

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 дипломного проєкту

ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

**Обґрунтування конструкції та параметрів дискової борони для обробітку
грунту з подрібненням рослинних решток**

Виконав: студент 4 курсу, групи АІз-1-21 за
спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Левченко Даніл Леонідович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____

Дніпро – 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

прізвище, ініціали

«05» травня 2026 р

З А В Д А Н Н Я НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ СТУДЕНТУ

Левченко Данілу Леонідовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проєкту: Обґрунтування конструкції та параметрів дискової борони для обробітку ґрунту з подрібненням рослинних решток

керівник проєкту Теслюк Геннадій Володимирович, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«01» травня 2026 року № 874

2. Строк подання студентом проєкту 20.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Вивчення сучасного рівня розвитку рослинництва та аналіз машин і робочих органів, які використовуються для виконання ґрунтообробних операцій. Опрацювання навчальної, науково-технічної літератури.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Аналіз господарської діяльності підприємства. 2. Огляд конструкцій дискових ґрунтообробних агрегатів. 3. Конструкторське вдосконалення дискової борони. 4. Охорона праці та захист навколишнього середовища 5. Техніко-економічні показники дискового знаряддя. Висновки
Бібліографія.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) 1. Огляд конструкцій дискових знарядь. 2. Дискова борона БД-8,4. 3 Секція дискова. 4.Кронштейн. 5.Напівкорпус підшипника. 6. Диск борони. 7. Шпилька маленька. 8. Втулка. 9. Вісь секції. 10. Економіка.

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Теслюк Г.В., доцент	06.02.2026	20.05.2026
нормоконтроль	Теслюк Г.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 06.02.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проєкту	Строк виконання етапів проєкту	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 01.04.2026 р.	
2	Технологічний	до 15.04.2026 р.	
3	Конструкційний	до 24.04.2026 р.	
4	Охорона праці	до 09.05.2026 р.	
5	Економічний	до 12.05.2026 р.	
6	Графічна частина	до 19.05.2026 р.	

Студент

_____ Левченко Д.Л.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проєкту

_____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

[illegible]

АНОТАЦІЯ

Левченко Д.Л. Обґрунтування конструкції та параметрів дискової борони для обробітку ґрунту з подрібненням рослинних решток / Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». - ДДАЕУ, Дніпро, 2026.

У дипломному проєкті розглянуто удосконалення конструкції дискової борони з метою підвищення ефективності її роботи та покращення якості обробітку ґрунту. Проведено аналіз існуючих конструкцій дискових борін, обґрунтовано напрям модернізації робочого органа та дискової секції. Виконано конструктивні розрахунки сферичного диска, осі секції, підшипникового вузла, а також експлуатаційно-технологічні розрахунки тягового опору, потрібної потужності трактора, продуктивності агрегату і витрати палива. У проєкті наведено розділ з охорони праці та захисту навколишнього середовища при використанні дискової борони, а також виконано техніко-економічну оцінку запропонованої модернізації. За результатами розрахунків встановлено, що вдосконалена конструкція є працездатною, економічно доцільною та може бути рекомендована до впровадження у виробництво.

Ключові слова: дискова борона, сферичний диск, дискова секція, модернізація конструкції, тяговий опір.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1. АНАЛІЗ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ФГ «ГНАТ» КАМ'ЯНСЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ	10
1.1. Загальна характеристика господарства	10
1.2. Природно-кліматичні умови господарства	11
1.3. Земельні ресурси та структура посівних площ	12
1.4. Урожайність основних сільськогосподарських культур та машинотракторний парк	13
Висновки по розділу	16
2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ БОРІН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ПОДРІБНЕННЯМ РОСЛИННИХ РЕШТОК	18
2.1. Огляд сучасних конструкцій закордонних дискових борін	18
2.2. Огляд відчизняних дискових знарядь	27
Висновки по розділу	31
3. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ПОДРІБНЕННЯМ РОСЛИННИХ РЕШТОК	32
3.1. Будова та робочий процес удосконаленої дискової борони	32
3.2. Конструктивні розрахунки удосконаленої борони	34
3.2.1. Розрахунок геометрії сферичного диска та кута сферичного сегмента	36
3.2.2. Розрахунок раціонального кута загострення ріжучої крайки та маси диска.....	38
3.2.3. Розрахунок диска на кручення в зоні посадкового отвору.....	40
3.2.4. Розрахунок осі дискової секції на міцність.....	42
3.2.5. Розрахунок підшипникового вузла дискової борони	44
3.3. Експлуатаційні розрахунки модернізованої дискової борони	45
Висновки по розділу	48
4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ПІД ЧАС	

ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИСКОВОЇ БОРОНИ	49
4.1. Техніка безпеки при використанні дискової борони	49
4.2. Екологічні вимоги при експлуатації дискової борони	50
4.3. Пожежна безпека та загальні заходи безпеки під час транспортування	51
Висновки по розділу	52
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ	53
Висновок по розділу	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
БІБЛІОГРАФІЯ	58
ДОДАТКИ	61

ВСТУП

Однією з найважливіших умов отримання високих і стабільних урожаїв сільськогосподарських культур є своєчасний та якісний обробіток ґрунту. Рациональне добирання ґрунтообробних машин і робочих органів для основного та передпосівного обробітку має важливе значення для формування якісного посівного шару. Саме від цього залежить рівномірність розпушення ґрунту, його водно-повітряний режим, збереження продуктивної вологи, ефективність боротьби з бур'янами, якість загортання пожнивних решток і створення оптимальних умов для проростання насіння та подальшого розвитку сільськогосподарських культур. У сучасному сільськогосподарському виробництві особливого значення набувають ґрунтообробні машини, які забезпечують високу продуктивність, енергоощадність та належну якість виконання технологічного процесу.

Серед широкого спектра ґрунтообробних машин важливе місце займають дискові борони. Вони широко застосовуються для луцення стерні, передпосівного обробітку, подрібнення і часткового загортання післяжнивних решток, розпушування верхнього шару ґрунту та вирівнювання поверхні поля. Перевагою дискових борін є їх здатність ефективно працювати на полях із великою кількістю рослинних решток, на ущільнених ґрунтах і в умовах, де використання інших робочих органів є менш ефективним. Разом з тим експлуатація таких машин показує, що окремі елементи їх конструкції потребують удосконалення з метою підвищення надійності, зносостійкості, стабільності роботи та зниження енерговитрат [1,2].

Особливе значення в роботі дискової борони має конструкція її робочих органів і дискових секцій. Саме диск безпосередньо взаємодіє з ґрунтом, сприймає значні механічні навантаження, зазнає абразивного зношування та визначає якість підрізання, кришення й перемішування

грунту. Не менш важливими є вісь секції, підшипниковий вузол і спосіб кріплення дисків, від яких залежить довговічність усієї конструкції, стійкість технологічного процесу та витрати на технічне обслуговування. Тому вдосконалення конструкції диска і секції борони є актуальним напрямом підвищення ефективності дискових знарядь.

Актуальність теми дипломного проєкту полягає в необхідності підвищення якості обробітку ґрунту, зменшення тягового опору агрегату, збільшення ресурсу роботи дисків і вузлів секції, а також у забезпеченні ефективної роботи широкозахватної дискової борони в сучасних умовах сільськогосподарського виробництва. Удосконалення конструкції дискової борони дає змогу підвищити її експлуатаційні показники, знизити інтенсивність зношування деталей і забезпечити більш раціональне використання енергетичних засобів [3].

Метою дипломного проєкту є удосконалення конструкції дискової борони шляхом обґрунтування параметрів сферичного диска та вузлів дискової секції для підвищення надійності роботи машини, покращення агротехнічних показників і зменшення експлуатаційних витрат.

Практичне значення дипломного проєкту полягає в тому, що запропоновані конструктивні рішення та виконані розрахунки можуть бути використані під час проєктування, модернізації та експлуатації дискових борін, спрямованих на підвищення якості обробітку ґрунту та зниження виробничих витрат.

1. АНАЛІЗ ФЕРМЕРСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ФГ «ГНАТ» КАМ'ЯНСЬКОГО РАЙОНУ ДНІПРОПЕТРОВСЬКОЇ ОБЛАСТІ

1.1. Загальна характеристика господарства

Фермерське господарство «ГНАТ» розташоване в селищі Кринички Кам'янського району Дніпропетровської області та здійснює свою виробничу діяльність у галузі сільського господарства. Господарство функціонує в умовах степової зони України, що визначає його виробничу спеціалізацію, структуру посівних площ, склад машинно-тракторного парку та особливості технології вирощування сільськогосподарських культур.

Основним напрямом діяльності ФГ «ГНАТ» є рослинництво. Господарство спеціалізується на вирощуванні зернових, зернобобових і технічних культур, які є найбільш поширеними та економічно доцільними для природно-кліматичних умов Дніпропетровської області. Ефективність функціонування господарства значною мірою залежить від раціонального використання земельних ресурсів, своєчасного виконання технологічних операцій, належного рівня механізації та технічного забезпечення виробничих процесів.

Для сучасного фермерського господарства особливого значення набуває якісний і своєчасний обробіток ґрунту, оскільки саме він створює необхідні умови для накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів, подрібнення і загортання пожнивних решток, а також підготовки ґрунту до сівби. Саме тому технічний стан і ефективність використання ґрунтообробної техніки є важливими чинниками підвищення продуктивності рослинництва в господарстві.

Таблиця 1.1

Загальна характеристика ФГ «ГНАТ»

Показник	Характеристика
Назва господарства	ФГ «ГНАТ»

Місце розташування	с-ще Кринички, Кам'янський район, Дніпропетровська область
Форма господарювання	Фермерське господарство
Основний напрям діяльності	Рослинництво
Спеціалізація	Вирощування зернових, зернобобових і технічних культур
Загальна площа земель	960 га
Природно-кліматична зона	Степ
Основні механізовані роботи	Обробіток ґрунту, сівба, внесення добрив, захист рослин, збирання врожаю

1.2. Природно-кліматичні умови господарства

ФГ «ГНАТ» розташоване в степовій зоні України, для якої характерний помірно континентальний клімат. Основними особливостями клімату є спекотне літо, відносно малосніжна зима, недостатня та нерівномірна кількість опадів протягом року, а також періодичне виникнення посушливих явищ і суховіїв. Такі умови безпосередньо впливають на врожайність сільськогосподарських культур і вимагають дотримання раціональної системи землеробства.

Ґрунти на території господарства переважно представлені звичайними та південними чорноземами, які відзначаються достатнім рівнем природної родючості й придатні для вирощування більшості сільськогосподарських культур. Водночас для збереження продуктивності цих ґрунтів необхідно забезпечувати правильний обробіток, своєчасне розпушування, раціональне використання поживних решток, недопущення переущільнення та ерозійних процесів.

У зв'язку з недостатнім і нестійким зволоженням для господарства особливо важливим є використання таких машин і технологій, які забезпечують збереження вологи в орному шарі ґрунту. Саме тому обробіток

грунту в господарстві повинен виконуватись якісно, у стислі агротехнічні строки та з мінімальними непродуктивними втратами.

Таблиця 1.2

Характеристика природно-кліматичних умов

Показник	Характеристика
Кліматична зона	Степова
Клімат	Помірно континентальний
Умови зволоження	Недостатні, нестійкі
Характерні природні явища	Посухи, суховії, високі літні температури
Типи ґрунтів	Чорноземи звичайні, чорноземи південні
Основні вимоги до обробітку ґрунту	Збереження вологості, розпушування, подрібнення решток, недопущення ущільнення

1.3. Земельні ресурси та структура посівних площ

Загальна площа земель, що перебувають у користуванні ФГ «ГНАТ», становить 960 га. Основну частину угідь займає рілля, що відповідає рослинницькому напрямку спеціалізації господарства. Розміри господарства дозволяють організувати ефективне використання сучасної сільськогосподарської техніки та забезпечити своєчасне виконання основних польових робіт.

Рациональне використання земельних ресурсів передбачає дотримання сівозміни, правильний підбір культур та оптимальне співвідношення між зерновими, зернобобовими і технічними культурами. Основними культурами, які вирощуються в господарстві, є озима пшениця, ячмінь, кукурудза на зерно, соняшник, озимий ріпак і горох. Саме ці культури формують основу структури посівних площ та визначають напрям виробничої діяльності підприємства.

Таблиця 1.3

Структура земельних угідь ФГ «ГНАТ»

Вид угідь	Площа, га
Рілля	930
Інші угіддя	30
Разом	960

Таблиця 1.4

Структура посівних площ ФГ «ГНАТ»

Культура	Площа, га
Озима пшениця	220
Ячмінь	110
Кукурудза на зерно	170
Соняшник	240
Ріпак озимий	110
Горох	80
Разом	930

1.4. Урожайність основних сільськогосподарських культур та машинотракторний парк

Одним із найважливіших показників ефективності виробничої діяльності фермерського господарства є урожайність культур. Її рівень залежить від погодних умов, родючості ґрунту, дотримання технології вирощування, забезпеченості добривами, засобами захисту рослин та якості виконання механізованих робіт.

За останні три роки урожайність основних культур у ФГ «ГНАТ» змінювалася залежно від погодних умов. Найбільш сприятливим за результатами був 2024 рік, тоді як у 2025 році спостерігалось певне зниження урожайності, що можна пояснити дефіцитом вологи та високими температурами впродовж вегетаційного періоду.

Таблиця 1.5

Урожайність основних сільськогосподарських культур у ФГ «ГНАТ» за
2023–2025 рр.

Культура	2023 р., т/га	2024 р., т/га	2025 р., т/га
Озима пшениця	4,6	4,9	4,2
Ячмінь	3,8	4,1	3,5
Кукурудза на зерно	6,7	7,1	5,8
Соняшник	2,5	2,8	2,3
Ріпак озимий	2,7	3,0	2,4
Горох	2,4	2,6	2,2

Наведені дані свідчать про те, що господарство забезпечує урожайність на рівні, характерному для підприємств степової зони Дніпропетровської області. Водночас коливання показників за роками підтверджують важливість своєчасного та якісного виконання всіх технологічних операцій, зокрема обробітку ґрунту, що безпосередньо впливає на водний режим орного шару та загальний стан посівів (рис.1.1.).

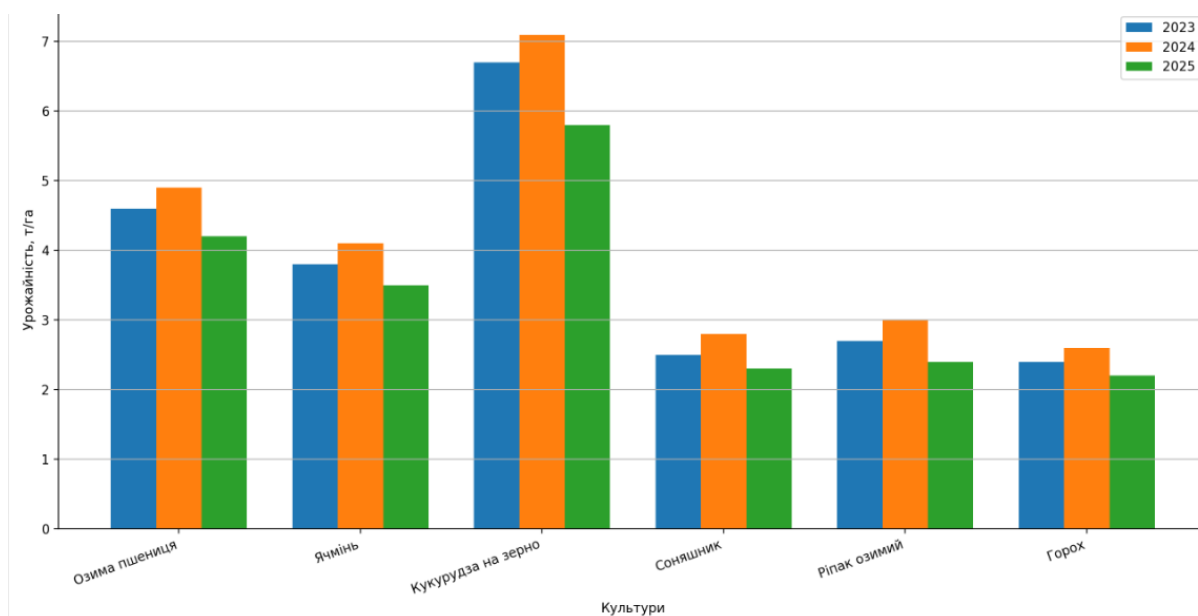


Рис. 1.1 Урожайність основних культур у ФГ «ГНАТ» за 2023–2025 рр.

Результативність роботи господарства значною мірою визначається рівнем його технічної оснащеності. Наявність тракторів різної потужності, ґрунтообробних машин, посівної техніки, машин для внесення добрив, захисту рослин та збирання врожаю дає можливість забезпечити комплексну механізацію виробничих процесів.

Особливу роль у структурі машинно-тракторного парку господарства відіграє ґрунтообробна техніка, оскільки саме на операціях обробітку ґрунту витрачається значна частина часу, пального та трудових ресурсів. Підвищення ефективності її використання є одним із реальних шляхів зменшення собівартості продукції та покращення виробничих результатів.

Таблиця 1.6

Склад машинно-тракторного парку ФГ «ГНАТ»

Найменування техніки	Марка	Кількість, шт.	Призначення
Трактор колісний	Case IH Puma 210	1	Виконання основних енергоємних польових робіт
Трактор колісний	MTЗ-1221	1	Обробіток ґрунту, посівні та транспортні роботи
Трактор колісний	MTЗ-82.1	1	Допоміжні, транспортні та господарські роботи
Дискова борона	БД-8,4	1	Поверхневий обробіток ґрунту, лущення стерні
Плуг	ПЛН-5-35	1	Основний обробіток ґрунту
Культиватор	КПС-4	1	Передпосівний обробіток ґрунту
Борона пружинна	БП-8	1	Ранньовесняне боронування, вирівнювання поверхні
Сівалка зернова	СЗ-5,4	1	Сівба зернових культур
Сівалка просапна	УПС-8	1	Сівба кукурудзи та соняшнику
Обприскувач	ОП-2000	1	Обробка посівів засобами захисту рослин
Розкидач мінеральних добрив	МБУ-5	1	Внесення мінеральних добрив
Комбайн	CLAAS	1	Збирання зернових

зернозбиральний	Lexion 570		культур
Жниварка зернова	CLAAS Vario 660	1	Збирання зернових колосових культур
Причеп тракторний	2ПТС-4	2	Перевезення зерна, добрив та інших вантажів
Причеп тракторний	2ПТС-6	1	Транспортні роботи
Вантажний автомобіль	КамАЗ-5320	1	Перевезення зерна, добрив та матеріалів
Вантажний автомобіль	ГАЗ-САЗ-3507	1	Господарські та транспортні перевезення

У ФГ «ГНАТ» основні процеси рослинництва механізовані. Це стосується обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, догляду за посівами, збирання та транспортування врожаю. Проте найбільш трудомісткими й енергоємними залишаються операції основного та поверхневого обробітку ґрунту. Саме на цих роботах витрачається значна кількість пального, робочого часу та ресурсів.

Використання дискової борони в господарстві є доцільним для виконання поверхневого обробітку ґрунту, подрібнення пожнивних решток, лущення стерні та передпосівної підготовки поля. Однак у реальних умовах експлуатації серійні машини можуть мати певні недоліки, пов'язані із забиванням, нерівномірністю обробітку, збільшенням кількості технологічних зупинок та зниженням коефіцієнта використання часу зміни.

У зв'язку з цим модернізація дискової борони для умов ФГ «ГНАТ» є актуальним завданням. Удосконалення конструкції дозволяє підвищити якість обробітку ґрунту, покращити проходження рослинних решток, зменшити простой на очищення й регулювання, а також підвищити продуктивність агрегату та знизити експлуатаційні витрати.

Висновки по розділу

Фермерське господарство «ГНАТ», розташоване в селищі Кринички Кам'янського району Дніпропетровської області, є господарством

рослинницького напрямку із загальною площею земель 960 га, з яких 930 га становить рілля. Природно-кліматичні умови господарства відповідають степовій зоні України та характеризуються недостатнім зволоженням, що зумовлює необхідність особливої уваги до якості обробітку ґрунту та збереження вологи.

2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ ДИСКОВИХ БОРІН ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ПОДРІБНЕННЯМ РОСЛИННИХ РЕШТОК

2.1. Огляд сучасних конструкцій закордонних дискових борін

Дискові борони належать до найбільш поширених ґрунтообробних машин, які широко застосовуються в сучасному сільськогосподарському виробництві для поверхневого та мілкового основного обробітку ґрунту. Вони забезпечують розпушування верхнього шару, подрібнення грудок, підрізання бур'янів, перемішування ґрунту з рослинними рештками та часткове вирівнювання поверхні поля. Особливо ефективним є використання дискових борін після збирання культур, що залишають значну кількість поживних решток, а також у технологіях мінімального та ресурсозберігаючого обробітку ґрунту.

Широке застосування дискових борін пояснюється їх універсальністю, високою продуктивністю, порівняно простою конструкцією та здатністю працювати в різних ґрунтово-кліматичних умовах. Разом із тим ефективність роботи таких машин значною мірою залежить від конструкції рами, способу агрегування, параметрів дисків, розміщення робочих органів, будови дискових секцій, надійності підшипникових вузлів, а також наявності транспортних і допоміжних пристроїв.

У сучасному машинобудуванні застосовуються навісні, напівнавісні та причіпні дискові борони. Вони відрізняються між собою не лише шириною захвату та масою, а й конструктивними особливостями окремих вузлів. Для широкозахватних машин характерним є використання складних рам, гідравлічних механізмів складання, транспортних коліс, удосконалених навісних систем та засобів безпеки при переїздах дорогами загального користування. Такі рішення дозволяють зменшити навантаження на трактор, підвищити маневреність агрегату та забезпечити його безпечну експлуатацію.

Для значної частини польових робіт доцільним є застосування базової моделі Rubin 10 MR, виконаної у навісному варіанті з жорсткою рамою. Агрегатування машини здійснюється через триточкове навішування, що забезпечує простоту приєднання до трактора та надійність роботи. Дана короткобазова дискова борона має жорстку раму і пропонується з робочою шириною захвату до 4 м [4,5,6].

Прикладом сучасної дискової борони є короткобазова дискова борона Rubin 10 TF (рис.2.1.). Машина з робочою шириною захвату від 4 м виконується у напівнавісному варіанті з причіпною складною рамою. Така конструкція оснащується гідравлічним механізмом складання, який має автоматичне блокування в транспортному положенні. Це підвищує зручність експлуатації машини і забезпечує її безпечне переведення з робочого положення у транспортне.



Рис. 2.1. Дискова борона Rubin 10 TF

Причіпний спосіб агрегатування дає змогу зменшити навантаження на навісну систему трактора, що є особливо важливим для машин великої ширини захвату. Завдяки цьому підвищується стійкість руху агрегату під час транспортування, зменшується навантаження на задню вісь трактора і покращуються умови роботи енергозасобу. Це також дозволяє ефективно використовувати борону з тракторами різних класів тяги.

Для забезпечення транспортної придатності та безпечного руху така борона комплектується колесами відповідного типорозміру, а також може оснащуватися гальмівною системою. Наявність таких елементів не лише підвищує безпеку під час переїздів, але й сприяє зменшенню ущільнення ґрунту, що є важливим фактором з точки зору агротехнічних вимог. Додатково машина може оснащуватися сучасною світлодіодною системою освітлення, яка покращує видимість агрегату в транспортному режимі та підвищує рівень безпеки на дорогах.

Запатентована схема встановлення центральних дисків забезпечує симетричне прикладання сил з обох боків агрегату. Завдяки цьому машина не відводиться вбік під час роботи, що сприяє стабільному руху, підвищенню продуктивності та зменшенню витрат палива. Крім того, зміщене розміщення центральних дисків знижує ймовірність забивання робочої зони та гарантує рівномірний обробіток ґрунту по всій ширині захвату навіть за підвищеної вологості й липкості ґрунту. У результаті досягається якісне подрібнення ґрунту і добре перемішування рослинних решток з оброблюваним шаром.

При зустрічі дисків із перешкодою робочі органи почергово відхиляються вгору (рис.2.2.), після чого швидко відновлюють своє робоче положення. У вихідному стані спіральна пружина створює зусилля, яке утримує упор у верхньому положенні. У момент спрацювання системи захисту пружина стискається, а після проходження перешкоди робочий орган повертається вниз.

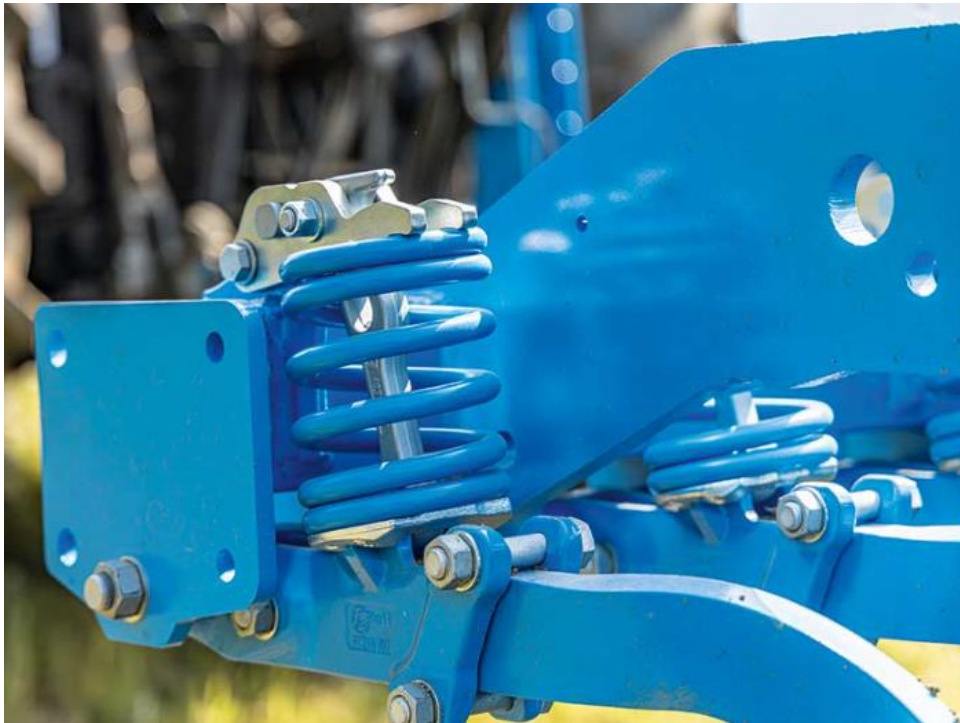


Рис.2.2. Амортизація ударів дискової борони Rubin 10 TF

Завдяки можливості переміщення упора донизу енергія зворотного удару поглинається ґрунтом, що забезпечує плавну роботу захисного механізму. Таке рішення виключає передачу додаткових ударних навантажень на раму борони.

На напівнавісних коротких дискових боронах перед першим рядом дисків може встановлюватися саморегулівний солом'яний штригель (рис.2.3.). Його робота полягає у розтягуванні та попередньому розподілі пожнивних решток перед їх надходженням у зону дії дисків. Це сприяє більш рівномірному завантаженню робочих органів, покращує перемішування рослинної маси з ґрунтом і знижує ризик забивання.



Рис.2.3. саморегулівний солом'яний штригель борони Rubin 10 TF

Гідравлічна система штригеля виконана за замкненою схемою, тому не потребує додаткової гідравлічної пари від трактора. Під час транспортування та на розворотах цей елемент автоматично відхиляється назад, що створює необхідний зазор для безпечної та зручної роботи агрегату.

Вирівнювальний штригель (рис. 2.4.), установлений за другим рядом дисків, призначений для остаточного формування обробленої поверхні поля. У процесі роботи він змінює напрямок руху ґрунтового потоку, додатково розподіляє переміщену масу та сприяє більш рівномірному укладанню ґрунту по всій ширині захвату агрегату.



Рис.2.4. Вирівнювальний штригель борони Rubin 10 TF

Завдяки цьому усуваються локальні нерівності, гребені та скупчення ґрунту, які можуть утворюватися після проходження дисків. У результаті забезпечується краще вирівнювання поверхні поля, покращуються умови для подальших технологічних операцій і підвищується загальна якість передпосівного обробітку.

Отже, дискова борона Rubin 10 є сучасною високопродуктивною машиною, конструкція якої забезпечує якісний обробіток ґрунту, ефективне подрібнення і перемішування пожнивних решток, а також надійну роботу в різних польових умовах. Її конструктивні особливості, зокрема раціональне розміщення дисків, наявність захисних пристроїв, удосконалена система агрегування та транспортні рішення, спрямовані на підвищення продуктивності, зменшення енерговитрат і покращення безпеки експлуатації.

Тому дана борона є ефективним зразком сучасної ґрунтообробної техніки та може слугувати основою для подальшого аналізу й удосконалення конструкції в дипломному проєкті.

Компанія Amazone поряд із добре відомими навісними компактними дисковими боронами Catros пропонує також більш доступну за вартістю серію Catros Special (рис.2.5). Ці моделі розроблені як економічніший варіант для господарств, яким потрібна надійна машина для поверхневого та передпосівного обробітку ґрунту, але без надлишку складних конструктивних рішень.

Основна відмінність Catros Special від стандартних машин серії Catros полягає в будові дискових батарей. У традиційних моделях передбачена можливість взаємного зміщення двох рядів дисків, що дає змогу точніше налаштовувати робочий процес залежно від стану поля, кількості рослинних решток і необхідної інтенсивності перемішування ґрунту. У моделях Catros Special така функція не застосовується: передній і задній ряди дисків установлені у фіксованому положенні.

Завдяки такому конструктивному спрощенню машина має більш просту будову, меншу кількість регулювальних вузлів і, відповідно, нижчу вартість. Це робить Catros Special привабливим рішенням для господарств, які прагнуть отримати ефективну дискову борону з оптимальним співвідношенням ціни та функціональних можливостей. Водночас нерухоме розташування рядів дисків забезпечує достатню стабільність роботи агрегату, добру якість обробітку ґрунту та надійність у повсякденній експлуатації.



Рис.2.5. Диска борона Catros Special Amazone

Подібно до стандартних борін Catros, машини серії Catros Special також можуть комплектуватися різними типами дисків залежно від умов роботи. Для них передбачено встановлення гладких дисків діаметром 460 мм, а для модифікації Catros+ Special - вирізних дисків діаметром 510 мм. Це дає можливість підібрати робочі органи відповідно до характеру ґрунту, кількості пожнивних решток і необхідної інтенсивності обробітку.

Конструкція машини передбачає міжряддя дисків 12,5 см, а також досить великий кут атаки: для переднього ряду він становить 17° , а для заднього - 14° . Такі параметри забезпечують суцільний обробіток ґрунтової поверхні без необроблених смуг і сприяють якісному перемішуванню ґрунту з органічними рештками. У результаті досягається рівномірне підрізання верхнього шару, інтенсивне подрібнення рослинних залишків і формування вирівняного обробленого горизонту.

Завдяки складанню крайніх дисків у моделі Catros Special забезпечується ефективна ширина захвату 3 м. Крайні диски мають регулювання по висоті, що дозволяє підтримувати надійний контакт із ґрунтом за різних польових умов і підвищує якість обробітку по всій ширині агрегату.

Налаштування глибини обробітку виконано просто й зручно. Воно здійснюється шляхом встановлення або зняття регулювальних кліпс, які зосереджені в одному місці - на лівому боці машини. Таке рішення спрощує обслуговування та скорочує час підготовки агрегату до роботи. При цьому Catros Special може працювати на глибині від 3 до 12 см, тоді як Catros+ Special забезпечує обробіток на глибину від 5 до 15 см. Це розширює можливості використання машини - від поверхневого лушення стерні до інтенсивнішого дискування [7,9].

Дискова борона DISCOLANDER виробництва KUHN (рис. 2.6.) призначена для ефективної роботи в складних польових умовах. Вона здатна якісно обробляти навіть сухий і ущільнений ґрунт, де інші машини можуть працювати менш результативно. Крім того, агрегат добре справляється із заробкою великої кількості рослинних решток, виконуючи їх інтенсивне перемішування з ґрунтом на глибині від 5 до 18 см.



Рис.2.6. Дискова борона DISCOLANDER виробництва KUHN

Серед основних переваг серії DISCOLANDER насамперед варто відзначити високу якість роботи. Завдяки використанню підпружиненого тримача диска забезпечується стабільне копіювання поверхні поля, навіть якщо ґрунт кам'янистий або має нерівності. Це дозволяє підтримувати

рівномірну глибину обробітку, працювати на підвищених швидкостях і досягати кращого подрібнення ґрунту та рослинних залишків.

Ще однією важливою перевагою є зручність у роботі та налаштуванні. Конструкція машини передбачає швидке й просте регулювання основних параметрів, причому значна частина налаштувань виконується гідравлічно. Для контролю встановлених параметрів передбачені візуальні покажчики, що полегшує підготовку агрегату до роботи та робить його експлуатацію більш комфортною для механізатора.

Крім того, DISCOLANDER відзначається простотою керування під час маневрування. Завдяки системі приєднання з поперечною та розміщенню осі перед котком машина забезпечує виконання чітких і зручних розворотів на краях поля. Це підвищує маневреність агрегату, зменшує втрати часу на поворотах і покращує загальну ефективність польових робіт.

Завдяки таким можливостям DISCOLANDER можна розглядати як універсальний і необхідний агрегат для стерньового обробітку ґрунту. Машина особливо корисна для господарств із різноманітною структурою посівів, де потрібно швидко та якісно підготувати поле після збирання різних культур. Також вона є доцільним вибором для підрядних організацій і фермерських кооперативів, оскільки поєднує високу продуктивність, надійність і здатність працювати в широкому діапазоні умов

2.2. Огляд відчизняних дискових знарядь

Дискова борона БДД-4000 (рис.2.7.) виробництва Demetra належить до числа найбільш потрібних машин, що застосовуються для передпосівного обробітку ґрунту. Такі агрегати широко використовують у господарствах для розпушування верхнього шару, подрібнення грудок, заробки рослинних решток і підготовки поля до сівби.

Характерною особливістю цієї борони є спеціальна конструкція підвіски робочих органів, у якій застосовано вирізні диски. Саме така будова

сприяє більш ефективному входженню дисків у ґрунт, кращому його кришенню та перемішуванню. Форма дисків, їхній діаметр, а також кут установлення підібрані таким чином, щоб забезпечити високу продуктивність роботи при одночасному зменшенні енерговитрат.



Рис.2.7. Дискоса борона БДД-4000

Причіпна модель цієї конструкції має широкі технологічні можливості та може ефективно виконувати кілька важливих операцій під час обробки ґрунту. Вона придатна для якісної обробки різних типів ґрунтів човниковим способом, що дає змогу раціонально організувати роботу агрегату в полі та підвищити продуктивність.

У процесі роботи машина формує сприятливу структуру ґрунту, яка є оптимальною для подальшого висіву сільськогосподарських культур. Одночасно відбувається ущільнення верхнього шару, що сприяє зменшенню непродуктивних втрат вологи через випаровування, а отже, допомагає краще зберігати запаси ґрунтової вологи.

Ще однією важливою перевагою є здатність агрегату рівномірно перемішувати і розподіляти по всій глибині обробки органічні добрива та післяжнивні рештки. Це покращує умови мінералізації рослинних залишків,

сприяє збагаченню ґрунту органічною речовиною та підвищує ефективність удобрення.

Крім того, така обробка позитивно впливає на протиерозійну стійкість ґрунту, оскільки сприяє збереженню його структури, зменшує ризик руйнування поверхневого шару та допомагає захистити поле від розвитку ерозійних процесів [8,11].

Дискові борони PALLADA виробництва ELVORTI (рис.2.8.) призначені для виконання ресурсозберігаючого передпосівного обробітку ґрунту. Їх застосовують під час підготовки полів до висіву зернових, технічних і кормових культур, коли необхідно забезпечити якісне розпушування верхнього шару та створити належні умови для дружного проростання насіння.

Окрім підготовки ґрунту до сівби, борони цієї серії ефективно виконують знищення бур'янів, а також подрібнення і загортання пожнивних решток, що залишаються на полі після збирання врожаю. Це сприяє кращому очищенню поверхні поля, пришвидшує розкладання органічних залишків і покращує фітосанітарний стан ґрунту.

Після основного дискування агрегат також забезпечує додаткове кришення грудок, вирівнювання поверхні поля та певне ущільнення обробленого шару ґрунту. Завдяки цьому формується більш однорідне посівне ложе, зменшуються втрати вологи та підвищується якість подальших технологічних операцій. Таким чином, дискові борони PALLADA є універсальними машинами, що поєднують кілька важливих функцій і дозволяють підвищити ефективність передпосівного обробітку ґрунту.



Рис.2.8. Дискова борона PALLADA виробництва ELVORTI

Дискові борони PALLADA розраховані на роботу в різних ґрунтово-кліматичних умовах, зокрема на полях, де вологість ґрунту не перевищує 27 %. Вони також добре пристосовані до обробітку площ із значною кількістю пожнивних решток, що робить їх придатними для сучасних технологій землеробства.

Особливістю конструкції є те, що кожний диск закріплений на окремій індивідуальній стійці. Таке рішення дає змогу машині стабільно працювати навіть за наявності великої кількості рослинних залишків і бур'янів. Завдяки цьому зменшується ймовірність намотування рослинної маси на вісь диска, запобігається забиванню простору між дисками, а сама борона зберігає високу якість роботи в складних умовах. Крім того, індивідуальне кріплення дисків підвищує зручність ремонту та технічного обслуговування, оскільки у разі потреби можна замінювати окремі елементи без розбирання значної частини агрегату.

Для різних умов експлуатації на боронах PALLADA можуть використовуватися різні типи стійок. Жорсткі стійки, виготовлені із суцільного металу, доцільно застосовувати на важких ґрунтах, де потрібна

підвищена міцність і стійкість робочих органів до навантажень. Пружинні стійки більше підходять для роботи на легких ґрунтах, особливо якщо в них трапляється багато каміння, оскільки вони краще сприймають ударні навантаження та знижують ризик пошкодження робочих органів.

Висновок по розділу

У результаті огляду сучасних дискових борін можна зробити висновок, що виробники сільськогосподарської техніки приділяють основну увагу підвищенню якості обробітку ґрунту, універсальності машин і зниженню енерговитрат. Розглянуті моделі борін різних виробників відрізняються конструктивним виконанням, однак усі вони спрямовані на ефективне розпушування верхнього шару ґрунту, подрібнення поживних залишків, знищення бур'янів і формування вирівняного посівного ложа.

Встановлено, що вдосконалення конструкції борін відбувається у напрямі спрощення налаштувань, підвищення надійності, покращення копіювання рельєфу поля та зменшення ймовірності забивання робочих органів. Окремі моделі орієнтовані на економічність і простоту, інші - на більшу універсальність, інтенсивність обробітку та здатність працювати на значній глибині. Це дозволяє господарствам обирати техніку відповідно до своїх виробничих потреб, типів ґрунтів і технологій вирощування культур.

3. КОНСТРУКТОРСЬКЕ ВДОСКОНАЛЕННЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ З ПОДРІБНЕННЯМ РОСЛИННИХ РЕШТОК

3.1. Будова та робочий процес удосконаленої дискової борони

У дипломному проєкті запропоновано модернізацію дискової борони шляхом удосконалення конструкції дискової секції (рис.3.1). Аналіз існуючих конструкцій показав, що в процесі роботи найбільш інтенсивному зношуванню та забрудненню піддаються вузли кріплення дисків і підшипникові опори. Це призводить до збільшення опору перекочуванню, погіршення обертання дисків, зростання енергетичних витрат і зниження якості обробітку ґрунту.

Для усунення зазначених недоліків у модернізованій конструкції передбачено вдосконалений підшипниковий вузол із захисними та ущільнювальними елементами, а також раціональне розміщення розпірних втулок і дисків на осі секції. Таке рішення забезпечує більш надійне кріплення робочих органів, зменшує можливість потрапляння пилу та вологи до підшипників, підвищує довговічність вузла і стабільність роботи всієї секції.

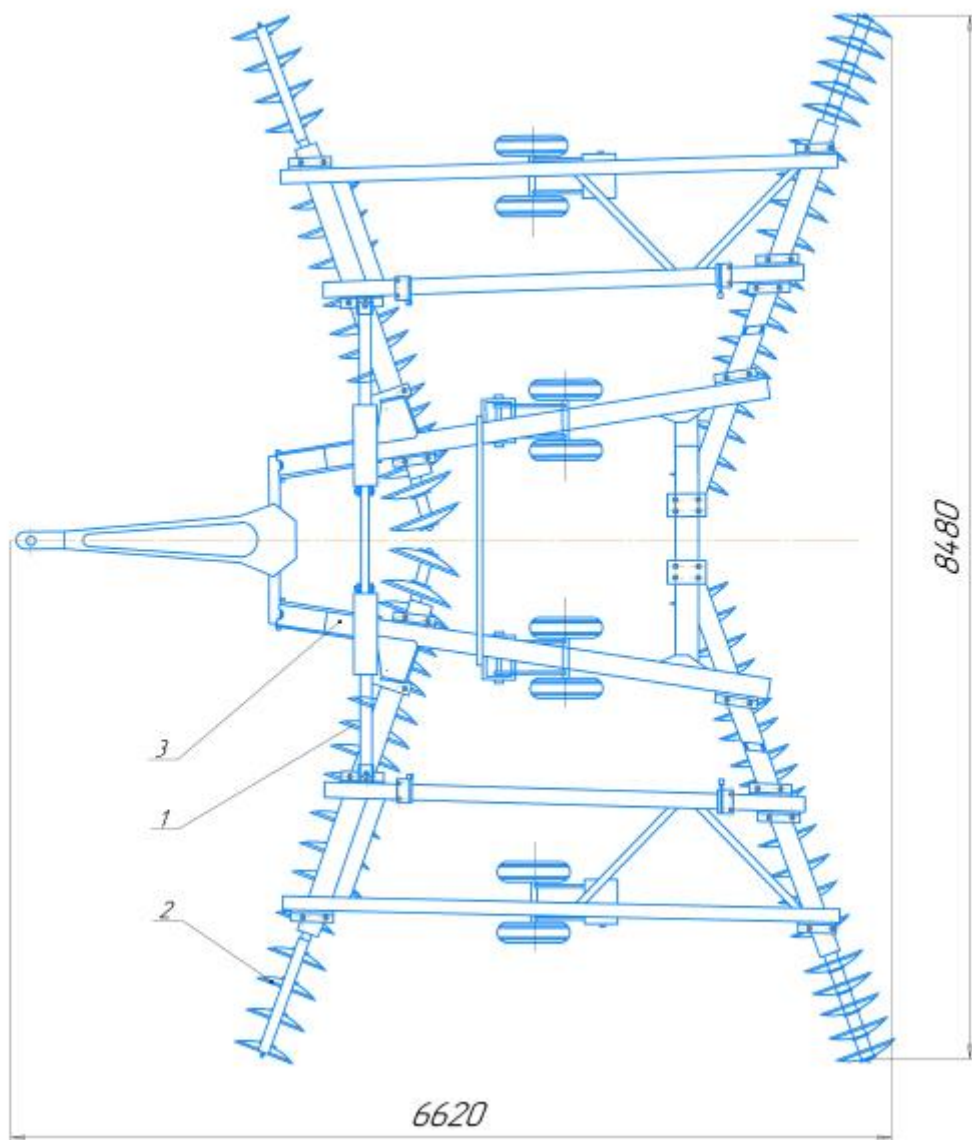


Рис.3.1. Удосконалена дискова борона БД-8,4

Сферична форма диска є важливою конструктивною перевагою, оскільки вона сприяє кращому входженню робочого органа в ґрунт, підрізання верхнього шару, частковому обертанню скиби та переміщенню ґрунтової маси вбік. У порівнянні з плоскими дисками сферичний диск краще заглиблюється, ефективніше кришить ґрунт і стабільніше працює на ущільнених та засмічених рослинними рештками полях.

Особливу увагу в модернізованій конструкції приділено ріжучій частині диска. Загострена крайка забезпечує зменшення опору входженню в

ґрунт, полегшує розрізання пожнивних решток і сприяє більш якісному підрізання поверхневого шару. Це особливо важливо під час обробітку полів після збирання кукурудзи, соняшнику та інших культур, які залишають значну кількість грубих решток.

Раціонально вибрані геометричні параметри диска, зокрема його діаметр, сферичність, товщина та форма крайки, дозволяють досягти компромісу між агротехнічною ефективністю та міцністю конструкції. Диск достатнього діаметра забезпечує потрібну глибину обробітку, а його товщина гарантує необхідну жорсткість і опір деформаціям під дією робочих навантажень.

Модернізована секція дозволяє покращити агротехнічні показники роботи дискової борони, зокрема рівномірність глибини обробітку, ступінь подрібнення ґрунту та якість заробки рослинних решток. Крім того, зниження інтенсивності зношування деталей сприяє підвищенню експлуатаційної надійності машини та зменшенню витрат на ремонт і технічне обслуговування.

3.2. Конструктивні розрахунки удосконаленої борони

Основним робочим органом дискової борони є сферичний диск, від параметрів якого залежать якість обробітку ґрунту, здатність до заглиблення, інтенсивність кришення ґрунтового шару, підрізання бур'янів і пожнивних решток, а також довговічність секції в цілому.

Для модернізованої конструкції прийнято диск діаметром 560 мм. Такий діаметр є достатнім для забезпечення роботи на глибині до 0,16 м, а також для стійкого входження в ґрунт без надмірного збільшення маси борони. Зі збільшенням діаметра покращується проникнення диска в ґрунт, однак одночасно зростають маса, навантаження на вісь та підшипникові вузли, а також енергетичні витрати.

Сферична форма диска з радіусом кривизни 610 мм сприяє не лише врізанню в ґрунт, а й боковому переміщенню ґрунтової маси, її кришенню та частковому перевертанню. У порівнянні з плоскими робочими органами сферичний диск забезпечує кращу агротехнічну дію і вищу стабільність процесу.

Товщина диска 6 мм є компромісом між міцністю та металомісткістю. З одного боку, диск повинен витримувати значні контактні навантаження, а з іншого - не повинен бути надмірно важким. Для підвищення зносостійкості використано сталь 60Г з твердістю HRC40...44, що дозволяє зменшити спрацювання ріжучої крайки у процесі експлуатації.

Квадратна форма посадкового отвору забезпечує жорстке встановлення диска на осі, запобігає його провертанню і сприяє надійній передачі крутного моменту. Це є важливою конструктивною перевагою порівняно з простішими формами посадки.

Для виконання конструктивних та експлуатаційно-технологічних розрахунків дискової борони приймаємо такі вихідні дані, що відповідають кресленню робочого органа та прийнятій схемі агрегату:

- зовнішній діаметр диска $D = 560$ мм;
- радіус сфери диска $R = 610$ мм;
- товщина диска $s = 6$ мм;
- матеріал диска – сталь 60 Г;
- твердість диска $HRC = 40...44$;
- сторона квадратного посадкового отвору $a = 30$ мм;
- кількість дисків у секції $z = 7$ шт.;
- ширина захвату борони $B = 8,4$ м;
- глибина обробітку $h = 0,16$ м;
- робоча швидкість руху агрегату $v = 8$ км/год;
- коефіцієнт використання часу зміни $\tau = 0,8$;

- питомий опір ґрунту при дискуванні $k = 32 \text{ кН/м}^2$;
- коефіцієнт корисної дії тягової передачі $\eta_t = 0,75$;
- питома витрата палива дизельного двигуна $g_e = 0,23 \text{ кг/(кВт} \cdot \text{год)}$;
- тривалість зміни $T = 8 \text{ год}$.

Прийняті дані дають можливість оцінити можливість оцінити як конструктивну працездатність окремого диска і секції, так і експлуатаційні показники всієї борони [21,27].

3.2.1. Розрахунок геометрії сферичного диска та кута сферичного сегмента

Визначення сферичного сегмента визначається за формулою:

$$f = R - \sqrt{R^2 - \left(\frac{D}{2}\right)^2} \quad (3.1)$$

де

R – радіус сфери диска, мм;

D – діаметр диска, мм.

Підставимо числові значення:

$$f = 610 - \sqrt{610^2 - 280^2}$$

$$f = 610 - \sqrt{372100 - 78400}$$

$$f = 610 - \sqrt{293700}$$

$$f = 610 - 541,94 = 68,06 \text{ мм}$$

Отже, висота сферичності диска становить:

$$f = 68,1 \text{ мм}$$

Отримане значення практично відповідає параметрам креслення, отже прийнята геометрія диска є правильною.

Визначення центрального кута сферичного сегмента. Центральний кут визначається за формулою:

$$\varphi = 2 \arcsin \left(\frac{D}{2R} \right) \quad (3.2)$$

Підставляємо значення:

$$\varphi = 2 \arcsin \left(\frac{560}{2 \cdot 610} \right)$$

$$\varphi = 2 \arcsin(0,459)$$

$$\varphi \approx 54,6^\circ$$

Отже,

$$\varphi = 54,6^\circ$$

Це значення підтверджує правильність прийнятої сферичної форми робочого органа.

Відношення висоти сферичності до діаметра. Для оцінки форми диска визначимо безрозмірний показник:

$$\lambda_f = \frac{f}{D} \quad (3.3)$$

$$\lambda_f = \frac{68,1}{560} = 0,122$$

Отже,

$$\lambda_f = 0,122$$

Отримане значення знаходиться у раціональних межах для дискових робочих органів і свідчить про достатню здатність диска до самозаглиблення.

3.2.2. Розрахунок раціонального кута загострення ріжучої крайки та маси диска

Ріжуча крайка диска першою взаємодіє з ґрунтом, тому її геометрія істотно впливає на тяговий опір, проникнення в ґрунт та довговічність диска. При малому куті загострення крайка краще ріже ґрунт, але швидше зношується. При великому куті підвищується її міцність, однак погіршується заглиблення.

Раціональний кут загострення визначається з геометричних співвідношень:

$$\beta = 2 \arctan\left(\frac{s}{2l}\right) \quad (3.4)$$

де

s — товщина диска, мм;

l — ширина заточеної ділянки, мм.

Приймаємо $l = 11$ мм. Тоді:

$$\beta = 2 \arctan\left(\frac{6}{22}\right)$$

$$\beta = 2 \arctan(0,273)$$

$$\beta = 2 \cdot 15,3^\circ = 30,6^\circ$$

Отже, раціональний кут загострення ріжучої крайки становить:

$$\beta = 30,6^\circ$$

Таке значення забезпечує достатню гостроту крайки та прийнятну міцність при роботі на середніх і важких ґрунтах.

Маса диска впливає на самозаглиблення робочого органа, навантаження на вісь секції та підшипники, а також на загальну масу агрегату. Для інженерного розрахунку фактичний квадратний отвір замінюємо рівновеликим круглим діаметром $d_0 = 33$ мм.

Площу диска визначаємо як різницю площ зовнішнього круга та центрального отвору:

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d_0^2) \quad (3.5)$$

$$A = \frac{3,14}{4} (560^2 - 33^2)$$

$$A = 0,785 (313600 - 1089)$$

$$A = 245321 \text{ мм}^2 = 0,2453 \text{ м}^2$$

Об'єм диска:

$$V = A \cdot s$$

$$V = 0,2453 \cdot 0,006 = 0,001472 \text{ м}^3$$

Маса диска:

$$m = \rho \cdot V \quad (3.6)$$

де $\rho = 7850 \text{ кг/м}^3$ – густина сталі.

$$m = 7850 \cdot 0,001472 = 11,56 \text{ кг}$$

Отже,

$$m = 11,6 \text{ кг}$$

Оскільки диск має сферичну форму, його фактична площа дещо більша за площу плоскої заготовки. Приймаємо поправочний коефіцієнт $k_f = 1,04$.

Тоді уточнена маса:

$$m_{\text{уточ}} = m \cdot k_f \quad (3.7)$$

$$m_{\text{уточ}} = 11,56 \cdot 1,04 = 12,02 \text{ кг}$$

Отже, остаточно приймаємо:

$$m_{\text{уточ}} = 12,0 \text{ кг}$$

Отримана маса є достатньою для забезпечення заглиблення диска без надмірного перевантаження секції.

3.2.3. Розрахунок диска на кручення в зоні посадкового отвору

У процесі роботи на диск діє колова сила опору ґрунту, яка створює крутний момент і передається через посадковий отвір на вісь секції. Найбільш небезпечним місцем є центральна зона диска біля квадратного отвору.

Крутний момент визначаємо за формулою

$$M_{\text{кр}} = F_t \cdot \frac{D}{2} \quad (3.8)$$

де $F_t = 450 \text{ Н}$ – прийнята колова сила опору на один диск.

$$M_{\text{кр}} = 450 \cdot 280 = 126000 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Отже,

$$M_{\text{кр}} = 1,26 \cdot 10^5 \text{ Н}\cdot\text{мм}$$

Силу на гранях квадратного отвору так:

$$F_{\text{гр}} = \frac{M_{\text{кр}}}{r} \quad (3.9)$$

де $r = a / 2 = 15 \text{ мм}$.

$$F_{\text{гр}} = \frac{126000}{15} = 8400 \text{ Н}$$

Отже,

$$F_{\text{гр}} = 8400 \text{ Н}$$

Площа контакту однієї грані:

$$A_{\text{зм}} = a \cdot s = 30 \cdot 6 = 180 \text{ мм}^2$$

Напруження зминання:

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{F_{\text{гр}}}{A_{\text{зм}}} \quad (3.10)$$

$$\sigma_{\text{зм}} = \frac{8400}{180} = 46,7 \text{ МПа}$$

Отже,

$$\sigma_{\text{зм}} = 46,7 \text{ МПа}$$

Для сталі 60Г допустиме напруження зминання можна прийняти $[\sigma_{\text{зм}}] = 180 \text{ МПа}$.

Оскільки:

$$46,7 < 180$$

то умова міцності виконується.

Коефіцієнт запасу:

$$n = \frac{180}{46,7} = 3,85$$

Це свідчить про достатню надійність зони посадкового отвору.

У процесі роботи ріжуча крайка диска поступово спрацьовується внаслідок взаємодії з ґрунтом, абразивними частинками та рослинними рештками. Це призводить до збільшення товщини крайки, погіршення врізання в ґрунт і зростання тягового опору.

Приймаємо:

- початкова товщина крайки $b_0 = 0,8 \text{ мм}$;
- гранично допустима товщина $b_{\text{гр}} = 3,0 \text{ мм}$;
- інтенсивність зношування $\Delta = 0,12 \text{ мм/га}$.

Допустиме спрацювання:

$$\Delta b = b_{\text{гр}} - b_0 = 3,0 - 0,8 = 2,2 \text{ мм} \quad (3.11)$$

Ресурс ріжучої крайки за площею обробітку:

$$S_p = \frac{\Delta b}{\Delta} \quad (3.12)$$

$$S_p = \frac{2,2}{0,012} = 1838,3 \text{ га}$$

Отже,

$$S_p = 183 \text{ га}$$

Тобто один диск може відпрацювати орієнтовно 183 га до досягнення граничного стану ріжучої крайки.

3.2.4. Розрахунок осі дискової секції на міцність

Вісь секції сприймає навантаження від дисків і реакції ґрунту. Для спрощеного інженерного розрахунку розглядаємо її як елемент квадратного перерізу зі стороною $a = 30 \text{ мм}$, на який діє згинальний момент (рис.3.2.)

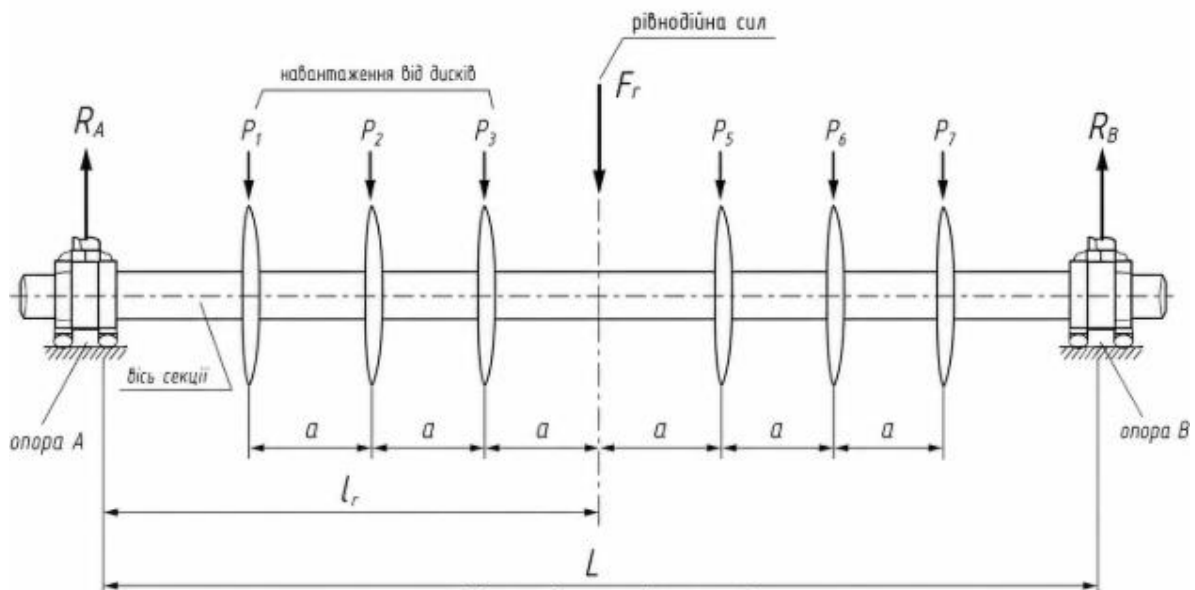


Рис.3.2. Схема сил, що діють на вісь дискової секції

Приймаємо сумарне радіальне навантаження від дисків:

$$F_r = 1200 \text{ Н}$$

Плече прикладання рівнодійної сили:

$$l_r = 770 \text{ мм}$$

Тоді згинальний момент:

$$M = F_r \cdot l_r = 1200 \cdot 770 = 9240000 \text{ Н/мм} \quad (3.13)$$

Момент опору квадратного перерізу:

$$W = \frac{a^3}{6} \quad (3.14)$$

$$W = \frac{30^3}{6} = 4500 \text{ мм}^3$$

Напруження згину:

$$\sigma = \frac{M}{W} \quad (3.15)$$

$$\sigma = \frac{924000}{4500} = 205,3 \text{ МПа}$$

Отже,

$$\sigma = 205,3 \text{ МПа}$$

Для осі зі сталі 45 допустиме напруження згину приймаємо:

$$[\sigma] = 240 \text{ МПа}$$

Оскільки:

$$205,3 < 240$$

умова міцності виконується.

Коефіцієнт запасу:

$$n = \frac{240}{205,3} = 1,17$$

Отриманий запас міцності є допустимим, хоча для допустимим, хоча для важких умов роботи доцільно передбачити підвищення жорсткості або міцності осі.

3.2.5. Розрахунок підшипникового вузла дискової борони

Підшипниковий вузол забезпечує обертання секції та сприймає навантаження від осі. Для розрахунку приймаємо радіальне навантаження на один підшипник:

$$F_r = 0,95 \text{ кН}$$

Оскільки осьове навантаження незначне, еквівалентне динамічне навантаження:

$$P \approx F_r = 0,95 \text{ кН} \quad (3.16)$$

Для підшипника типу 1309 приймаємо динамічну вантажопідйомність:

$$C = 31,5 \text{ кН}$$

Довговічність у мільйонах обертів:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P} \right)^3 \quad (3.17)$$

$$L_{10} = \left(\frac{31,5}{0,95} \right)^3 = 36455$$

Отже,

$$L_{10} = 36455 \text{ млн об}$$

При частоті обертання секції $n = 250 \text{ хв}^{-1}$ довговічність у годинах:

$$L_h = \frac{L_{10} \cdot 10^6}{60n} \quad (3.18)$$

$$L_h = \frac{36455 \cdot 10^6}{60 \cdot 250} = 2,43 \cdot 10^6 \text{ год}$$

Отримане значення свідчить, що підшипниковий вузол має дуже великий запас довговічності та є придатним для роботи в складі дискової секції.

3.3. Експлуатаційні розрахунки модернізованої дискової борони

Розрахунок тягового опору борони. Тяговий опір всієї борони визначаємо за формулою:

$$R_t = k \cdot B \cdot n \quad (3.19)$$

Підставляємо прийняті значення:

$$R_t = 32 \cdot 8,4 \cdot 0,16$$

$$R_t = 43,0 \text{ кН}$$

Отже,

$$R_t = 43,0 \text{ кН}$$

Отримане значення відповідає ширині захвату 8,4 м та глибині обробітку 0,16 м.

Розрахунок потрібної потужності трактора. Тягова потужність на гаку:

$$N_t = \frac{R_t \cdot v}{3,6} \quad (3.20)$$

$$N_t = \frac{43,01 \cdot 8}{3,6} = 95,58 \text{ кВт}$$

Отже,

$$N_t = 95,6 \text{ кВт}$$

Необхідна ефективна потужність двигуна:

$$N_e = \frac{N_t}{\eta_t} \quad (3.21)$$

$$N_e = \frac{95,58}{0,75} = 127,44 \text{ кВт}$$

Отже,

$$N_e = 127,4 \text{ кВт}$$

З урахуванням експлуатаційного запасу потужності доцільно приймати трактор потужністю приблизно 145...155 кВт, тобто близько 200...210 к.с.

Розрахунок продуктивності агрегату. Теоретична продуктивність:

$$W_t = \frac{B \cdot v}{10} \quad (3.22)$$

$$W_t = \frac{8,4 \cdot 8}{10} = 6,72 \text{ га/год}$$

Отже,

$$W_t = 6,72 \text{ га/год}$$

Експлуатаційна продуктивність:

$$W_e = W_t \cdot \tau \quad (3.23)$$

$$W_e = 6,72 \cdot 0,8 = 5,376 \text{ га/год}$$

Отже,

$$W_e = 5,38 \text{ га/год}$$

Змінна продуктивність при тривалості зміни 8 год:

$$W_{3M} = W_e \cdot T \quad (3.24)$$

$$W_{3M} = 5,376 \cdot 8 = 43,008 \text{ га/зміну}$$

Отже,

$$W_{3M} = 43,008 \text{ га/зміну}$$

Розрахунок витрати палива. Годинна витрата палива:

$$G_h = g_e \cdot N_e \quad (3.25)$$

$$G_h = 0,23 \cdot 127,44 = 29,31 \text{ кг/год}$$

Отже,

$$G_h = 29,3 \text{ кг/год}$$

Питома витрата палива на 1 га:

$$G_{\text{га}} = \frac{G_h}{W_e} \quad (3.26)$$

$$G_{\text{га}} = \frac{29,31}{5,376} = 5,45 \text{ кг/га}$$

Отже,

$$G_{\text{га}} = 5,45 \text{ кг/га}$$

Змінна витрата палива:

$$G_{3M} = G_h \cdot T \quad (3.27)$$

$$G_{3M} = 29,31 \cdot 8 = 234,48 \text{ кг}$$

Отже,

$$G_{3M} = 234,5 \text{ кг/зміну}$$

Висновки по розділу

1. У результаті виконаних конструктивних і експлуатаційно-технологічних розрахунків встановлено, що прийняті параметри дискової борони є обґрунтованими та забезпечують її працездатність у заданих умовах експлуатації.

2. Розрахунок геометрії сферичного диска показав, що при діаметрі 560 мм і радіусі сфери 610 мм висота сферичності становить 68,1 мм, а центральний кут - $54,6^\circ$. Такі параметри забезпечують добру здатність диска до заглиблення і переміщення ґрунту. Розрахунок раціонального кута загострення ріжучої крайки показав, що доцільно прийняти кут близько $30,6^\circ$, який забезпечує необхідне поєднання ріжучої здатності, міцності та зносостійкості.

3. Маса одного сферичного диска становить приблизно 12,0 кг, що є достатнім для нормального самозаглиблення, але не призводить до надмірного збільшення навантаження на вузли секції. Перевірочний розрахунок диска на кручення в зоні посадкового отвору показав, що напруження зминання становить 46,7 МПа, тобто значно менше допустимого для сталі 60Г. Це підтверджує надійність центральної частини диска.

4. Розрахунок зносу ріжучої крайки показав, що орієнтовний ресурс одного диска до досягнення граничного стану становить близько 183 га обробленої площі. Розрахунок осі секції підтвердив її достатню міцність, оскільки напруження згину не перевищує допустимого значення. Підшипниковий вузол також має достатній ресурс роботи.

4. ТЕХНІКА БЕЗПЕКИ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ПІД ЧАС ЕКСПЛУАТАЦІЇ ДИСКОВОЇ БОРОНИ

4.1. Техніка безпеки при використанні дискової борони

Робота дискової борони пов'язана з дією небезпечних і шкідливих виробничих чинників, тому під час її експлуатації необхідно передбачати комплекс заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці для механізатора та обслуговуючого персоналу. Основну небезпеку під час роботи агрегату становлять обертові диски, рухомі елементи навісної або причіпної системи, транспортні та опорні колеса, гідравлічні механізми, а також трактор у складі машинно-тракторного агрегату. Крім того, на працівника впливають шум, вібрація, запиленість повітря, підвищене нервово-емоційне навантаження та несприятливі погодні умови.

До виконання робіт із дисковою бороною можуть залучатися лише працівники, які мають відповідний стан здоров'я, пройшли професійне навчання та інструктаж з питань охорони праці, а також отримали посвідчення, що надає право керування тракторним агрегатом. Перед початком роботи необхідно перевірити справність агрегату, оглянути стан рами, дискових секцій, підшипникових вузлів, кріпильних з'єднань, гідросистеми, транспортних елементів та зчіпного або навісного пристрою. Особливу увагу слід приділяти надійності кріплення дисків, відсутності деформацій і тріщин у деталях, а також герметичності гідравлічних з'єднань. Агрегатування дискової борони з трактором повинно виконуватися на рівному майданчику після повної зупинки машини, при цьому перебування людей між трактором і бороною не допускається [26].

Під час виконання польових робіт механізатор повинен постійно контролювати технічний стан агрегату, рівномірність заглиблення дисків, якість обробітку та відсутність забивання секцій ґрунтом або рослинними рештками. Забороняється очищати, ремонтувати, змащувати або регулювати

борону під час руху агрегату. У разі виникнення несправностей або забивання робочих органів необхідно повністю зупинити агрегат, опустити машину на ґрунт, заглушити двигун трактора і лише після цього проводити очищення або регулювання. Під час роботи на схилах, перезволожених ділянках або полях із кам'янистими включеннями слід зменшувати швидкість руху і дотримуватися підвищеної обережності, оскільки в таких умовах зростає ризик ударних навантажень, пошкодження дисків та бокового зсуву агрегату.

Технічне обслуговування і ремонт борони проводяться тільки після повної зупинки машини та усунення тиску в гідросистемі. Якщо роботи виконуються на піднятій машині, її необхідно надійно зафіксувати спеціальними упорами. Використання несправного інструменту, а також перебування під незакріпленою машиною не допускається. Працівники повинні бути забезпечені спецодягом, спеціальним взуттям, рукавицями, а за необхідності - захисними окулярами, респіраторами та засобами захисту слуху [26].

4.2. Екологічні вимоги при експлуатації дискової борони

Під час використання дискової борони важливого значення набуває дотримання природоохоронних вимог, оскільки ґрунтообробна техніка здатна впливати на стан ґрунту, атмосферного повітря та прилеглого середовища. Основними екологічними проблемами при експлуатації такого агрегату є ущільнення ґрунту, руйнування його структури, розвиток водної та вітрової ерозії, забруднення земель паливно-мастильними матеріалами, а також викиди продуктів згоряння палива двигуном трактора.

Для зменшення негативного впливу на ґрунт необхідно правильно підбирати трактор до машини, дотримуватися рекомендованої глибини обробітку та не допускати зайвих проходів агрегату по полю. Обробіток надмірно вологого ґрунту не рекомендується, оскільки в таких умовах

відбувається його додаткове ущільнення, погіршується структура орного шару та знижується ефективність подальших агротехнічних операцій. На схилах слід дотримуватися таких режимів роботи, які не сприятимуть розвитку ерозійних процесів і змиванню родючого шару.

Важливим екологічним чинником є також правильне поводження з паливом, мастилами та гідравлічними рідинами. Заправлення, заміну мастил і усунення несправностей, пов'язаних із підтіканням технічних рідин, необхідно виконувати лише у спеціально відведених місцях. У разі випадкового потрапляння пального чи мастила на ґрунт забруднену ділянку слід очищати, а відходи збирати і передавати на утилізацію. Недопустимим є зливання технічних рідин на поверхню ґрунту, в канави або водойми.

Зменшення викидів у навколишнє середовище досягається підтриманням трактора у технічно справному стані, правильним регулюванням паливної апаратури, своєчасним проведенням технічного обслуговування та раціональним режимом роботи двигуна. При дотриманні таких вимог зменшуються не лише шкідливі викиди, а й витрати палива, що позитивно впливає як на екологічні, так і на економічні показники використання агрегату.

4.3. Пожежна безпека та загальні заходи безпеки під час транспортування

Під час експлуатації дискової борони, особливо в сухий період року, існує ризик виникнення пожежонебезпечних ситуацій. Причиною цього можуть бути підтікання пального, мастил або гідравлічної рідини, наявність сухих рослинних решток на рамі та вузлах агрегату, а також нагрівання окремих деталей машини чи трактора. Для запобігання пожежам агрегат слід регулярно очищати від пилу, стерні, соломи та інших горючих матеріалів. Необхідно постійно контролювати герметичність паливної і гідравлічної систем, а трактор повинен бути укомплектований справним вогнегасником.

Під час заправлення трактора паливом забороняється користуватися відкритим вогнем, палити поблизу місця заправлення або виконувати роботи, що можуть спричинити іскроутворення. Усі паливно-мастильні матеріали повинні зберігатися у спеціально призначеній тарі з дотриманням установлених вимог пожежної безпеки.

При транспортуванні дискова борона має бути переведена у транспортне положення та надійно зафіксована. Перед виїздом на дороги загального користування необхідно перевірити справність зчіпного пристрою, гідросистеми складання, транспортних коліс, світлової сигналізації, світловідбивачів та попереджувальних знаків. Під час руху слід враховувати значні габарити машини, не допускати різких маневрів, перевищення допустимої швидкості та перевезення людей на рамі борони. Дотримання цих вимог дозволяє забезпечити безпечне транспортування агрегату і запобігти аварійним ситуаціям.

Висновки по розділу

1. При використанні дискової борони важливо також враховувати вимоги захисту навколишнього середовища. Раціональний вибір режимів роботи, недопущення забруднення ґрунту паливно-мастильними матеріалами, підтримання двигуна у справному стані та зменшення зайвого ущільнення ґрунту дають змогу знизити шкідливий вплив агрегату на довкілля.

2. Дотримання правил пожежної безпеки і вимог транспортування забезпечує додатковий рівень захисту працівників, техніки та навколишнього середовища. Отже, виконання всіх зазначених заходів є необхідною умовою безпечного й екологічно обґрунтованого використання дискової борони у виробничих умовах.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ДИСКОВОЇ БОРОНИ

Техніко-економічну оцінку запропонованої конструкції виконуємо у порівнянні з базовим серійним ґрунтообробним агрегатом БД-8,4. Відмінною особливістю розробленої машини є встановлення нових робочих органів, що дозволяє скоротити кількість вимушених технологічних зупинок на очищення та переналагодження. Це дає змогу раціональніше використовувати тривалість робочої зміни, зменшити непродуктивні простої та підвищити фактичну продуктивність роботи агрегату. Основні вихідні показники, необхідні для виконання техніко-економічних розрахунків, наведено в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1.

Основні дані для проведення техніко-економічної оцінки

№	Назва показника	Вимірник	Технічний засіб	
			Серійна	Модернізована
1	Річне навантаження	га	600	600
2	Фактична продуктивність агрегату	га/год	4,8	5,4
3	Питомі витрати пального	кг/га	5,9	5,45
4	Вартість: - Трактора Case IH - Машини БД-8,4 - Всього	Грн	2340000 448000 2788000	2340000 460000 2800000
5	Чисельність обслуговуючого персоналу		1	1

Розрахунки економічної ефективності використання запропонованої дискової борони наведені в додатку А а підсумки зведені в таблицю 5.2. дипломного проєкту.

Таблиця 5.2

Ефективність використання агрегату

№	Назва показника	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид механізованої роботи	Обробіток ґрунту	
2	Обсяг виконуваних робіт, га	600	600
3	Комплектація агрегату: Трактор Машина	Case IH БД-8,4	Case IH БД-8,4М
4	Робоча продуктивність, га/год	4,8	5,4
5	Загальна кількість нормо-годин	125,00	111,11
6	Потреба в персоналі -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Розмір тарифної ставки, грн/год	156,5	156,5
8	Питома витрата пального, кг/га	5,9	5,45
9	Балансова ціна агрегату, грн: - трактора - машини	2340000 448000	2340000 460000
10	Середня ціна ПММ, грн/кг	85,0	85,0
11	Сукупні експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього Паливно-мастильні витрати Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	4300,07 1887,10 965,52 2852,61 501,50 748,80 143,36 892,16	3965,71 1677,42 881,23 2558,65 463,25 748,80 147,20 896,00
12	Інвестиційні витрати, грн/га	4646,67	4666,67
13	Сукупні приведені витрати, грн/га	4997,07	4665,71
14	Економічний ефект за рік, грн		198813,62
14	Тривалість окупності проекту, років		0,1

За підсумками проведеної техніко-економічної оцінки визначено, що використання модернізованого ґрунтообробного агрегату БД-8,4М є економічно доцільним порівняно з базовим варіантом БД-8,4.

Висновок по розділу

Завдяки вдосконаленню конструкції та зменшенню кількості технологічних зупинок продуктивність проектного агрегату зросла з 4,8 до 5,4 га/год, тобто на 12,5 %. У зв'язку з цим зменшилися затрати праці на виконання річного обсягу робіт 600 га: кількість нормо-годин скоротилася з 125,0 до 111,11 год, що свідчить про більш ефективне використання робочого часу зміни.

Річний економічний ефект від застосування модернізованого агрегату становить 198813,62 грн, а термін окупності додаткових капітальних вкладень дорівнює лише 0,1 року, що свідчить про дуже високу економічну ефективність запропонованого технічного рішення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз структури посівних площ господарства, урожайності культур і рівня технічної оснащеності показує, що господарство має достатній виробничий потенціал, однак потребує підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку, особливо ґрунтообробної техніки. Враховуючи важливість своєчасного і якісного виконання операцій поверхневого обробітку ґрунту, модернізація дискової борони є технічно та економічно обґрунтованою і має практичне значення для умов ФГ «ГНАТ».

2. Аналіз показав, що сучасні дискові борони забезпечують роботу в широкому діапазоні умов: на сухих, ущільнених, важких або засмічених рослинними рештками ґрунтах. Значна увага приділяється конструкції дисків, способу їх кріплення, кутам атаки, можливості регулювання глибини обробітку та пристосуванню машини до різних агрофонів. Саме ці параметри визначають якість кришення ґрунту, ступінь перемішування рослинних решток і стійкість агрегату в роботі.

3. У модернізованому варіанті конструкції використано диск діаметром 560 мм. Такий розмір забезпечує можливість ефективного обробітку ґрунту на глибину до 0,16 м і водночас сприяє надійному заглибленню робочого органа без істотного збільшення маси агрегату. Збільшення діаметра диска позитивно впливає на його здатність проникати в ґрунт, однак разом із цим призводить до підвищення маси, зростання навантаження на вісь і підшипникові вузли, а також до збільшення енерговитрат під час роботи.

4. В результаті розрахунків встановлено, що модернізована борона має шириною захвату 8,4 м і глибиною обробітку 0,16 м, має тяговий опір 43,0 кН. Необхідна потужність двигуна трактора при робочій швидкості 8 км/год дорівнює 127,4 кВт, тому доцільно застосовувати трактор потужністю 145...155 кВт. Таким чином, модернізована дискова борона з прийнятими

параметрами робочих органів і секції є конструктивно міцною, працездатною та ефективною з точки зору експлуатаційних показників.

5. Безпечна експлуатація дискової борони можлива лише за умови дотримання комплексу організаційних і технічних заходів з охорони праці. Найбільшу небезпеку при роботі становлять рухомі робочі органи, елементи навішування, гідравлічні вузли та сам трактор, тому справний технічний стан агрегату, правильне агрегування, своєчасне технічне обслуговування і дотримання правил безпечної роботи є обов'язковими.

6. Результати техніко-економічних розрахунків показали, що застосування модернізованого агрегату БД-8,4М є економічно доцільним, оскільки при незначному збільшенні капітальних вкладень він забезпечує підвищення продуктивності з 4,8 до 5,4 га/год, зниження витрати пального з 5,9 до 5,45 кг/га, скорочення експлуатаційних і приведених витрат, а також дає річний економічний ефект 198813,62 грн при терміні окупності 0,1 року.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. Кропивко М. Ф., Кісіль М. І., Лупенко Ю. О. та ін. Інноваційний розвиток аграрного сектору економіки України: монографія. Київ : ННЦ «ІАЕ», 2012. 446 с.
2. Кравченко В.М., Горюнов О.І., Грищенко С.А. Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту: методи та прилади. Київ: Видавництво КНУБА, 2017. 240 с.
3. Веселовська Н.Р., Руткевич В.С., Шаргородський С.А. Технологічні основи сільськогосподарського машинобудування. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 283 с.
4. Система землеробства No-till: Навчальний посібник. К.: "Логос", 2011. 352 с.
5. Войтюк Д.Г., Аніскевич Л.В., Волянський М.С., Мартишко В.М., Гуменюк Ю.О. Сільськогосподарські машини: Навчальний посібник. Київ: "Агроосвіта", 2017. 180 с.
6. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Довбуш А.Д. Методи проектування сільськогосподарських машин: навчально-методичний посібник до курсового проектування. Тернопіль, 2019. 72 с.
7. Кравченко В.М., Мельник С.М., Коноваленко В.В. Дискові знаряддя для обробітку ґрунту та їх розрахунок. Київ: Видавництво НАУ, 2017. 192 с.
8. Швець Л. В., Паладійчук Ю. Б., Труханська О. О. Технічний сервіс в АПК. Навчальний посібник. Вінниця: ВНАУ, 2019. 648 с.
9. Головачук А.Ф., Марченко В.І., Орлов В.Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки: Підручник, 2004. 320 с.
10. Mualem, A. M., Schaap, J. W. Physical and Mechanical Properties of Soils and their Measurements. Boca Raton, FL: CRC Press, 2019.
11. Гнатів В. І., Кісельов С. В., Чернявська О. В. Дискові знаряддя в землеробстві: монографія. Київ: КНУБА, 2018. 172 с.

12. Aliiev, E., Tesliuk, H., Puhach, A., Kobets, O., Zolotovska, O., Boiko, V. Improving the work process efficiency of a tillage module for pre-sowing tillage. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 4 (1 (124)), 60–71. DOI: 10.15587/1729-4061.2023.284597
13. Kobets A., Aliiev E., Tesliuk H., Aliieva O. Simulation of the interaction between the working bodies of tillage machines and the soil in Simcenter STAR-CCM+. *Machinery & Energetics*, 14 (1), 9–23. DOI: 10.31548/machinery/1.2023.09
14. Aliiev E., Tesliuk H. Analytical justifications of constructive parameters of bionic colters for vertical soil treatment. *Machinery & Energetics*, 15(3), 129-139. DOI: 10.31548/machinery/3.2024.129
15. Войтюк Д. Г., Дубровін В. О., Іщенко Т. Д. та ін. Сільськогосподарські машини. Київ : Каравела, 2018. 552 с.
16. Лабатюк Ю.М. Математичне моделювання процесу взаємодії робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом / Ю.М. Лабатюк, Е. Б. Алієв // Науковий вісник Таврійського державного агро-технологічного університету. – Вип. 5. т. 2. – Мелітополь: ТДАТУ, 2015. – С. 133-140.
17. Козаченко О.В. Моделювання енергоощадної форми леза ґрунтообробного робочого органу / О.В. Козаченко, О.М. Шкрегаль, В.С. Каденко, Е.Б. Алієв // Матеріали XIII Міжнародная конференция «Стратегия качества в промышленности и образовании» 5 -8 июня 2017 г. – Технический университет. – Варна (Болгария), 2017. – Вип. 2. – С. 131-138.
18. Алієв Е.Б., Теслюк Г.В. (2023). Перспективи чисельного моделювання взаємодії ґрунтообробних робочих органів із ґрунтом у Simcenter STAR-CCM+. Збірник тез Міжнародної наукової інтернет-конференції (21 березня 2023 р.). Олійні культури: сьогодення та перспективи. Запоріжжя. ІОК НААН, 2023. С. 120-121.
19. Теслюк Г. В., Алієв Е. Б., Золотовська О. В. (2024). Обґрунтування форми пазуреподібного прутка ґрунтообробного агрегату для

передпосівного обробітку. Сільськогосподарські машини, 50, 7-17. DOI: 10.36910/asr.vi50.1313

20. Михайлов В.М. Грунтозахисні технології в землеробстві. Навчальний посібник. Київ: Видавництво НУБіП України, 2017. 376 с.

21. Бендера І. М., Роговський І. Л., Тіщенко Л. М. Експлуатація машин і обладнання. Київ : ЦП «Компринт», 2020. 398 с.

22. Харченко С. О., Анікеєв О. І., Циганенко М. О., Антощенков Р. В., Качанов В. В. Польові дослідження борони-луцильника «Дукат-4» з стійками кріплення дисків різної жорсткості. Інженерія переробних і харчових виробництв. 2017. № 1. С. 49–55.

23. Жидецький В.Ц., Джигирей В.С., Мельников А.В. Основи охорони праці: Навч. посібник. - Львів: Афіша, 2000. - 350 с.

24. Основи наукових досліджень в агроінженерії : підручник / за ред. В. І. Кравчука. Київ : ННЦ «ІМЕСГ», 2016. 300 с.

25. Бухалова Н.М. Економіка підприємств аграрного сектора: Підручник / Н.М. Бухалова, В.Г. Лисенко. – К.: Аграрна освіта, 2017. – 352 с.

26. Гринь В.В. Основи охорони праці у сільському господарстві: Підручник / В.В. Гринь, О.А. Ковальчук. – Одеса: Одеський аграрний університет, 2017. – 480 с.

27. Машиновикористання в землеробстві / за ред. В. І. Мельника. Київ : Кондор, 2004. 520 с.

28. Шевченко І.А. Обґрунтування геометричних параметрів дискових робочих органів /Праці // Таврійська державна агротехнічна академія – Вип. 2., Т.16. – Мелітополь: ТДАТА, 2001. – С. 13-19.

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

20. Бойчик І.М Економіка підприємства. Київ: Кондор -Видавництво, 2016. 378 с.

ДОДАТКИ

У відповідності з виданням на дипломний проект завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий	Проект
$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СБЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{600}{4,8} = 125,00 \text{ год}$	$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СБЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{600}{5,4} = 111,11 \text{ год} \quad (5.1.)$

Витрати праці:

Базовий	Проект
$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 125,00 \cdot 1 = 125,00 \text{ год}$	$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 111,11 \cdot 1 = 111,11 \text{ год}, \quad (5.2)$

де $n=1$ - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати.

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата.

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

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

де C_T - тарифна ставка, 156,5 грн/год;

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

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні міроприємства.

Базовий	Проект
$П = \frac{156,5}{4,8} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 53,80 \text{ грн/га}$	$П = \frac{156,5}{5,4} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 47,82 \text{ грн/га}$

Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, грунтообробної машини – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } A_{\text{ТР}} = \frac{2340000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 4,8} = 1887,10 \text{ грн/га} \quad A_{\text{ТР}} = \frac{2340000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 5,4} = 1677,42 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{448000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 4,8} = 965,52 \text{ грн/га} \quad A_{\text{М}} = \frac{460000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 5,4} = 881,23 \text{ грн/га}$$

$$\text{Всього: } A_{\Sigma} = 1887,10 + 965,52 = 2852,61 \text{ грн/га}$$

$$A_{\Sigma} = 1677,42 + 881,23 = 2558,65 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$V_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 85,0 \cdot 5,9 = 501,50 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{\text{ПММ}} = 85,0 \cdot 5,45 = 463,25 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

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

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\Sigma} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_{\text{з}} + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (5,4)$$

де B_{Σ} – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Базовий

$$\text{Трактор: } V_{\text{TP}} = \frac{2340000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 125,0 \cdot 4,8} = 748,80 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{\text{TP}} = \frac{2340000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 111,11 \cdot 5,4} = 748,80 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } V_{\text{M}} = \frac{448000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 125,0 \cdot 4,8} = 143,36 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_{\text{M}} = \frac{460000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 111,11 \cdot 5,4} = 147,20 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$V = V_{\text{TP}} + V_{\text{M}} = 748,80 + 143,36 = 892,16 \text{ грн/га}$$

$$V = 748,80 + 147,20 = 896,00 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_{\text{B}} = 53,8 + 2852,61 + 501,5 + 892,16 = 4300,07 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_{\text{B}} = 47,82 + 2558,65 + 463,25 + 896,00 = 3965,71 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_{\text{B}} \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 4300,07 \cdot 600 = 2580042,53 \text{ грн} \quad E_{\Sigma} = 3965,71 \cdot 600 = 2379428,91 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } K_{\text{B}} = \frac{B_{\text{Б}}}{W_{\text{СРЗ}}} = \frac{2340000}{600} = 3900,00 \text{ грн/га} \quad K_{\text{B}} = \frac{2340000}{600} = 3900,00 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{448000}{600} = 746,67 \text{ грн/га} \quad K_B = \frac{460000}{600} = 766,67 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 3900,00 + 746,67 = 4646,67 \text{ грн/га} \quad K_B = 3900,00 + 766,67 = 4666,67 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 4300,07 + 0,15 \cdot 4646,67 = 4997,07 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 3965,71 + 0,15 \cdot 4666,67 = 4665,71 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{\text{сез}} = 4997,07 \cdot 600 = 2998242,53 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 4665,71 \cdot 600 = 2799428,91 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 2998242,53 - 2799428,91 = 198813,62 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$T_o = (2800000 - 2788000) / 198813,62 = 0,1 \text{ роки}$$

Результати заносимо до таблиці 5.2.