$

$$K_{BII} = \frac{320000}{300} = 1066,67 \text{ грн./га}$$

$$K_{BEM} = \frac{66000}{300} = 220 \text{ грн./га}$$

$$K_{BIIIM} = \frac{68000}{300} = 226,67 \text{ грн./га}$$

$$K_{BB} = 1066,67 + 220 = 1286,67 \text{ грн./га}$$

$$K_{ВП} = 1066,67 + 226,67 = 1293,34 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0,15 - K_B, \quad (5.9.)$$

$$П_{ВБ} = 2212,78 + 0,15 - 1286,67 = 926,26 \text{ грн./га}$$

$$П_{ВП} = 2045,03 + 0,15 - 1293,34 = 751,84 \text{ грн./га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

$$П_{ВС} = П_B \cdot W_{СБЗ}, \quad (5.10.)$$

$$П_{ВСБ} = 926,26 \cdot 300 = 277878 \text{ грн.}$$

$$П_{ВСП} = 751,84 \cdot 300 = 225552 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 277878 - 225552 = 52326 \text{ грн.}$$

Результати розрахунків представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2.

Економічна ефективність проекту

	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	300	300
3	Склад агрегата: Енергозасіб Агрегат	ЮМЗ-8040.2 БРН-3,5	ЮМЗ-8040.2 БРН-3,5М
4	Продуктивність, га/год	6,32	6,97
5	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 - -	1 - -
6	Тарифний розряд роботи	V	V
7	Тарифна ставка, грн./год	21,98	21,98
8	Норма витрати пального, кг/год	39,5	36,2
9	Балансова вартість, грн.: - трактора	320000	320000

	- машини	66000	68000
10	Комплексна ціна ПММ, грн./кг	50,5	50,5
11	Експлуатаційні витрати, грн./га	471,9	449,6
	у тому числі:		
	Амортизаційні відрахування:	4,9	4,4
	-трактор		
	-машини	2,7	2,5
	Витрати на ПММ	1994,75	1828,1
12	Капітальні вкладення, грн./га	1286,67	1293,34
13	Приведені затрати, грн./га	926,26	751,24
14	Приведені затрати на весь обсяг робіт, грн.	277878	225552
15	Річний економічний ефект, грн.		52326

Висновок по розділу

За результатами розрахунку економічний ефект складає 52326 грн. за рахунок використання модернізованого агрегату.

ВИСНОВКИ

1. Оглядом літературних джерел і аналізом досвіду відомих фермерських господарств підтверджено, що ротаційна дискова борона є ефективним знаряддям для механізованого обробітку ґрунту, яку використовують, як в складі комбінованих агрегатів, так і як самостійний агрегат.

2. Для усереднених умов механізованого обробітку ґрунту діаметр описаного кола голок 450-510 мм, що уніфіковано з серійними дисковими боронами. Довжина зуба від обрізу диска 70 - 110мм, робоча швидкість агрегату до 16 км/год.

3. Оглядом окреслено ряд проблем, вирішення окремих з них пропонується в даній магістерській кваліфікаційній роботі. Це недостатня ступінь кришення поверхневої кірки і складність конструктивного виконання робочого органу.

4. Перспективним напрямком модернізації робочого органу на наш погляд є розділення оброблюваного шару на дві смуги, які розташовані безпосередньо на диску у шахматному порядку.

5. Проведені експериментальні дослідження показали перевагу в якості кришення дослідного зразка над серійним, так при куті атаки 0 градусів коефіцієнти структурності відповідно становлять 0,38 і 0,16 при практично рівних коефіцієнтах різноподрібнення 0,4 - 0,44.

6. Аналітичні розрахунки, виконані на основі запропонованої аналітичної моделі показують хорошу, в межах 2,5%, збіжність результатів з результатами експериментальних досліджень.

7. Виконаний техніко-економічний аналіз показує хорошу працездатність модернізованої машини, заощадження становлять 52326 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Барабаш Р. Вплив збільшення кількості постів на показники ефективності технологічних процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ–150К–09. Сільськогосподарські машини: зб. наук. праць. Луцьк: РВВ Луцького НТУ, 2015. Вип. 32. С. 18–26
2. Вітвіцький В. В., Лосина М. С., Гулька М. С. Методика розробки та типові норми часу на технічне обслуговування тракторів. Київ: НДІ «Украгропромпродуктивність», 2005. 219 с. 15.
3. Войтюк В. Д., Рубльов В. І., Роговський І. Л. Системні принципи забезпечення якості технічного сервісу сільськогосподарської техніки: монографія. Київ: НУБіП України, 2016. 360 с.
4. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Параметри та показники ефективності технологічних процесів технічного сервісу, що виконуються на стаціонарних постах. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2006. № 10. С. 66–73. 40.
5. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Підвищення коефіцієнта технічного використання тракторів ХТЗ скороченням тривалості їх технічного обслуговування. Вісник ХНТУ ім. П. Василенка: 2015. № 163. С. 78–83. 41.
6. Кузьмінський Р. Д., Іванишин В. В., Барабаш Р. І., Ткач О. В. Вплив збільшення кількості постів на показники ефективності технологічних процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ–3522. Збірник наукових праць. Подільського державного аграрно-технічного університету: Технічні науки. 2016. № 24. т.2. С. 175–184
7. Kuzminskyj R., Krajnyk L., Barabash R., Sosnowski S. Organizational and technological compatibility of the technological processes of all different types of maintenance of KhTZ-3522 tractors in the joint technological flow. ECONTECHMOD. An International Quarterly Journal. 2017. Vol. 6, No. 3, P. 5–16. 44.
8. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Параметри та показники ефективності процесів технічного обслуговування тракторів ХТЗ–17221. Развитие науки в XXI

веке: Междунар. науч.-практ. конф. (Харьков, 11 апр. 2015 г.). Харьков, 2015. С. 60–65. 45.

9. Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Організаційно-технологічна сумісність технологічних процесів, які виконуються на стаціонарних постах. Крамаровські читання: матеріали VI Міжнар. наук.-техн. конф. (Київ, 21 лют. 2019 р.). Київ: Вид. центр НУБіП України, 2019. С. 257–259. 46.

10. Кузьмінський Р. Д. Про можливість використання алгоритму “наповнення контейнерів” для моделювання технологічних процесів відновлення. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 1998. № 2. С. 25–28. 47.

11. Кузьмінський Р. Д., Соколовський О. Р. Алгоритм проектування технологічних процесів, які виконуються на стаціонарних постах. Збірник наукових статей ЛНТУ: Сільськогосподарські машини. Луцьк, 2011. Вип. 21, т. 1. С. 228–235. 51.

12. Кузьмінський Р. Д. Конструктивно-технологічний базис процесів ремонту коробок передач зернозбиральних комбайнів. Наукові і практичні аспекти агропромислового виробництва та розвитку сільських регіонів: матеріали Міжнар. наук.-практ. форуму, 22-24 вер. 2010 р. Львів: Львів. нац. агроуніверситет, 2010. С. 458–467. 52.

13. Кузьмінський Р. Структура, параметри та ефективність технологічних процесів ремонту. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2005. № 9. С. 50–60.

14. Кузьмінський Р., Кордоба В. Алгоритм визначення продуктивності та виробничої структури технологічних діляниць відновлення зношених деталей на етапі проектування. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2011. № 15. С. 297–308.

15. Семкович О., Барабаш Р. Стан і перспективи розвитку ринку технічного сервісу в агропромисловому комплексі України. Вісник Львівського державного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2005. № 9. С. 9–15. 98.

16. Сидорчук О. В., Семерак М. М., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Концепція управління проектом технічного обслуговування тракторів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2008. № 12, т. 1. С. 16–21. 99.
17. Сидорчук О. В., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Закономірності кількісних і якісних змін надходжень замовлень на ремонт агрегатів. Технікотехнологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. праць. Київ: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. Вип. 10 (24), кн. 1. С. 69–76. 100.
18. Сидорчук О. В., Боярчук В. М., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І. Основні функції і форми управління системою технічного обслуговування тракторів. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2009. № 13, т. 2. С. 51–56. 101.
19. Сидорчук О. В., Кузьмінський Р. Д., Барабаш Р. І., Михалюк М. А. Технологічна складова функціональної структури системи фірмового технічного обслуговування тракторів ХТЗ. Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. 2009. № 13, т. 2. С. 73–80.
20. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2016 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2017. 108.
21. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2017 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2018. 109.
22. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2018 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2019. 110.
23. Наявність сільськогосподарської техніки та енергетичних потужностей у сільському господарстві у 2019 році: стат. бюл. / Державна служба статистики України. Київ, 2020. 157 111.

24. Стукалець І. Г. Організаційно-технологічна сумісність ремонтновідновних процесів підприємств багатопредметної спеціалізації. Студентська молодь і науковий прогрес в АПК: матеріали 4-ої Міжнар. студ. наук. конф. (26-30 верес. 2004 р.). Львів: ЛДАУ, 2004. С. 333–341. 112.
25. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень– грудень 2017 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2017. 226 с. 113.
26. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень– грудень 2018 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2018. 227 с. 114.
27. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень– грудень 2019 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2019. 226 с. 115.
28. Виробництво промислової продукції за видами в Україні за січень– грудень 2020 р.: стат. бюл. Київ: Держкомстат України, 2020. 225 с.
29. Технологічні карти на передпродажне та технічне обслуговування тракторів ХТЗ–16131, ХТЗ–16331 /. Харків, 2014. 92 с. 124.
30. Технологічні карти на передпродажне та технічне обслуговування тракторів ХТЗ–150К–09 / Харків, 2014. 67 с.
31. Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. / за ред. Сало В.М. –Х.: Мачулін, 2016. –244 с
32. Застосування способів основного обробітку ґрунту в сівозмінах/ В.М.Кабанець, М.Г.Собко, О.В.Радченко/під ред. М.Г. Собка. Сад, 2015. 16 с.
33. Надикто В. Оранка: міфи та реалії // Агробізнес сьогодні. 2015. [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http:// agro-business.com.ua/agro/ideitrendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html](http://agro-business.com.ua/agro/ideitrendy/item/8395-oranka-mify-ta-realii.html)
34. Сивак Р.І. Пластичність металів при немонотонному навантаженні / Техніка, енергетика, транспорт АПК. – Вінниця, 2016. - №1 (91). – С.108-111 10.
35. Сердюк О.В., Сивак І.О., Сухоруков С.І., Сивак Р.І. Оцінка пластичності поверхневого шару металу при немонотонному навантаженні / Наукові нотатки. – Випуск 54. – Луцьк, 2016. – С.277-281 (науково-метрична база РИНЦ)

36. Гунько І.В. Енергоощадні безконтактні методи діагностування показників технічного стану мобільної сільськогосподарської техніки / І.В. Гунько, Л.Г. Коваль // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – №3 (95). – Вінниця. – 2016. – С. 89-93.
37. Сало В.М. Аналіз процесів чизелювання ґрунтів з застосуванням різних комбінацій робочих органів [Текст] / В.М. Сало, С.М. Лещенко, В.А. Пашинський, Р.В. Ярових // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2015. – Вип. 45, Ч.1 – С. 126-132
38. Сандомирський М.Г. Трактори та автомобілі. Ч.1. Автотракторні двигуни // Навчальний посібник / М.Г. Сандомирський, М.Ф. Бойко, А.Т. Лебедєв– К.: Вища школа, 2000. – 357с.
39. Мазур В.А., Балагура О.В., Журенко Ю.І. Вплив кількості технологічних операцій на фізико-механічні властивості біомаси люцерни при заготівлі сіна. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. №4. С. 9-17.
40. Іскович-Лотоцький Р.Д., Зелінська О.В., Веселовська Н.Р., Веселовський Я.П. Оцінювання ефективності функціонування технологічного комплексу з використанням системного підходу. // Техніка енергетика транспорт АПК. 2017. № 2 (97). С. 109-114.
41. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є. Підшипники кочення. Вибір за статичною та динамічною вантажопідйомністю, конструювання підшипникових вузлів: Київ: «Хай-Тек Прес», 2012. 128 с.
42. Павленко В.С., Цуркан О.В., Кравченко І.Є., Любін М.В. Пасові передачі. Теорія, розрахунки, конструювання: Навчальний посібник. Київ: «Хай-Тек Прес», 2011. 140 с.
43. Пономаренко Н.О., Ільченко В.Ю., Яропуд В.М., Усенко А.І. Аргументація середньої відстані пробігу пересувних засобів технічного обслуговування машин. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2016. №3 (95).С. 63-66.
44. Пясецький А.А., Звонарьов Є.Г. Впровадження і застосування GPS технологій в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. № 4

(99). 2017. С. 138-141.

45. Серета Л.П., Паладійчук Ю.Б., Зінєв М.В. Ефективність застосування гідропривода в машині для подрібнення деревини DP-660 при виготовленні щепи. Промислова гідроліка і пневматика. 2017. № 1 (55).С. 63-69.

46. Войтюк Д.Г., Булгаков В.М., Кропивко С.В., Онищенко В.Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. Вузів. Київ, 2005. 464 с.

47. Солоня О.В. Статика взаємодії абсолютно твердих тіл із сипучим середовищем. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. № 3 (90). С. 105-116

48. Солоня О.В., Купчук І.М. Практикум з теорії механізмів і машин: навчальний посібник. Вінниця: ТОВ «Друк», 2014. 256 с.

49. Твердохліб І.В., Барановський В.М., Спирін А.В., Полєвода Ю.А. Роль і місце технічного діагностування в системі технічної експлуатації автомобілів в сільському господарстві. Техніка, енергетика, транспорт АПК. 2018. № 1 (100), Том 1. С. 24-28

50. Труханська О.О. Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. Техніка, АПК. 2018. № 3 (102).