

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр"

на тему:

**«Рационалізація боронування посівів озимої пшениці з одночасним
удобренням»**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгАІ-22
за спеціальністю 208 "Агроінженерія"

_____ Томчук Владислав Олександрович

Керівник: _____ Золотовська Олена Володимирівна

Рецензент: _____

Дніпро 2023

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра: тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: "Магістр"
208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
тракторів і

СГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

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

Томчук Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи :** Раціоналізація боронування посівів озимої пшениці з
одночасним удобренням

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

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“09” 11 2023 року №3422

2. **Строк подання студентом роботи** 28.11.2023 р

3. Вихідні дані до роботи Огляд особливостей технічних рішень боронування
з одночасним удобренням, огляд літературних джерел та обґрунтування
дослідження з обраної тематики.

4. **Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які
потрібно розробити)** 1. Обґрунтування технічних рішень боронування посівів
з удобренням. 2. Теоретичне обґрунтування параметрів робочих органів для
боронування посівів. 3. Обґрунтування методики експериментальних
досліджень. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища. 5.
Економічна ефективність боронування посівів з підживленням добрив.
Висновок. Бібліографічний список.

5 **Перелік демонстраційного матеріалу**

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

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1.	Золотовська О.В., доцент		
2	Золотовська О.В., доцент		
3	Золотовська О.В., доцент		
4	Деркач О.Д., доцент		
5	Вінченко І.І., доцент		
Нормо-контроль	Пономаренко Н.О., доцент		

7. Дата видачі завдання 19.04.2022

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Аналіз технічних рішень	до 29.05.23 р	
2.	Виконання теоретичних досліджень	до 29.06.23 р	
3	Виконання експериментальних досліджень	до 5.09.23 р.	
4	Охорона праці	до 06.11.23 р.	
5	Економічна частина	до 10.11.23 р.	
6.	Демонстраційний матеріал	до 24.11.23 р.	

Студент

_____ (підпис)

Томчук В.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Золотовська О.В.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Томчук В.О. Раціоналізація боронування посівів озимої пшениці з одночасним удобренням / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2023.

В дипломній роботі проаналізовано конструкції багатофункціональний агрегатів (БФА) для боронування посівів озимої пшениці з метою одночасного удобренням. Визначені перспективи застосування запропонованих конструкцій. Виконано порівняльний аналіз існуючих конструкцій. Доведено, що в науково обґрунтованій системі землеробства широко висвітлюється питання ранньовесняного підживлення озимих колосових культур та їх підрізування, але відсутні рекомендації щодо поєднання підживлення з одночасним підрізуванням ротаційною мотикою для надійного підвищення врожайності зернових культур.

Наведено результати розрахунків економічної ефективності.

Ключові слова: борона, удобрення, врожай, ґрунт, озимі культури

Публікація статті в збірнику тез доповідей «X Міжнародна науково-практична конференція “MODERN PROBLEMS OF SCIENCE, EDUCATION AND SOCIETY”», 4-6.12.2023 Київ, Україна

ЗМІСТ

Вступ	7
1 Обґрунтування технічних рішень боронування посівів з удобренням	9
1.1 Аналіз внесення добрив у ґрунт	10
1.2 Аналіз засобів боронування сільськогосподарських культур	13
1.3 Техніка розпушування та внесення добрив	16
1.4 Класифікація борін	17
1.4.1 Конструкція пружинних та зубових борін	17
1.5 Технологія роботи ротаційних робочих органів	26
2 Теоретичне обґрунтування параметрів робочих органів для боронування посівів	32
2.1 Конструктивно-технологічна схема для боронування посівів	32
2.2 Аналіз параметрів ротаційного робочого органу що обертається в продольно-вертикальній площині	34
2.2.1 Моделювання довжини голок, одночасно занурених у ґрунт	35
2.2.2 Моделювання кількості голок, що одночасно заглиблюються в ґрунт	37
2.2.3 Кінематичне моделювання робочого органу для боронування посівів	38
2.2.4 Визначення координат руху плоского голчастого диска.	41
2.2.5 Визначення кількості голок на ротаційному робочому органі та інтервали між ними	43
2.3 Моделювання параметрів БФА для боронування посівів з одночасним внесенням добрив	45
3 Обґрунтування методики експериментальних досліджень	50
3.1 Обґрунтування експериментального стенду	50
3.1.1 Методи вимірювання потужності зернозбиральних комбайнів	54
3.2 Обґрунтування результатів досліджень	60
3.2.1 Оптимальні параметри та режими роботи робочого органу ротаційної борони	60
3.2.2 Оптимальні параметри та режими роботи БФА на боронуванні посівів з одночасним внесенням добрив	65
3.3 Обґрунтування впливу модернізованих робочих органів мотиги на врожай озимої пшениці	69
4 Охорона праці та захист навколишнього середовища	72
4.1 Правила безпеки при роботі на зерноочисних машинах	73
4.1.1 Загальні вимоги	73
4.1.2. Вимоги безпеки перед початками роботи	74
4.1.3 Вимоги безпеки під час роботи	76
5 Економічна ефективність боронування посівів з підживленням добрив	78
Висновки	81
Список літературних джерел	83

ВСТУП

Проблеми підвищення врожайності та якості зерна і зниження собівартості можуть бути успішно вирішені шляхом подальшого вдосконалення механічних технологій догляду за посівами озимих культур, внесення добрив, боротьби з бур'янами та захисту від хвороб і шкідників.

Науково обґрунтовані системи землеробства показали, що шар ґрунту після оранки містить від 100-200 млн до 2-3 млрд насінин бур'янів на гектар. 70-90% бур'янової рослинності можна знищити до- і післяоранкою, зменшуючи витрати на використання дорогих гербіцидів за рахунок усунення їх пригнічувальної дії на культурні рослини і ґрунтову біоту, забезпечуючи бажану структуру над зораним шаром, руйнуючи ґрунтову кірку і вирівнюючи поверхню поля, тим самим покращуючи хімічні та біологічні процеси, активізуючи активізуючи хімічні та біологічні процеси. Ефективність ротаційного лушення посівів озимої пшениці та інших зернових культур для знищення бур'янів підтверджена збільшенням врожайності зернових на 10-15%, що було продемонстровано в ряді експериментів [1]. Оранка посівів для руйнування ґрунтової кірки покращує розвиток рослин і продуктивність, особливо на сильно перезволожених ґрунтах, за рахунок поліпшення доступу повітря до кореневої системи. В інших країнах відоме поєднання ранньовесняного підживлення озимих культур з одночасною сівбою весняною бороною [2]. Однак ні теоретичні дослідження, ні виробнича практика не встановили ефективності весняного боронування на озимих культурах, особливо щодо руйнування ґрунту та засвоєння добрив, яке часто виконується ротаційними боронами. У зв'язку з цим актуальним є питання поєднання боронування посівів озимих культур з одночасним внесенням та підживленням ґрунту твердими мінеральними добривами. Слід зазначити, що, незважаючи на широке застосування вищезазначених технологій ранньовесняного внесення добрив під озимі та їх боронування, існують серйозні недоліки, які знижують врожайність, якість зерна (наприклад, озимої

пшениці) та конкурентоспроможність через трудомісткість, енергоємність та високу собівартість. Позакореневе внесення добрив зерновими сівалками не завжди можливе на вологих ґрунтах, а повітряні та наземні машини для внесення добрив спричиняють високу нерівномірність внесення добрив та недостатнє проникнення до коренів, що призводить до зниження врожайності. В українській науково обґрунтованій системі землеробства широко висвітлюється питання ранньовесняного підживлення озимих колосових культур та їх підрізування, але відсутні рекомендації щодо поєднання підживлення з одночасним підрізуванням ротаційною мотикою для надійного підвищення врожайності зернових культур.

Мета роботи – оптимізація процесів боронування посівів озимої пшениці з одночасним удобренням для підвищення якісних показників обробки ґрунту.

Об'єкт дослідження – багатофункціональний агрегат (БФА) для боронування посівів озимої пшениці з одночасним удобренням.

Предмет дослідження - закономірності процесу боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням, із застосуванням БФА.

Завдання роботи:

1. Провести аналіз машин для боронування та підживлення посівів озимої пшениці та визначити перспективний напрям їхнього вдосконалення;
2. Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему БФА для боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням і розробити математичну модель оптимізації параметрів і режимів роботи БФА;
3. Визначити оптимальні конструктивно-технологічні параметри робочого органа для боронування посівів з одночасним закладенням добрив у ґрунт;
4. Установити залежності критеріїв оптимізації математичних моделей від конструктивно-режимних параметрів машин;
5. Визначити економічну ефективність результатів досліджень.

1 ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ РІШЕНЬ БОРОНУВАННЯ ПОСІВІВ З УДОБРЕННЯМ

Ґрунт характеризується родючістю. Зниження родючості ґрунтів пов'язане з нераціональним і неадекватним управлінням ґрунтами, що зумовлює необхідність пошуку шляхів удосконалення ґрунтообробної техніки для подовження життя сільськогосподарських культур і підвищення врожайності у сталий спосіб [2, 15, 16].

Ґрунт в основному складається з твердої фази з різним ступенем дисперсності. Коли ґрунт повністю сухий, пори заповнені повітрям, але іноді там є не тільки повітря, але й волога. Ґрунти, як правило, мають три фази: тверду, рідку і газову. Взаємозв'язок між цими трьома фазами допомагає підтримувати життя організмів, що живуть у ґрунті, і створює хорошу родючість ґрунту. Зменшення або повне зникнення однієї з трьох фаз може мати сильний вплив на родючість ґрунту та біологічні процеси. Якщо відсоток рідкої або газової фази зменшується або повністю зникає, ґрунт більше не може використовуватися як середовище для біологічних процесів. Для того, щоб оптимізувати біологічні процеси в ґрунті, необхідно встановити теоретичні та експериментальні співвідношення між трьома фазами, що є фундаментальним завданням фізики ґрунту.

Фундаментальною умовою родючості ґрунту є сильна агрегація ґрунту.

Найважливішою передумовою родючості ґрунту є здорова грудкувата структура, яка характеризується наявністю грудочок розміром від 1 до 10 міліметрів у пухкому шарі ґрунту. Якщо частинки ґрунту частково розділені, тобто не мають структури, то це суцільний верхній шар ґрунту.

Якщо немає дощу, випаровування води з верхнього шару ґрунту обмежується верхнім шаром ґрунту, тоді як вода не може досягти нижнього шару ґрунту, оскільки він заблокований порожнечами між частинками ґрунту, що створює постійний запас води в структурованому ґрунті. Крім того, сухий верхній шар ґрунту запобігає випаровуванню води і діє як захисний шар [4].

Під час весняного внесення добрив перед фермером стоїть завдання вчасно закрити вологу та розпушити ґрунтові грудки [5].

Рослини підживлюють твердими мінеральними добривами, які розкидають відцентровими розкидачами. Фосфор і калій вносять одночасно, щоб збільшити поглинання рослинами азоту, фосфору і калію, що допомагає зменшити втрати рослин і підвищує стійкість рослин до патогенів. Ці елементи також сприяють кращому укоріненню слабких проростків і збільшують загальну масу зерна [6].

1.1 Аналіз внесення добрив у ґрунт

Відповідно до системи землеробства [5-7], необхідно перевіряти стан рослин протягом зими шляхом відбору та аналізу рослинних зразків. Стан рослин можна оцінити різними методами: фарбуванням частин рослин 0,1% розчином фуксинової кислоти, вирощуванням рослини в моноліті, воді, доні, цукрі тощо. Приживлюваність цих рослин після весняної вегетації становить 70-75%. Досвід показав, що врожайність є доброю, якщо виживає не менше 90% рослин, і задовільною, якщо виживає 70-80% рослин. Якщо кількість рослин, що вижили, становить менше 50%, урожай вважається незадовільним.

Висока продуктивність озимих культур в субтропічному кліматі може бути досягнута тільки шляхом забезпечення рослин достатнім і відповідним харчуванням, яке вимагає поживних речовин, тепла, світла і води. Кожна з цих умов відіграє вирішальну роль у житті рослин. Потреба в поживних речовинах безпосередньо залежить від форми і виду рослини, яка містить ці речовини.

У рослинах виявлено понад 70 елементів, але доведено, що лише 16 з них є необхідними для життя рослин. Органічні елементи - це азот, кисень і водень; мікроелементи - сірка, кальцій, фосфор, магній і калій; мікроелементи - кобальт, мідь, бор, цинк і молібден, а також марганець і цинк. Кожен елемент у рослині виконує свою функцію, тому один елемент не може бути замінений іншим. Крім цих елементів, можуть бути присутніми й інші, такі як хлор,

кремній і натрій, але вони не є необхідними для життя рослин. Водень, вуглець і кисень - найважливіші елементи, що надходять до рослин з атмосфери, і співвідношення цих елементів таке. Водень - 6,5% від сухої маси рослини, кисень - 42%, вуглець - 45% [4].

Під час збору врожаю з сільськогосподарської продукції вилучається велика кількість поживних речовин, і якщо вчасно не вносити добрива, ґрунт поступово виснажується, а врожайність знижується. Однак зниження врожайності може початися ще до виснаження ґрунту і залежить не стільки від загального вмісту активних речовин у ґрунті, скільки від їх засвоєння та вмісту.

Загальна кількість поживних речовин у ґрунті частково поповнює засвоювану частину, але швидкість поповнення значно нижча, ніж швидкість виснаження ґрунту, спричиненого винесенням активних речовин рослинами.

Для досягнення високих врожаїв необхідно підтримувати постійний рівень активних речовин у ґрунті, щоб компенсувати винос (надходження) активних речовин рослинами. Це сприяє ефективній родючості ґрунту. Недостатня утилізація поживних речовин може призвести до зниження родючості ґрунту. Чим вищий урожай, тим більше поживних речовин виноситься і тим швидше виснажується ґрунт.

Неорганічні добрива - це мінеральні добрива, вироблені механічним або хімічним способом із сировини, яка зазвичай складається з неорганічних елементів, таких як фосфор, калійні солі тощо.

До неорганічних добрив також відносяться азотні добрива, які беруться з повітря, і деякі хімічні речовини, що містять поживні речовини для рослин. Ці добрива характеризуються вищою концентрацією активних речовин. Мінеральні добрива поділяються на фосфорні, азотні та калійні, а також добрива, що містять мікроелементи.

Органічні добрива. Поживні речовини в органічних добривах - це речовини, отримані з тварин і рослин, і ці добрива можуть містити продукти

переробки, такі як рибне борошно, торф, насіння ріпаку, пташиний послід, фекалії тощо, але в основному використовується гній.

Коли торф або гній змішують з фосфорними добривами, виходить органо-мінеральне добриво, що містить мінерали та органічні речовини.

Коли і як вносити мінеральні добрива в субтропічному кліматі, залежить від фізико-хімічних властивостей типу добрива, ґрунтового-кліматичних умов і біологічних особливостей культур. Способи внесення добрив різняться [13]. Передпосівне або основне внесення добрив зазвичай включає найбільшу частку (70-80%) неорганічних добрив. Органічні добрива в цей період вносять у повній кінцевій нормі. Передпосівні добрива вносяться в більш глибокі, вологі шари ґрунту під час оранки і забезпечують рослини поживними речовинами протягом більшої частини вегетаційного періоду.

Передпосівне або припосівне добриво вносять одночасно з посівом (посадкою), в рядки або гнізда на 2-3 см нижче насіння (цибулин) (рядкове або гніздове добриво) [11].

Добрива вносять у рядки під час сівби сівалкою разом із сумішшю насіння та добрив. Наприклад, гранули суперфосфату можна змішувати з насінням перед посівом. Добрива також використовуються для картоплі або інших овочів і культур.

Рядкові або гніздові добрива призначені для забезпечення рослин активними речовинами, особливо на ранніх стадіях росту. Передпосівні добрива вносять у невеликих кількостях, оскільки вони споживаються рослинами протягом перших 2-3 тижнів їхнього життя [27].

Післяпосівне внесення добрив призначене для підживлення коренів і листя рослин на певних критичних етапах їхнього росту.

Емпіричні дані показують, що стрічкове внесення добрив дає в 1,5-2 рази більший приріст врожаю, ніж обприскування.

Для досягнення найбільшого ефекту добрива слід вносити локально під овочеві та зернові культури.

Під озимі культури слід вносити фосфорні та калійні добрива в достатній кількості, а азотні - в такій кількості, щоб їх можна було заробити оранкою. При посіві зернових культур подвійний гранульований суперфосфат слід вносити в рядки по 0,5 см³. Це дуже ефективний спосіб використання цього добрива, який збільшує врожайність зерна приблизно на 4 см³ на кожен сантиметр внесеного добрива.

У достатньо зволжених районах і на всіх зрошуваних землях можна досягти високих врожаїв, якщо точно і правильно вносити мінеральні добрива, як показують дослідження сільськогосподарських науково-дослідних інститутів і практика фермерів.

На зернових культурах, особливо пшениці, використання високих доз азотних добрив обмежується ризиком проростання пшениці. Обробка зернових цим продуктом підвищує їхню стійкість.

1.2 Аналіз засобів боронування сільськогосподарських культур

Поверхнева обробка, яка використовується для вирівнювання поверхні ґрунту, розпушування верхнього шару ґрунту, перемішування верхнього шару ґрунту, мульчування верхнього шару ґрунту, внесення мінеральних добрив і видалення бур'янів, називається боронуванням.

Борона - це інструмент для поверхневої обробки ґрунту. Виняток становлять лише важкі дискові борони та деякі пружинні борони, які можуть обробляти ґрунт на глибину до 20 см. Борона є найпростішим і найбільш універсальним інструментом і може використовуватися для розпушування, перемішування і вирівнювання поверхні ґрунту, а також для зрізання і прополки, посіву і внесення добрив, розбивання бульб рослин після зимових дощів і злив, проріджування ділянок, розпушування запиленого ґрунту після прополки і роботи на пасовищах і луках. Борони та культиватори, як правило,

передньопривідні, але існують також мотоблоки (вібраційні борони) та ротаційні борони (вібраційні борони).

Боронування зазвичай проводять після посіву або після того, як рослини вирости, залежно від типу культури. Це допомагає поліпшити аерацію верхнього шару ґрунту, підтримувати вологість ґрунту, розпушувати надлишки врожаю та заробляти компост. Перемішування та розпушування ґрунту під час згрібання є оптимальним, коли вологість ґрунту знаходиться в межах 50-70%.

Якщо ґрунт недостатньо вологий, зубці борони недостатньо проникають у ґрунт, і ґрунт розкладається. Оскільки при боронуванні трактор використовується менш ефективно, ніж при обробці інших культур, боронування необхідно проводити на більш високій швидкості, але при цьому слід враховувати потреби господарства.

Для боронування поверхні зраного поля рекомендується швидкість від 7 до 8 км/год, а для боронування весняного зябу озимих культур - максимальна швидкість 6,6 км/год. Чим вища швидкість боронування, тим більше ґрунту буде зруйновано і тим ефективнішою буде робота. Боронування можна також комбінувати з іншими методами обробки ґрунту (наприклад, з оранкою). Розрізняють дискові борони, лапові борони, зубові борони та інші робочі органи.

Відповідна борона залежить від щільності та типу ґрунту. Хоча оранка перед посівом знищує більшість бур'янів, багато бур'янів проростає в посівах. Боронування знищує 80-90% цих проростаючих бур'янів і вбиває рослини ще до того, як вони встигнуть прорости. Особливо ефективним є згрібання, якщо воно проводиться до того, як з'являться сходи попередньої культури.

Згрібання є дуже важливим прийомом догляду за рослинами, незалежно від їх стану (добре розвинені, низькорослі або зріджені). Бажано згрібати рослини, що відтанули, щоб запобігти накопиченню бруду і росту бур'янів. Взимку [8] боронування озимих культур на дуже ущільненому торфі може дати хороші результати.

Боронування слід проводити, коли ґрунт більше не є мулистим і може бути охарактеризований як "стиглий". Його слід проводити один або два рази вздовж рядів або діагоналей, поки на важкому ґрунті не утвориться шар бруду.

Для добре перезимувалих великих рослин можна використовувати важку або середню зубову борону, тоді як для слабких або розріджених рослин - легку або круглу борону.

Тонкі рослини слід боронувати, коли ріст досягає свого піку, особливо перед дощем [12].

У Дніпровському регіоні боронування озимої пшениці на важких глинистих ґрунтах зменшило чисельність бур'янів на 16-23%, а на легких глинистих ґрунтах - на 28-32%. При цьому врожайність зросла на 25-32% на важких глинистих ґрунтах, але не на легких глинистих ґрунтах [15, 26].

У Херсонській області після збирання озимих культур кількість бур'янів зменшилася на 33%; у Миколівській області забур'яненість зменшилася в 3-5 разів, а врожайність з гектара зросла на 1,5-200 рослин; у Полтавській області після збирання озимих культур кількість бур'янів зменшилася в 2-4 рази.

Озима пшениця є високоврожайною культурою (поступається лише рису). Середня врожайність в Україні становить 30 центнерів з гектара, в розвинених господарствах - 50-60 центнерів з гектара. Найвищі врожаї отримують у Дніпропетровській області - 103,6 центнера з гектара та в Канаді - 170 центнерів з гектара.

У Дніпропетровській області викорчовування озимої пшениці видаляє 51,3% бур'янів і підвищує врожайність на 2,5-3,5 центнера з гектара. Не рекомендується орати озимі на легких, піщаних ґрунтах і в районах, де ґрунт схильний до вітрової або водної ерозії, оскільки насіння цих культур може з різних причин потрапити на поверхню ґрунту, оскільки їхні проростки ще не вкоренилися. Щоб запобігти проростанню озимих культур на цих ділянках, замість боронування можна використовувати дощову воду для знищення цих культур.

Передпосівне боронування зернових (ячмінь, овес, пшениця) є хорошим способом боротьби з ранніми бур'янами (аконіт, петрушка, дика редька тощо), але ця агротехнічна практика вимагає ретельного підбору обладнання та часу.

При дотриманні суворих агротехнічних умов, весняний посів у вже теплий ґрунт (в сухих районах) і одночасне випадання опадів призведе до проростання рослин, що знищить бур'яни. Перед посівом слід провести розпушування, коли сходи досягнуть 1,5 см заввишки. Згрібання озимих культур в субтропічному кліматі найкраще проводити сітчастими або роторними граблями; якщо сітчастих або роторних граблів немає, можна використовувати звичайні легкі граблі для легких і середніх ґрунтів, а для запліснявілих і важких ґрунтів - напівважкими граблями. Перед посівом добре видаляти білотканинні бур'яни.

1.3 Техніка розпушування та внесення добрив

Для підвищення продуктивності пшениці необхідно вдосконалювати системи і методи обробітку ґрунту та використовувати найсучаснішу техніку. До них відносяться багатоцільові агрегати (БЦА) та машини. Використання таких агрегатів і машин дає змогу максимізувати продуктивність трактора при тій самій робочій ширині захвату і швидкості. Найпростіший спосіб створити такий агрегат і поєднати кілька операцій - це послідовно з'єднати два або більше багатоцільових знарядь. При необхідності кожна машина може незалежно виконувати певну операцію. Також можна створити багатофункціональний агрегат іншим способом, тобто розмістити на одній конструкції кілька робочих механізмів для виконання різних технічних операцій.

Навесні, в субтропічному кліматі, озимі культури згрібають, коли ґрунт підсохне. Розпушування розбиває ґрунтову кірку, видаляє відмерлі частини рослин і створює сприятливі умови для росту рослин, а також захищає ґрунт

від перегріву і зменшує випаровування води. Різниця між температурою ґрунту до і після згрібання становить 2-3 °С навіть на сьомий день.

На посівах озимих культур ефективність боронування залежить від стану культури, способу боронування, кліматичних умов і типу ґрунту, тому необхідно враховувати місцеві умови, перш ніж приймати рішення про необхідність боронування. Боронування не рекомендується проводити у вологу погоду навесні, але корисно в суху погоду.

Для слабких посівів озимої пшениці та легких ґрунтів рекомендується використовувати ротаційну мотику та легку зубову борону, для добре розвинених посівів озимої пшениці та важких ґрунтів рекомендується використовувати важку борону та боронувати один або два рази. Після боронування посівів озимої пшениці, заражених грибком, відмерлі рослинні рештки слід прибрати з поля і спалити.

1.4 Класифікація борін

1.4.1 Конструкція пружинних та зубових борін

Зубові та пружинні борони використовуються для розбивання та подрібнення верхнього шару ґрунту, а також для часткового знищення бур'янів, вирівнювання поверхні поля, посіву насіння та внесення добрив. Основною частиною зубової борони є лапа, яка рухається як клин, нахилений над землею. Передня частина ріже ґрунт, а бічна частина розштовхує частинки, розбиває грудки ґрунту і видаляє мертву траву та бур'яни. Зубову борону використовують для оранки на глибину від 3 до 10 см, а після посіву залишаються борозни глибиною не більше 3-4 см, грудки діаметром не більше 5 см і пошкоджується не більше 3% рослинності.

Завдяки невеликій ширині зубових борін їх можна з'єднувати за допомогою гаків, утворюючи агрегат з широким охопленням при роботі в полі. Кожна борона оснащена гаками з обох боків для кріплення ременів (ланцюгів).

Положення зубів у напрямку руху, тиск зубів на землю і довжину ланцюга можна регулювати для регулювання робочої глибини борони.

Відрізняє одну борону від іншої тиск на зуб, який разом з кількістю зубів визначає тягову силу. Для боронування нам підходять тільки борони з легкими зубами, в тому числі тришарнірні борони ЗОР-0,7 і ЗБП-0,6 (рис. 1.1; 1.2).

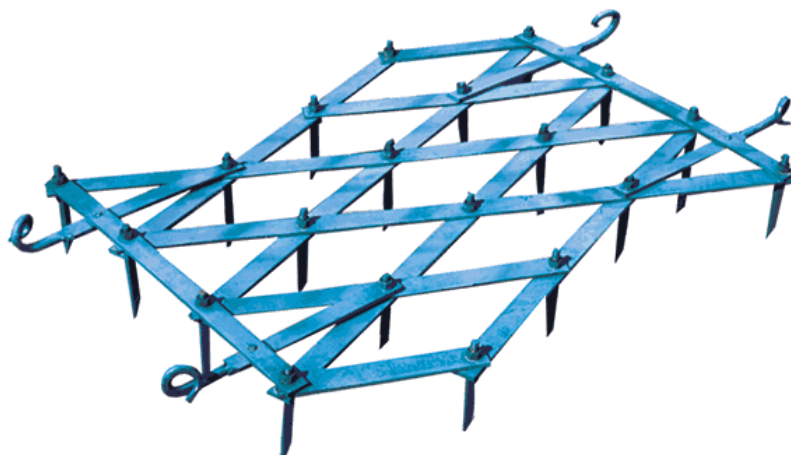


Рисунок 1.1 – Загальний вигляд легкої зубової борони ЗБП-0,6

Недоліком легких борін є те, що вони неефективні для боронування дуже сухого ґрунту і не створюють достатнього зусилля руйнування.



Рисунок 1.2 - Загальний вигляд легкої зубової борони ЗОР-0,7

Сьогодні пружинна борона широко використовується в сільському господарстві. В основному використовується для видалення бур'янів на

оброблюваних полях, відновлення балансу вологи в зораному ґрунті і руйнування утвореної верхньої ґрунтової кірки. Підходить для всіх видів технічних і продовольчих культур. Борона виконує чотири операції одночасно, від боронування і розпушування ґрунту до внесення добрив.

Пружинна борона Aktywator 6 (рис. 1.3) польського виробництва - це багатоцільова борона, яка використовується для підтримання вологості ґрунту ранньою весною. Вона також розпушує і вирівнює поверхню ґрунту до і після посіву і може використовуватися для боронування сходів, вичісування озимих культур, розкидання гною і загрибання соломи в борозни.



Рисунок 1.3 – Загальний вигляд пружинної борони Aktywator 6

Борона пружинна БПН-8 "Метелик" (рис. 1.4) використовується для видалення бур'янів, розбивання та аерації грязі на поверхні ґрунту. Підходить для до- і післясходового боронування нових і технічних культур, а також для вирівнювання полів.



Рисунок 1.4 – Загальний вигляд зубо-пружинної борони БПН-12 «Метелик»

Пружинні борони для вирощування сільськогосподарських культур з одночасним внесенням мінеральних добрив (рис. 1.5), вироблені компанією Bichler у м. Хазен, Австрія, використовуються для розпушення верхнього шару ґрунту, боротьби з бур'янами, регулювання балансу ґрунтової вологи, боронування до і після посіву та захисту ґрунтових організмів.



Рисунок 1.5 – Загальний вигляд пружинної борони "HATZENBICHLER"

Борони були випробувані як альтернатива хімічним засобам боротьби з бур'янами, а також можуть використовуватися для механічного обробітку ґрунту. Метою весняного боронування є максимальний контроль бур'янів з

мінімальною шкодою для культури, але в той же час не слід намагатися повністю знищити бур'яни, оскільки деякі з них можуть мати позитивний ефект.

Недоліком боронування навесні є те, що воно може суперечити агрономічним вимогам щодо площі пошкодженої культури залежно від наявності поживних решток на поверхні ґрунту та вологості поля.

1.4.2 Конструкція ротаційної борони

Навесні всі тріщини в ґрунті заповнюються водою, і для того, щоб утримати вологу, необхідно розпушити поверхню ґрунту і розбити її на дрібні частинки, що розриває капіляри і перешкоджає випаровуванню води, яка стає потужним фактором розвитку коренів рослин, тобто забезпечує якісну основу для формування врожаю. Цього можна досягти за допомогою боронування ротаційною бороною.

Такі ґрунтообробні машини, як ротаційні борони, не мають приводу, а робочий механізм має різну конструкцію у вигляді голок, зубів, листків і лопатей. Основними завданнями цих машин є подрібнення верхнього шару ґрунту, часткове вирівнювання ґрунту, розбивання грудок і розкидання добрив.

Голчасті колеса, що використовуються на ротаційних боронах, є найпоширенішими і бувають різного діаметру та форми голок. Ці робочі механізми широко використовуються не тільки в автономних машинах, але і в комбінованому обладнанні. Вони характеризуються більш рівномірною структурою обробітку ґрунту, що досягається за рахунок використання активної частини ротора для грубих культур і пасивної частини диска для дрібних культур. Використання борін дозволяє зменшити кількість внесених азотних добрив [3-12], а в деяких випадках навіть відмовитися від їх використання [11,16]. Дисківі борони добре закривають верхній шар ґрунту, видаляють ґрунтову кірку, створюють ідеальні умови для початкового

розвитку кореневої системи рослин і забезпечують хороший старт росту [18]. Перевага електричних борін у порівнянні з зубовими полягає в кращому руйнуванні ґрунту і в тому, що їх можна використовувати на сходах ранньою весною у фазі проростання.

Електрична борона Antoks 6 (рис. 1.6) сконструйована у вигляді гнучкої обертової стріли. Гнучкість кронштейна забезпечується пружиною, яка притискає ґрунт за допомогою двох шестерень. Сітчаста конструкція дозволяє регулювати відстань між рядами. Недоліком цієї борони є можливість зсуву ґрунту і його недостатнє вирівнювання, що є неприйнятним для сільськогосподарських цілей.



Рисунок 1.6 – Загальний вигляд ротаційної борони БР-6 Antoks 6

Борона дискова Green Star (рис. 1.7) призначена для розпушування ґрунту навесні та восени на глибину від 4 до 11 см.



Рисунок 1.7 – Загальний вигляд ротаційної борони Green Star

Борона складається з підпружиненої рами і лап, на кожній з яких встановлено по два голчастих диска, змонтованих на підшипникових вузлах, що не потребують технічного обслуговування. Кожна голка, яка має вигнутий загострений наконечник, кріпиться болтами до втулки і підсилювального кільця. Недоліком цих борін є необслуговуване кочення робочих органів і можливість недостатнього переміщення ґрунту та його подрібнення, що є неприпустимим згідно з агротехнічними вимогами.

Борона з висувним ротором БРП-9,7 (рис. 1.8) має робочу швидкість 12-20 км/год. Розпушування поверхні поля здійснюється за допомогою рухомого тандему в робочому органі, який забезпечує рівномірну глибину заглиблення по всій ширині захвату і регулюється регулюванням рухомого гідравлічного упору. Недоліками цієї борони є можливе прослизання ґрунту і недостатнє подрібнення, що є неприйнятним для сільськогосподарських потреб.



Рисунок 1.8 – Загальний вигляд ротаційної борони БРП-9,7

Ротаційні культиватори Rotarystar 300 і Rotarystar 600 австрійського виробництва (рис. 1.9). Розбивання монолітної ґрунтової кірки після опадів здійснюється робочим органом, який являє собою редуктор діаметром 520 мм і 16 важелів. Ще однією особливістю Rotarystar є те, що на борону монтується

сівалка, що дає можливість висівати різні види культур і обробляти їх одночасно з розпушуванням ґрунту. Виробник заявляє про робочу швидкість 25 км/год, що може гарантувати дуже ефективний обробіток ґрунту, але ми вважаємо, що цей параметр слід ретельно перевіряти.



Рисунок 1.9 – Загальний вигляд ротаційної борони Rotarystar

Борони Yetter 3400 та Yetter 3500 (рис. 1.10) виробляються у Сполучених Штатах Америки і мають робочу ширину захвату 3, 7 та 8 метрів відповідно. Борони оснащені голками, встановленими на гнучких опорах. Робоча швидкість борони коливається від 8 до 13 км/год. Недоліком цих борін є те, що в разі пошкодження лапи необхідно замінити весь корпус борони, а ґрунт не може транспортуватися і розділятися належним чином, що є неприйнятним для сільськогосподарських потреб.



Рисунок 1.10 - Загальний вигляд ротаційної борони Yetter

За допомогою борони Striegel (рис. 1.11) ви можете виконувати широкий спектр завдань, які є частиною професійного високопродуктивного обробітку ґрунту. Ви можете підготувати ґрунт до посіву. Розпушування ґрунту після посіву запобігає пізньому проростанню насіння. Це збільшує пористість і забезпечує рівномірний розподіл вологи і кисню в ґрунті, що призводить до більш рівномірних сходів, росту і сили рослин. Машина може використовуватися для суцільного і міжрядного обробітку ґрунту, навіть коли культура вже виросла. При стандартній відстані посіву ця машина працює від 2 листків до висоти рослин 20 см. При збільшенні відстані вона може працювати до висоти рослин 60 см.



Рисунок 1.11 - Загальний вигляд ротаційної борони "Striegel"

Борона з пасивним приводом є дуже перспективною машиною. Вона дозволяє проводити інтенсивний обробіток ґрунту на висоті до 0,1-0,12 метрів і може працювати в різних умовах без необхідності відбору потужності.

Перевагами машин на пасивній тязі є: відсутність заклинювання дисків, робота на швидкості 9 км/год і більше, проста конструкція, низьке енергоспоживання, мінімальне технічне обслуговування і ремонт, висока зносостійкість. Робочий орган дискової борони обертається в напрямку руху машини за рахунок зчеплення з ґрунтом і може працювати як агресивна або пасивна частина. Основне завдання всіх борін - обробіток ґрунту.

У порівнянні з плугами та культиваторами з активним приводом, мотоблоки споживають менше енергії, працюють на вищих швидкостях і

менше розбризкують ґрунт. Борони - це багатофункціональні знаряддя, які ефективно використовуються для захоплення вологи, руйнування стерні та видалення бур'янів. Їх специфічна конструкція і принцип дії забезпечують високу якість технологічного процесу з щадним впливом на верхній шар ґрунту в точці контакту з голками знаряддя і, в той же час, мінімальним негативним впливом на культуру.

1.5 Технологія роботи ротаційних робочих органів

Робочі органи ґрунтообробних машин мають різні модифікації та форми. З точки зору конструювання комбінованих агрегатів і виробництва ґрунтообробних машин для мульчування верхнього шару ґрунту перспективними вважаються круглі борони пасивної дії. Голчастий диск борони працює наступним чином: Під час руху по поверхні ґрунту голки подрібнюють верхній шар ґрунту, зміщуючи і подрібнюючи його в напрямку руху, а також відкидаючи вбік, вирівнюючи поверхню ґрунту і закладаючи рослинні рештки. У роботі [56] досліджено, як вертикальна реакція ґрунту залежить від глибини занурення голчастого диска. Було виявлено, що реакція була відносно повільною на глибині 0,04-0,07 м, а потім зростала пропорційно до глибини обробітку.

Для наближеного розрахунку вертикальних навантажень було запропоновано спрощену формулу:

$$L = y \cdot h$$

h – Глибина обробки диском ,м

y – коефіцієнт пропорційності.

Для вилуженого суглинистого чорнозему за результатами експерименту коефіцієнт дорівнює $y=0,012$ кг/м. Отримано залежності величини результуючого опору ґрунту (R) і її кута до нахилу горизонту:

$$\Omega = \frac{L}{O}$$

O -горизонтальна складова.

Поверхневий обробіток достатньо вологого ґрунту раціонально проводити ротаційною мотиковою машиною з діаметром робочого органу 0,55-0,60 м, відстанню між сусідніми дисками 0,16-0,20 м і експериментально визначеним навантаженням не менше 600 Н [29]. Однак автори помітили, що глибина обробки зменшується при збільшенні швидкості руху понад 3,0 м/с. При цьому було встановлено, що для збільшення знімання поверхневого шару голчастого диска необхідно при русі зубців по ґрунту створити дещо ускладнений стан, щоб різання поєднувалося з обкочуванням, тобто колова швидкість вершини зуба буде меншою ($V_0 = \omega R$), ніж поступальна швидкість (V_n) інструмента. Слід також зазначити, що для долота MVN-2.8 з радіусом диска $R = 0,22$ м і кількістю зубів $n = 12$, $V_n = 1,1$ м/с при вільному обкочуванні і більше 80% довжини канавки залишається необробленою. У порівнянні з вільним обкочуванням, при повільному русі голчастого диска ступінь проковзування шліфування збільшується. При збільшенні швидкості переміщення інструменту на 1,4 ... 2,2 м/с збільшується ступінь розпушування ґрунту. При збільшенні швидкості переміщення інструменту на 2,2 м/с ступінь розпушення ґрунту збільшується на 75 ... 91% [13] вважає, що розмір отворів, які утворюються під час руху голчастих дисків, залежить від енергетичних та агротехнічних показників їх роботи. Автор пропонує оцінювати ефективність роботи робочих органів за допомогою показника h їх впливу на ґрунт, який визначається із співвідношення між сумарною довжиною поверхні ходу голки за один оберт диска та пройденим відстанню:

$$h = \frac{l \cdot n}{\pi \cdot r}$$

r – радіус кола під час руху диска без ковзання, м;

n - кількість зубів на диску;

l - довжина лунки, м

Результати досліджень [18] характеризуються тим, що при взаємодії з ґрунтом диск рухається з буксуванням, яке збільшується зі збільшенням глибини оранки. Також експериментально встановлено, що зі збільшенням діаметра диска ступінь впливу голки на ґрунт зменшується. Робочий процес голчастих дисків при рядковому обробітку ґрунту досліджували [24], автор використовував коефіцієнт твердості для дослідження впливу твердості зуба на силу удару та критичну швидкість дроблення. Ефективність роботи обертових голчастих дисків оцінюється ступенем впливу на ґрунт k , який дорівнює відношенню сумарної довжини шляху, пройденого голкою на половині глибини в ґрунті, до шляху, пройденого диском за один оберт, тобто оптимальні параметри обертових голчастих дисків для рядкового обробітку ґрунту оцінюються за ступенем впливу на ґрунт:

$$k = \frac{L}{n \cdot a} = \frac{p \sqrt{p}}{a \cdot \sqrt{d}}$$

L - довжина шляху, пройденого голкою в ґрунті, м;

n - число голок на диску;

a - відстань між носками голок, м;

d - діаметр диска по кінцях голок, м;

p - глибина голки в ґрунті, м.

Для визначення інтервалу між носками голок l пропонується формула з умови суцільності обробітку ґрунту:

$$l = \frac{\left(D + 2p \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \right)}{\cos \varphi}$$

D - діаметр голки, м;

φ - кут тертя голки об ґрунт;

θ - кут сколювання ґрунту.

Ідеальними параметрами обертового голчастого диска для максимального порушення ґрунту є: відстань між кінчиками голок 0,11-0,12 м,

діаметр 0,01-0,012 м, робоча швидкість 8-10 км/год, діаметр диска 0,45 м і глибина посіву 0,05-0,06 м [27,32]. За його словами, кількість голок (лап) диска слід підбирати за агротехнічними потребами, відповідно до площі поля, яку можна засіяти одним із таких способів. Для визначення радіуса диска r голчастої борони (мотиги) запропоновано таку формулу:

$$r = q_{\max} + h + 0,5D$$

q_{\max} - глибина обробітку ґрунту максимальна, м;

h - висота стерні, м;

D - діаметр маточини, м.

Аналіз літературних джерел свідчить, що голчасті (зубчасті) диски є найбільш перспективними машинами після плугів, дискових борін, культиваторів та ін. для руйнування грудок і вирівнювання поверхні ґрунту. Були проведені експерименти з енергоспоживання та видалення сухих грудок при використанні ротаційних дисків діаметром 0,55 м з квадратними, клиноподібними, плоскими конічними, круглими циліндричними, прямокутними пірамідальними та трикутними зубами. Експерименти показали, що квадратні зубці ділять ґрунтовий блок на чотири частини, трикутні, конічні та циліндричні зубці - на три частини, а інші зубці - на дві частини. Автори [12, 13] досліджували проникнення обертових голчастих дисків у тверді шари ґрунту. Голчастий диск, що обертається, може заглиблюватися під час свого руху через ефект, який виникає при зменшенні обертання диска; цей ефект полягає в русі вниз вертикальної частини опору ґрунту, коли поступальна швидкість більша за колову швидкість вістря голки.

Це рівняння визначає уповільнення диска на ґрунті K :

$$K = \frac{f}{f_0}$$

f , f_0 - частота обертання диска, що рухається в уповільненому стані і диска вимірювання пройденого шляху

Чим більше гальмування диска, тим довші борозни, утворені зубцями диска. При коефіцієнті уповільнення $K = 4-5$ довжина канавок становить 0,08-0,12 м, що достатньо для того, щоб диск заглибився на 0,06-0,05 м в шар ґрунту товщиною 0-0,05 м з твердістю 1,7 МПа.

Аналіз літературних джерел дозволив нам систематизувати параметри голчастих дисків, що випускаються різними фірмами.

Висновки

1 У багатьох країнах світу докладаються великі зусилля для розробки та виробництва багатофункціональних орних машин. При цьому існує велика різноманітність цих машин і загально визнана їх висока агротехнічна ефективність.

2 Аналіз багатофункціональних машин показує, що обертові частини мають недосконале робоче середовище, обмежену та неефективну зону впливу на ґрунт, і лише деякі з цих машин, в тому числі закордонного виробництва, можуть одночасно вносити мінеральні добрива під рослини.

3 Аналіз результатів дослідження робочого процесу пасивних ротаційних плугів показує, що голчасті плуги, оснащені зубами як робочими органами, можуть добре працювати, а довжина зубів достатня для проникнення в посівне ложе.

4 Агротехнічна ефективність робочого органу залежить від конструктивних параметрів (діаметр диска, розмір і форма зубів), відстані між кінчиками голок, технічних параметрів (глибина оранки, ґрунтові умови тощо) і робочих параметрів (швидкість руху і периферійна швидкість, швидкісні параметри). Визначено конструктивні та якісні параметри робочих дисків ротаційних луцильників:

- діаметр дисків варіювався від 0,3 до 0,55 метра для різних моделей, кількість голок (зубців) на дисках від 8 до 16, відстань між кінчиками голок від 0,08 до 0,2 метра і довжина голок від 0,08 до 0,2 метра;

- показник якості обробки збільшувався зі збільшенням швидкості подачі інструменту, зменшенням діаметра заготовки та збільшенням ступеня гальмування ($\lambda < 1$).

5. Дослідження з удосконалення технології мілкої обробки ґрунту, розробки нових ротаційних ґрунтообробних знарядь та створення ефективних і екологічно безпечних багатофункціональних ґрунтообробних машин є надзвичайно важливими.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ДЛЯ БОРОНУВАННЯ ПОСІВІВ

2.1 Конструктивно-технологічна схема для боронування посівів

Оскільки підживлення озимих культур є актуальним завданням, слід зазначити, що за кордоном цей процес проводять лише в комплексі з підживленням рослин. Одним із способів внесення добрив під кореневу систему озимих культур є використання зернових борін [27], що певною мірою порушує агротехнічні вимоги, оскільки борона типу СЗ-3,6 ламає листя рослин і розкидає ґрунт, тоді як шлейф-борони та сітчасті борони цього не роблять. І це незважаючи на те, що обидва методи мають перевагу в тому, що вони одночасно розкидають і заробляють добрива в ґрунт. Залежно від наявності бур'янів, пожнивних решток на полі та вологості, боронування навесні може спрацювати проти сільськогосподарських потреб з точки зору пошкодження врожаю, тому електроборона, яка зараз широко використовується для боронування, є кращою як просте механічне знаряддя, яке не заробляє добрива в ґрунт одночасно. У цій роботі пропонується об'єднати ці дві операції в одну.

Запропонована технологія полягає у виконанні обох операцій одночасно, тобто розкидання (мінерального) гною та заробки його в ґрунт за допомогою мотоблока МРН-5,6. Вважається, що це знаряддя має значні переваги, оскільки кращий обробіток ґрунту під озимі культури голчастою бороною може підвищити врожайність зернових культур та покращити фізичні властивості ґрунту.

На рисунку 2.1 показано будову та технічну схему багатофункціонального знаряддя для одночасного внесення добрив та боронування, що складається з трактора МТЗ-82, ротаційної борони (мотики)² та бункера-розкидача добрив³. Основна функція бункера, встановленого на передньому кронштейні машини, полягає в тому, щоб врівноважити вагу

ротаційної борони (800-1200 кг) на задньому кронштейні трактора і рівномірно розподілити навантаження на вісь.

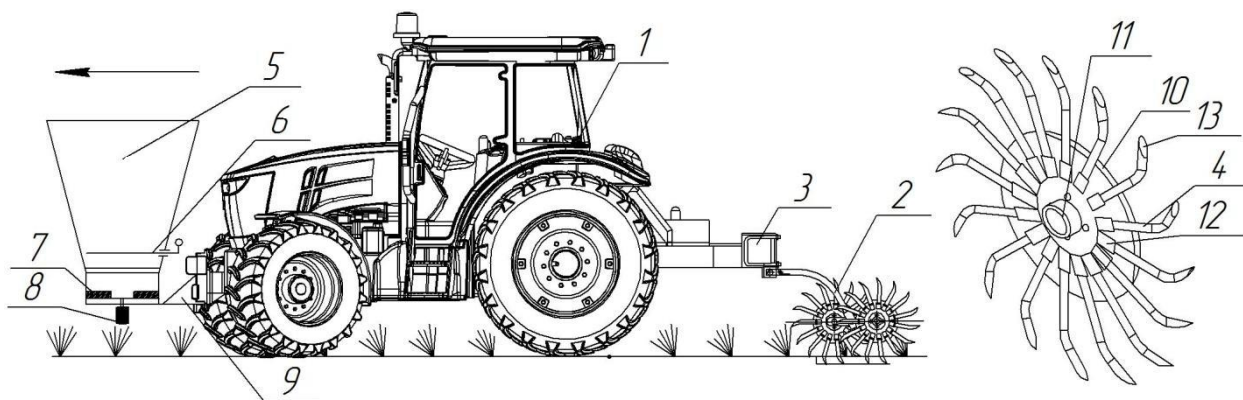


Рисунок 2.1 - Конструктивно-технологічна схема багатофункціонального агрегату

1 - трактор, 2 - ротаційна борона, 3 - рама, 4 - зуб, 5 - бункер,
6 - заслінка, 7 - розкидальний диск, 8 - привід, 9 - вузли кріплення,
10 - диск, 11 - маточина, 12 - втулка, 13 - зріз зуба

Крім твердих мінеральних добрив, запропонований пристрій можна використовувати для внесення інших продуктів і одночасно заробляти в ґрунт мінеральні добрива та гербіциди.

На основі патентних досліджень, методичного аналізу та стандартної технології борони пропонується багатофункціональне знаряддя (МЗС), яке може поєднувати дві різні операції. Таке багатофункціональне знаряддя (рис. 2.1) дозволяє розширити функціональність внесення добрив у полі та універсальність агротехнічних робіт за рахунок одночасного внесення добрив та розпушування ґрунту одним знаряддям.

Таким чином досягається технічний результат даного винаходу: У ґрунтообробно-розкидаючому пристрої згідно з цим винаходом, що має ґрунтообробний та розкидаючий робочий орган, в якості ґрунтообробного робочого органу використовується дискова борона, причому дискова борона має раму, до якої приєднано причіпний пристрій, причому причіпний пристрій з'єднується з транспортним засобом з можливістю від'єднання причому рама має кронштейн з підшипниками для кріплення осі, на якій рівномірно

розташовані плоскі диски, голчастий вал встановлений на втулці, прикріплений до дисків і закріплений по колу дисків, при цьому довжина голок дає змогу визначати схему руху в межах від 0,66 до 1,0. Бункер використовується як розкидач добрив і має бокове з'єднання, яке дозволяє з'єднувати його з моторизованою частиною.

Цей багатофункціональний пристрій має наступні переваги: аерація шляхом розпушування верхнього шару ґрунту, що особливо необхідно на дуже добре дренованих чорноземах, раціональне внесення добрив, що підвищує ефективність внесення добрив, економія коштів, усунення ниткоподібних бур'янів і розвантаження трактора за рахунок комбінації техніки без необхідності координувати використання борін і розкидачів добрив.

2.2 Аналіз параметрів ротаційного робочого органу що обертається в продольно-вертикальній площині

Технологічний процес використання багатофункціональних машин, які виконують декілька операцій в полі одночасно, вимагає розробки відповідної групи сільськогосподарських машин. Багатофункціональні машини повинні бути оснащені робочими органами для розпушування ґрунту на певну глибину та розкидачами добрив.

Неприводні (пасивні) ротаційні робочі органи для розпушування ґрунту потребують подальших теоретичних досліджень, оскільки історія їх розвитку є відносно короткою. У зв'язку з цим нижче описано параметри та режими роботи ротаційних робочих органів борін.

Обертний робочий орган являє собою плоский диск (що обертається в поздовжній і вертикальній площині) з рівномірно розподіленими навколо нього голками. Процес технічної взаємодії з ґрунтом полягає в тому, що при перекочуванні обертового диска по ґрунту голки проникають в ґрунт, розривають його і зміщують в напрямку обертання. Ступінь розпушування

грунту при вільному обертанні диска з голками в поздовжній і вертикальній площинах залежить від декількох параметрів

- кількість і форма голок
- діаметр голчастого диска
- характеру ґрунту
- швидкості руху.

Виходячи з вищесказаного, цікаво проаналізувати та дослідити, як параметри ротаційного плужного знаряддя, розміри дисків та голчастих дисків впливають на взаємодію з ґрунтом під час роботи.

2.2.1 Моделювання довжини голок, одночасно занурених у ґрунт

Під час руху голчастого диска в ґрунт одночасно занурюється декілька голок. Для того, щоб визначити загальну довжину одночасно занурених у ґрунт голок, необхідно спочатку скласти рівняння для визначення довжини зануреної частини голок.

Коли робоча глибина і розмір диска відомі, діаграма (рисунок 2.2) показує, що

$$\begin{aligned} AB &= (r + \delta) - (r + \delta) \cos \alpha \\ AB &= h - a \cos \alpha \end{aligned} \tag{2.1}$$

де h - глибина обробки, м;

a - довжина заглибленої частини голки, м;

r - радіус диска, м;

α - кут, що визначає зону, в якій голки тією чи іншою мірою занурені в ґрунт;

δ - довжина голки, м.

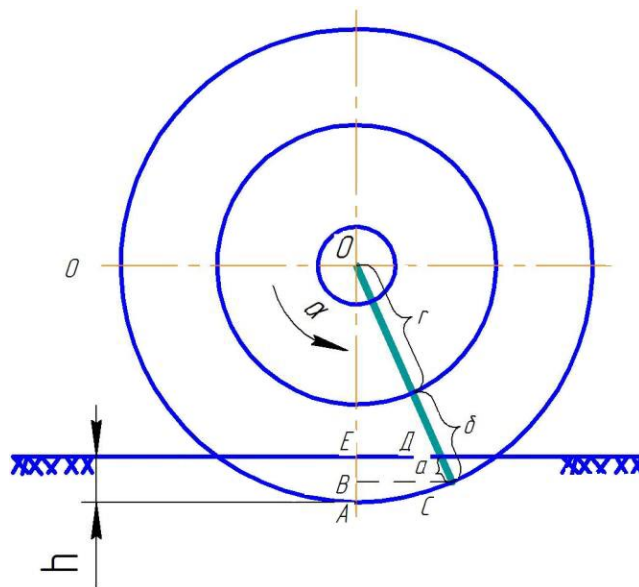


Рисунок 2.2 - Схема для визначення рівняння заглибленої частини голки
Праві частини рівнянь (2.1) прирівнюємо:

$$a = \frac{r + \delta - (r + \delta - h)}{\cos \alpha} \quad (2.2)$$

Для визначення сумарної довжини заглиблених частин голок скористаємося схемою (рис. 2.3). Сума заглиблених частин голок визначається за формулою:

$$\sum \frac{a_i}{h} = \sum m_i + \frac{\left(\sum \left(1 - \frac{1}{\cos \alpha} \right) r \right)}{h} \quad (2.3)$$

m_i – загальна кількість голок на диску.

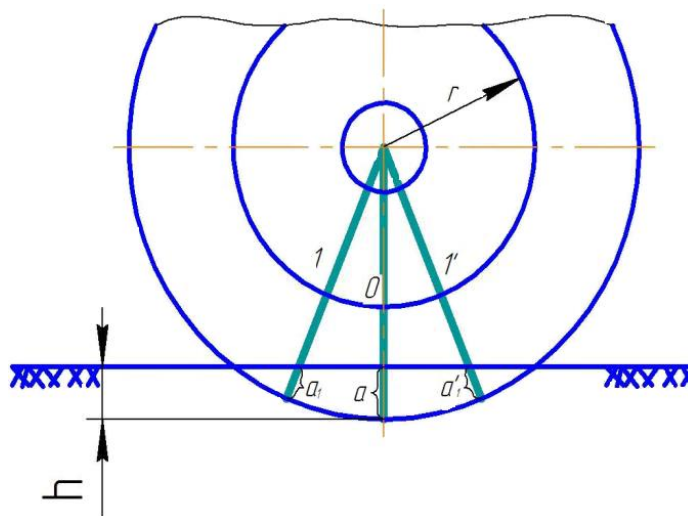


Рисунок 2.3 - Схема сумарної довжини заглиблених частин голок

2.2.2 Моделювання кількості голок, що одночасно заглиблюються в ґрунт

Кількість голок, одночасно заглиблених у ґрунт на одиницю площі голкозбірника, є важливим показником для опису інтенсивності впливу на ґрунт.

Знаючи кількість m всіх голок на диску, ми можемо знайти кут α між сусідніми голками:

$$\alpha = \frac{360^{\circ}}{m} \quad (2.4)$$

Щоб визначити площу плоского диска, на якій вістря голок більш-менш занурюються в ґрунт, ми можемо знайти кутову відстань 2γ .

Поділивши кутову відстань 2γ на кут α , отримаємо кількість голок, які одночасно знаходяться на землі:

$$n = \frac{2\gamma}{\alpha} \quad (2.5)$$

Знаходимо

$$\gamma = \frac{\arccos \frac{R-h}{R}}{2} \quad (2.6)$$

R – радіус диска по кінцях голок, м,

h - глибина обробки (довжина голки), м.

Підставимо в рівняння (2.5), співвідношення (2.4) та (2.6):

$$n = \frac{m}{180^{\circ}} \arccos \left(\frac{R-h}{R} \right) \quad (2.7)$$

Аналіз рівняння (2.7) показує, що зі збільшенням радіуса голчастого знаряддя кількість голок, які одночасно знаходяться на ґрунті, зменшується, а зі зменшенням радіуса - збільшується. Тому необхідно враховувати цей параметр при проектуванні голчастого знаряддя для ротаційної оранки і

намагатися зменшити розмір голчастого диска за рахунок пропорційного зменшення маси деталі і зняття в цілому, збільшуючи при цьому щільність розташування голок на одиниці площі ґрунту, покращуючи таким чином ступінь розпушування ґрунту.

2.2.3 Кінематичне моделювання робочого органу для боронування посівів

Масова продуктивність енергетичних борін залежить від декількох параметрів. Оскільки ґрунт пластичний за своєю природою, траєкторія, що виходить з центру диска, являє собою не круговий відрізок з радіусом, що дорівнює радіусу колеса, а хвилеподібну лінію з плавними переходами. В цьому випадку кінчик голки диска буде описуватися як хвилеподібне коливальне тіло. Щоб зменшити втрати добрива при випаровуванні, простір, утворений голкою, повинен бути мінімальним. Це можливо, якщо вектор абсолютної швидкості кінчика голки при входженні в поверхню ґрунту буде перпендикулярний до поверхні ґрунту.

Рівняння, що описує траєкторію руху вістря голки в диску, наведено нижче:

$$x = R \sin \omega t + V_n t \quad (2.8)$$

$$y = R \cos \omega t + \frac{R}{2} (1 - \cos \alpha) \left(\cos \frac{\omega t \pi}{\alpha} - 1 \right) \quad (2.9)$$

де ω – кутова частота обертання диску, с^{-1} ;

R – радіус диску, м;

2α – кут між голками;

t – час, с.

Диференціюючи ці рівняння за часом, отримаємо:

$$V_x = \frac{dx}{dt} = V_n (\lambda \cos \omega t + 1) \quad (2.10)$$

$$V_y = \frac{dy}{dt} = \lambda V_n \frac{\pi}{2d} (\cos\alpha - 1) \sin \frac{\omega t \pi}{\alpha} - \lambda V_n \sin \omega t \quad (2.11)$$

Модуль абсолютної швидкості кінці голки визначається з формули:

$$V_a = \sqrt{V_x^2 + V_y^2} \quad (2.12)$$

$$V_a = V_n \sqrt{1 + \lambda^2 + 2\lambda \cos \omega t + \frac{1}{4} A^2 \sin^2 \frac{\omega t \pi}{\alpha} - \lambda A \sin \frac{\omega t \pi}{\alpha} \sin \omega t} \quad (2.13)$$

Модуль абсолютного прискорення визначається:

$$W = \omega^2 R \sqrt{1 + B^2 \cos^2 \frac{\omega t \pi}{\alpha} - 2B \cos \frac{\omega t \pi}{\alpha} \cos \omega t}, \quad (2.14)$$

$$\text{де } B = \frac{\pi^2}{2\alpha^2} (\cos\alpha - 1)$$

Запишемо вирази напрямних косинусів вектора абсолютної швидкості кінця голки:

$$\cos(V, x) = \frac{\frac{dx}{dt}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} \quad (2.15)$$

$$\cos(V, y) = \frac{\frac{dy}{dt}}{\sqrt{\left(\frac{dx}{dt}\right)^2 + \left(\frac{dy}{dt}\right)^2}} \quad (2.16)$$

Після перетворень (2.15) та (2.16), знайдемо:

$$\cos(V, x) = \frac{\lambda \cos \omega t + 1}{\sqrt{1 + \lambda^2 2 \lambda \cos \omega t + \frac{1}{4} A^2 \sin^2 \frac{\omega t \pi}{\alpha} - \lambda A \sin \frac{\omega t \pi}{\alpha} \sin \omega t}} \quad (2.17)$$

$$\cos(V, y) = \frac{\lambda \frac{\pi}{2d} (\cos \alpha - 1) \sin \frac{\omega t \pi}{\alpha} - \lambda V_n \sin \omega t}{\sqrt{1 + \lambda^2 2 \lambda \cos \omega t + \frac{1}{4} A^2 \sin^2 \frac{\omega t \pi}{\alpha} - \lambda A \sin \frac{\omega t \pi}{\alpha} \sin \omega t}} \quad (2.18)$$

Вектор абсолютної швидкості кінця голки буде перпендикулярний до поверхні поля, якщо $\cos(V, y) = -1$, виконуючи дану умову, перетворимо (2.18):

$$\lambda^2 \cos^2 \omega t + 2 \lambda \cos \omega t + 1 = 0 \quad (2.19)$$

У момент входу голки в ґрунт (рис.2.4):

$$\omega t = \frac{\pi}{2} + \arcsin \frac{R-h}{R}$$

Тоді рівняння (2.19) після перетворень має вигляд:

$$\lambda^2 \left(\frac{R-h}{R} \right)^2 - 2 \lambda \frac{R-h}{R} + 1 = 0 \quad (2.20)$$

Вирішуємо рівняння (2.20) відносно λ , маємо:

$$\lambda = \frac{R-h}{R} \quad (2.21)$$

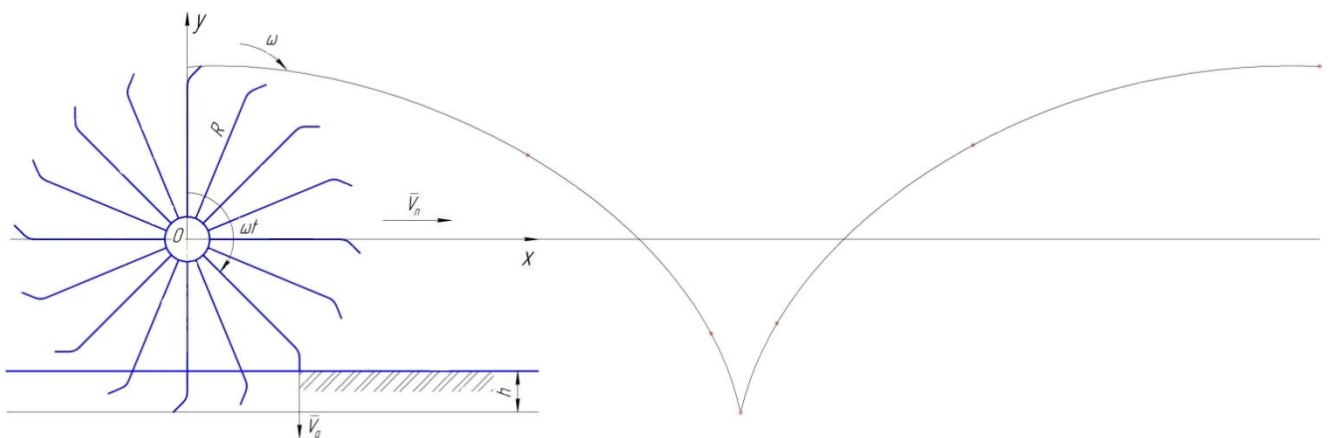


Рисунок 2.4 – Траєкторія руху голчастого диска

Результати розрахунків (2.21) наводяться в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 - Кінематичний параметр залежно від глибини занурення голки в ґрунт і різних радіусів голчастого диска.

Радіус диска R, м	Глибина занурення голки в ґрунт h, м		
	0,04	0,05	0,06
0,25	0,84	0,8	0,76
0,26	0,848	0,81	0,771
0,275	0,855	0,818	0,782

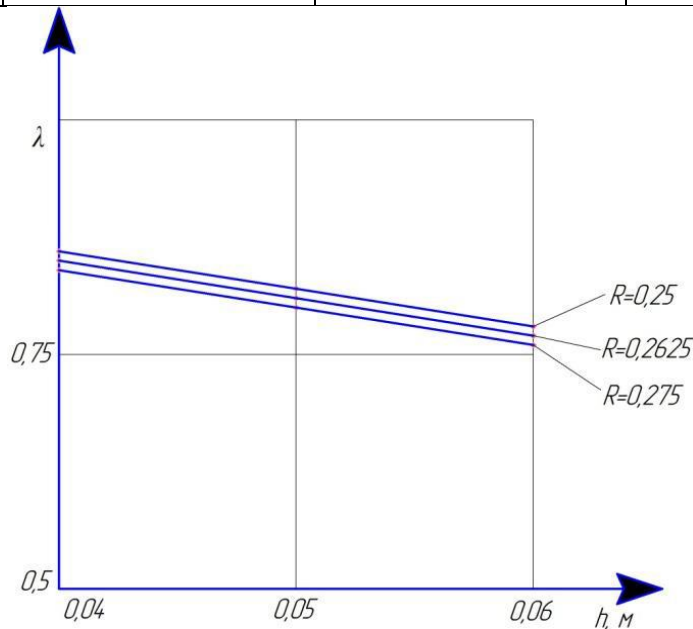


Рисунок 2.5 - Залежність кінематичного параметра λ від радіуса диска за різної глибини занурення голки в ґрунт

Отримані результати дають змогу за заданої глибини обробітку ґрунту і заданому радіусі голчастого диска визначити кінематичний параметр λ .

2.2.4 Визначення координат руху плоского голчастого диска.

Використовуючи принципову схему (рисунок 2.6), визначте координати руху вістря голки в плоскому голковому диску. Фактичними координатами

вістря голки є X , Y і Z (вісь OZ виходить за межі діаграми). Визначте координати точки B , використовуючи теорію прямих ліній.

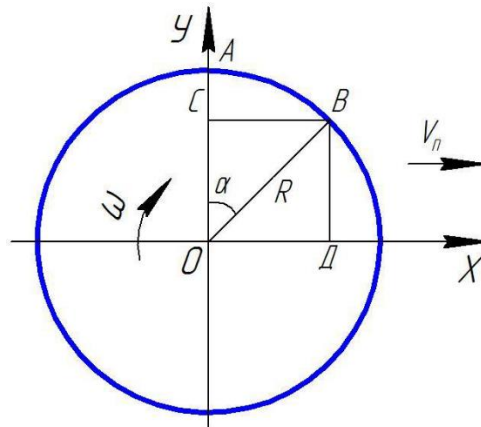


Рисунок 2.6 - Схема до визначення координат кінця голки плоского диска
За час t центр диску O переміститься на відстань $V_n \cdot t$. Диск повертається на кут α , тому:

$$X = V_n \cdot t + R \sin \omega t \quad (2.22)$$

$$\text{де } t = \frac{\alpha}{\omega}, V_n = r\omega, \lambda = \frac{V_n}{V_n} = \frac{R\omega}{r\omega} = \frac{R}{r}$$

λ – швидкісний параметр;

r - уявний радіус кочення диска;

ω - кутова швидкість, тоді:

$$V_n t = r\omega \left(\frac{\alpha}{\omega} \right) = r\alpha \quad (2.23)$$

$$X = r\alpha + R \sin \omega t = R \left(\frac{r\alpha}{R + \sin \alpha} \right) = R \left(\frac{\alpha}{\lambda} + \sin \alpha \right)$$

$$\begin{cases} Y = R \cos \alpha \\ X = R \left(\frac{\alpha}{\lambda} + \sin \alpha \right) \end{cases}$$

Прийнята праві системи координат, координата $Z=0$, в правій частині рівняння частина суми з (2.22) має вигляд:

$$X = R \sin \alpha$$

2.2.5 Визначення кількості голок на ротаційному робочому органі та інтервали між ними

Інтенсивність пасивного голчастого висіву залежить від кількості голок (наконечників) диска, розміру висівного інструменту на наконечнику голки та розміру голки. Зі збільшенням кількості голок збільшується і кількість петель на одиницю площі. При цьому збільшується вага інструменту і зменшується його прохідність (стійкість до забивання і зчеплення з вологим ґрунтом і рослинними рештками). За даними різних авторів та на основі аналізу відомих конструкцій голчастих культиваторів, відстань між сусідніми голками коливається від 0,1 до 0,2 м, здебільшого ближче до 0,15 м. У випадку голчастих культиваторів відстань між голками коливається від 0,1 до 0,2 м.

Цікаво визначити залежність відстані між кінчиками голок від діаметра диска та кількості голок. Кутова відстань між вістрями голок визначається зі співвідношення:

$$\varphi = \frac{360}{n} \quad (2.24)$$

D – діаметр по кінцям голок, м

Інтервал між кінцями голок:

$$I = \frac{\pi D}{n}$$

Визначимо кількість зубців диска: $n = 12; 14; 16$ і діаметр диска в точках розташування голок: $D_i = 0,5$ м; $0,525$ м; $0,55$ м. Визначте відстань I між

вістрями і занесіть її в таблицю 2.2, а потім побудуйте графік залежності відстані між вістрями від діаметра диска і кількості голок (рис. 2.7).

Таблиця 2.2 - Розрахунок інтервалів між голками

D, м	I, м		
	12	14	16
0,5	0,131	0,112	0,098
0,525	0,137	0,118	0,103
0,55	0,144	0,123	0,108

Аналіз графіка (рис. 2.7) показує, що зі збільшенням діаметра заготовки відстань $I = f(D)$ між вістрями збільшується за прямолінійною залежністю, а зі збільшенням кількості вістряів на диску $I = f(n)$ (при фіксованому діаметрі) зменшується за криволінійною залежністю.

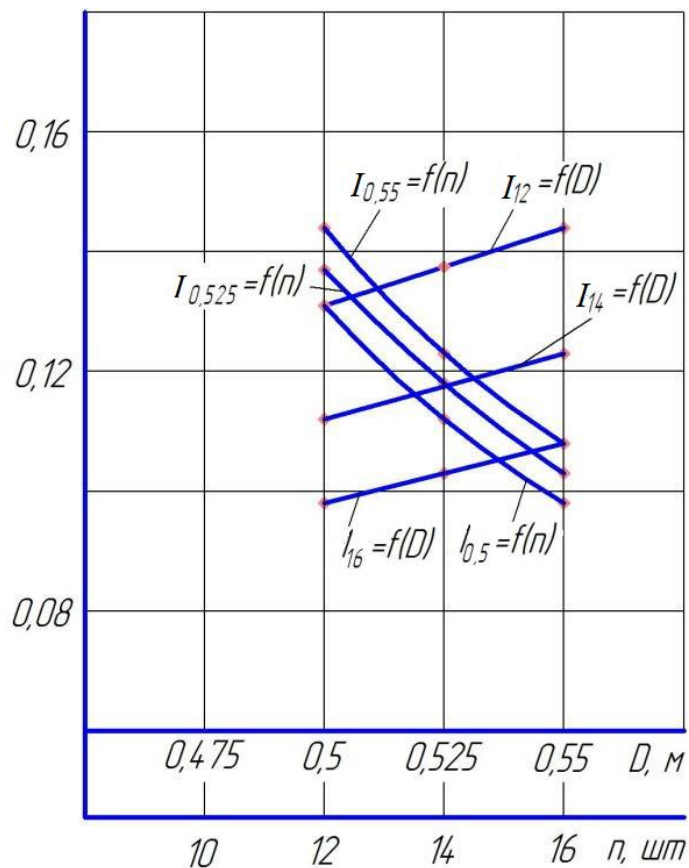


Рисунок 2.7 - Залежність зміни інтервалів між кінцями голок залежно від діаметра $I = f(D)$ і числа голок на диску $I = f(n)$.

Відомо, що в різних конструкціях машин діаметр голкового диска змінюється від 0,3 до 0,55 м, а кількість голок на диску - від 8 до 16.

Отже, діаметр голкового вістря становить $D = 0,525$ м, а кількість голок - $n = 14$. З графіка видно, що відстань між голками становить $I = 0,118$ м.

Результати розрахунку показують, що при обраних конструктивних параметрах корпусу голки значення відстані між кінчиками голок не перевищує відому розрахункову межу.

2.3 Моделювання параметрів БФА для боронування посівів з одночасним внесенням добрив

Для розв'язання задачі були використані наступні числові обмеження: ширина захвату - до 20 м, об'єм бункера для добрив - до 0,9 м³, робоча швидкість агрегату - до 20 км/год, допустиме тягове зусилля - 14 кН, довжина плуга - до 1 500 м, потужність двигуна на марку - 58,2 кВт (трактор МТЗ-82), доза внесення добрив - до 5 т/га.

Основні показники варіативної моделі наступні:

V_{ag} - робоча ширина захвату агрегату, м; $V_{ag} = 1 \div 20$; V_p - робоча швидкість руху i -го агрегату, км/год; $V_p = 1 \div 20$; V_b - місткість бункера для добрив, м³; $V_b = 0,5 \div 0,9$ м³; L_p - робоча довжина гону, м; $L_p = 500 \div 1500$.
Константи моделі - це відомі постійні.

Відомі постійні константи моделі:

$G_{тр}$ - маса трактора, т ($G_{тр} = 3,85$ т); E_t - енергетичний коефіцієнт палива, $e_{дт}$, МДж/л; N_e - номінальна потужність двигуна трактора, кВт (у нашій задачі прийнято трактор МТЗ-82, у якого $N_e = 58,2$ кВт); $T_{Гтр}$ - річне завантаження трактора, год, ($T_{Гтр} = 1095$ год); η_u - коефіцієнт використання тягового зусилля трактора на боронуванні ($\eta_u = 0,9$); $T_{Гсхм}$ - річне завантаження машини, год, ($T_{Гсхм} = 180$ год).

$V_{ag} = 1 \div 20$ м, (крок 1); $V_p = 1 \div 20$ км/год (крок 1); ($\eta_u = 0,9$); $V_b = 0,5 \div 0,9$ м³(крок 0,2).

Додаткові члени були використані при побудові цільової функції та при моделюванні загального прямого споживання енергії. Оскільки мінімальна питома витрата палива (кг/кВт-год) є різною для кожної передачі трактора, необхідно визначити діапазон швидкостей, в якому витрата є мінімальною.

q - прискорення вільного падіння, м/с^2 і режимів БФА для боронування посівів з одночасним підживленням ($q = 9,81 \text{ м/с}^2$);

ΔK - темп наростання питомого опору агрегату залежно від швидкості руху агрегату, %;

m_{My} - питома маса навісної машини, т/м; $m_{My} = 0,150-0,250 \text{ т/м}$);

K_o - коефіцієнт питомого опору агрегату за швидкості руху 5 км/год і глибини обробітку 5 см, кН/м ($K_o = 1,0 \text{ кН/м}$);

$\sin \alpha$ - синус кута підйому місцевості, α град ($\alpha = 0^\circ$).

Порядок представлення в структурній формі математичної моделі. У нашій задачі основними невідомими змінними є робоча швидкість V_p , місткість бункера для добрив (V_b) та оптимальний робочий діапазон агрегату (W_{ag}), в якому агрегат працює з максимальним ККД у швидкісному вимірі L_p при мінімальних сумарних енерговитратах на виконання процесу одночасного внесення мінеральних добрив і виробництва продукції з мінеральними добривами:

$$E_{agr} = \frac{\frac{G_{tr} \cdot e_{tr} \cdot C_{відр_{tr}}}{100T_{Г_{tr}}} + \frac{G_{сгм} \cdot e_{сгм} \cdot C_{відр_{сгм}}}{100T_{Г_{сгм}}} + n \cdot e_{жс} + e_{от} \cdot q_v}{W} \rightarrow \min \quad (2.25)$$

де E_{agr} - питомі сукупні витрати енергії на виробничий процес, що розробляється, МДж/га.

W - годинна продуктивність <ФА, га/год;

G_{tr} - маса трактора, кг;

$G_{сгм}$ - маса сільськогосподарської машини, кг;

$e_{тр}$ і $e_{сгм}$ - енергетичні еквіваленти на виробництво та експлуатацію, відповідно, трактора і ротаційної борони з розкидачем мінеральних добрив, МДж/кг, ($e_{тр} = 86,4$ МДж/кг, $e_{сгм} = 75$ МДж/кг);

$C_{відр\ тр}$ і $C_{відр\ сгм}$ - відрахування на амортизацію, ремонт і зберігання, відповідно, трактора і сільгоспмашини, %; ($C_{відр\ тр} = 26,3$ %, $C_{відр\ сгм} = 28,2$ %);

$T_{Гтр}$ і $T_{Гсгм}$ - нормативне річне завантаження, відповідно, трактора і сільгоспмашини, год, ($T_{Гтр} = 1095$ год, $T_{Гсгм} = 180$ год);

n - кількість механізаторів, чол;

$e_{ж}$ - енергетичний еквівалент витрат живої праці, МДж/чол.-год., ($e_{ж} = 43,4$ МДж/чол.-год.)

q_v - годинна витрата палива при виконанні виробничого процесу, л/год.

$e_{дт}$ - енергетичний еквівалент палива, МДж/л, ($e_{дт} = 52,8$ МДж/л);

τ - коефіцієнт використання робочого часу зміни при роботі заданого агрегату, який визначається за виведеною нами формулою:

$$\tau = \frac{12,4L_p}{7300V_p \left(\frac{4,5B_{ae}L_p}{10^4V_o596} + \frac{L_p}{500V_p} + \frac{12B_{ae} + 2,8}{5000} \right)} \quad (2.26)$$

Були розраховані оптимальні параметри БФА, які наведені в таблиці 2.3.

Тягове зусилля	Буксування	Робоча швидкість	Ширини захвату агрегата	ККД трактора
7,5 кН	0,18 кН	6,5 км/год	6,7 м	0,9

Витрати часу на технологічні зупинки агрегату, що припадають на один цикл визначимо за відомою формулою:

$$t_{оц} = \frac{2t_n}{n_{pn}} \quad (2.27)$$

t_{oy} - витрати часу на технологічні зупинки агрегату, що припадають на один цикл, год;

t_n - тривалість зупинки для заправлення ємності бункера для добрив, год; $t_n = 0,064$ год

n_{pn} - число робочих проходів від заправки до заправки машини добривами.

$$n_{pn} = \frac{10^4 V \lambda \rho_b}{H B_{az} L_p} \quad (2.28)$$

V_b - місткість бункера для добрив, м³;

λ - ступінь заповнення бункера ($\lambda = 0,85 - 0,90$);

ρ - густина добрив, кг/м³; $\rho = 890$ кг/м³;

H - норма внесення добрив, кг/га;

B_{az} - ширина захвату агрегату, м;

L_p - довжина гону, м.

Таким чином, витрати часу на один цикл внесення добрив має вигляд:

$$t_{oy} = \frac{2 \cdot 0,064 \cdot 35 \cdot B_{az} L_p}{10^4 V_b \cdot 0,67 \cdot 890} = \frac{4,5 B_{az} L_p}{596 \cdot 10^4 V_b}$$

Висновки

1. В результаті проведеної роботи наведено конструкцію АФБ та технологічну схему поливу сільськогосподарських культур з одночасним внесенням твердих мінеральних добрив. Розроблено математичну модель параметрів та режимів роботи.

2. Отримано залежність коефіцієнта використання водотоннажності АФБ від часу роботи від робочої швидкості V_r пристрою при різній довжині сітки L_r та від місткості V_b бункера для мінеральних добрив.

3. Зі збільшенням радіуса голчастого робочого органу одночасно зменшується кількість голок у ґрунті, тоді як зі зменшенням радіуса кількість голок збільшується.

4. Розрахунки показують, що при вибраних параметрах конструкції голчастого робочого органу відстань між кінчиками голок не перевищує відому розрахункову.

5. На основі аналітичного дослідження обертового голчастого диска, його кінетики, залежності кінематичного параметра λ від радіуса R диска на різних глибинах обробітку (кінематичний параметр збільшується зі збільшенням радіуса диска і зменшується зі збільшенням глибини обробітку), теоретично досліджено координати руху диска, кількість голок в обертовому диску та їх одночасну кількість на ґрунті.

3 ОБГРУНТУВАННЯ МЕТОДИКИ ЕКСПЕРИМЕНАТЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Обґрунтування експериментального стенду

Проведення польових експериментів: теоретичні дослідження з практичним застосуванням. Результати таких досліджень дають переконливе підґрунтя для впровадження нових засобів підвищення врожайності (сортів, агротехніки, добрив). Експерименти широко проводяться в лабораторних і польових умовах, спостерігаючи за рослинами і факторами навколишнього середовища.

У таблиці 3.1 наведено характеристику ділянок, на яких проводилися досліді. Метою дослідів на невеликих ділянках було визначення найкращих варіантів збирання та скошування озимої пшениці. До завдань нашого дослідження входило комбіноване внесення добрив та збирання озимої пшениці. Для проведення експерименту були обрані ділянки, засіяні озимою пшеницею сорту Шестопалівка, схема досліді показана на рисунку 3.1. Посіви були чистими від бур'янів, густина сходів пшениці становила 3,96 млн. сходів на гектар. Твердість ґрунту становила 0,14 МПа в шарі 0-5 см, 0,53 МПа в шарі 5-10 см, а вологість ґрунту - 26,4% в шарі 0-10 см.

Експериментальний зразок (рис.2.2) агрегували з трактором МТЗ-82. Дослід був закладений у трикратній повторності, за схемою досліді представленою на рисунку 3.1, при цьому розташування ділянок було систематизоване.

Для кожного варіанту досліді, окрім контролю, проводились вимірювання робочої швидкості, структури та агрегатного складу ґрунту, глибини оранки та її рівномірності, тягового опору робочого органу методом динамометрії. У таблиці 3.2 наведено результати рівномірності глибини обробітку ґрунту різними робочими органами під час збирання врожаю озимої пшениці.

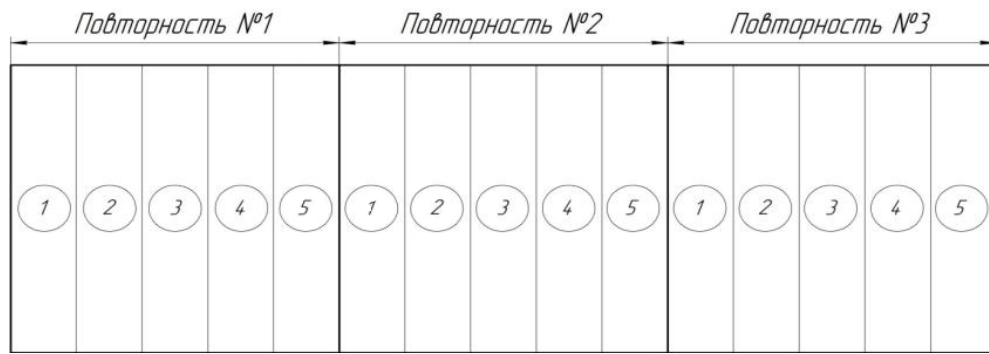


Рисунок 3.2 - Схема дослідів на боронуванні посівів озимої пшениці різними машинами

1 - ротаційна мотика з активним розташування зубів; 2 - ротаційна мотика з пасивним розташування зубів; 3 - борона ЗБП-0,6; 4 - контроль (без боронування); 5 - сівалка "КЛЕН-1,5".

З таблиці 3.2 видно, що середня помилка вибірки не перевищувала 4,7% для експериментальних варіантів. Найменша глибина обробки ґрунту становила 17,1 мм посівною бороною, потім 27,5 мм ротаційною бороною в пасивному положенні, потім 32,6 мм лапою зернової сівалки Клен-1,5 і 45,9 мм ротаційною бороною в активному положенні. При цьому нерівномірність глибини обробки за коефіцієнтом варіації V була доброю та задовільною (11,2-21,1), за винятком висівної борони, яка становила 33,3%. Під час експерименту робоча швидкість становила 5,15 км/год.

Відібрані зразки ґрунту (вагою не менше 1,5 кг, в межах глибини обробки, п'ять зразків для визначення агрегатного складу) були висушені на повітрі в лабораторії. Висушені зразки поміщали на верхнє сито з діаметром отворів 10, 7, 5, 3, 2, 1, 0,5 і 0,25 мм. Перед просіюванням грудочки ґрунту розміром більше 10 мм з верхнього сита вручну відокремлювали в мм: великі грудочки 10... 20, дрібні грудки 21... 50. після просіювання закривали кришку і протягом 2-3 хвилин просіювали сита на грудки різного розміру (грудки). З призначеного набору сит для просіювання допускається використовувати тільки ті, які забезпечують розмір фракції відповідно до початкових вимог культиватора щодо якості обробки ґрунту. Потім вміст

кожного сита і піддону під ним зважують для визначення масової частки кожної фракції по відношенню до маси зразка.

Таблиця 3.1 – Характеристика дослідної ділянки

Сорт озимої пшениці	Шестопалівка
Попередник	Кукурудза на зерно
Основна обробка ґрунту	Дискування на глибину 10-12 см в 2 сліди
Основне добриво	Не вносилося
Ранньовесняне підживлення, кг	34,5
Норма висіву озимої пшениці, млн зерен/га	5
Глибина загортання насіння, см	4-5
Фаза розвитку рослин перед підживленням	Кущіння
Засміченість ділянки	відсутня
Наявність пожнивних решток на посівах, г/м ²	323,9
Густина стояння рослин озимої пшениці, млн./га (за сходами)	3,96
Твердість ґрунту перед боронуванням, МПа	
0-5 см	0,14
5-10 см	0,53
Вологість ґрунту в шарі 0-10 см, %	26,4
Щільність ґрунту, г/см ³	
перед проведенням боронування	1,09
після проведення боронування	0,92



а) загальний вигляд експериментальної
установки

б) БФА для боронування посівів з одночасним підживленням

Рисунок 3.2 - Експериментальна установка для проведення досліджень

Таблиця 3.2 - Рівномірність глибини обробітку ґрунту при боронуванні
посівів за варіантами

Варіанти досліджу	Математичне сподівання, M_{cp} , мм	$\pm\sigma$, мм	V, %	P, %
1. Ротаційна мотига з активним розташуванням зубів	45,9	5,13	11,2	1,6
2. Ротаційна мотига з пасивним розташуванням зубів	27,5	4,6	16,7	2,4
3. Зубова посівна борона ЗПБ-0,6	17,1	5,7	33,3	4,7
4. Зернова сівалка "КЛЕН-1,5"	32,6	6,9	21,1	3

Похибка зважування становить (+5 г). Дані сухого просіювання ґрунтів з дослідної ділянки показали, що верхній ущільнений шар чорноземів містив до 25% грудкуватих агрегатів (> 10 мм). До 73% агрономічно цінних агрегатів мали розмір від 0,25 до 10,0 мм, тоді як до 2% ерозійно-шкідливих часток були менше 0,25. Структура та агрегатний склад ґрунту значно покращилися після обробітку запропонованим ротаційним робочим органом: кількість грудкуватих агрегатів зменшилася до 10,1%, вміст агрономічно цінних

агрегатів збільшився до 89,4%, а кількість ерозійно-небезпечних часток розміром менше 0,25 збільшилася до 0,5%.

Глибина відбору зразків встановлювалася відповідно до призначення машини. Зразки ґрунту, відібрані з заданого шару 0-5 см у кожній повторності, засипали в контейнер, ретельно перемішували і по 30-40 г ґрунту засипали в кожен з двох алюмінієвих пронумерованих і попередньо зважених ємностей. Потім кришки щільно закрили, записали номери контейнерів і відправили в лабораторію для зважування. Пучки помістили у відкриту сушильну шафу. Різниця у вазі заповнених ґрунтом контейнерів до і після сушіння використовувалася для визначення вмісту вологи в зразках ґрунту.

Твердість ґрунту вимірювали електронним пенетрометром, який автоматично записував дані вимірювань, скорочуючи час, необхідний для тестування ґрунту. Тестер ущільнення ґрунту SC 900 з ультразвуковим датчиком глибини вимірює опір проникненню за допомогою динамометра, а потім вимірює глибину проникнення зонда за допомогою ультразвукового датчика. Коли зонд занурюється, датчик випромінює імпульс, вловлює відображення від ґрунту і вимірює відстань за різницею в часі. Пристрій пам'яті дозволяє проводити вимірювання з географічною прив'язкою.

3.1.1 Методи вимірювання потужності зернозбиральних комбайнів

На сьогодні витрати на дизельне паливо складають 12-16% витрат на виконання різних операцій у сільськогосподарському виробництві, тому все більше уваги приділяється ресурсо- та енергозберігаючим технологіям і обладнанню. З цієї причини все більшого значення набуває енергетична оцінка техніки, яка дозволяє визначити енергетичний баланс тракторних агрегатів, а також витрати палива на одиницю оброблюваної площі та на одиницю виробленої продукції.

Дані питомого опору визначалися на основі вимірювань, проведених у кожному робочому режимі, причому вимірювання проводилися щонайменше

чотири рази і протягом щонайменше 20 секунд. Також були проведені наступні вимірювання: час, тяговий опір сільськогосподарської техніки під час технічної операції, довжина шляху, пройденого сільськогосподарською технікою під час вимірювань.

Для проведення польових досліджень було побудовано експериментальну установку (рис. 3.5) для вимірювання величин опору секції ротаційної мотики під час обробітку озимих культур. Установка була змонтована на тракторі тягового класу 1,4. Довжина ділянки поля становила 100 м, вимірювалася рулеткою і фіксувалася кілочками (початкова і кінцева точки).

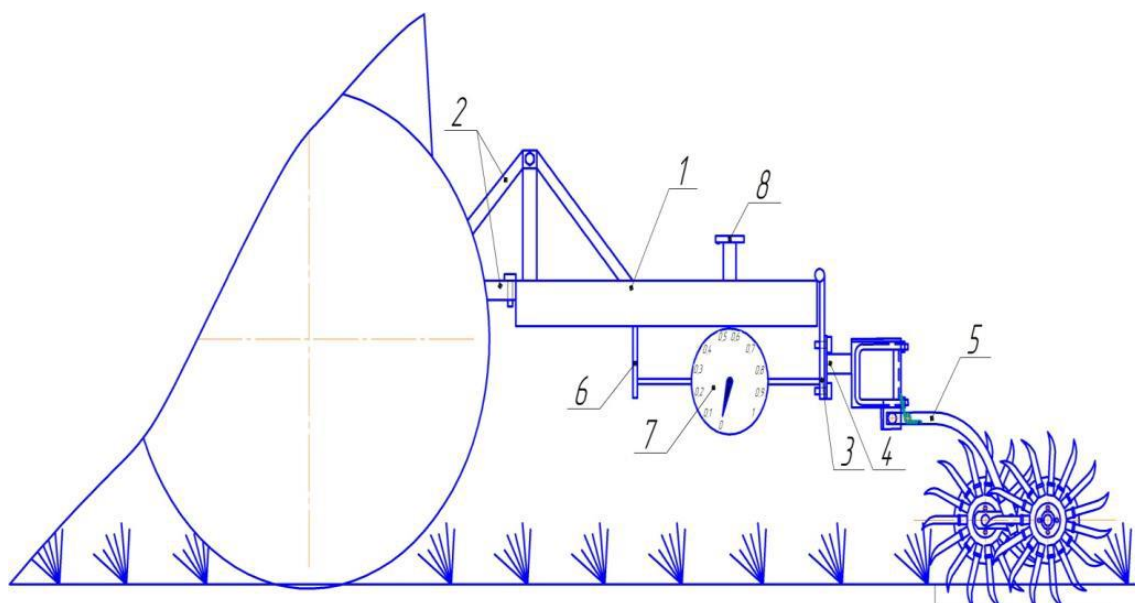


Рисунок 3.3 - Технологічна схема експериментальної установки для визначення енергетичних показників секції ротаційної мотики

1 - динамометрична рамка, 2 - гідронавіска трактора, 3 - шарнірна ланка, 4 - кронштейн, 5 - секція мотики, 6 - кронштейн, 7 - динамометр, 8 - відеокамера з прискореною зйомкою.

Пристрій працює наступним чином: під час оранки силовий агрегат переміщує машину, в цей момент ротаційна мотика 5 заглиблюється в ґрунт на глибину оранки; сила опору, що діє на ротаційну мотику 5, викликає відхилення шарнірної ланки 3 в бік, протилежний напрямку руху, і сила, що діє на ротаційну мотику 5, передається на динамометричний пристрій 8 і

прискорення Під час роботи пристрою показання динамометра фіксуються відеокамерою із записом.

Для виміру твердості ґрунту використовували вимірювач ущільненості ґрунту (рис. 3.6).

Тестер ущільнення ґрунту SC 900 (пенетрометр) використовується для вимірювання ущільнення ґрунту та інших матеріалів. Оператор притискає до землі стрижень з конусом на кінці. Опір конуса вимірюється за допомогою динамометра, щоб визначити ступінь ущільнення (опір проникненню), в той час як ультразвуковий датчик глибини використовується для вимірювання глибини ущільнення ґрунту.



Рисунок 3.5 - Експериментальна установка для визначення енергетичних показників секції ротаційної мотиги

- 1 - динамометрична рама, 2 - гідронавіска трактора,
- 3 - шарнірна ланка, 4 - кронштейн, 5 - секція мотики, 6 - кронштейн,
- 7 - динамометр, 8 - відеокамера з прискореною зйомкою.



Рисунок 3.6 - Прилад для вимірювання щільності ґрунту

Інструмент допомагає визначити, які частини поля потребують оранки, ротації та посадки. Коли зразки були висушені, була використана сушильна шафа для вимірювання вологості ґрунту в алюмінієвих бункерах (Рис. 3.7). Зразки, відібрані з тестового майданчика, негайно транспортувалися до лабораторії.



Рисунок 3.7 - Запаковані алюмінієві бюкси

Професійні лабораторні ваги ViBRA SJ-220CE з чутливим датчиком MMTS і зовнішнім калібруванням (рис. 3.8), використовували для зважування маси ґрунту та інших речовин з високою точністю під час проведення аналізів у лабораторії.



Рисунок 3.8 - Професійні лабораторні ваги VIBRA SJ-220CE

Для взяття зразків ґрунту, використовували ґрунтовий бур АМ-16 (рис.3.9)



Рисунок 3.9 - Наповнення пробовідбірника з ґрунтом під час проведення експериментальних досліджень

Для визначення структурно-агрегатного складу використовували набір ґрунтових сит із різними за діаметром отворами 0,25; 0,5; 1,2,3,5,7 і 10 мм, ваги, аркуші паперу.

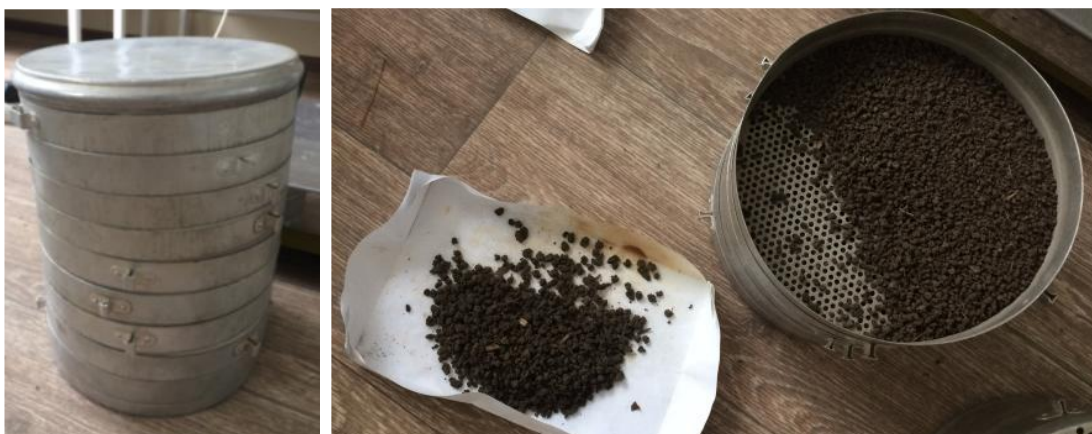
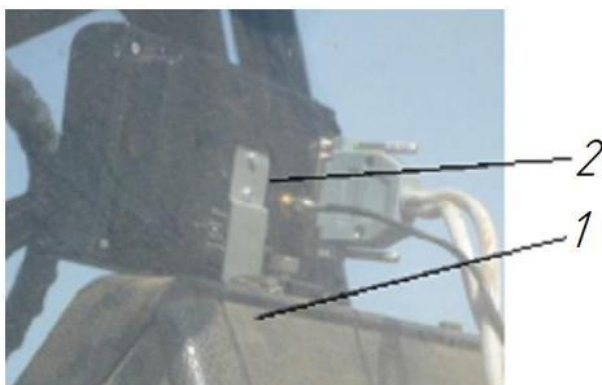


Рисунок 3.10 - Набір сит для визначення структурно-агрегатного складу ґрунту

Для реєстрації та відображення параметрів обертів двигуна, швидкості руху, контролю витрат палива використовували термінал-реєстратор SKRT LIGHT 31 GPS TECHNOTON (рис.3.11)

Кількість палива, що подається паливним насосом, і кількість енергії, спожитої двигуном (включаючи кількість, повернуту в бак), фіксувалися датчиком DFM (рис. 3.12), який також надсилав імпульси на GPS-реєстратор терміналу SCRT Light 31.



1 - приладова панель МТЗ-82; 2 - термінал-реєстратор SKRT LIGHT 31

Рисунок 3.11 - Термінал-реєстратор SKRT LIGHT 31 на тракторі МТЗ-82



1 - двокамерні датчики витрати палива DFM, 2 - двигун

Рисунок 3.12 - Датчик витрати палива DFM

3.2 Обґрунтування результатів досліджень

3.2.1 Оптимальні параметри та режими роботи робочого органу ротаційної борони

Математична обробка експериментальних даних за конструкцією БК дозволила отримати рівняння руйнування ґрунту голчастим культиватором, яке залежить від обраних факторів і має уявні коефіцієнти, пов'язані з реально виявленими залежностями. Рівняння руйнування верхнього шару ґрунту ротаційним робочим органом в залежності від обраних факторів має вигляд.

$$Y = 85,02 + 1,85x_1 + 2,5x_2 - 1,07x_3 + 1,24x_1x_2 + 0x_1x_3 + 0,1x_2x_3 + 1,038x_1^2 + 2,8x_2^2 + 2,8x_3^2 \quad (3.1)$$

Y - подрібнення ґрунту ротаційним диском.

Коефіцієнти рівняння регресії (3.1) були перевірені за довірчими інтервалами за допомогою t-критерію Стюдента; значення в таблиці для t-критерію Стюдента становить 2,0423, зі ступенями свободи 9 та рівнем значущості 5% [32]. Коефіцієнти рівняння регресії відповідно до довірчих

інтервалів мають такий вигляд: $b_0 = 1784,3$; $\Delta b_i = 38,8532$; $\Delta b_{ij} = 25,976$; $\Delta b_i = 22,3758/$

де Δb - довірчий інтервал.

Для перевірки адекватності отриманої моделі було використано критерій Фішера, табличне значення якого склало 3,7, а розрахункове - 2,99, що підтверджує адекватність моделі.

Шляхом диференціювання рівняння регресії (3.1) за кожним фактором було розв'язано одночасне лінійне рівняння для пошуку оптимального значення фактора. Уявні значення факторів склали: $x_1 = -0,715$, $2 x_2 = 0,296$, $x_3 = 0,199$. Підставивши оптимальні значення факторів у рівняння регресії (3.1), було отримано оптимізацію в центрі поверхні відгуку, $Y = 83,877\%$.

Розглянуті фактори є натуральними величинами:

- Оптимальна робоча швидкість $V_p = 6,43$ км/год;
- Оптимальний діаметр диска $D = 518$ мм
- Оптимальна кількість голок (зубців) $n = 14$.

У зв'язку з дослідженням характеристик поверхні відгуку в оптимальній області було проведено канонічне перетворення математичної моделі отриманого рівняння регресії. Початок координат математичної моделі переміщується в нову точку і при повороті на певний кут з рівняння зникають лінійні члени, зникають парні взаємодії і змінюються значення вільних членів [31]. Кут повороту α у нашому випадку становив $40,935^\circ$.

Рівняння регресії (3.1) в канонічному вигляді має наступний вигляд:

$$Y - 85,02 = 1,038X_1^2 + 2,8X_2^2 + 2,8X_3^2 \quad (3.2)$$

Y - число критерію оптимізації (кришіння ґрунту), N ;

X_1, X_2, X_3 - повернені в просторі нові осі координат, на кут α відносно старих осей (x_1, x_2, x_3)

Для більш детального представлення поверхні відгуку було розглянуто двовимірний переріз. При розгляді зміни значення критерію оптимізації за

рахунок значень двох інших факторів у вихідне рівняння регресії (3.1) підставлялося уявне значення одного з оптимальних параметрів.

Розглянемо, як діаметр диска і кількість голок (зубців) впливають на зміну величини відгуку при оптимальній швидкості машини.

Для цього в рівняння регресії (3.1) необхідно підставити уявне значення $x_1 = -0,715$ оптимальної швидкості. Тоді

$$Y_{23} = 84,23 + 1,62x_2 - 1,07x_3 + 0,1x_2x_3 + 2,76x_2^2 + 2,76x_3^2 \quad (3.3)$$

Y_{23} -функція подрібнення ґрунту ротаційним робочим органом, г

Після канонічного перетворення рівняння (3.3) з кутом повороту α , що дорівнює 0° , воно набуде вигляду (3.4), а коефіцієнти цього рівняння дорівнюватимуть: $B_{22}=2,814$, $B_{33}=2,707$.

$$Y - 85,02 = 2,814X_2^2 + 2,707X_3^2 \quad (3.4)$$

Поверхня, зображена на рисунку 3.1 і отримана за допомогою рівняння регресії (3.4), є еліптичним параболоїдом. Центр поверхні є мінімальним, оскільки значення коефіцієнтів у рівнянні є додатними. Оскільки еліпс вздовж осі, що відповідає кількості голок, є більш витягнутим на цій 2D ділянці, можна зробити висновок, що діаметр робочого органу впливає на величину відгуку більше, ніж кількість зубців (голок).

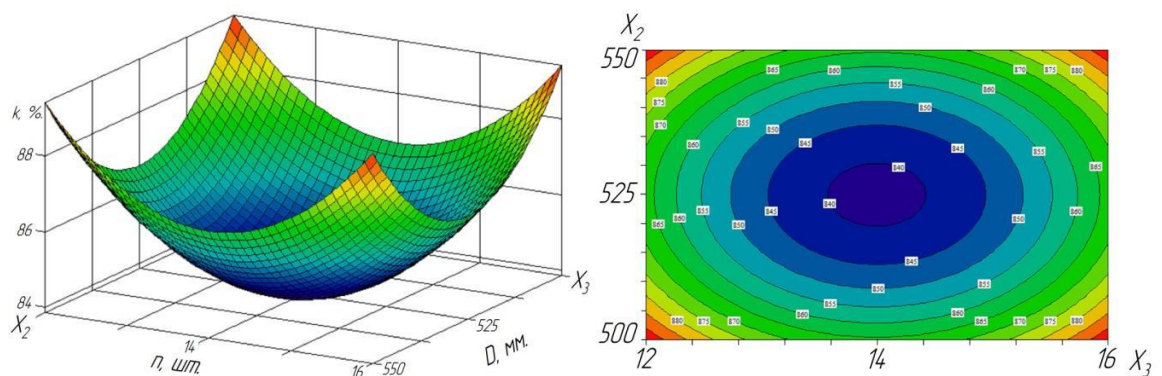


Рисунок 3.13 - Поверхня залежності подрібнення ґрунту від діаметра диска та кількості голок (зубів) і його двовимірний переріз

Аналогічним чином розглянемо, як за оптимального значення діаметра диска на зміну величини відгуку впливають кількість голок і швидкість руху.

Для цього необхідно в рівняння регресії (4.1) підставити оптимальне уявне значення діаметра диска $x_2 = -0,296$.

Тоді рівняння набуває вигляду:

$$Y_{13} = 84,51 + 1,485x_1 - 1,097x_3 + 1,038x_1^2 + 2,753x_3^2 \quad (3.5)$$

Після канонічного перетворення рівняння (3.5) з кутом повороту α , що дорівнює 0° , воно набуде вигляду (3.6), а коефіцієнти цього рівняння дорівнюватимуть: $B_{11} = 1,038$, $B_{33} = 2,753$.

$$Y_{13} - 85,02 = 1,038X_1^2 + 2,753X_3^2 \quad (3.6)$$

Згідно отриманому перетину на величину відгуку найбільше впливає зміна кількості голок (зубів) (рис.3.14).

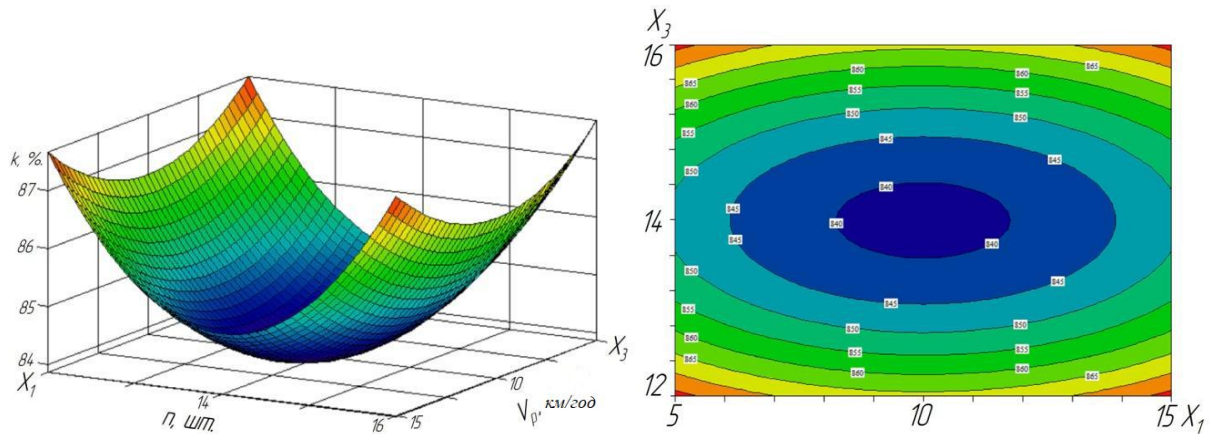


Рисунок 3.14 - Поверхня залежності подрібнення ґрунту від швидкості руху та кількості голок (зубів) агрегату і його двовимірний переріз.

Розглянемо аналогічно, що за оптимального значення кількості голок на зміну величини відгуку впливають діаметр диска і швидкість руху. Для цього необхідно в рівняння регресії (3.1) підставити оптимальне уявне значення кількості голок $x_3 = 0,199$.

$$Y_{12} = 84,91 - 1,85x_1 + 2,52x_2 + 1,24x_1x_2 + 0,839x_1^2 + 2,97x_2^2 \quad (3.7)$$

Після канонічного перетворення рівняння (3.7) з кутом повороту α , що дорівнює $(-17,788^\circ)$, воно набуде вигляду (3.8), а коефіцієнти цього рівняння дорівнюватимуть: $B_{11}=0,839$, $B_{22}=2,967$, тоді

$$Y_{12} - 85,02 = 0,839X_1^2 + 2,967X_2^2 \quad (3.8)$$

Поверхня, представлена на рисунку 3.15 і отримана за рівнянням регресії (3.8) являє собою еліптичний параболоїд. Центром поверхні є мінімум, оскільки значення коефіцієнтів рівняння є позитивними. У даному двовимірному перерізі діаметр робочого органа більш істотно впливає на величину відгуку ніж швидкість руху, оскільки еліпс витягнутий більше по осі, що відповідає швидкості руху.

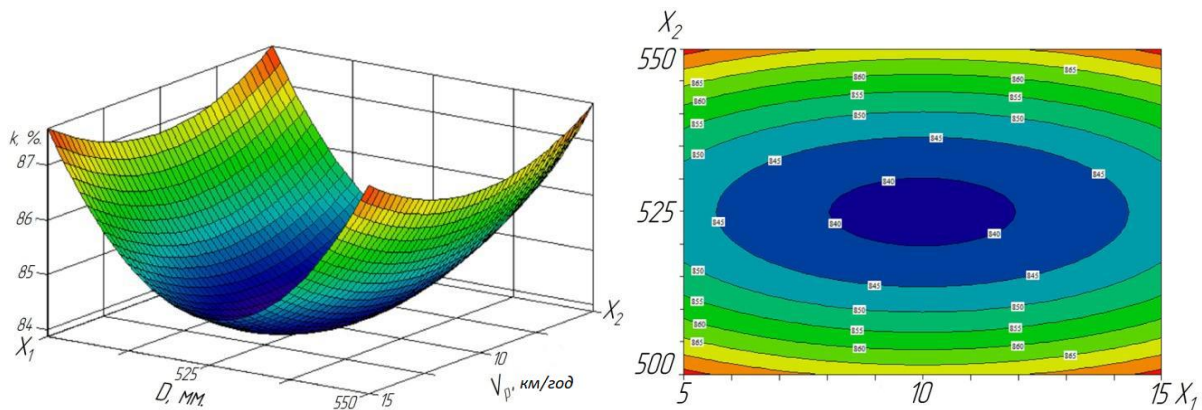


Рисунок 3.15 - Поверхня залежності подрібнення ґрунту від швидкості руху та діаметра диска і його двовимірний переріз

Аналіз зображених залежностей (рис. 3.15) показує, що зі збільшенням швидкості руху V_p з 5 км/год до 15 км/год відбувається безперервне зростання кінематичного параметра λ від 0,815 до 0,840, при оптимальному радіусі диска $R = 262,5$ мм. Залежність, побудована на підставі теоретичних досліджень, добре узгоджується із експериментальною. Розбіжність результатів не перевищує результатів не перевищує 2..3% (рис.3.16)

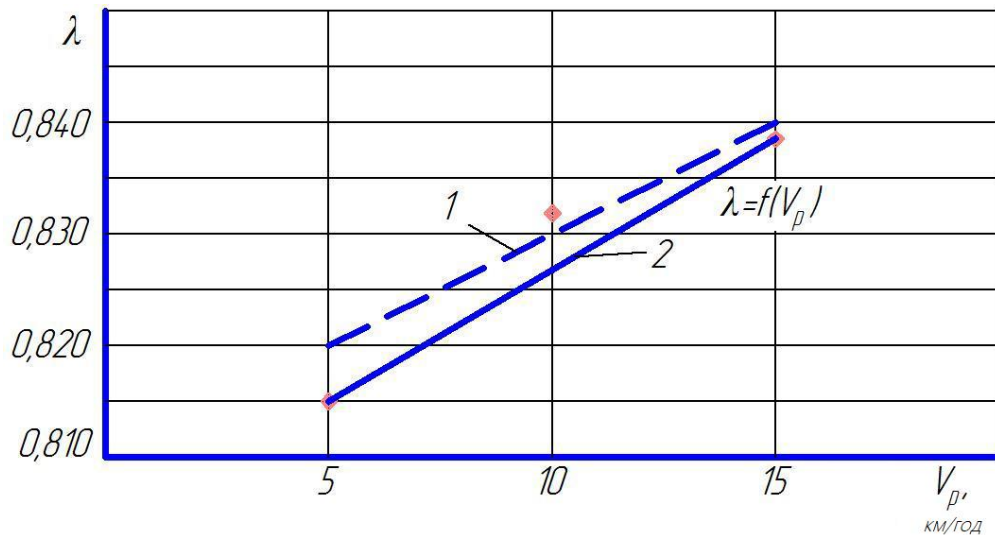


Рисунок 3.16 - Вплив робочої швидкості руху, км/ГОД на кінематичний параметр λ (1- теоретична, 2 – експериментальна)

3.2.2 Оптимальні параметри та режими роботи БФА на боронуванні посівів з одночасним внесенням добрив

Аналіз залежностей E_{agr} агрегата, R та K_M від швидкості руху та глибини обробки.

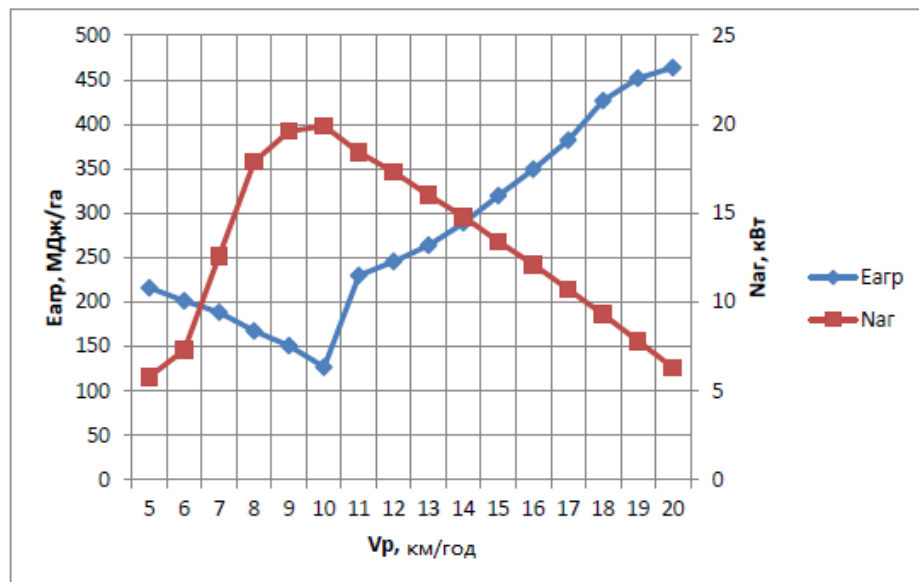


Рисунок 3.17 – Залежність ефективності агрегата від швидкості руху та потужності

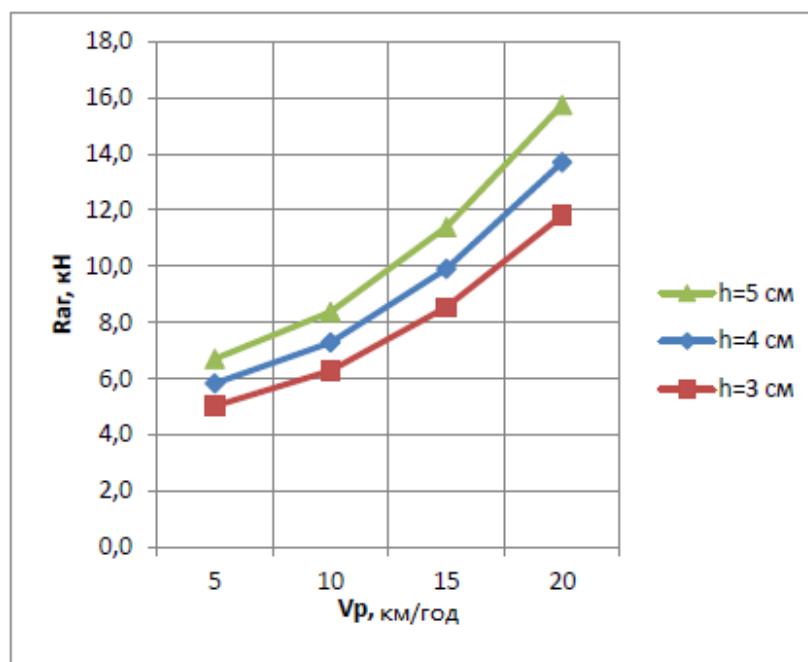


Рисунок 3.18 – Залежність радіусу від швидкості та глибини обробки з шириною захвату 6,7 м.

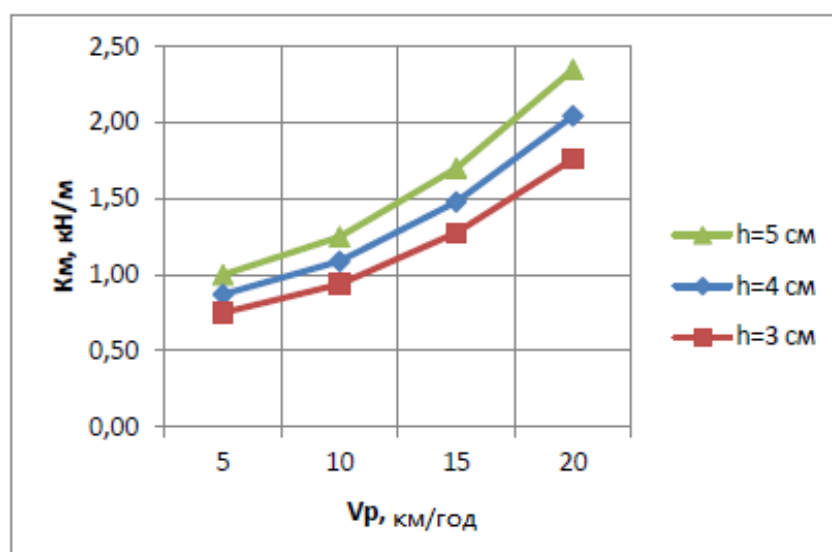


Рисунок 3.19 – Залежність питомого тягового опору машини K_m від швидкості при глибині обробки 3-5 см.

Ефективністю агрегату є його продуктивність, яка є найважливішим показником. Чим вища якість роботи машини та її продуктивність, тим вища конкурентоспроможність на ринку і затребуваність продукції виробництва. За оптимального значення критерію оптимізації запропонованого нами агрегату досягнуто максимальної продуктивності (рис.3.21). На графіках побудовано теоретичні залежності продуктивності БФА від робочої швидкості руху

агрегату V_p за різних значень об'єму бункера V_b , довжини гона L_p , і ширини захвату B_p .

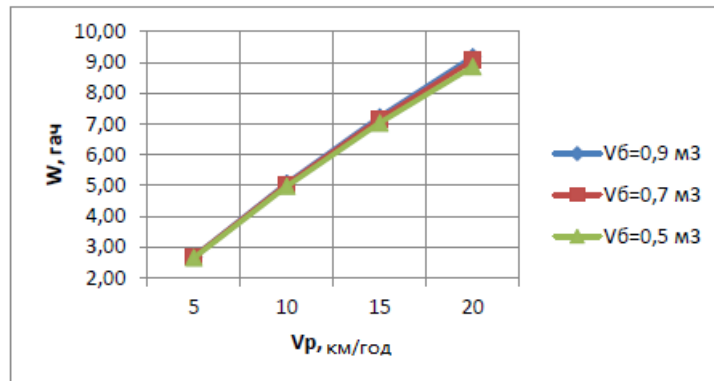


Рисунок 3.20 – Залежність продуктивності від швидкості руху з різним об'ємом бункера

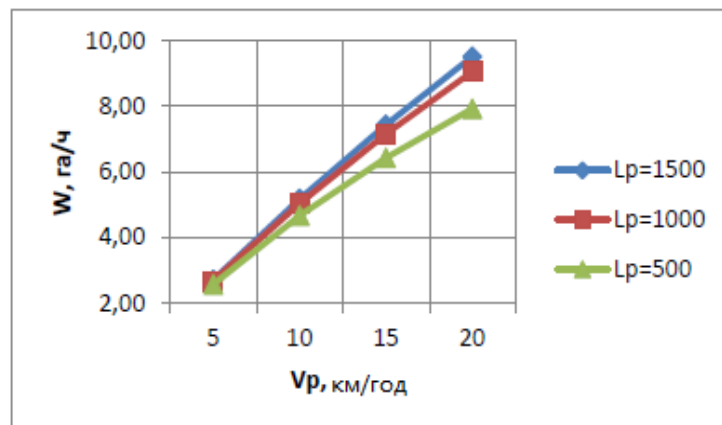


Рисунок 3.21 – Залежність продуктивності від швидкості руху з різною довжиною гону

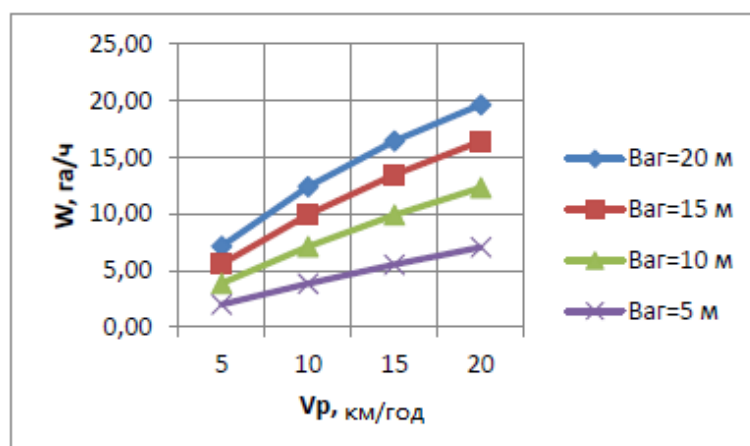


Рисунок 3.22 – Залежність продуктивності від швидкості руху з різною шириною захвату

При максимальній довжині поворотної смуги досягається також максимальна продуктивність агрегату. Ця закономірність зберігається для всіх типів агрегатів завдяки зменшенню кількості холостих проходів; встановлено, що значення продуктивності БФА для агрегату МТЗ-82 + МРН змінюються в діапазоні $W = 2,65-9,18$ га/год при довжині гону 1000 м, ширині захвату машини $B_g = 6,7$ м; ширині захвату машини 6,7 м і об'ємом бункера 0,7 м³, W змінюється в межах 2,56-9,52 га/год; при довжині 1000 м і об'ємі бункера 0,7 м³ W змінюється в межах 2,01-19,66 га/год.

Графіки (3.23-3.25) показують теоретичну залежність коефіцієнта використання часу заміни ВФА для різних значень об'єму V_b і довжини соломи L_p для ротаційного підбирача з робочою шириною захвату 6,7 м від робочої швидкості V_p машини.

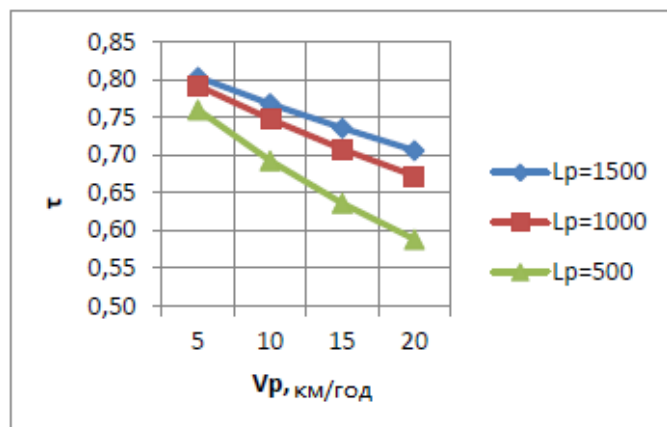


Рисунок 3.23 – Залежність коефіцієнта використання часу зміни БФА від швидкості руху з різною довжиною гону.

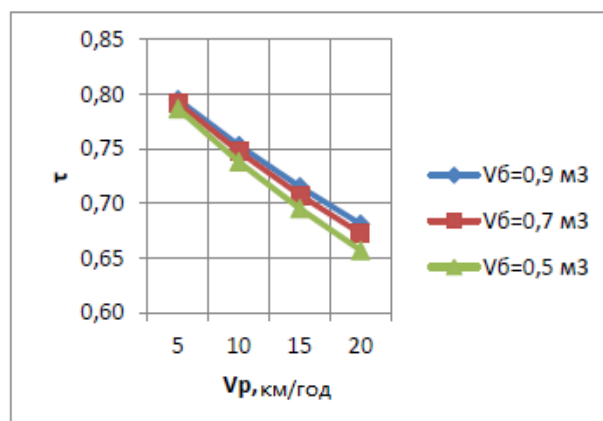


Рисунок 3.24 - Залежність коефіцієнта використання часу зміни БФА від швидкості руху з різним об'ємом бункера

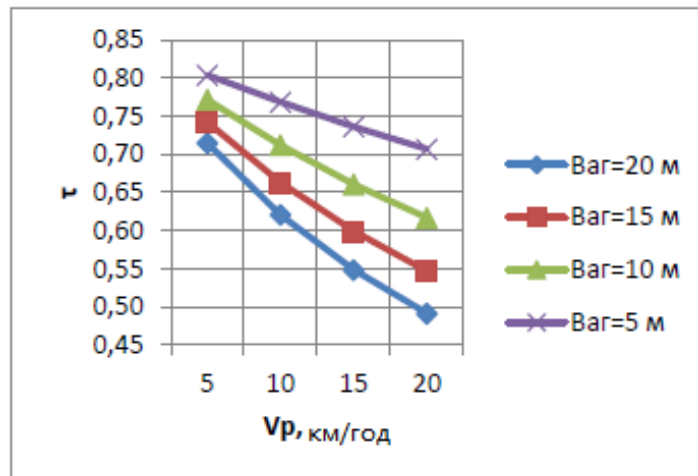


Рисунок 3.25 - Залежність коефіцієнта використання часу зміни БФА від швидкості руху з різним шириною захвату

Значення коефіцієнта використання робочого часу БФА для агрегату МТЗ-82+МРН-6 змінюються від $\tau = 0,59$ до $0,80$ при довжині захвату від 500 до 1500 м з об'ємом бункера $V_b = 0,7$ м³, τ змінюється від $0,66$ до $0,79$ при довжині захвату 1000 м з об'ємом бункера $0,5$ до $0,9$ м³, а довжиною 1000 м, τ змінюється від $0,49$ до $0,80$ залежно від робочої ширини.

3.3 Обґрунтування впливу модернізованих робочих органів мотиги на врожай озимої пшениці

Ротаційні мотики вже широко використовуються в сільському господарстві. Запропонована в цій роботі конструкція диска ротаційної мотики принципово відрізняється від наявних на ринку. Зуби нової конструкції забезпечують якісне подрібнення верхнього шару ґрунту (особливо ранньою весною, коли ґрунт переущільнений на більшості типів чорноземів). Крім того, знищуються сходи бур'янів та видаляються відмерлі пагони озимої пшениці. Ще однією особливістю запропонованої конструкції зуба є те, що зменшуються втрати ґрунтової вологи, оскільки немає необхідності інтенсивно відкидати частинки ґрунту при виконанні операцій підгортання. Тому в даному дослідженні обґрунтовано проведення дрібномасштабного експерименту з вивчення впливу розроблених робочих

органів мотики на врожайність озимої пшениці. Відповідно до методики досліджень, запропоновану технологію одночасного підрізання та внесення добрив порівнювали з базовою технологією виконання цих операцій окремо. Оранку ґрунту на дослідних ділянках проводили дворазовим проходом важкої дискової борони після збирання кукурудзи. Перед сівбою пшениці проводили суцільну оранку культиватором КПС-4 з наступною сівбою пшениці зерновою сівалкою "Клен" з одночасним внесенням стартової дози фосфорних добрив. Оранку проводили ранньою весною, а азотні добрива вносили одночасно під час основного обробітку ґрунту. Збирання врожаю пшениці методом пробного зрізу на дослідних і контрольних ділянках відбулося 11 липня. Результати математичної обробки експериментальних даних представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 - Порівняльні результати дрібнодільничного дослідження щодо впливу на врожай пшениці запропонованої ротаційної мотики

№ п/п	Варіанти технологій	Урожайність зерна, ц/га за повторностями			Збільшення врожаю, ц/га	НСР _{0,5}
		1	2	3		
1	Дослід	61,2	60,8	60,3	1,77	0,71
2	Контроль	59,3	59,1	58,6		

Аналізуючи результати (табл. 3.3), можна зробити висновок, що запропонована технологія скошування озимої пшениці з одночасним внесенням мінеральних добрив має переваги. Приріст врожайності зерна порівняно з контролем становив 1,77 ц/га (2,95%), що значно перевищувало мінімальну достовірну різницю в 0,71 ц/га.

Таким чином, запропонована технологія сівби озимої пшениці у фазу раннього весняного куціння з одночасним внесенням добрив є значно ефективнішою за базову технологію і призводить до суттєвого підвищення врожайності. Запропонована технологія реалізується розробленим багатофункціональним агрегатом (БФА), що агрегується з трактором МТЗ-

82; оптимальні параметри та режими роботи БФА наведені в підрозділі 3.2.2, а економічна ефективність - у розділі 5 дипломної роботи.

Висновки

1. На основі планування багатофакторного експерименту оптимізовано параметри та режими роботи дискового робочого органу запропонованої ротаційної мотики: діаметр диска - 518 мм, кількість зубів на диску - 14, відстань між зубами - 0,118 м, кількість зубів, що одночасно входять в ґрунт - 3. Оптимальна робоча швидкість мотики становила 6,43 км/год. За теоретичними розрахунками: швидкість руху машини - 6,5 км/год, діаметр диска - 525 мм, оптимальна кількість голок - 14. Результати теоретичних розрахунків відрізняються від експериментальних даних на 2-3%. Експерименти з рівномірності глибини обробітку ґрунту різними робочими органами для зрізання посівів озимої пшениці з різними варіаціями дали середню похибку вибірки не більше 4,7%.
2. Питомий тяговий опір ротаційної мотики із запропонованим робочим органом становить 1,0 кН на м захоплення лемеша при глибині оранки 5 см. Зі збільшенням швидкості на 1 км/год опір збільшується на 3,6 %. Отримано залежність питомого тягового опору мотики від робочої швидкості.
3. Оптимальні параметри V_b та режим роботи V_r запропонованого БФА продемонстровано шляхом розв'язання розробленої математичної моделі за критерієм оптимізації мінімуму сумарних енерговитрат в процесі ранньовесняної сівби озимої пшениці з одночасним внесенням добрив (188,5 МДж/га), при ширині захвату агрегату 6,7 м, діаметр дискового робочого органу - 518 мм, місткість бункера для добрив - 0,7 м³, робоча швидкість агрегату - 6,43 км/год, потужність двигуна трактора - 58,2 кВт.
4. Переваги запропонованої технології одночасного збирання озимої пшениці та внесення мінеральних добрив. Приріст врожайності зерна порівняно з контролем склав 1,77 ц/га (2,95%), що значно перевищує мінімальну достовірну різницю в 0,71 ц/га.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Загальну відповідальність за стан охорони праці на виробництві безпосередньо покладено на керівника господарства. Крім того наказом по господарству обов'язки інженера з охорони праці покладені на головного інженера господарства. Загальні обов'язки та умови праці для кожного окремого працівника господарства, а також і для всього колективу передбачені у колективному договорі.

Організація роботи з охорони праці, планування та контроль за станом охорони праці в господарстві здійснюється згідно Закону України.

Адміністрацією господарства затверджені особи, які відповідають за охорону праці по усіх виробничих підрозділах.

На підприємстві проводиться паспортизація санітарно-технічного стану господарства, атестація робочих місць, та розробка інструкцій щодо нових видів робіт. Проводиться підготовка та підвищення кваліфікації інженерно-технічного персоналу у вищих навчальних закладах області щодо охорони праці.

Організація навчання персоналу з питань охорони праці проводиться згідно до типового положення про навчання. Всі робітники повинні пройти навчання або інструктаж, що обов'язково реєструється в спеціальному журналі.

Контроль за виконанням заходів, щодо охорони праці покладений на інженера з охорони праці. На відповідальних осіб покладені обов'язки по усуненню недоліків у забезпеченні безпечних умов праці, проведення інструктажів, притягнення осіб, які порушили вимоги охорони праці, до відповідальності.

В господарстві також є кабінет з охорони праці, який обладнаний стендами і плакатами з техніки безпеки Тут знаходиться основна нормативна документація по охороні праці, журнали обліку та реєстрації вступного інструктажу з охорони праці, плани заходів з охорони праці на поточний рік і

також акти нещасних випадків, які трапляються на виробництві В кабінеті також проводяться лекції, заняття, інструктаж працюючих, роз'яснювання щодо безпечного виконання робіт в сільськогосподарському виробництві.

Санітарно-гігієнічні заходи в господарстві відповідають санітарним нормам. Працівники забезпечені спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту згідно типових норм.

4.1 Правила безпеки при роботі на зерноочисних машинах

4.1.1 Загальні вимоги

1. Робітники, що обслуговують зернотік, повинні пройти інструктаж із правил техніки безпеки й опанувати практичними навичками безпечного виконання робіт. Результати перевірки знань повинні реєструватися в спеціальному журналі.

2. При переході на роботу на іншу машину робітники обов'язково повинні вивчити її конструкцію, опанувати методи безпечної роботи на ній і пройти додатковий інструктаж із БЖД

3. Робітник повинен виконувати тільки ту роботу, яка йому доручена адміністрацією.

4. Відповідальний за стан техніки безпеки й пожежної безпеки на зерноочисно-сушильному пункті є завідувач пункту або зернотоку, на відкритих зернотоках – бригадир.

5. На зернотоках повинна бути аптечка, а всі робітники зобов'язано знати правила й приймання надання першої допомоги потерпілому.

6. Обслуговувати зерноочисні й сортувальних машини повинні тільки навчені робітники, знайомі з обладнанням.

7. Обслуговування електрифікованих установок, усунення всіх ушкоджень електроприводів, пульта керування, силової й освітлювальної мережі повинно проводитися тільки електромонтером, що мають спеціальний допуск на обслуговування електромережі, особам обслуговуючим

електрифіковані машини дозволяється робити тільки включення й вимикання машини.

8. Інструменти, які застосовуються при обслуговуванні електроустаткування, повинні мати ізольовані рукоятки.

4.1.2. Вимоги безпеки перед початками роботи

1. Перед початком зміни робітник зобов'язано надягти спецодяг, спецвзуття, головний убір і при необхідності захисні окуляри й протипилові респіратори. Одяг не повинен мати кінців, що розгойдуються, а волосся повинне бути заправлені під головний убір.

2. До кінців роботи перевірити справність машин і встаткування, випробувати їх на неодруженому ході й виявлені недоліки усунути.

3. Обертові частини машин і приводів повинні мати справні захисні огороження. Не можна пускати в роботу машини зі знятими або несправними захисними огороженнями.

4. При ремінному приводі норм і інших механізмів слід установити додаткові огороження приводного паса.

5. Машини повинні бути укомплектовані набором справного інструмента й пристосувань відповідно до заводської інструкції.

6. Електромонтер, відповідальний за електробезпечність, перед початком роботи зобов'язаний ретельно перевірити стан електрогосподарства.

7. Корпуса електрифікованих машин, електродвигуни, металеві каркаси розподільних щитків і силових шаф повинні бути заземлені, а рубильники закриті запобіжними кожухами. Особливу увагу слід приділити на обладнання заземлення пульта керування. Опір заземлюючих обладнань не повинен перевищувати 10 Ом. При відсутності або несправності заземлення працювати забороняється.

Електробезпека - це система організаційних і технічних заходів та засобів, спрямованих на захист людей від шкідливого та небезпечного впливу

електричного струму, електричної дуги, електромагнітних полів і статичної електрики. Електричні струми, що протікають через тіло людини, викликають в основному такі нестандартні процеси: - пряму стимуляцію і збудження тканин (м'язів, нервових волокон, серцево-судинної системи). Цей процес відбувається, коли шлях струму протікає безпосередньо через живу тканину людського тіла. - Рефлекторне (опосередковане) збудження тканин внаслідок дії струму на центральну нервову систему. - Виникнення недоречних і неправильних команд з боку центральної нервової системи в результаті дії струму на процес поширення біологічного струму. - Коли струм проходить через біологічну тканину з певним електричним опором, електрична енергія перетворюється на теплову.

Таким чином, проходження електричного струму через організм людини є складним процесом, що включає різні фізичні, біологічні та хімічні реакції, основними з яких є термічні, електролітичні, механічні та біологічні реакції. Теплові реакції в тканинах людини відбуваються в результаті перетворення електричної енергії в теплову. Насправді, тканини людини характеризуються кінцевим опором проходженню електричного струму. У зв'язку з цим при протіканні струму на опорі генерується певна потужність, яка за законом Ома перетворюється в теплову енергію. У цьому випадку дія електричного струму проявляється в нагріванні певних ділянок тканин людського тіла, таких як кровоносні судини і нервові волокна, до високих температур, викликаючи таким чином значні функціональні зміни в організмі та окремих його частинах. Електролітична дія електричного струму на живі тканини полягає в розщепленні внутрішньоклітинних органічних рідин на іони. Цей процес супроводжується значними змінами її фізико-хімічного складу, що може призвести до порушення функціональних властивостей організму людини. Механічна реакція організму людини на протікання електричного струму проявляється, наприклад, у вигляді електродинамічних ефектів, що полягають у швидкому скороченні м'язової тканини. При цьому спостерігається розрив м'язової тканини, розрив або руйнування кровоносних судин тощо. Біологічна

реакція організму на електричний струм формується в результаті дії струму на внутрішні біоелектричні процеси при стимуляції біологічних тканин. Величина зовнішнього струму може значно перевищувати 70 рівень біоелектричного струму, що може викликати певні, іноді серйозні, порушення в усьому організмі людини.

4.1.3 Вимоги безпеки під час роботи

1. Не перешкоджайте проходу до машини.
2. Не допускайте сторонніх осіб, особливо дітей, до роботи з машиною.
3. Під час роботи забороняється регулювати або ремонтувати машину, очищати рухомі частини від пилу або залишків зерна, змащувати, підтягувати болти, знімати або встановлювати привідні ремені вручну.
4. Робоча зона повинна бути освітлена в темний час доби.
5. Згрібати зерно на завантажувальний транспортер необхідно дерев'яною лопатою.
6. Скребокний транспортер не можна перетинати.
7. Не допускається експлуатація циліндричних жолобів і блоків жолобів зі знятими огороженнями.
8. Вмикати та вимикати рубильники дозволяється тільки на гумових килимках або в гумових рукавичках.
9. Для запобігання передчасному вмиканню струму необхідно вивішувати плакати "Не вмикати! Люди працюють. У приміщеннях дозволяється працювати на висоті не більше 2,5 метрів над підлогою, використовуючи приставну драбину або перекладини.
10. Прохід до засобів пожежогасіння повинен бути завжди вільним.

Висновки

1. Широке застосування в рослинництві сільськогосподарських машин, мінеральних добрив, які є небезпечними факторами, вимагає докорінного поліпшення стану охорони праці при виконанні основних технологічних операцій. Їх можливо уникнути шляхом спеціальних заходів, дотримання вимог трудового законодавства, спеціальних нормативних та інших документів, а також запровадження у виробництво найновіших досягнень науки і передового досвіду з охорони праці.
2. Дотримуватись ґрунтозахисних сівозмін, налагоджувати агротехніку і транспортні засоби, приділяти велику увагу тваринницьким фермам - наводити (своєчасно) порядки всередині і навколо будівель. Додержуватись технології зберігання добрив.

5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ БОРОНУВАННЯ ПОСІВІВ З ПІДЖИВЛЕННЯМ ДОБРІВ

Запропонована технологія удобрення озимих культур передбачає одночасне виконання двох операцій - внесення мінеральних добрив та їх заробку в ґрунт ротаційною бороною. [8, 9]. Послідовність виконання робіт за ресурсозберігаючими технологіями (базовою та запропонованою) наведено в таблиці 5.1. Порівнюючи обидві технології, можна помітити відмінності в розрахункових показниках та технічній допомозі, отриманих в результаті розрахунків. Розрахунки проводилися на 1000 га озимої пшениці. Недоліками базової технології є: 1) пошкодження сходів озимої пшениці та розпилення ґрунту; 2) порушення екологічних вимог через ущільнення ґрунту вузькими колесами автомобіля (на базі ГАЗ-САЗ-3507), що використовується для подачі мінеральних добрив до зернової сівалки; 3) для роботи агрегату внесення добрив потрібен механізатор та чотири сівалки (по одній на кожен сівалку), а для контролю якості висіву та загортання добрив у ґрунт задіяно п'ять осіб. Запропонована технологія використовує трактор МТЗ-82, оснащений сільськогосподарськими гідروفільними шинами та сівалками К-3180, а також причепом Ревоке для транспортування добрив, який не ущільнює і не розкидає ґрунт. Роботи виконуються одним механізатором і одним оператором з внесення добрив, причому ротаційна мотика завдає менше шкоди врожаю і підвищує продуктивність праці. Робочі періоди для різних технологій однакові.

Таким чином, для виконання всіх робіт за базовою технологією потрібна 21 людина, тоді як за запропонованою технологією - 11 осіб, що в 1,9 рази менше. Витрати праці становлять 280 людино-годин для запропонованої технології порівняно з 587,9 людино-годин для базової технології, тобто вдвічі менше. Це пов'язано з покращеним кришенням ґрунту ротаційними мотиками на посівах озимих культур, що має призвести до збільшення врожайності зернових та покращення фізичного стану ґрунту.

Базова технологія внесення добрив під озиму пшеницю передбачає дві технічні операції. Наприклад, транспортування мінеральних добрив та їх завантаження на посівну машину для внесення добрив на місці. Запропонована технологія також передбачає два завдання: транспортування добрива і завантаження його на розкидач, а також внесення добрива одночасно зі скошуванням культури і заробкою добрива в ґрунт.

Зрозуміло, що технології відрізняються за техніко-економічними показниками, складом агрегатів та отриманими результатами, які представлені в таблиці 5.1. Як видно з таблиці, металоємність процесу зменшилася з 4,32 кг/га до 3,48 кг/га, а енергоємність - на 4,2%. Операційні витрати також зменшилися на 6,9% з 1791,8 грн/га до 1669,1 грн/га.

Таблиця 5.1 – Економічна ефективність проектної системи механізації х
удобрень озимих з одночасним боронуванням

Показник	Технологія		Ефективність	
	Базова	Запропонована	Абсолютна	Відносна, %
Витрати праці, людгод/га	0,29	0,27	-0,02	-6,9
Продуктивність, га/люд год	3,5	3,65	0,15	4,2
Експлуатаційні витрати грн/га	1791,8	1669,1	-122,7	-6,9
Оплата праці	45,5	43,6	-1,9	-4,2
амортизація	878,7	783,6	-95,1	-10,9
Ремонти та ТО	772,8	766,7	-6,1	-0,8
ПММ	92	73,5	-19,5	-21
інше	1,8	1,7	-0,1	-5,6
Наведені витрати, грн/га	11856,6	8957	-2899,6	-24,5
Металоємність, кг/га	4,32	3,48	-0,84	-19,4
Енергоємність, уВтгод/га	16,6	15,9	-0,7	-4,2
Додаткові капіталовкладення, тис. грн	928		-	-
Очікуваний річний економічний ефект, тис. грн	499		-	-
Термін окупності, рік	1,15		-	-
Коефіцієнт ефективності капіталовкладень	0,87		-	-

Таким чином, економічна ефективність запропонованого БФА для боронування посівів з підживленням добрив підтверджує його доцільність: операційні витрати скоротилися на 6,9%, металоємність і питоме енергоспоживання зменшилися на 19,4% і 4,2% відповідно, при додаткових інвестиціях у розмірі 228 000 грн і періоді окупності 1,15 року.

Висновки

1. Проведений аналіз багатофункціональних машин, показує, що у ротаційних робочих органів робоча периферія недосконала, при цьому зона впливу їх на ґрунт обмежена і малоефективна, також тільки рідкісні машини можуть вносити одночасно мінеральні добрива на посіви і ті зарубіжного виробництва.
2. Аналіз результатів досліджень робочого процесу ротаційних робочих органів пасивної дії показав, що голчасті робочі органи для подрібнення ґрунту, забезпечені робочими елементами зубами, надійно виконують процес, і довжина зубів достатня для проникнення на глибину посівного шару.
3. На підставі планування багатфакторного експерименту оптимізовано параметри та режим роботи пропонованого дискового робочого органу ротаційної мотиги: діаметр диска становить 518 мм, число зубів на диску 14, крок розставлення зубів 0,118 м, кількість зубів, що одночасно перебувають у ґрунті, - три. Оптимальна робоча швидкість руху мотиги склала 6,43 км/год. Згідно з теоретичними розрахунками: швидкість руху агрегату 6,5 км/год, діаметр диска 525 мм, оптимальна кількість голок 14 шт. Результати розрахунків теоретичних даних відрізняються від експериментальних на 2-3%. В результаті дослідів рівномірності глибини обробітку ґрунту різними робочими органами на боронуванні посівів озимої пшениці за різними варіантами дослідів помилка вибіркової середньої не перевищила 4,7%.
4. Питомий тяговий опір ротаційної мотиги з пропонованими робочими органами становить 1,0 кН на один метр захвату мотиги за глибини обробітку 5 см. При збільшенні швидкості на 1 км/год опір зростає на 3,6 %. Отримано залежність питомого тягового опору мотиги від робочої швидкості.
5. Оптимальні параметри $V_{ар}$, $V_б$ і режими роботи V_p пропонованого БФА обґрунтовано вирішенням розробленої математичної моделі за

критерієм оптимізації мінімум витрат сукупної енергії на виконання процесу ранньовесняного боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням (188,5 МДж/га), ширина захвату агрегату - 6,7 м, діаметр дискового робочого органу - 518 мм, місткість бункера для добрив - 0,7 м³, робоча швидкість агрегату - 6,43 км/год, потужність двигуна трактора - 58,2 кВт.

6. Переваги пропонованої технології боронування посівів озимої пшениці з одночасним підживленням мінеральними добривами. Надбавка врожаю зерна порівняно з контролем становила 1,77 ц/га, або 2,95 %, і суттєво перевищила найменшу суттєву різницю 0,71 ц/га.
7. Таким чином, економічна ефективність запропонованого БФА для боронування посівів з підживленням добрив підтверджує його доцільність: експлуатаційні витрати знижуються на 6,9 %, металоємність та питома енергоємність – на 19,4% та 4,2% відповідно, додаткові капіталовкладення складають 228 тис грн, а термін окупності 1,15 року.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лебідь Є. М., Десятник Л. М., Кротінов І. В. Продуктивність озимої пшениці залежно від вологозабезпеченості попередників в умовах південносхідних районів Степу України. Бюлетень Інституту зернового господарства НААН. Дніпропетровськ, 1999. N 8. С. 7–11.
2. Русанов В. І. Основні агротехнічні фактори підвищення врожайності повторних посівів озимої пшениці. Науково-технічний бюлетень Миронівського інституту пшениці ім. В.М. Ремесла. Київ, 2008. Вип. 8. С. 353–362.
3. Грицаєнко З. М., Пономаренко С. П., Карпенко В. П., Леонтюк І. Б. Біологічно активні речовини в рослинництві. / за ред. З. М. Грицаєнко. Уманський державний аграрний інститут. 2008. 346 с.
4. Черенков А. В., Рибка В. С., Шевченко М. С. та ін. Економіка виробництва зерна в зоні Степу (з основами організації і технології виробництва): монографія / за ред. А. В. Черенкова та В. С. Рибки. Дніпропетровськ: Нова ідеологія, 2015. 299 с.
5. Ушкаренко В.О., Коваленко В.П., Плоткін С.Я., Поляков М.Г. Використання персональних комп'ютерів для вирішення задач оптимізації сільськогосподарського виробництва: Навчальний посібник. – Херсон: Айлант, 2001. – 94 с.
6. Примак І.Д., Манько Ю.П., Рідей Н.М., Мазур В.А., Горщар В.І., Конопльов О.В., Паламарчук С.П., Примак О.І. Екологічні проблеми землеробства. За ред. І. Д. Примака. К.: Центр учбової літератури, 2010. 456 с
7. Поліщук І.С. Поліщук М. І., Коваленко О.В., Шинкарук В.А. «Насіння сільськогосподарських культур». Навчальний посібник. Вінниця: ОЦ ВДАУ. 2008.

8. Паламарчук В.Д. Еколого-біологічні та технологічні принципи вирощування польових культур. В.Д. Паламарчук, О.В. Климчук, І.С. Поліщук [та ін.]. Вінниця, 2010. 633 с.
9. Мордванюк М.О., Дідур І.М. Вплив інокуляції насіння та позакореневих підживлень на індивідуальну продуктивність рослин нуту в умовах Лісостепу правобережного. Сільське господарство та лісівництво. 2018. № 8 (том 3). С. 26–35.
10. Yanovych V., Honcharuk T., Honcharuk I., Kovalova K. Engineering management of vibrating machines for targeted mechanical activation of premix components. INMATEH - Agricultural Engineering. 2018. 54(1). P. 25–32.
11. Didur I., Pantsyreva H., Telekalo N. Agroecological rationale of technological methods of growing legumes. The scientific heritage. 2020. 52. P. 3–14.
12. Болахівський В.П. Вплив строків внесення азотних добрив на врожайність та якість зерна сортів озимої пшениці різних екологічних типів в умовах західного Лісостепу України. Вісник Львівського державного аграрного університету. Агрономія. № 6. 2002. С. 151–156.
13. Болахівський В.П. Ефективність мінерального живлення озимої пшениці залежно від сорту в умовах західного Лісостепу України. Передгірне та гірське землеробство і тваринництво. 2003. Вип. 45. – С. 3-7.
14. Бордюжа Н. П. Ефективність позакореневих підживлень у оптимізації продуктивної куцистості пш4. Гамаюнова В. В., Смірнова І. В. Вплив мінеральних добрив на формування поживного режиму ґрунту при вирощуванні пшениці озимої. Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Агрономія і біологія». Суми, 2017. № 2. С. 49–52. ениці озимої. Научный взгляд в будущее. 2016. Т. 9. №. 1. С. 16-21.
15. Давиденко Г.А. Вплив попередників і добрив на агрохімічні показники ґрунту і продуктивність озимої пшениці. Вісник Сумського

- національного аграрного університету. Серія «Агроніомія і біологія». 2012. Вип. 9 (24). С. 37–39.
16. Сивак І.О., Деревенко І.А., Островський А.Й. Практикум з механіки матеріалів і конструкцій : навчальний посібник.. Вінниця : ВНАУ, 2011. 144 с
 17. Солоня О. В., Купчук І.М. Теорія механізмів і машин. Курсове проектування : Навчальний посібник. Вінниця : ВНАУ, 2019. 249 с
 18. Павленко В.С., Паламарчук І.П., Цуркан О.В., Полевода Ю.А. З'єднання в машинобудуванні : навч. посібник. Вінниця: ПП «ТД Едельвейс і К», 2015. 110 с.
 19. Купчук І.М., Браніцький Ю.Ю. Розробка програмного алгоритму розрахунку кінематичних параметрів робочих органів віяльно-калібрувальної машини. Вібрації в техніці та технологіях. 2018. № 2. С.80-87.
 20. Кінницький Я.Т., Харжевський В. О., Марченко М. В. Теорія механізмів і машин в системі MathCAD : навчальний посібник. Хмельницький : РВЦ ХНУ, 2014. 324 с
 21. М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: Навчальний посібник. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с.
 22. Бабицкий Л. Ф. Обоснование конструктивных параметров гибкой бороны / Л. Ф. Бабицкий, И. В. Соколевский, В. А. Куклин // Вісник Українського відділення Міжнародної академії аграрної освіти. - 2016.
 23. Ветохін В. І. Системні та фізико-механічні основи проектування розпушувачів ґрунту : автореф. дис... д-ра техн. наук / В. І. Ветохін; ННЦ ІМЕСГ. – Глеваха, 2010. - 40 с.
 24. Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В. А. Сакун. – М.: Колос, 1980.- 671 с

- 25.Кобець А. С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. - 140 с.
- 26.Практикум з використання машин в рослинництві / [Льченко В.Ю., Кобець А.С., Мельник В.П та ін]. – Дніпропетровськ : Дніпроп. держ агр. ун-т. – 2002 – 212с.
- 27.Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с
- 28.Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н. А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с
- 29.Шевчук В.В. Обґрунтування параметрів та режимів роботи гольчастої борони автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн.наук /В.В. Шевчук – Львів, 2015. – 24с
- 30.Алферов А., Гринченко А. Методология обеспечения механической надежности почвообрабатывающих машин при проектировании. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. Lublin-Rzeszów. 2016.
- 31.Антощенков Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія. Харків : Міськдрук, 2017.
- 32.Антощенков Р. В., Антощенков В. М. Спосіб та вимірювальна система для визначення енергетичних витрат мобільної машини. Вісник Харків. нац. техн. ун-ту. сіл. госп-ва ім. П. Василенка. Харків : ХНТУСГ. 2014. С. 45-53
- 33.Базаров В. П. Дополнительный упругий элемент и его влияние на упругую подвеску. Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. 1980. С. 18-25.
- 34.Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва Тернопіль : Наука. 2005. 457 с.