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 проекту
ступеня вищої освіти «Бакалавр» на тему:

Підвищення ефективності механізованих робіт з передпосівної підготовки ґрунту розробкою комбінованого знаряддя

Виконав: студент 3 скороченого курсу, групи АІ-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Анастасія МАЛЕНИК

Керівник: _____ Наталія Пономаренко

Рецензент: _____ _____

Дніпро 2026

ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Ступінь вищої освіти: «Бакалавр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
ТСГМ .
(назва кафедри)
доцент .
(вчене звання)
_____ Теслюк Г.В.
(підпис)
(прізвище, ініціали)
«____» _____ 2026 р.

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

МАЛЕНИК АНАСТАСІЇ
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності механізованих робіт з передпосівної підготовки ґрунту розробкою комбінованого знаряддя

керівник роботи Пономаренко Наталія Олександрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від
«__» _____ 2026 року №

2. Строк подання студентом роботи 25.05.2026 р.

3. Вихідні дані до проєкту Огляд стану питання в галузі рослинництва, комбінованих ґрунтообробних агрегатів для поверхневого обробітку. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити). 1. Характеристика виробничої діяльності господарства. 2. Огляд конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів та можливі варіанти

комплектування різними робочими органами. 3. Теоретична частина. 4. Охорона праці. 5. Техніко-економічна оцінка розробки. Висновки та пропозиції. Бібліографічний список.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Огляд конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів для поверхневого обробітку. 2. Універсальний вспушувач ґрунту 3. Диск голчастий. Опора 4. Креслення деталей (диск, голка, вал, кришка, корпус, зірка). 5. Техніко-економічні показники.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Пономаренко Н.О., доцент		
2	Пономаренко Н.О., доцент		
3	Пономаренко Н.О., доцент		
4	Пономаренко Н.О., доцент		
5	Пономаренко Н.О., доцент		

7. Дата видачі завдання: 01.03.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 17.03.2026 р.	**Виконав**
2	Технологічний	до 10.04.2026 р.	**Виконав**
3	Конструкційний	до 28.05.2026 р.	**Виконав**
4	Охорона праці	до 12.05.2026 р.	**Виконав**
5	Економічний	до 21.05.2026 р.	**Виконав**
6	Графічна частина	до 25.05.2026 р.	**Виконав**

Студент _____ Маленик А.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи _____ Пономаренко Н.
(підпис) (прізвище та ініціали)

№ з/п	Формат	Позн.	Найменування	Кіл-ть арк.	№ арк.	Прим.
1			Текстові документи			
2						
3	А4	52ДП.048 000 000 ПЗ	Пояснювальна записка	72		
4						
5			Графічні матеріали			
6						
7			Огляд конструкцій	1	1	
8	А1	52ДП.048000.000.ВЗ	Універсальний вспушувач ґрунту. Вид загальний	1	2	
9	А2	52ДП.048006.000.СК	Диск голчастий. Складальне креслення	1	3	
10	А2	52ДП.048007.000.СК	Опора. Складальне креслення	1	3	
11	А4	52ДП.048008.000	Диск	1	4	
12	А4	52 ДП.048009.000	Голка	1	4	
13	А4	52 ДП.048010.000	Вал	1	4	
14	А4	52 ДП.048011.000	Кришка	1	4	
15	А3	52 ДП.048012.000	Корпус	1	4	
16	А3	52 ДП.048013.000	Зірка	1	4	
17			Техніко-економічні показники впровадження	1	5	

				52ДП. 048 000 000 ПЗ		
Ізм.	Лист	.№ докум.	Підп.			
Розроб.		Маленик А.		Відомість дипломною проекту	Літ	Лист	Листів
Перев.		Пономаренко Н.			У	1	
Т. контр.					ДДАЕУ		
Н. контр.							
Затв.		Теслюк Г.					

АНОТАЦІЯ

Маленик А. **Підвищення ефективності механізованих робіт з передпосівної підготовки ґрунту розробкою комбінованого знаряддя**/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за спеціальністю «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро 2026.

У першій частині надано виробничо-господарську характеристику ФГ «Теліпко», розглянуто основні техніко-економічні показники підприємства та обґрунтовано вибір теми проекту.

У другому розділі проаналізовано особливості конструкції комбінованих ґрунтообробних агрегатів для поверхневого обробітку ґрунту та різні варіанти їх комплектації робочими органами.

У теоретичній частині здійснено розрахунок технологічних параметрів голчастого диска та способу його руху з пригальмуванням для комбінованого ґрунтообробного агрегату.

Четвертий розділ присвячено аналізу стану охорони праці на підприємстві та заходам з його покращення.

В останньому розділі оцінено економічну ефективність впровадження удосконаленої машини у порівнянні з базовою моделлю.

КОМБІНОВАНИЙ ГРУНТООБРОБНИЙ АГРАГАТ ДЛЯ ПОВРЕХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ, ГОЛЧАСТИЙ ДИСК, ФГ «ТЕЛІПКО»

ЗМІСТ

ВСТУП 7
1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА ФГ «ТЕЛІПКО» 9
1.1. Загальна характеристика господарства 9
1.2. Техніко-економічні показники господарства 9
1.3. Особливості і значення передпосівної і післяпосівної обробки ґрунту 12
1.4. Обґрунтування теми дипломного проекту 14
2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОМБІНОВАНИХ ГРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ 16
2.1 Огляд робочих органів поверхневого обробітку ґрунту 16
2.2 Огляд конструкцій борін 23
2.3. Огляд конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів для передпосівного обробітку 31
3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГОЛЧАСТОГО ДИСКУ ДО КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ 40
3.1. Визначення швидкості руху агрегату 40
3.2. Обґрунтовування кількості голок при радіальному її розташуванні для поверхневого обробітку ґрунту 44
3.3. Обґрунтовування кількості голок при зігнутому стані за визначеним законом 46
3.4. Обґрунтування кількості голок на диску за умови його руху з пригальмовуванням. 48
3.5. Визначення швидкості взаємодії кінця робочого елемента з ґрунтом за умови чистого кочення і з пригальмовуванням. 52
3.6. Визначення зниження тягової потужності за умови руху голчастого диску (батареї) з пригальмовуванням. 54
62
4. ОХОРОНА ПРАЦІ 66
4.1. Аналіз стану охорони праці 66
4.2. Пропоновані заходи щодо підвищення безпеки стану сільськогосподарських знарядь 66
5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА 69
ВИСНОВКИ 75
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ 77
ДОДАТКИ 81

ВСТУП

Розвиток сільськогосподарської техніки та впровадження сучасних технологій сприяють покращенню умов праці, збереженню родючості ґрунту та підвищенню якості продукції за мінімальних витрат.

В умовах інтенсивного землеробства обробіток ґрунту відіграє ключову роль у комплексі заходів, спрямованих на підвищення родючості, зростання врожайності та захист від ерозії — як водної, так і вітрової.

Наявні сьогодні ґрунтообробні машини не завжди забезпечують належну якість обробітку й не є ефективними для всіх ґрунтово-кліматичних зон. Навіть в межах одного господарства одна й та ж машина може вести себе по-різному залежно від умов. Саме тому створення високоефективної техніки, адаптованої до конкретних умов експлуатації, залишається одним із пріоритетних завдань аграрного виробництва.

Відповідно до основних напрямів технічного прогресу в рослинництві сформувалися такі головні шляхи вдосконалення сільськогосподарської техніки:

- впровадження прогресивних енергоощадних та ґрунтозахисних технологій, машин і обладнання, що суттєво знижують трудовитрати й підвищують ефективність виробництва;
- розробка робочих органів, здатних оперативно адаптуватися до змін природно-кліматичних умов у процесі роботи;
- створення комбінованих машин і агрегатів, що виконують декілька операцій за один прохід, зокрема під час обробітку ґрунту;
- збільшення ширини захвату агрегатів, підвищення пропускної здатності та вантажопідйомності транспортних і навантажувальних засобів;

- повна механізація вантажно-розвантажувальних та інших важких і шкідливих для здоров'я робіт;
- уніфікація та універсалізація машин, підвищення їхньої надійності й якості завдяки використанню сучасних матеріалів;
- автоматизація виробничих процесів та покращення умов праці;
- широке застосування потокових методів виконання робіт, особливо під час збирання врожаю та підготовки ґрунту до посіву.

Практична інтенсифікація сільськогосподарського виробництва передбачає перехід до високої культури землеробства, зважене та раціональне використання мінеральних і органічних добрив, а також удосконалення машин та знарядь праці з метою отримання продукції високої якості.

1. ВИРОБНИЧО-ГОСПОДАРСЬКА ХАРАКТЕРИСТИКА ФГ «ТЕЛІПКО»

1.1. Загальна характеристика господарства

ФГ «Теліпко» знаходиться в селі Бабайківка Царичанського району Дніпропетровської обл. (рис. 1.1.). Господарство створено в 1993 році.

Рис. 1.1. Місце знаходження господарства на карті району

ФГ «Теліпко» має в своєму розпорядженні 450 га земель сільськогосподарського призначення. В господарстві займаються вирощуванням зернових культур (крім рису), бобових культур і насіння олійних культур..

1.2. Техніко-економічні показники господарства

Господарство розташоване в помірно континентальній кліматичній зоні України з теплим і достатньо зволоженим кліматом. Сума активних температур перевищує +18ºС, а річна кількість опадів коливається в межах 265–870 мм. Найхолоднішим місяцем є лютий із середньою температурою -14ºС. Початок

весни визначається стабільним підвищенням середньодобової температури до +13ºС. Літній період характеризується теплою та малохмарною погодою; найспекотніший місяць — серпень, коли температура повітря може підніматися до +40,2ºС, а середньодобовий показник становить +20...23ºС. Тривалість безморозного періоду — від 130 до 194 днів. Рослинний покрив зони представлений листяними та хвойними лісами, а також трав'яною рослинністю лучних степів. Переважаючі типи ґрунтів — сірі лісові та дерново-підзолисті, з незначною часткою чорноземів. Сірі опідзолені ґрунти вирізняються добре вираженим гумусним горизонтом завглибшки 18–38 см, слабокислою реакцією середовища (pH 4,5–8,3), грудкуватою структурою та підвищеним вмістом органічної речовини — гумус становить 2–3,5%. Підвищення продуктивності таких ґрунтів досягається комплексом агротехнічних заходів: поглибленням орного шару, систематичним внесенням органічних і мінеральних добрив, вапнуванням, сівбою багаторічних трав та проведенням протиерозійних заходів. Для успішної реалізації планів з організації виробництва та вирощування сільськогосподарської продукції важливу роль відіграє склад і структура земельних угідь. Детальна інформація про наявні землі наведена в таблиці 1.1, а структура посівних площ — у таблиці 1.2.

Таблиця 1.1.

Структура земельних угідь господарства

Назва угідь	Площа, га	Структура, %
Загальна площа	450	100
з них*: темно-сірі ґрунти*	182	41
опідзолені чорноземи	132	29
типові чорноземи	136	30

Таблиця 1.2.

Культури, що вирощує господарство у різні роки

№ п/п	Культура	Площа посіву, га	Урожайність, ц/га
1	Озима пшениця	150	46,0
2	Озиме жито	50	39,5
3	Кукурудза на зерно	150	48,2
4	Соя	70	15,5
5	Соняшник	30	19,8

Перелік наявної в господарстві техніки приведений в таблиці 1.3. За потреби в господарстві відбувається оренда як тракторів і комбайнів, так і сільськогосподарської техніки.

Таблиця 1.3.

Склад машинно - тракторного парку

Найменування та марки	Наявність
Трактори:	
Т-150К	1
ЮМЗ- 6Л	1
МТЗ 1522	2
Автомобілі самоскиди:	
КАМАЗ-5510	2
Зернозбиральні комбайни:	
Claas «Домінатор»	1
Сівалки:	
СЗ-5,4	2
СУПН-8	1
Плуги:	
ПЛН-5-35	3
Lemken Gigant 800	1
Культиватори:	
КПС-4	3
КРН-5,6	2
Борони:	
БДТ-7	2
БЗСС-1,0	12
БЗТС-1,0	8
Лущильники:	
ЛДГ-15	2
АКМ-4М	2
Розкидачі:	
ПРТ-10	1
МВУ-5	1
Оприскувачі:	
ОП-2000	2

Також є склади для зберігання зерна, але застосовують все частіше варіант здачі зерна одразу на елеватори. На току зерно сушать в сушарках, потім відокремлюють домішки. Мінеральні добрива зберігаються в спеціально

відведеному сховищі, де на них не потрапляють сніг, вода, а також сонячні промені.

1.3. Особливості і значення передпосівної і післяпосівної обробки ґрунту.

Степова зона відзначається значною різноманітністю ґрунтово-кліматичних умов, що обов'язково слід враховувати під час вибору ґрунтозахисних технологій обробітку та підготовки до вирощування сільськогосподарських культур.

Основний обробіток ґрунту за типом поліпшеного зябу із застосуванням безполицевих знарядь дозволяє уникнути весняного боронування та першої передпосівної культивації під культури пізнього строку сівби. Проте в роки з раннім настанням весни, а також на полях, що ущільнилися за зимовий період, першу культивацію необхідно виконувати протиерозійними культиваторами КТС-10-1 або КПЭ-3,8А на глибину 10–12 см. Поля з просапними культурами боронують по діагоналі відносно напрямку схилу та лінії сівби. На схилах із крутістю понад 2% найбільш доступним способом затримання вологи безпосередньо на місці її випадання є щілювання, що проводиться одночасно з першим міжрядним обробітком. Щілини нарізають у кожному міжрядді на глибину 18–20 см культиваторами КРН-4,2 або КРН-5,6, оснащеними долотами конструкції УНДІЗГЕ, які унеможливлюють утворення грудок. Цей захід запобігає поверхневому стоку та змиву ґрунту при зливах інтенсивністю до 40 мм, а також сприяє підвищенню врожайності насіння соняшнику на 1,5 ц/га та кукурудзи на зерно — на 3,5 ц/га.

На схилах крутіших за 2% першу міжрядну обробку можна поєднувати з боронуванням, а останню — з підгортанням рослин у рядках за допомогою полицевих або дискових підгортальників. За даними ВНДІ кукурудзи, такий підхід дозволяє скоротити змив ґрунту в 2–5 разів, а врожайність зерна

кукурудзи при цьому зростає на 2,5–3 ц/га. Найбільш вразливим з точки зору ерозійної небезпеки є поле чистого пару, тому тут особливо важливо суворо дотримуватися всіх ґрунтозахисних заходів. Перший весняний обробіток проводять із появою бур'янів культиваторами КТС-10-1 або КПЭ-3,8А на глибину 10–12 см.

Подальші обробки рекомендується виконувати не паровими, а ножовими чи дротовими культиваторами або важкими зубовими боронами з наваленими сегментами. На еродованих полях та ділянках ранньою весною висівають буферні смуги з однорічних бобово-злакових травосумішей на зелений корм завширшки 7,2–10,8 м, що відповідає одному проходу дво- або трисівалкового агрегату. Напрямок смуг наближений до горизонталей місцевості, відстань між ними — 40–50 м.

Мінімізація обробітку ґрунту на сучасному етапі передбачає зменшення глибини та кількості обробок, скорочення площі оброблюваної поверхні, суміщення кількох технологічних операцій в одному агрегаті, а також часткову заміну механічних обробок хімічними методами. Водночас не на всіх типах ґрунтів мінімізацію можна застосовувати однаковою мірою. С. І. Долгов та І. В. Кузнєцова визначили такі критерії допустимого мінімального обробітку:

- щільність складення в рівноважному стані — 1,1–1,2 г/см³;
- загальна пористість — 50–55%;
- пористість аерації при польовій вологоємності — не менше 15%;
- водопроникність — 60 мм/год, польова вологоємність — 30–33%.

Стабільність цих характеристик забезпечується наявністю щонайменше 40% водостійких агрегатів розміром понад 0,25 мм. Виходячи з цього, найбільш придатними для мінімізації обробітку є легкі та середні за механічним складом ґрунти. Можливість мінімізації на важких ґрунтах, які переважають у Степу, визначається наявністю понад 25% водостійких агрегатів. У системі ґрунтозахисного землеробства мінімізація обробітку є одним із ключових

інструментів попередження ерозійних процесів. Особливо важливою вона є у ранньовесняний період, оскільки кожна додаткова операція в цей час послаблює ефективність сформованого протиерозійного агрофону.

1.4. Обґрунтування теми дипломного проекту

В умовах сучасного аграрного виробництва одним із першочергових завдань залишається підвищення ефективності ґрунтообробних робіт — передусім через покращення їх якості та скорочення енергетичних і трудових витрат. Це зумовлює потребу в удосконаленні механізації агротехнічних процесів, зокрема в створенні нових комбінованих агрегатів для поверхневого обробітку ґрунту. Їх впровадження сприяє збереженню ґрунтової вологи, поліпшенню структури ґрунту, стримуванню ерозійних процесів та підвищенню загальної продуктивності посівів.

Питання якісного обробітку ґрунту є одним із найгостріших у вітчизняному сільському господарстві. Традиційні методи механічного обробітку нерідко не забезпечують належної підготовки ґрунту до сівби, що безпосередньо відбивається на врожайності й призводить до зростання виробничих витрат. За таких умов особливої актуальності набуває розробка комбінованих агрегатів, здатних виконувати кілька операцій за один прохід — це дозволяє скоротити кількість технологічних циклів, зменшити витрати пального та знизити механічне навантаження на ґрунт.

Наукова новизна проекту полягає в розробці комбінованого агрегату, що об'єднує функції кількох окремих машин. Завдяки цьому суттєво скорочується кількість проходів по полю та, відповідно, зменшується витрата ресурсів. Практична цінність розробки виражається в підвищенні ефективності обробітку, покращенні агрофізичних властивостей ґрунту, зниженні ерозійних ризиків та зростанні врожайності сільськогосподарських культур.

Створення комбінованого агрегату для поверхневого обробітку ґрунту є нагальним і перспективним завданням для сучасного аграрного сектору України. Реалізація цього дипломного проекту сприятиме підвищенню продуктивності виробництва, скороченню витрат і поліпшенню екологічного стану угідь. Упровадження запропонованих технічних рішень надасть сільськогосподарським підприємствам можливість стабільно отримувати високі врожаї за умови раціонального використання наявних ресурсів.

2. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ КОМБІНОВАНИХ ГРУНТООБРОБНИХ АГРЕГАТІВ ДЛЯ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ГРУНТУ

2.1 Огляд робочих органів поверхневого обробітку ґрунту

Проектування робочого органу, технологічного процесу його функціонування та технологічної схеми практично будь-якої машини має здійснюватися у чітко визначеній послідовності етапів. Відправною точкою розробки технологічної схеми є складання технічного завдання на проектування, в якому визначаються умови експлуатації комбінованого агрегату, а також агротехнічні, техніко-економічні, конструктивні та інші вимоги до нього.

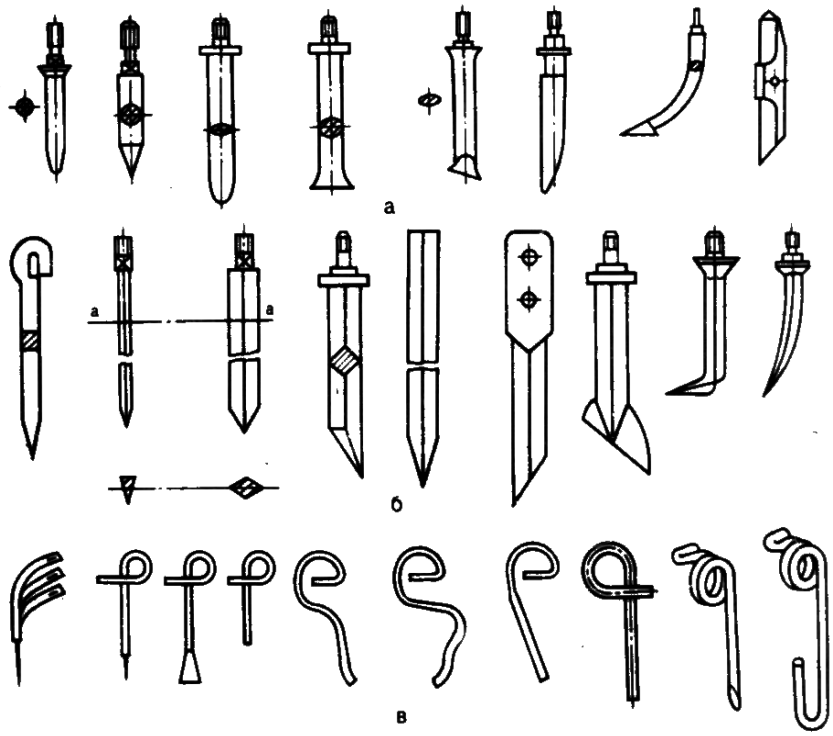


Рис. 2.1. Робочі елементи плоских зубових борін:

а - робочі елементи польових борін (легких, середніх, важких, посівних, райборонок та стерньових) круглого та еліпсоподібного перетинів; б - робочі елементи польових борін (легких, середніх, важких,) квадратного та багатокутного перетинів; в - робочі елементи з пружними зубами (борінки, сітчасті борони).

На завершальному етапі проектування саме ці вимоги слугують оцінними критеріями, за якими перевіряється відповідність того чи іншого варіанта технологічної схеми встановленим параметрам.

Аналіз критеріїв оцінки способів виконання операцій у межах визначеної функціональної структури формує технологічну схему машини. Безпосереднє виконання технологічних операцій забезпечується робочими органами, а їх поєднання утворює комбінований ґрунтообробний агрегат.

До основних робочих органів поверхневого обробітку ґрунту належать:

- робочі органи зубових борін (Рис. 2.1.);
- дискові робочі органи (Рис. 2.2.);
- голчасті робочі органи (Рис. 2.4.);
- робочі органи культиваторів і спеціального призначення (Рис. 2.5.).

Усі вони застосовуються як самостійні одноопераційні машини, так і в різних поєднаннях, про що йтиметься далі.

Зубові робочі органи (Рис. 2.1.) мають широку сферу застосування: вирівнювання та розпушування верхнього шару ґрунту з метою збереження вологи, знищення бур'янів і проріджування посівів просапних культур, руйнування поверхневої кірки після дощів, загортання насіння, боротьба з ерозією, а також догляд за пасовищами й луками.

Дискові робочі органи (Рис. 2.2.) — основним елементом конструкції є диск із постійною кривизною робочої поверхні у всіх точках, тобто сферичний сегмент. Диски зі змінною кривизною, що проектуються шляхом обертання еліпса або параболи, широкого поширення не набули. Дискові робочі органи використовуються в плугах, культиваторах, лущильниках, боронах, сошниках сівалок і загортачах. Довжина леза диска є меншою порівняно з лемішними, лапчастими та іншими робочими органами аналогічного призначення, завдяки

чому вони зношуються повільніше, менш схильні до забивання, прості в обслуговуванні та забезпечують зручне регулювання глибини обробітку. Обертання диска відбувається за рахунок взаємодії з ґрунтом. Порівняно з лемішними знаряддями дискові гірше справляються з оборотом пласта. Значний опір на леза дисків прагне виштовхнути їх із ґрунту, що зумовлює необхідність застосування баластних вантажів і робить можливим використання таких знарядь у навісному варіанті. Разом із тим диски не придатні для роботи на підвищених швидкостях — понад 7 км/год, оскільки при цьому значно збільшується далекість відкидання ґрунту.

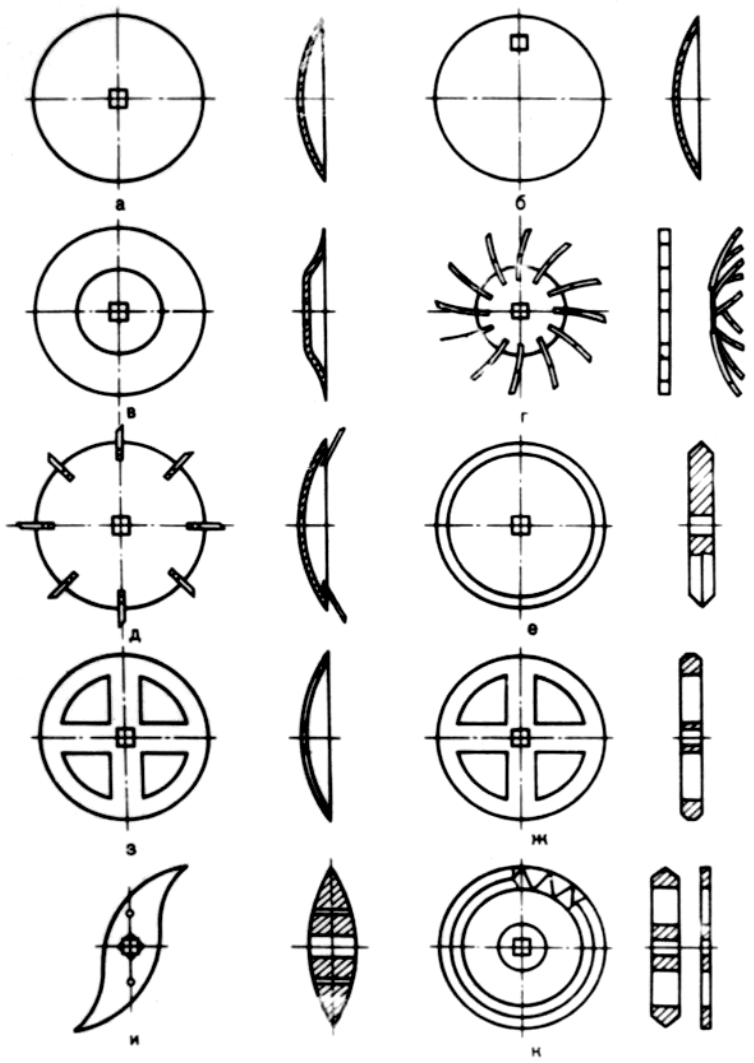


Рис. 2.3. Дискові робочі органи лущильників і дискових борін:

а, б –сферичні диски; в – гофровані; г – голчасті [плоскі (активні і пасивні), сферичні]; д - дискозубові; е, ж, к – відповідно - кільчастий каток, каток глибокого ущільнення, кільчасто зубовий; з – сферичний каток з вирізними вікнами; и – якоре подібний диск з лінзоподібним перетином.

Всі з вище перелічених дисків збираються в батареї на квадратний або круглий вал, що залежить від конструкції диску. Але, якщо диски посаджені на квадратний вал, то зменшується ймовірність провертання диску на валу і при цьому збільшується маса диску (батареї) (рис.2.3.).

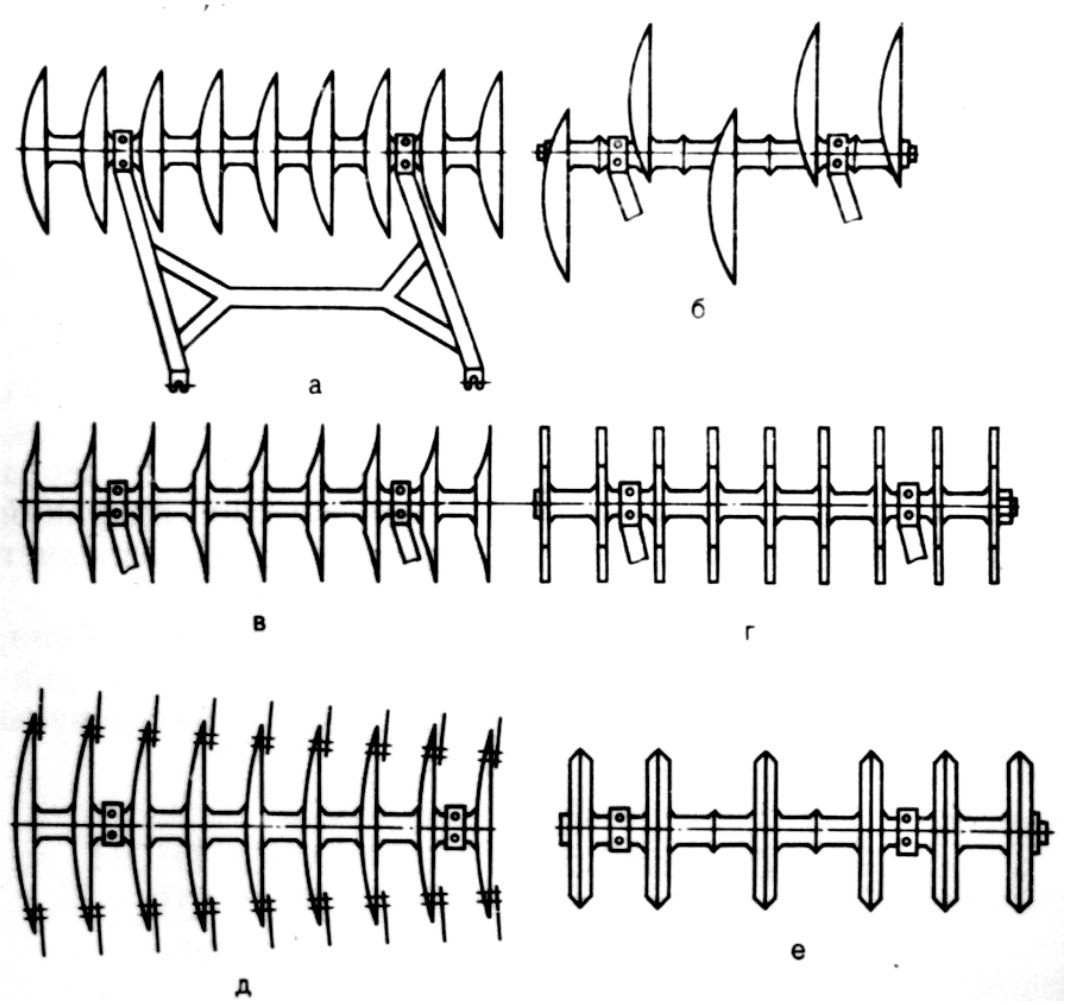


Рис. 2.3. Секції робочих органів:

а – сферичні диски; б - сферичні диски для виконання лунок, в – гофровані диски; г – голчасті диски; д - конічні дискозубові; е – батарея кільчастих дисків сівалок.

Голчасті робочі органи (рис.2.4.)

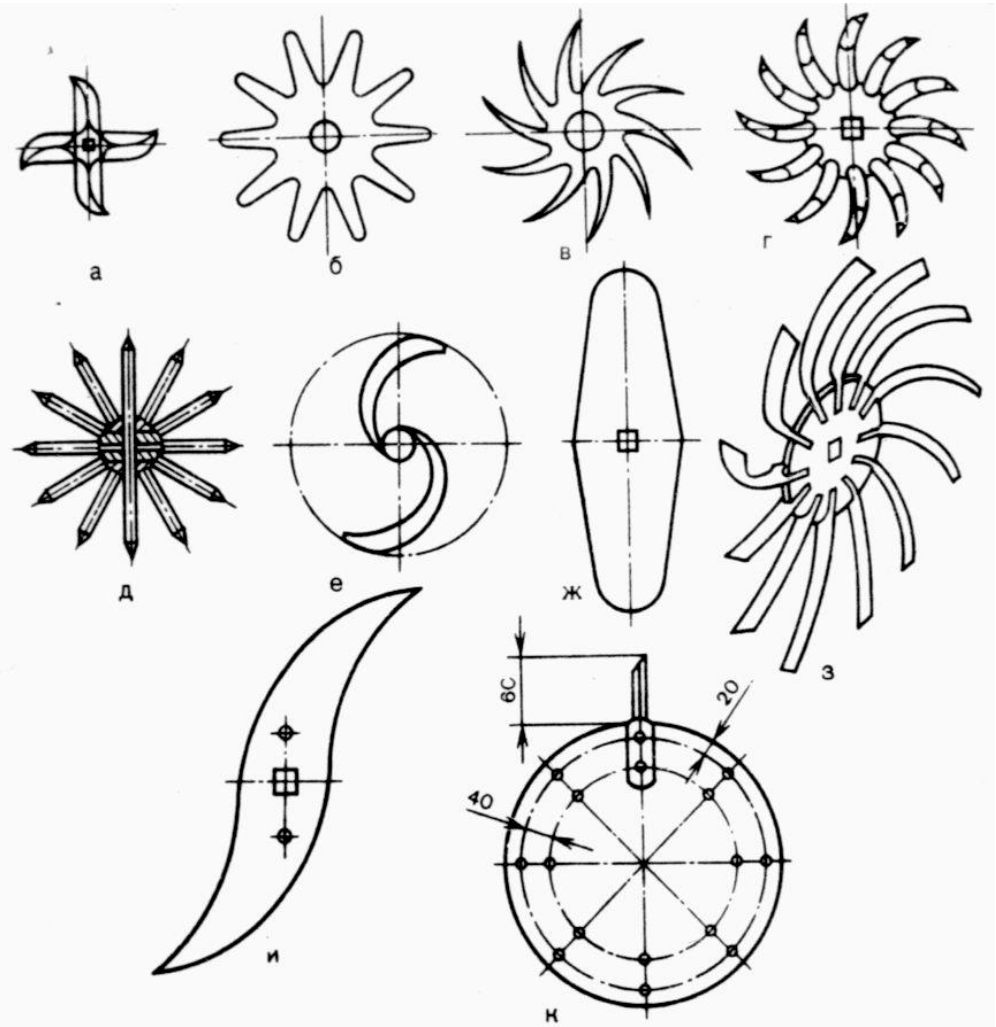


Рисунок 2.4. Голчасті робочі органи:

а –диск борони Ханкмо; б, в –зірочки розпушувача; г –голчастий диск борони БИГ; д –голчастий ротор; е, з – голчасті робочі органи з складною поверхнею; ж –ніж розпушувач; и –ротор – чизель.

Всі з вище представлених конструкцій голчастих робочих органів виконують всі задачі що до борін, лущильників але при цьому получили дуже широке призначення в ґрунтозахисних технологіях.

Робочі органи культиваторів (Рис.2.5.).

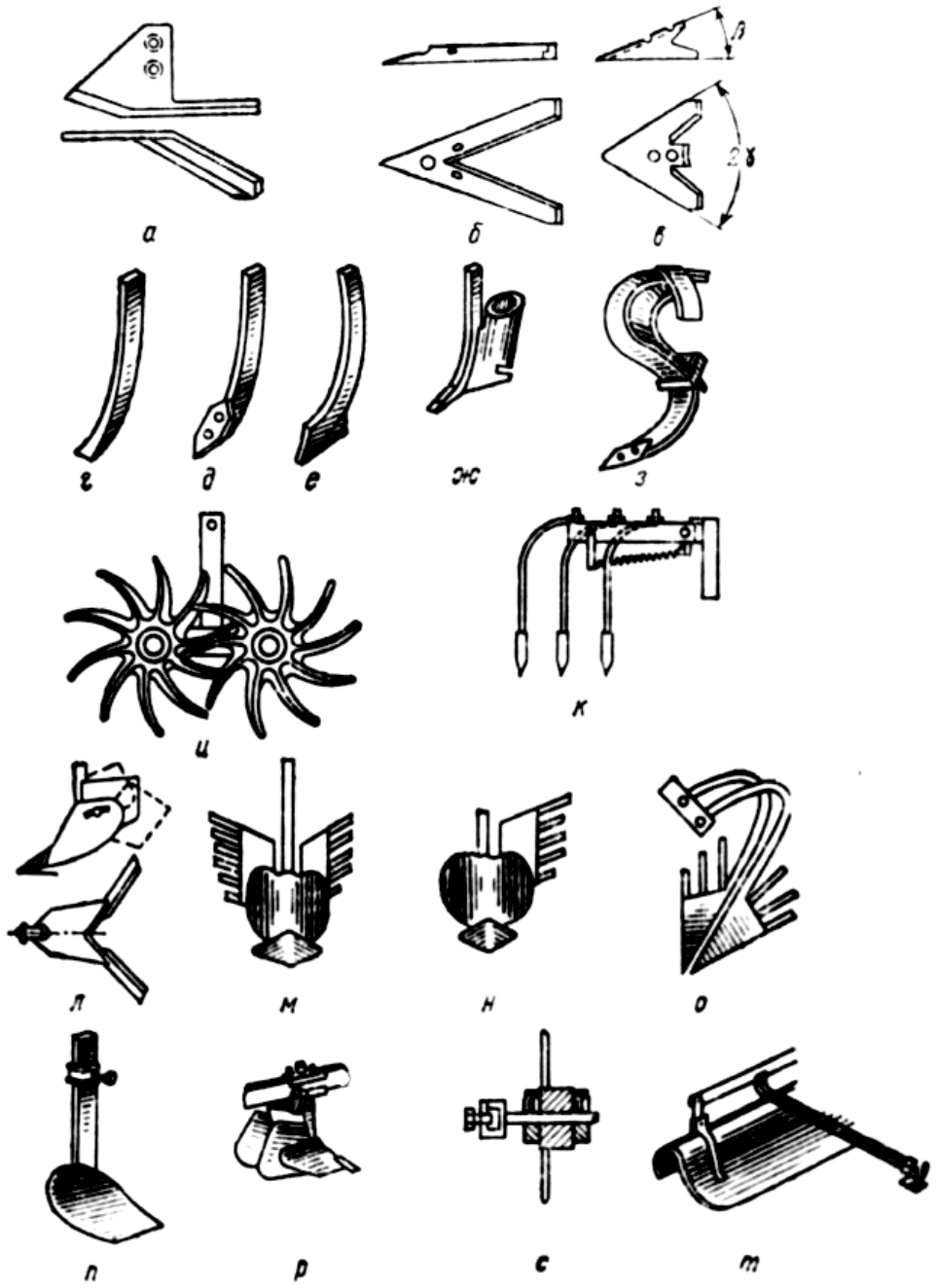


Рис. 2.5. Робочі органи культиваторів:

а - односторонні лапи-бритви; б - стрілчата лапа - полільна або підрізаюча; в - стрілчата універсальна; г - долото; д - оборотна лапа; е - коп'єподібна лапа; ж - ніж підживлювач; з - пружини зуб'я; и - голчасті диски (зірки); к - борінки; л, м, н, о - окучник; п - лапи полиці - ліво та правозворотні; р – аричник - борозноріз; с - захисний щиток; т - щиток-хатинка.

Серед робочих органів культиваторів виділяють чотири основні групи залежно від їх функціонального призначення.

І група. Підрізаючі робочі органи:

- стрілчаста лапа — полільна або підрізаюча, кут загострення 12–18°;
- стрілчаста універсальна лапа, кут загострення 25–30°;
- односторонні лапи-бритви (ліво- та правосторонні) — призначені виключно для міжрядного обробітку, ширина захвату: 85, 120, 155, 150 і 250 мм.

ІІ група. Вичісуючо-розпушувальні робочі органи:

- долото — лапа на стійці шириною 20 мм і більше, призначена для міжрядного обробітку на глибину до 15 см;
- оборотна лапа-пластина — використовується для вичісування бур'янів та розпушення ґрунту: на жорстких стійках — до 25 см, на пружних — до 12 см;
- списоподібна лапа — за конструкцією близька до долота, але забезпечує ефективніше вичісування бур'янів;
- пружинні зуби та зірки — застосовуються для розпушення ґрунту на глибину 2–5 см, загортання слідів від стійок та руйнування поверхневої кірки в міжряддях і захисних зонах.

ІІІ група. Присипаючі робочі органи:

- лапи-полиці (ліво- та правообертові) — використовуються для боротьби з бур'янами на ранніх стадіях розвитку рослин: знімають тонкий шар ґрунту і скидають його в рядки, присипаючи рослини на одну третину висоти (ширина захисної зони — 25–27 см);
- окучники — призначені для окучування картоплі, бавовни та інших культур, глибина обробітку може сягати 25 см.

IV група. Робочі органи різного призначення:

- захисний щиток; щиток-хатинка; диск; аричник-борозноріз; штанга; фрези; голчасті диски (зірки) та інші.

2.2 Огляд конструкцій борін

Борони є знаряддями поверхневого обробітку ґрунту, основне призначення яких полягає у знищенні бур'янів та вирівнюванні поверхні поля. За конструктивними особливостями розрізняють борони зубові, пружинні, сітчасті, дискові, ротаційні та комбіновані. Вибір конкретного типу визначається ґрунтово-кліматичними умовами господарства. Глибина обробітку зубовими боронами становить від 3 до 10 см.

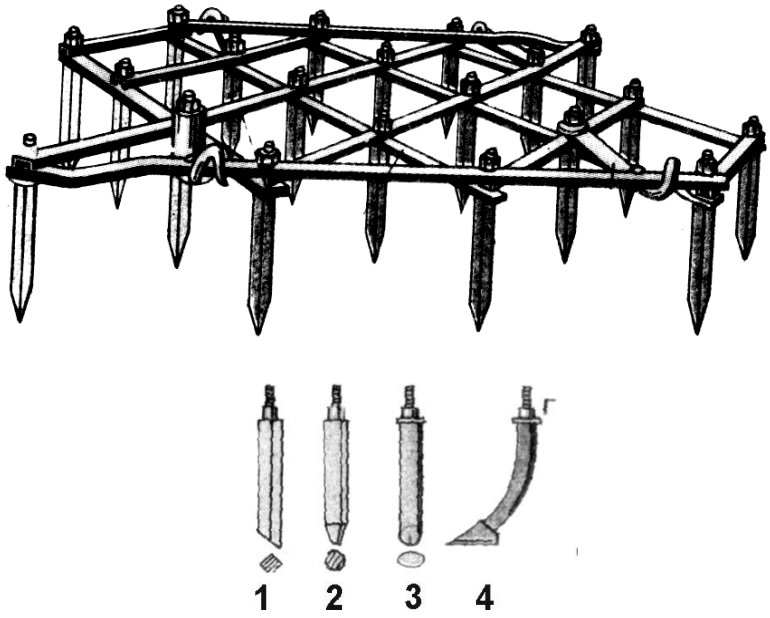


Рис. 2.6. Борона зубова БЗТС-1

Основним робочим органом борони є зуб, який виготовляється в таких виконаннях: 1 — зуб квадратного перерізу, 2 — зуб круглого перерізу, 3 — зуб овального перерізу, 4 — лапчастий зуб.

Аналіз попереднього підрозділу свідчить про те, що більшість робочих органів, представлених на рисунку 2.1., може застосовуватися на зубових боронах типу зиг-заг (рис. 2.6.) та сітчастих боронах (рис. 2.8.).

Залежно від навантаження на зуб, яке визначається відношенням маси борони до кількості зубів, зубові борони поділяють на важкі (2,2 кг), середні (1,8 кг) та легкі (0,6 кг). З конструктивної точки зору зуби виконуються несиметричними, що дозволяє встановлювати їх як із позитивним кутом атаки, так і під кутом 90°. При цьому величина кута атаки безпосередньо впливає на глибину розпушення ґрунту.

Протягом тривалого часу така конструкція борони залишалася єдиною, що використовувалася в сільськогосподарській практиці, і не зазнавала суттєвих змін упродовж 50–60 років. Однак якісний розвиток агротехніки вирощування культур висунув нові вимоги, що стало поштовхом до розробки альтернативних конструкцій борін. Зокрема, із поширенням в Україні малих фермерських господарств виникла потреба у компактній бороні (рис. 2.7.).

Стрілчаста конфігурація рами такої борони дозволяє скоротити кінематичну довжину агрегату і, відповідно, зменшити радіус повороту. Завдяки цьому подібну борону доцільно використовувати на невеликих ділянках, зокрема присадибних та колективних садових господарствах.

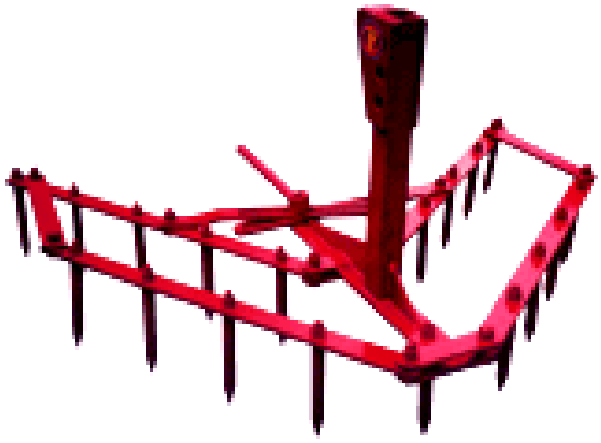


Рис. 2.7. Борона для мілко - контурних ділянок

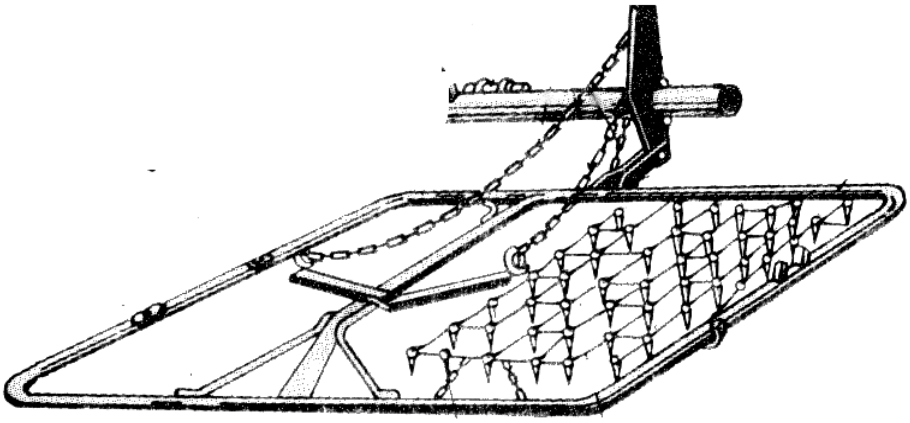


Рис. 2.8. Сітчаста борона БСО-4:

1-брус навіски, 2-рамка, 3- сітчаста борона,4-кронштейн,5-ланцюги.

Сітчаста борона БСО-4 призначена для розпушення поверхневого шару ґрунту та знищення бур'янів на посівах в період появи сходів, для боронування гребеневих посадок картоплі.

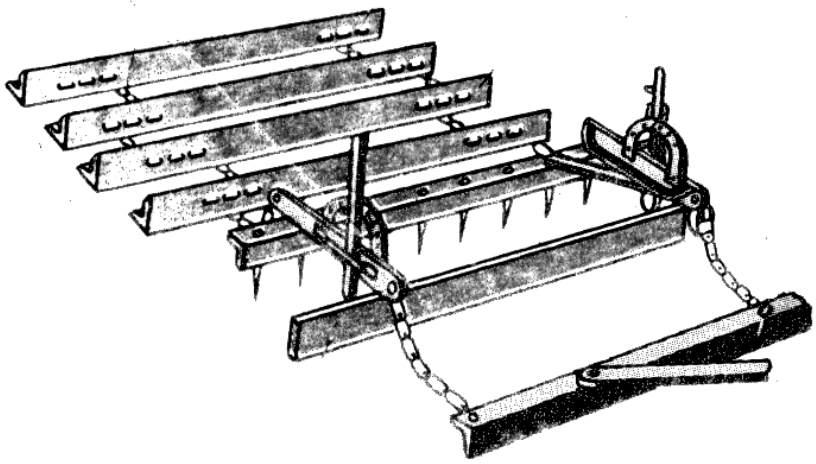


Рис. 2.9. Шлейф-борона ШБ-2,5

Шлейф-борону ШБ-2.5 застосовують для весняного боронування з метою закриття вологи і розрівнювання гребенів на полях, що були зорані під зяб.

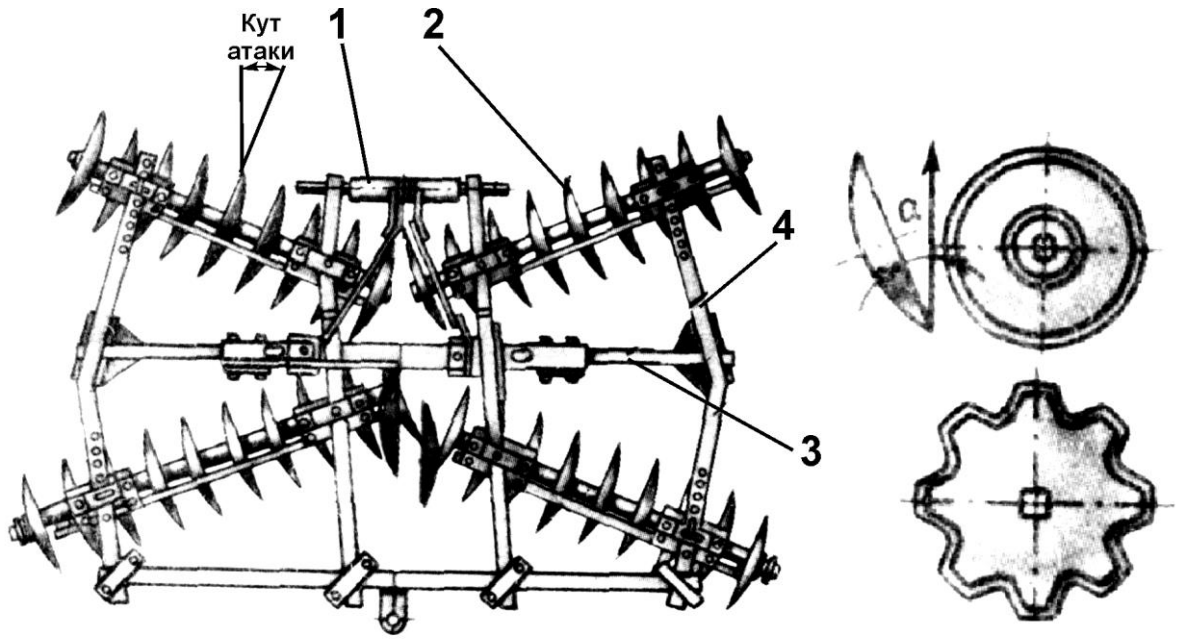


Рис. 2.10 Борона дискова БДН-3.

Дискові борони поділяються на садові (легкі) з глибиною обробітку до 10 см та болотні (важкі) — до 20 см. Легкі польові борони використовуються для обробки зябу, розпушення задернілих пластів після оранки, лущення стерні та поверхневого освіження слабо задернілих луків. Важкі борони призначені для розпушення задернілих пластів після оранки цілинних і перелогових земель, дискування перезволожених ґрунтів, обробки луків і пасовищ, а також загортання добрив і пожнивних решток.

Дискова борона БДН-3 складається з рами, навіски (1) та дискових батарей (2). Кожна дискова батарея включає вісь, диски, підшипник і чистик. Діаметр диска легкої борони становить 450–510 мм, вирізного диска важкої борони — 660 мм. Кут між площиною обертання диска та напрямком руху агрегату називається кутом атаки α.

Перевага дискових борін полягає у більш інтенсивному розпушенні ґрунту та можливості легко змінювати параметри обробітку шляхом регулювання кута атаки дисків.

Дискові борони застосовують для подрібнення задернілих шарів і глиб при освоєнні цілинних, болотних і чагарникових угідь, а також для поліпшення стану луків і пасовищ. Робочими органами таких борін слугують сферичні диски, які в процесі роботи відрізають невеликі скиби ґрунту, кришать їх і відкидають убік з частковим перевертанням.

Дискові борони працюють у два сліди: одна секція відкидає ґрунт праворуч, інша — ліворуч. Для забезпечення рівної поверхні поля диски розміщують у два ряди. Глибина обробітку становить 6–10 см, діаметр дисків — 450–500 мм, відстань між дисками — 165–180 мм, кут атаки батареї — 10–22°.

Серед зарубіжних аналогів заслуговує на увагу конструктивна лінійка дискових борін фірми «Квернеленд» (рис. 2.11.). Ця машина вирізняється рядом конструктивних особливостей, що забезпечують її високу ефективність. Перший ряд оснащений дисками типу «ромашка» з підвищеним тиском на ґрунт, що дозволяє якісно перерізати рослинні рештки. Другий ряд складається зі звичайних дисків дещо збільшеного діаметра, причому кут атаки цього ряду можна збільшувати, забезпечуючи оборот ґрунтового шару — це суттєво розширює функціональні можливості агрегату. Збільшений діаметр дисків забезпечує більше перекриття між сусідніми слідами, що автоматично зменшує висоту необроблених гребенів на дні борозни. Важливою експлуатаційною перевагою є також те, що переведення агрегату в транспортне положення здійснюється безпосередньо з кабіни трактора, без будь-яких додаткових дій оператора поза її межами.

Рис. 2.11. Дискова борона Kverneland Qualidisc Farmer

Для обробітку захисних зон рослин одночасно з міжрядним обробітком посівів використовують рядкові полільні борони, що навішуються на культиватор. Кожна борона обробляє смугу, ширина якої дещо перевищує ширину захисної зони рослин. У практиці виготовлення рядкових полільних борін застосовуються зуби різних конструкцій, зокрема плоскі пружинні зуби з круглим, закатаним або загостреним кінцем. Проте найвищу ефективність серед усіх варіантів показали круглі зуби діаметром 7–8 мм з одним витком у верхній частині. Секція такої борони (рис. 2.12.) складається з рамки, пружинних зубів та хомутів для їх кріплення.

Пружинні борони добре зарекомендували себе там, де потрібне дрібне розпушення ґрунту, що особливо важливо при підготовці ґрунту до сівби овочевих культур. З огляду на це існують варіанти пружинних борін для суцільного обробітку (рис. 2.13.; рис. 2.14.). У представленому варіанті пружинні зуби встановлені у два сліди в плаваючому положенні. Завдяки відносно невеликій масі конструкції та пружності зубів глибина обробітку не перевищує 1–2 см, чого цілком достатньо для вирощування овочевих культур.

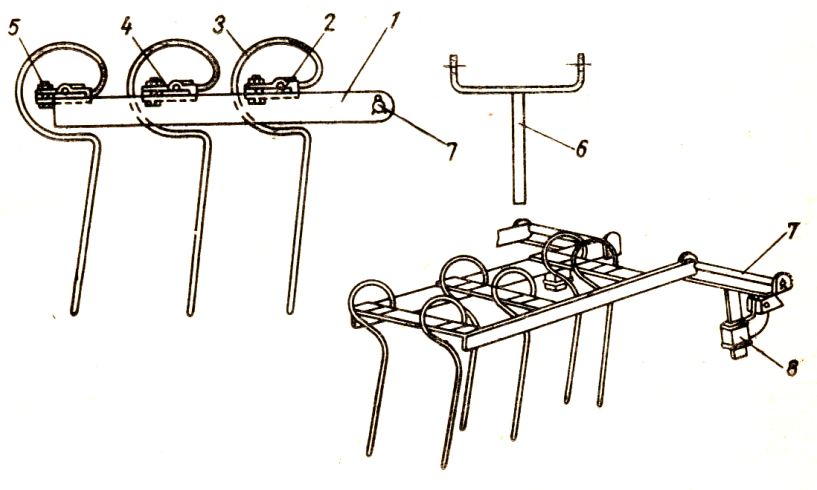


Рис. 2.12. Секція полільної борони для просапних культур:

1 – повздовжня планка; 2 – поперечні планки; 3 – пружинний зуб; 4 – хомут; 5 – болт; 6 – Т-подібний кронштейн; 7 – вісь; 8 – тримач на культиваторі.

Варіант, представлений на рис.2.13. відрізняється тим, що пружні зуби мають підвищену довжину. Завдяки цьому автоколивання, що в них виникають, більш інтенсивні і імовірність нависання бур'яну менша. Тому їх можна встановлювати ближче один до одного у один ряд.

Рис. 2.13. Двослідна пружна борона для суцільного обробітку ґрунту.

Рис. 2.14. Однослідна пружна борона для суцільного обробітку ґрунту.

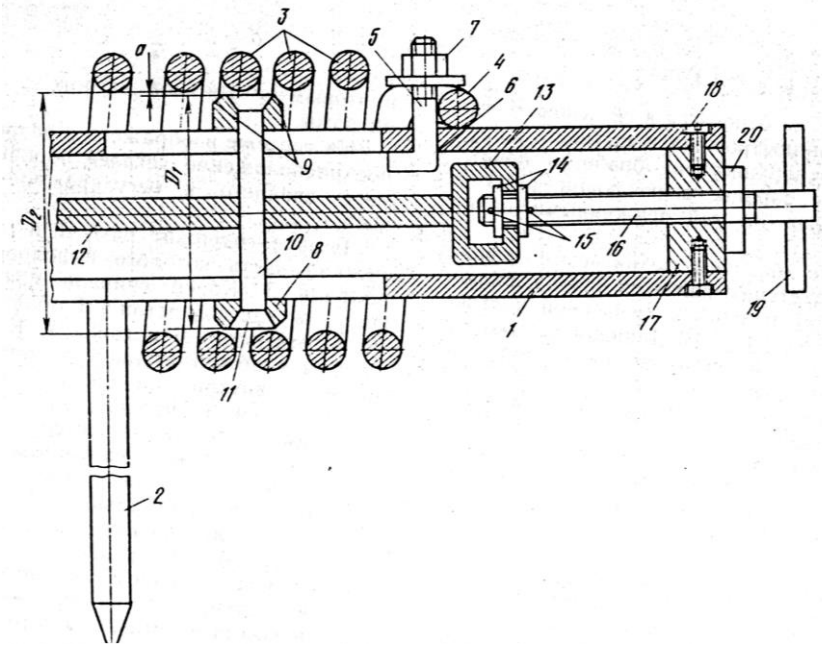


Рис. 2.15. Пружна борона з механізмом регулювання пружності:

1 – рама; 2 – зуб; 3 – спіраль; 4 – петля; 5 – Г-подібний крючок; 6 – отвір; 7 – гайка; 8 – втулка; 9 – фаски; 10 – штифт; 11 – головка; 12 – тяга; 13 – скоба; 14 – шайба; 15 – упор; 16 – гвинтовий механізм; 17 – пробка; 18 – гвинт; 19 – рукоять; 20 – контргайка.

Проте, така конструкція має недолік – постійна жорсткість пружини не дозволяє ефективно працювати на ґрунтах з різними механіко-технологічними властивостями та на різних швидкостях. З метою усунення цього недоліку було запропоноване наступне технічне рішення (а.с.СРСР № 869585). Запропоновано ввести у конструкцію механізм регулювання пружності (рис.2.15.). Кожен зуб борони оснащено втулкою, що встановлено на рамі з внутрішнього боку спіралі з можливістю переміщення у повздовжньому напрямку. Механізм переміщення втулки виконаний у вигляді діаметрально розташованих відносно втулок штифтів, що з'єднані тягою з гвинтовим механізмом, розташованим всередині рами.

2.3. Огляд конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів для передпосівного обробітку

Особливе місце серед сучасних засобів механізації займають комбіновані ґрунтообробні агрегати для поверхневого обробітку ґрунту. Їх головна перевага полягає в тому, що за один прохід вони виконують три, чотири і більше технологічних операцій одночасно. Це дозволяє суттєво скоротити кількість проходів трактора по полю і, відповідно, зменшити негативний вплив на агрофізичні властивості ґрунту. Такі агрегати придатні як для передпосівного, так і для основного обробітку ґрунту. Широко перевіреним і ефективним для всіх кліматичних зон країни є комбінований ґрунтообробний агрегат РВК-3,6. Це напівнавісна машина на пневматичному ходу, призначена для передпосівного обробітку ґрунту з розпушуванням на глибину до 15 см, подрібненням грудок, вирівнюванням мікрорельєфу поверхні та прикочуванням. В агрегаті поєднуються грудкоподрібнювальні, розпушувальні, вирівнювальні та ущільнювальні робочі органи, що в сукупності забезпечують якість передпосівного обробітку відповідно до встановлених агротехнічних вимог. Агрегат РВК-3,6 випускається у двох модифікаціях — із С-подібною та S-подібною стійками (рис. 2.16.)

Рис. 2.16 Ґрунтообробний комбінований агрегат РВК-3,6

Для виконання аналогічних операцій застосовуються комбіновані агрегати РВК-5,4 і РВК-7,2, які відрізняються від РВК-3,6 збільшеною шириною захвату — відповідно 5,4 м і 7,2 м — та глибиною розпушування до 12 см. Розглянемо також комбінований агрегат КА-3,6, призначений для передпосівної підготовки ґрунту, рядкового посіву зернових і зернобобових культур, внесення мінеральних добрив та прикочування ґрунту. Конструктивно він складається з фрезерного культиватора-глибокорозпушувача, зчіпного пристрою та посівної секції (рис. 2.17.). Основними робочими органами є фреза, а також передні й задні стрілчасті лапи. Агрегат розрахований на експлуатацію в районах із ґрунтами, що не засмічені камінням.

Рис. 2.17. Комбінований агрегат КА-3,6

Агрегат КА-3,6 рекомендується для степових зон, за винятком територій із ґрунтами, схильними до вітрової ерозії. Комбінований агрегат ЗКА-5,4 за один прохід виконує шість технологічних операцій: культивацію, боронування, вирівнювання поверхні ґрунту, припосівне внесення мінеральних добрив, прикочування рядків та сівбу зернових культур.

Для пошарового основного обробітку ґрунту без обороту пласта на глибину до 12 см під посів зернових культур і повторні посіви кукурудзи призначений причіпний комбінований агрегат АКП-2,5. За один прохід він виконує п'ять операцій: обробіток верхнього шару плоскосферичними дисками, плоскорізний обробіток нижнього шару, вирівнювання поверхні, подрібнення грудок та прикочування. Агрегат рекомендований до застосування в південних регіонах України.

Схожий за призначенням напівнавісний комбінований агрегат АПК-5 також забезпечує пошаровий основний обробіток ґрунту без обороту пласта, однак розрахований на більшу глибину — до 14 см. Він використовується під посів озимих зернових, пожнивних і поукісних культур після непарових попередників (рис. 2.18.)

Рис. 2.18. Комбінований агрегат АПК-5

Для передпосівного обробітку ґрунту під зернові, технічні, овочеві та інші сільськогосподарські культури використовується вирівнювач-подрібнювач ґрунту ВИП-5,6. Конструктивно він складається з однієї передньої та двох задніх секцій. Робочими органами кожної секції є голчаста ротаційна мотика, вирівнювальний брус і кільчастий коток. Голчаста мотика являє собою батарею голчастих зірочок, насаджених на вал, що вільно обертається в самовстановлювальних підшипниках. Вирівнювальний брус закріплений на рамі з можливістю переміщення як у горизонтальній, так і у вертикальній площині; він підпружинений, а натяг пружин регулюється ланцюжками. Кільчастий коток, що складається із зубчастих кілець і клиноподібних дисків, змонтований на рамі за тим самим принципом, що й зірочки ротаційної мотики. Рама секції виготовлена з труб квадратного перерізу і спирається на котки; її висота регулюється гвинтом. До рами шарнірно приєднана спиця для зчеплення з трактором. Агрегат може працювати як круговим, так і човниковим способом.

Комбінований агрегат для передпосівної підготовки ґрунту VN-Säpak Profi призначений для одночасного виконання передпосівного обробітку та сівби за один прохід (рис. 2.19.).

Технологічний процес роботи агрегату відбувається у такій послідовності: передній планувальний щиток вирівнює поверхню поля, після чого зуби борони виконують попереднє подрібнення ґрунту. Великі грудки руйнуються подрібнювальним кутовим валком. Далі здійснюється розпушення та додаткове подрібнення за допомогою трирядної зубової секції. Другий планувальний щиток рівномірно розрівнює оброблений шар ґрунту. Наступна комбінація валків забезпечує подальше подрібнення та ущільнення. Завершальну підготовку виконує секція з пружинними зубами, яка формує оптимальну структуру ґрунту і створює найсприятливіші умови для проростання насіння.

Рівномірне та точне заглиблення зубів досягається паралельним регулюванням висоти зубової секції за допомогою плавно регульованого гвинта.

Рис. 2.19. Агрегат комбінований для передпосівної підготовки ґрунту (VN-Säpak Profi)

Ходова частина агрегату не залишає слідів на полі, оскільки в робочому положенні колеса повністю піднімаються двома гідроциліндрами. При цьому машина лише злегка піднімається над ходовою рамою, а нижні рульові тяги трактора залишаються у робочому положенні. Для зменшення тиску на ґрунт передбачені колеса підвищеної ширини — 500 мм. Завдяки триточковому блоку стикування із сівалкою, що є додатковим оснащенням, агрегат може використовуватися практично з будь-якою рядовою сівалкою, а також із механічними та пневматичними сівалками точного висіву. У поєднанні з блоком стикування ходова частина додатково оснащується гідропневматичною підвіскою. Для розпушення колії VN-Säpak Profi може комплектуватися пружинними зубами з регулюванням у вертикальній та горизонтальній площинах. Залежно від ширини колії комплект включає на вибір 4 або 8 зубів.

Причіпний посівно-ґрунтообробний агрегат Atlas призначений для підготовки ґрунту до сівби зернових культур без попередньої оранки, а також для компонування ґрунтообробно-посівних агрегатів у поєднанні із сівалками.

Машина здатна працювати на всіх типах ґрунту — як на рівних полях, так і на схилах із кутом нахилу до 8° (рис. 2.20.).

Рис. 2.20. Агрегат причіпний ґрунтообробний Atlas (Unia sp. z o.o.)

Стабільне дотримання заданої глибини обробітку робить цей агрегат особливо ефективним при підготовці ґрунту під овочі, буряки, злакові культури, картоплю та бобові. Максимальна глибина обробітку становить 13 см. Застосування машини найбільш доцільне у великих сільськогосподарських підприємствах.

Агрегат «Atlas XXL» випускається у шести варіантах робочої ширини — від 3,0 до 9,0 м. Усі агрегати серії «Atlas» можуть комплектуватися сівалками, причому зчіпка для їх приєднання входить до стандартного оснащення.

Розпушувальна частина агрегатів «Atlas» являє собою культиватор із двома рядами пружинних зубів, зміцнених сошником. За потреби передбачена можливість встановлення зубів SZ зі стабільною основою, призначених для роботи на ґрунтах без каміння. До стандартного оснащення агрегатів «Atlas XXL» входить подвійний змінний вал «Croskill» діаметром 400 мм для вирівнювання борозен у процесі руху, а також передній струнний вирівнювальний вал діаметром 400 мм з механічним регулюванням глибини та двома легкими рівними полозами, розташованими за зубами і валом Croskill.

Переведення агрегатів «Atlas» стандартної версії в транспортне положення здійснюється за допомогою гідравлічної системи, що суттєво спрощує пересування машини дорогами загального користування.

Комбінований агрегат Tiger призначений для оптимальної підготовки посівного ложа (рис. 2.21.). Він забезпечує надзвичайно дрібне розпушування та високу продуктивність на одиницю площі при використанні тракторів потужністю 150 і 160 к.с.

Точне витримування глибини обробітку досягається завдяки третьому катку, що дозволяє повноцінно підготувати посівне ложе. Кожна окрема секція притискається до ґрунту двома гідравлічними циліндрами, з'єднаними між собою: з тильного боку вони спираються на ланки, а з лицьового — утримуються у верхньому положенні двома розпірками. Взаємозв'язок гідравлічних циліндрів забезпечує гідравлічне вирівнювання навантаження — рівномірний тиск і однакову глибину обробітку по всій ширині захвату. При цьому секції спираються на три ковзанки: одна трубчаста ковзанка розміщена перед секцією, дві ребристо-планчасті — позаду. Ці ковзанки забезпечують контроль глибини, яка налаштовується через отвори на паралелограмі.

Рис. 2.21. Агрегат комбінований Tiger (Thomas Hatzenbichler Agro-Technik GmbH)

Для вирівнювання поверхні ґрунту в передній частині агрегату встановлюється відвальний щиток. Секції агрегату розподілені на 5 зубових балок, на яких залежно від умов роботи можна встановлювати прямі, вигнуті зубці або зубці слідорозпушувача. Завдяки роздільним секціям і трьом каткам агрегат здатний працювати з точно витриманою рівномірною глибиною обробітку — як у діапазоні до 15 см, так і в дуже дрібному діапазоні 3–6 см по всій робочій ширині, що забезпечує оптимальну глибину укладання насіння при подальшій сівбі. Комбінований агрегат K 400 Gamma виробництва Lemken GmbH & Co. KG призначений для комплексної передпосівної підготовки ораної поверхні й виконує такі операції: подрібнення грудок, вирівнювання та розпушення ґрунту, формування насіннєвого ложа на задану глибину від 2–3 до 15 см, збереження ґрунтової вологи та прикочування ґрунтового шару над насіннєвим ложем (рис. 2.22.).

Для досягнення оптимального подрібнення і зворотного прикочування посівного ложа передбачено широкий вибір комбінацій робочих органів і котків. Поряд із різними секціями лап — стрілчастими або типу Gamma — трубчасті подрібнювачі чи подрібнювачі з плоского прутка поєднуються з різними прикочувальними котками.

Підвіска секцій на паралелограмному механізмі забезпечує точне копіювання рельєфу поля і, як наслідок, більш рівномірну глибину обробітку по всій ширині захвату.

Рис. 2.22. Агрегат комбінований K 400 Gamma (Lemken GmbH & Co. KG)

Подача землі на катки адаптується до властивостей ґрунту, що змінюються, за допомогою гідравлічно регульованої ріжучої планки. Передні ріжучі планки найкраще вирівнюють поверхню.

Всі машини System-Kompaktor від Lemken з шириною захоплення більше 4 метрів можуть складатися за допомогою гідравліки до транспортної ширини менше 3 метрів.

3. ОБГРУНТУВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГОЛЧАСТОГО ДИСКУ ДО КОМБІНОВАНОГО ГРУНТООБРОБНОГО АГРЕГАТУ

Технологічні розрахунки покликані дати відповіді на ряд принципово важливих питань, а саме:

- забезпечення належної якості виконання технологічного процесу;
- забезпечення надійності роботи як окремої машини, так і агрегату в цілому;
- визначення оптимальних геометричних параметрів робочих органів, що в кінцевому підсумку сприятиме зниженню металоємності конструкції та підвищенню економічної ефективності технологічного процесу.

З метою визначення конструктивних, кінематичних і технологічних параметрів робочих органів необхідно виконати відповідний комплекс розрахунків. Нехтування цими вимогами може призвести до помилок, наслідки яких важко спрогнозувати заздалегідь.

3.1. Визначення швидкості руху агрегату

Ефективна робота агрегату в полі вимагає чіткої організації виробничого процесу. Для забезпечення виконання технологічного процесу з дотриманням агротехнічних та економічних показників необхідне повне завантаження агрегату, своєчасне проведення технологічних регулювань і оперативне усунення можливих несправностей. Розроблений ротаційний розпушувач

розрахований на використання у фермерських господарствах, а також у господарствах із великою кількістю малоконтурних полів і складними умовами роботи. Це дозволить більш точно оцінити економічну складову питання, продуктивність агрегату та витрати паливно-мастильних матеріалів, оскільки саме в таких умовах агрегат забезпечуватиме виконання технологічного процесу відповідно до агротехнічних вимог.

З цією метою прийняті такі вихідні параметри:

- марка трактора — МТЗ-82;
- марка сільськогосподарської машини — РРЗ-3 з гальмівним пристроєм;
- вид роботи — розпушування по стерньовому фону;
- агрофон — стерня;
- глибина обробітку — до 10 см;
- рельєф поля — відносно рівний, ухил до 3%;
- розміри поля — L = 1000 м, B = 600 м.

На основі наведених вихідних даних визначається оптимальний склад агрегату та його робоча швидкість за умови максимального завантаження в процесі виконання технологічної операції.

Вихідні дані для розрахунку:

- експлуатаційна маса трактора — 3370 кг (33,7 кН);
- експлуатаційна маса машини з пристосуванням — 1080 + 18 кг (10,98 кН);
- максимальна ширина знаряддя — 3 м;
- допустима робоча швидкість — до 12 км/год.

Таблиця 3.1.

Таблиця вихідних дані трактори ХТЗ-150.

Передача	Швидкість руху агрегату, V_p, км/год	Нормальне тягове зусилля, $P_{кр}$, кН	Годинна витрата палива, G_m, кг/год	Буксування, δ, %
VI	8,3	9,5	26	8,9
VII	11,47	7,5	28,7	7,5

Визначаємо питомий тяговий опір:

$$K = K_0 \cdot \left[1 + \left(V_p - V_0\right) \cdot \frac{\Delta C}{100}\right], \tag{3.1}$$

де K_0 – питомий тяговий опір при V_0=5км/год, K_0 = 0,8…0,11кН/м – з врахуванням зменшення тягового опору за рахунок пригальмовування;

V_p – робоча швидкість руху агрегату на даній передачі, км/год;

ΔC – тип наростання питомого тягового опору, ΔC = 1%.

$$K_{\text{VI}} = 0{,}9 \cdot \left[1 + \left(9{,}33 - 5\right) \cdot \frac{3}{100}\right] = 1{,}017 \text{ кН/м};$$

$$K_{\text{VII}} = 0{,}9 \cdot \left[1 + \left(11{,}47 - 5\right) \cdot \frac{3}{100}\right] = 1{,}075 \text{ кН/м}.$$

Визначаємо граничну ширину захоплення агрегату:

$$B_{пр} = \frac{P_{кр} G \sin\alpha}{K + S_м \sin\alpha + S_{БИГ}\left(f + \sin\alpha\right)}, \tag{3.2}$$

де $P_{кр}$ – нормальне стискальне зусилля при даній швидкості агрегату, кН;

G – вага трактора, кН;

$\sin\alpha \approx \operatorname{tg}\alpha = \frac{i}{100}$ – ухил місцевості в %, sinα = 0,03;

$S_м = \frac{G_м}{b_к}$ – відносна ваги машини до конструктивної ширини агрегату, кН.

$$S_м = \frac{10{,}98}{3{,}0} = 3{,}66 \text{ кН/м};$$

$$B_{пр(V\,I)} = \frac{9{,}5 - 3{,}37 \cdot 0{,}03}{1{,}018 + 3{,}66 \cdot 0{,}03} = 4{,}4\,\text{г};$$

$$B_{пр(V\,II)} = \frac{7{,}5 - 3{,}37 \cdot 0{,}03}{1{,}075 + 3{,}66 \cdot 0{,}03} = 3{,}37\,\text{м}.$$

Визначаємо можливу кількість машин в агрегаті:

$$n = \frac{B_{пр}}{b_к}; \tag{3.3}$$

$$n_{(VI)} = \frac{4{,}4}{3} = 1{,}46\,\text{шт.};$$

$$n_{(VII)} = \frac{3{,}37}{3} = 1{,}12\,\text{шт.}$$

Приймаємо кількість машин - одну.

Визначаємо тяговий опір агрегату:

$$R_a = n \cdot B_p \cdot K + G_м \cdot n \cdot \sin\alpha, \tag{3.4}$$

де B_p – робоча ширина захоплення машини, м.

$$B_p = b_к \beta, \tag{3.5}$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату, β = 0,96;

$$B_p = 3{,}0 \cdot 0{,}96 = 2{,}94\,\text{м};$$

$$R_{a(VI)} = 1 \cdot 2{,}94 \cdot 1{,}017 + 1 \cdot 3{,}37 \cdot 0{,}03 = 3{,}09\,\text{кН};$$

$$R_{a(VII)} = 1 \cdot 2{,}94 \cdot 1{,}075 + 1 \cdot 3{,}37 \cdot 0{,}03 = 3{,}26\,\text{кН}.$$

Визначаємо коефіцієнт використання тягового зусилля:

$$\xi_p = \frac{R_a}{R_{кр} - G\sin\alpha}; \tag{3.6}$$

$$\xi_{p(VI)} = \frac{3{,}09}{9{,}5 - 3{,}37 \cdot 0{,}03} = 0{,}63;$$

$$\xi_{p(VII)} = \frac{3{,}26}{7{,}5 - 3{,}37 \cdot 0{,}03} = 0{,}85.$$

Ґрунтуючись на розрахунках, приймаємо швидкість 11,47км/год на VII передачі з коефіцієнтом використання тягового зусилля, рівним 0,85, тому що в

цьому випадку агрегат буде завантажений цілком і є можливість одержати більш високі економічні показники. На III передачі агрегат буде недовантажений. Результати розрахунку зводимо в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2.

Основні параметри трактора при роботі.

Передача	Тягове зусилля, R_a, кН	Коефіцієнт використання тягової потужності, ξ	Робоча швидкість, V_p, км/год	Годинна витрата палива, G_m, кг/год
VII	7,5	0,85	11,47	12,5

3.2. Обґрунтовування кількості голок при радіальному її розташуванні для поверхневого обробітку ґрунту

У комплекті машин для обробітку сільськогосподарських культур на ґрунтах, схильних до вітрової ерозії, та в посушливих зонах широко застосовуються робочі органи голчастого типу. Необхідну кількість проколів ґрунту, а відповідно і кількість голок на диску, слід визначати виходячи з умови максимально допустимої площі ділянки, що обробляється однією голкою згідно з агротехнічними вимогами. Розмір цієї ділянки передусім залежить від форми голки, радіуса диска та глибини обробітку ґрунту. Радіус диска борони визначається максимальною глибиною обробітку, середньою висотою стерні для відповідної зони та діаметром маточини диска:

$$R = a_{max} + h_{cm} + d / 2 \qquad (3.7.)$$

де a_{max} - глибина обробки

$h_{ст}$ - висота стерні

d - діаметр маточини диска, який вибирається по конструктивних і експлуатаційних міркуваннях.

$$R = 100 + 150 + 50 / 2 = 275 \text{ мм}$$

Голчатий диск борони повинен руйнувати верхній шар ґрунту, зберігаючи якомога більше стерню. Розглядаючи траєкторію крапок на голці при обертанні диска можна знайти довжину ділянки на який впливає кінець голки. (рис 3.1.)

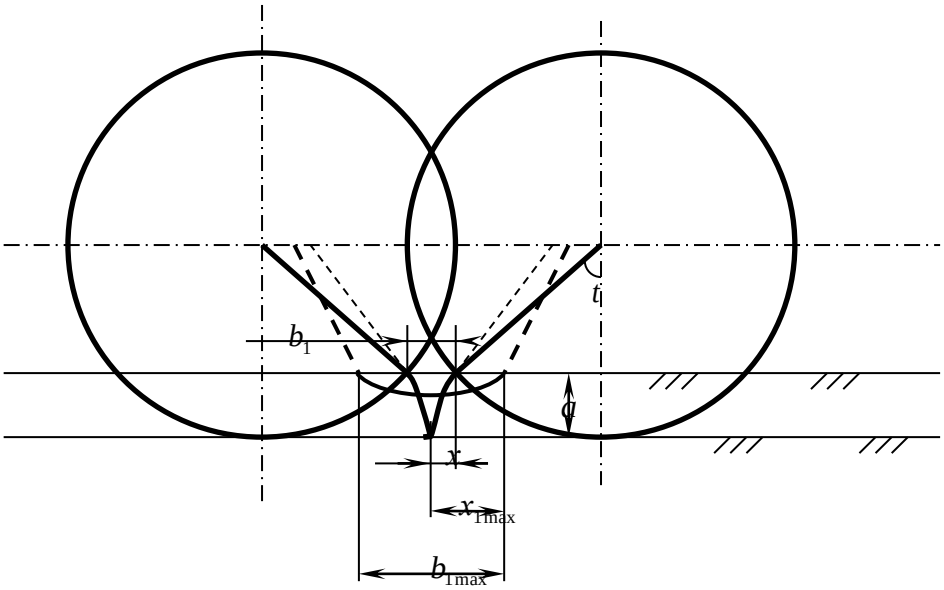


Рис 3.1. Схема до визначення найбільшої довжини ділянки поля, обробленої однією прямою голкою.

$$b_1 = 2(R\arccos\frac{R-a}{R} - \sqrt{2Ra-a^2}) \tag{3.8}$$

$$b_1 = 2(275\arccos\frac{275-100}{275} - \sqrt{2\cdot 275\cdot 100-100^2}) = 60\text{мм}.$$

Оскільки ґрунт руйнується не тільки кінцем, але і всією частиною голки в межах заглиблення, кожна з точок цієї частини описує укорочений циклоїд, а тому фактична довжина обробленої ділянки поля

$$b = 2x \tag{3.9}$$

де

$$x = R\arccos\frac{R-y}{r} - \sqrt{r^2-(R-y)^2} \tag{3.10}$$

де r - відстань від центра голчатого диска до довільної крапки, що лежить на голці.

Траєкторія точок голки в інтервалі перетинає поверхню поля в двох крапках, що лежать як усередині відрізка, так і зовні нього.

Поклавши в рівняння (3.10) що y = a, і враховуючи параметр змінним, дотримуючи необхідні обмеження, які витікають з умови технологічного процесу обробітку ґрунту, дослідивши функцію (3.10) на – max - знаходимо $x_{(r)}$ = max при

$$r = \sqrt{R(R-a)} \tag{3.11}$$

Після перетворення порівнянь (3.9; 3.10 і 3.11.) отримаємо, що довжина найбільшої ділянки поля, обробленого однією голкою за один оборот диска виразиться рівнянням:

$$b_{1\max} = 2(R\arccos\frac{R-a}{\sqrt{R(R-a)}} - \sqrt{R(R-a)-(R-a)^2}) \tag{3.12.}$$

$$b_{1\max} = 2(275\cdot\arccos\frac{275-100}{\sqrt{275(275-100)}} - \sqrt{275(275-100)-(275-100)^2} = 90{,}2мм\ .$$

Оскільки довжина ділянки, обробленої за один оборот диска всіма голками, рівна 2πR, то число голок на ньому визначається

$$n = \frac{2\pi R}{b_{1max}}$$

$$n = \frac{2\cdot 3{,}14\cdot 275R}{90{,}2} = 19шт \tag{3.13}$$

3.3. Обґрунтовування кількості голок при зігнутому стані за визначеним законом

Кількість голок на диску може бути зменшена за умови, що кожна з них оброблятиме більшу площу поля. Цій вимозі найкраще відповідають зігнуті голки. Для спрощення аналізу зігнуту голку можна представити у вигляді ламаної лінії (рис. 3.2.). Вписавши в кут дугу, цю ламану лінію можна перетворити на плавну криву. Розглянемо голчастий диск у положенні, коли

носок В голки ОВ торкається поверхні поля, а голка ОА проходить через точки перетину кола з радіусом меншої поверхні поля. У цьому випадку кут входження t прямої голки ОВ набуває позитивного значення, що відповідає умові задовільної роботи даного робочого органу: $0 \le t \le 90°$.

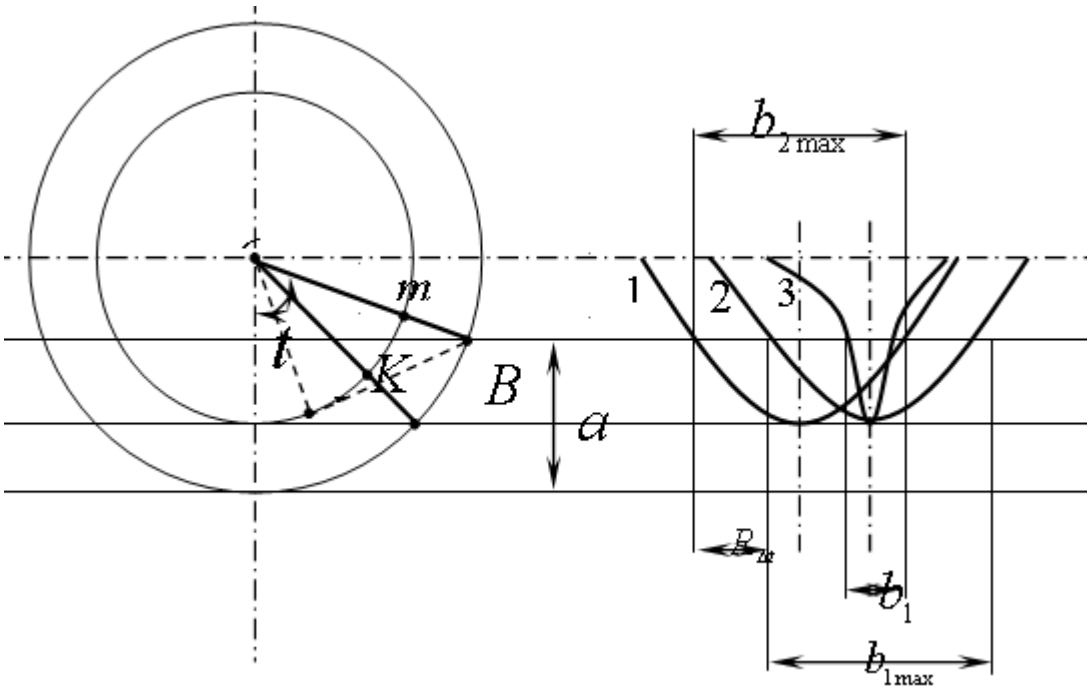


Рис. 3.2. Схема до визначення найбільшої довжини ділянки поля обробленої зігнутою голкою

Кожна з точок розташованих по колу радіусом r при обертанні диска описує укорочений циклоїд, зміщений щодо іншої на величину

$$\Delta b = R \cdot \Delta t \qquad (3.11)$$

де Δt- кут між положеннями голок ОА і ОВ, що проходять через крапки k і m.

Довжина найбільшої ділянки поля, обробленого кінцями обох голок рівна b_1. Найбільша довжина ділянок, оброблених прямою голкою ОВ в крапці m і зігнутої в крапці k дорівнює b_{1max}. Ці ділянки зміщені один щодо іншого на величину Δb_1. Ділянка КВ голки паралельна поверхні поля, тому форма цієї голки відповідає вимозі $0 \le t \le 90^0$. Зсув Δb укороченої циклоїди, описуваної

крапкою К для працездатного диска максимально. Найбільша ділянка поверхні поля, оброблювана зігнутою голкою визначається з виразу:

$$b_2 \max = \frac{b_1 \max}{2} + \frac{b_1}{2} + R\Delta t \qquad (3.12)$$

Підставимо в рівняння (3.12) значення b_1; b_{1max} і t рівняння прийме вигляд:

$$b_2 \max = 2R\arccos\frac{R-a}{R} - \sqrt{2Ra-a^2} - \sqrt{Ra-a^2} \qquad (3.13)$$

$$b_2 \max = 2\cdot 2\cdot 75\arccos\frac{275-100}{275} - \sqrt{2\cdot 275\cdot 100-100^2} - \sqrt{275\cdot 100-100^2} = 140 \text{ мм}$$

З урахуванням коефіцієнта відображає деформацію ґрунту кількість голок на диску визначиться з виразу

$$n = 2\pi RK / b_2 max, \qquad (3.14)$$

где K - коефіцієнт деформації грунту, $K \approx 1{,}0....1{,}1$

$$n = 2\cdot 3{,}14\cdot 275/140 = 12 \text{шт.}$$

Дані розрахунки показують, що за умови роботи котко - розпушувача, до складу якого входять і голчаті диски, без кута атаки і врахування коефіцієнта ковзання, тобто в даному випадку ми маємо чисте кочення для дисків з радіально розташованими дисками кількість робочих елементів складає 19шт, а із зігнутими голками 12шт. На підставі цих розрахунків можна судити про те, що в другому випадку можна понизити металоємність, не знижуючи якість обробітку.

3.4. Обґрунтування кількості голок на диску за умови його руху з пригальмовуванням.

Процес обробітку ґрунту голчатими дисками який рухається з пригальмовуванням, як і у попередньому випадку, полягає в тому, що робочі органи голчатого диска здійснюють складний рух, руйнуючи ґрунт.

Два Послідовно діючі на ґрунт робочі елементи описують однакові криві, зміщені одна відносно одної на величину подачі на зуб S, та утворюють борозенку змінного поперечного перерізу завглибшки а. Характерною особливістю такого способу обробітку є нерівність дна борозни — наявність так званих гребінців. Вони виникають унаслідок перетину двох сусідніх кривих I і II в точці В на висоті h2 від нижньої точки А циклоїд I і II (рис. 3.3.).

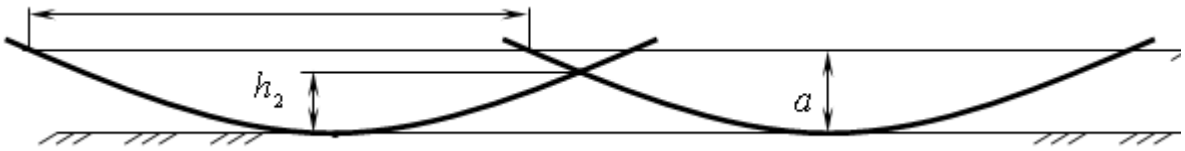


Рис.3.3 Схема до визначення висоти гребінців при русі диска з пригальмовуванням.

Відстань по горизонталі від т.А до крапки В рівно подачі на зуб $x = \frac{1}{2}S$. Величина подачі на зуб і висота гребінців h_2 визначаються кінематичними і конструктивними параметрами голчатого диска. Відстань S голчатий диск проходить за час t де він обернеться на кут $\frac{2\pi}{Z}$ і яке виразиться

$$S = V_n \frac{2\pi}{z\omega} \tag{3.15}$$

де S - подача на зуб ;

V_n - швидкість руху агрегату;

Z - число зубів голчатого диска;

ω - кутова швидкість голчатого диска .

Значення швидкості руху диска виразимо через швидкість руху агрегату можна записати

$$V_n = \omega \cdot R_\eta \tag{3.16}$$

де η - коефіцієнт гальмування голчатого диска.

Підставляючи рівняння (3.16) в (3.15), подача на зуб має вигляд

$$S = \frac{2\pi R_\eta}{z} \tag{3.17}$$

Висоти гребінців дна борозни які утворюються при обробітку можна виразити рівнянням (Рис.3.4)

$$h_2 = R(1 - \cos \mu^0) \tag{3.18}$$

де h_z - висота гребінців;

μ - кут на який обернувся робочий орган від вертикального положення, коли його лезо перемістилося з точки А в точку В.

Якщо прийняти за початок координат крапку О, центр голчатого диска, коли лезо робочого органу знаходиться в точці А тобто на одній вертикалі з центром, то при переміщенні леза робочого органу з точки А в точку В центр О переміститься в точку O_1, а робочий орган обернеться на кут $\frac{\pi\mu^0}{180}$.

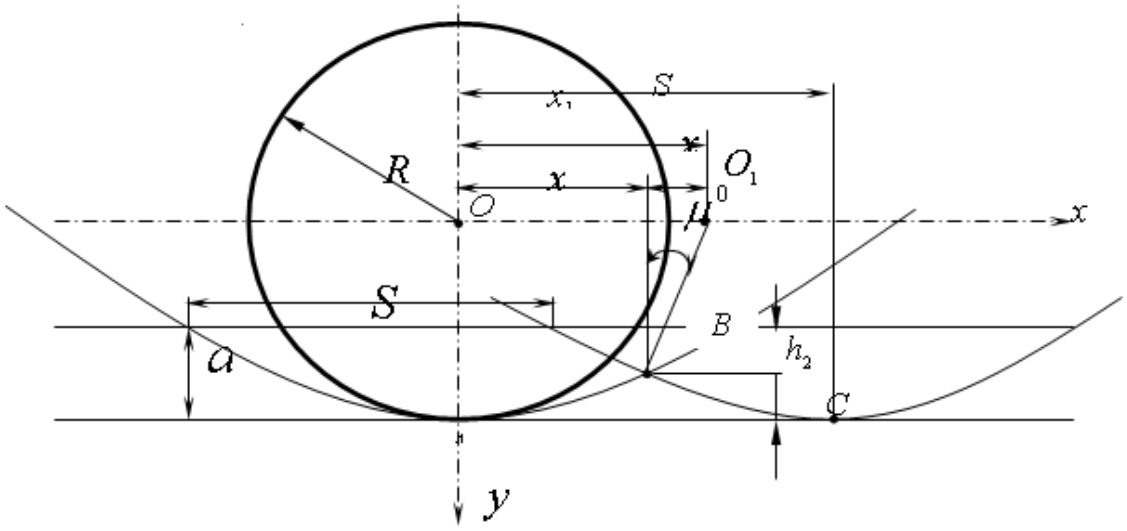


Рис.3.4 Схема до визначення параметрів голчатого диска.

Позначення відстані OO_1 через x_1, а відстань між точками А і В через x = S/2 і враховуючи рівняння (3.15) отримаємо

$$x = \frac{\pi R_\eta}{z} \tag{3.19}$$

Відстань з малюнка буде рівна

$$x = x_1 - x_2 \tag{3.20}$$

Відстань переміщення центру робочого органу з точки O_1 в точку O_2 можна виразити

$$x_1 = V_n \frac{\pi\mu^0}{180\omega} \tag{3.21}$$

Підставивши в рівність (3.21) рівняння (3.16) отримаємо

$$x_1 = \frac{\pi R_\eta \mu^0}{180} \tag{3.22}$$

Відстань виразимо через радіус диска

$$x_2 = R\sin\mu \tag{3.23}$$

Підставляючи вираз (3.21) і (3.23) вираз (3.20) маємо

$$\frac{\pi R_\eta}{z} = R(\frac{\pi_\eta \mu^0}{180} - \sin\mu) \tag{3.24}$$

Враховуючи, що запишемо

$$\frac{2\pi R}{z} = \frac{S}{R} = R(\frac{\pi_\eta \mu^0}{180} - \sin\mu^0) \tag{3.25}$$

Рівняння (3.25), що вийшло, встановлює залежність щодо подачі зуба з одного боку від коефіцієнта гальмування η і кута μ^0.

З рівності (3.18) значення кута виразиться

$$\mu^0 = \arccos(1 - \frac{h_2}{R}) \tag{3.26}$$

Задаючись висотою гребінців дна борозни і радіусом голчатого диска визначеного з рівняння (3.7) з рівності (3.26)значення кута визначиться

$$\mu = \arccos(1 - \frac{30}{275}) = 28{,}4^0$$

Знаючи значення коефіцієнт пригальмовування з рівності (2.22) необхідна кількість зубів на диску визначається

$$\frac{3{,}14 \cdot 275}{z} = 275 \cdot (\frac{3{,}14 \cdot 28{,}4}{180} - \sin 28{,}4)$$

$$\frac{2355}{z} = 253{,}5; \quad z = 9{,}13.$$

Кількість зубів на диску визначається з урахуванням умов його роботи з пригальмовуванням. Як свідчать результати розрахунку, при відповідному коефіцієнті пригальмовування кількість робочих елементів зменшується і становить 9 штук. При цьому коефіцієнт пригальмовування за постійних значень діаметра диска суттєво впливає не лише на кількість голок на диску, а й на такий важливий технологічний параметр, як швидкість кінця голки в початковий момент її контакту з ґрунтом. Це наочно продемонструємо на прикладі розрахунків, виконаних для двох режимів роботи — перекочування диска без активного приводу і пригальмовування та з пригальмовуванням — із використанням методичних розробок кафедри сільськогосподарських машин.

3.5. Визначення швидкості взаємодії кінця робочого елемента з ґрунтом за умови чистого кочення і з пригальмовуванням.

Швидкість робочого елемента голчастого диска в процесі взаємодії голки з ґрунтом є визначальним чинником якості обробітку. Особливої ваги це набуває для південних регіонів України, де, як зазначалося раніше, обробіток ґрунту нерідко доводиться виконувати в умовах зниженої вологості, що робить швидкість взаємодії критично важливим параметром. На основі досліджень, проведених в академії, встановлено, що за вологості ґрунту 8–13% швидкість кінця зуба, необхідна для ефективного руйнування ґрунту, має становити 3–3,5 м·с$^{-1}$. Визначимо швидкість взаємодії кінця зуба з ґрунтом. З цією метою встановимо кут повороту диска, при якому його робочий елемент вступає у контакт із ґрунтом. Він визначається з такого виразу:

$$\varphi = 180 - \arccos(1 - \frac{a}{R}) \qquad (3.27)$$

тоді, підставляючи раніше визначене значення і задаючись глибиною обробітку отримаємо:

$$\varphi = 180 - \arccos(1 - \frac{100}{275}) = 129{,}5 град.$$

Отримане значення 129,5град при куті повороту диска від вертикального положення починає взаємодіяти з ґрунтом.

Визначимо значення абсолютної швидкості кінця зуба диска, яка має вигляд

$$V_з = V_м \lambda \cos\frac{r}{R}\sqrt{1+\frac{R^2}{r^2\lambda^2\cos^2\alpha}} - \frac{2R\cos(\psi-\varphi)}{r\lambda} \qquad (3.28)$$

де $V_м$- швидкість агрегату, м.с-1;

λ - кінематичний показник реж. роботи диска;

R - радіус диска, м;

r - поточне значення радіусу диска до довільної точки леза робочого елементу;

α - кут атаки диска, град;

φ - кут повороту диска, град;

ψ - кут фіксації, град .

Оскільки кут атаки відсутній, а $R = r$ тобто розглядаємо кінець зуба, рівняння (3.28) прийме вигляд

$$V_з = V_м \lambda\sqrt{1+\frac{1}{\lambda^2}-\frac{2\cos(\psi-\varphi)}{\lambda}} \qquad (3.29)$$

Тоді, за умови чистого кочення, приймаючи що швидкість даного агрегату Vм =11,47км/год (3,18м/с), визначимо швидкість кінця зуба

$$V_з = 3{,}18\cdot 1\sqrt{1+\frac{1}{1^2}-\frac{2\cos(180-129{,}5)}{1}} = 2{,}56 м.с^{-1}$$

За умови буксування тобто коли показник λ<1 значення швидкості буде. Значення показника з коефіцієнтом пригальмовування пов'язана залежністю

$$\lambda = 1 \pm \eta \qquad (3.30)$$

Тоді

$$Vз = 3{,}18\cdot(-2)\sqrt{1+\frac{1}{(-2)^2}}-\frac{2\cos(180-129{,}5)}{(-2)} = 2{,}78 м/с$$

Як видно за умови пригальмовування швидкість значно вище ніж при чистому коченні, а отже значно ефективно робить вплив на технологічний

процес. Очевидно в цьому випадку витрати енергії будуть нижчими ніж при чистому коченні. З цією метою визначимо радіус кривизни диска, а також на підставі робіт Бакуліна В.К покажемо зниження тягової потужності на знаряддя.

3.6. Визначення зниження тягової потужності за умови руху голчастого диску (батареї) з пригальмовуванням.

Одним із суттєвих недоліків знарядь, до складу яких входять голчасті диски, є їх недостатня заглиблюваність. Саме цей недолік стримує широке застосування таких робочих органів на важких ґрунтах південної України, незважаючи на їх загалом високі якісні показники.

Покращення заглиблення голчастих дисків на твердих ґрунтах можливе двома шляхами:

1 — збільшення кута атаки, що водночас потребує зміни існуючих форм робочих органів;

2 — створення спеціальних пристосувань для гальмування голчастих дисків.

Пригальмовування може бути досягнуте такими способами: шляхом з'єднання батарей із опорними колесами через відповідне передавальне відношення; шляхом з'єднання батарей ланцюговою передачею з підбором необхідного передавального відношення. На твердих ґрунтах голчасті робочі органи можна заглиблювати і з нерухомо закріпленими голками, однак у такому разі вони інтенсивно зношуються та забиваються ґрунтом і рослинними рештками. Пригальмовування, натомість, забезпечує самоочищення голчастих дисків: поступальна швидкість вістря голки при цьому стає меншою за поступальну швидкість знаряддя на величину окружної швидкості кінця голки, що в результаті знижує витрати потужності на роботу голки.

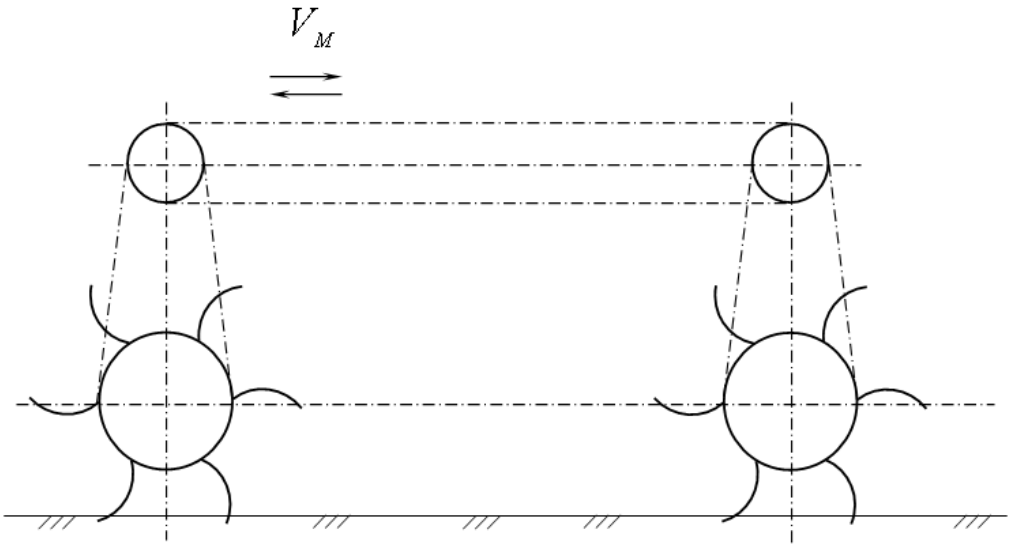


Рис.3.5 Схема пригальмовування голчатих дисків.

Загальне зниження тягової потужності при загальмованому обертанні диска в загальному вигляді можна надати

$$\Delta N = \Delta N_1 + \Delta N_2 - \Delta N_3 \qquad (3.31)$$

де ΔN_1 - зниження тягової потужності в результаті зменшення поступальної швидкості кінця голки щодо ґрунту, Вт;

ΔN_2 - зниження тягової потужності завдяки позитивному моменту на приводної батареї, Вт;

ΔN_3 - витрати потужності на буксування приводної батареї, Вт.

Ступінь пригальмовування обертання голчатих дисків виразимо

$$k = \frac{V_n}{V_{ок}} \qquad (3.32)$$

де $V_м$ - поступальна швидкість агрегату, м.с$^{-1}$

$V_{ок}$ - окружна швидкість кінця голки, м.с$^{-1}$

тоді:

$$k = \frac{3{,}18}{1{,}05} = 3$$

Швидкість переміщення кінця голки щодо ґрунту визначиться

$$V_{от} = \frac{V_n(k-1)}{k} \tag{3.33}$$

$$V_{от} = \frac{3{,}18 \cdot (3-1)}{3} = 2{,}12 м.с^{-1}$$

Якщо голчаті диски закріплені нерухомо, то потужність, необхідна для переміщення знаряддя визначається як

$$N = P \cdot V_n \tag{3.34}$$

де P - тяговий опір знаряддя, Н;

В загальному випадки, коли окружна швидкість $V_{ок} \neq 0$

$$N_1 = P_1 \cdot V_n \tag{3.35}$$

де P_1 - тяговий опір голчатих дисків при швидкості переміщення голок відносно ґрунту, $V_{от}$, Н.

Із зменшенням швидкості $V_{от}$ тяговий опір зменшується, тому P_1<P. Зниження тягової потужності в результаті зменшення тягового опору складає

$$\Delta N_1 = N - N_1 = (P - P_1) \cdot V_n \tag{3.36}$$

де $P = P_1 \cdot B$

де B - ширина захвату агрегата, м;

$P_1 = 320...450 Н / м$;

$P = 400 \cdot 3 = 1200 Н$.

Теоретичний ступінь пригальмовування для вибраної схеми голчастої батареї (Рис.3.5) тобто ступінь пригальмовування за відсутності буксування опорно - приводної батареї

$$k_T = \frac{z_1 \cdot z_3 \cdot Д_{пз}}{z_2 \cdot z_4 \cdot Д_{вз}} = i \frac{Д_{пз}}{Д_{вз}} \tag{3.37}$$

где $z_1...z_4$ - число зубьев звёздочки $z_1 = 17$; $z_2 = 17$; $z_3 = 17$; $z_4 = 57$;

$Д_{пз}$ - діаметр опорно-приводної батареї, м; $Д_{пз} = 0{,}55$.

$Д_{вз}$ - діаметр відомої батареї, м, ($Д_{вз} = 0{,}55 м$);

i - передаточне число трансмісії ;

$$i = \frac{z_4}{z_3} = \frac{57}{17} = 3,$$

тоді $k_T = 3 \cdot \frac{0,55}{0,55} = 3$.

Сповільнене обертання голчатих дисків можливо коли $M_{тр} > M_р$

$$M_{TP} > M_P \tag{3.38}$$

де $M_{тр}$ - момент сил тертя спареної приводної батареї об ґрунт, Н.м;

$M_р$ - момент, створюваний тяговим опором котко-розпушувача на опорно-приводної батареї, Н.м .

Момент сил тертя опорних коліс об ґрунт визначиться з виразу

$$M_{TP} = \frac{F \cdot Д_{пз}}{2} \tag{3.39}$$

де F - сила тертя опорно-приводної батареї (Н).

Момент створений тяговим опором борони на опорно-приводної батареї.

$$M_P = \frac{P_1 \cdot Д_{вз} \cdot \eta}{2i} \tag{3.40}$$

де η - к.к.д. передачі .

Підставляючи значення рівняння (3.39) і (3.40) в (3.38) матимемо :

$$\frac{F \cdot Д_{пз} \cdot i}{Д_{вз}} \geq P_1 \cdot \eta \tag{3.41}$$

Перетворивши рівняння (3.41) з урахуванням рівняння (3.37) значення сили тертя опорно-приводної батареї буде $F \geq \frac{P_1 \cdot \eta}{k_T}$, тоді підставивши значення, матимемо

$$F = \frac{400 \cdot 0,95}{3} = 126,6H .$$

Отже, для роботи знаряддя по вибраній схемі достатньо, щоб сила тертя, яку можна отримати на опорно-приводної батареї була не менше приватного від розподілу тягового опору на теоретичний ступінь пригальмовування. Зниження тягової потужності, обумовлене позитивним моментом на опорних колесах, можна визначити по формулі

$$\Delta N_2 = M_p \cdot \omega_к \tag{3.42}$$

де $\omega_к$ - кутова швидкість опорно-приводної батареї, $с^{-1}$.

Окружна швидкість кінця голки визначиться

$$V_{ок} = \frac{\omega_{вз} \cdot Д_{вз}}{2} \tag{3.43}$$

де $\omega_{вз}$ - кутова швидкість відомої батареї.

З рівняння (3.32) маємо

$$V_{ок} = \frac{V_п}{к} \tag{3.44}$$

Отже прирівнявши праві частини рівнянь (3.43) і (3.44) значення кутової швидкості відомої батареї матиме вигляд:

$$\omega_{вд} = \frac{2Vr}{Д_{вз} \cdot к} \tag{3.45}$$

Кутову швидкість опорно-приводної батареї виразимо

$$\omega_{пз} = \omega_{вз} \cdot i \tag{3.46}$$

Підставивши в (3.46) значення, обчислене по формулі (3.45) матимемо :

$$\omega_{пз} = \frac{2V_п \cdot i}{Д_{вз} \cdot к} \tag{3.47}$$

З урахуванням отриманих виразів (3.42),(3.40) і (3.46) зниження тягової потужності одержане завдяки позитивному моменту опорно-приводної батареї матиме вигляд:

$$\Delta N_2 = \frac{P_1 \cdot V_п \cdot h}{к} \tag{3.48}$$

Теоретичний ступінь пригальмовування по аналогії з рівнянням (3.32) буде :

$$k = \frac{V_{пт}}{V_{окт}} \tag{3.49}$$

де $V_{окт}$ - теоретична окружна швидкість кінця голки (за відсутності буксування опорно-приводної батареї), $м.с^{-1}$.

Окружна швидкість кінця голки буде

$$V_{ок} = \frac{\pi \cdot Д_{вз} \cdot П_{вр}}{t} \quad (3.50)$$

де $П_{вр}$ - робоча частота обертання батареї голчатих дисків за час t (за відсутності буксування на опорно-приводної батареї).

Теоретична окружна швидкість кінця голки буде

$$V_{ок.т} = \frac{\pi \cdot Д_{вз} \cdot П_{вт}}{t} \quad (3.51)$$

де $П_{вт}$- теоретична частина обертання батареї голчатих дисків (за відсутності буксування на опорно-приводної батареї) за час t.

Встановивши на рамі катка-розпушувача «холостий голчастий диск», такий же як і на батареї, то поступальну швидкість можна виразити

$$V_{п} = V_{ок.х} = \frac{\pi \cdot Д_{вз} \cdot n_{в.х}}{t} \quad (3.52)$$

де $V_{ок.х}$ - окружна швидкість голки «холостого « диску, м.с$^{-1}$;

$n_{в.х}$- частота обертання “холостого” диску за час t.

Підставивши (3.50) і (3.52) в (3.32) тj ступінь пригальмовування можна представити так:

$$k = \frac{П_{вх}}{П_{в.т}} \quad (3.53)$$

Якщо відомі частота обертання валу батареї за певний відрізок часу, то частоту обертання опорно-приводної батареї за цей же час можна обчислити, знаючи передаточне число. Тоді

$$n_{кр} = П_{вр} \cdot i \quad (3.54)$$

Аналогічно теоретичний ступінь пригальмовування може представиться так

$$k_{т} = \frac{П_{вх}}{П_{в.т}} \quad (3.55)$$

Тоді

$$n_{вр} = \frac{П_{вх}}{k_т} \tag{3.56}$$

Теоретична частота обертання опорно-приводної батареї за час t (за відсутності його буксування) виразимо

$$n_{кр} = П_{вр} \cdot i = \frac{П_{вх} \cdot i}{k_т} \tag{3.57}$$

Тоді, коефіцієнт буксування буде

$$\rho = \frac{П_{кр} - П_{вт}}{П_{кр}} \tag{3.58}$$

Підставивши (3.54) і (3.56) в(3.58) отримаємо

$$\rho = \frac{(П_{вт} - П_{вх})}{П_{вт} \cdot k_т} \tag{3.59}$$

Витрата потужності на буксування буде

$$\Delta N_3 = \Delta N_2 \cdot \rho \tag{3.60}$$

Підставляючи значення (3.42) і (3.59) в (3.60) матимемо

$$\Delta N_3 = \frac{[P_т \cdot \gamma_n (П_{вт} - П_{вх} / k_т) \cdot \eta}{k \cdot n_{вх}} \tag{3.61}$$

Виразимо коефіцієнт буксування через дійсний і теоретичний ступінь пригальмовування. З (3.53) знайдемо

$$n_{вт} = \frac{П_{вх}}{k} \tag{3.62}$$

Підставивши (3.62) в (3.54) отримаємо

$$n_{кр} = \frac{П_{вх} \cdot i}{k} \tag{3.63}$$

Після підстановки (3.57) і (3.63) в (3.58) матимемо

$$\rho = \frac{(k_т - k)}{k_т} \tag{3.64}$$

Підставивши (3.48) і (3.64) в (3.61) можемо записати

$$\Delta N_3 = \frac{P_1 \cdot \gamma_n (k_т - \mathrm{k}) \cdot \eta}{k_т \cdot \mathrm{k}} \tag{3.65}$$

Підставивши (3.36), (3.48) і (3.65) в (3.34) загальне зниження тягової потужності матиме вигляд

$$\Delta N = V_n [P - P_1 + \frac{P_1 \cdot \eta}{k} - \frac{P_1 (k_т - \mathrm{k}) \cdot \eta}{k_т \cdot \mathrm{k}} \tag{3.66}$$

$$\Delta N = 3{,}19[1200 - 400 + \frac{400 \cdot 0{,}95}{3} - \frac{400(3-3) \cdot 0{,}95}{3 \cdot 3}] = 25/6{,}5\,\text{Вт} = 2{,}5\,\text{кВт}$$

Як випливає з аналізу, робота загальмованого диска супроводжується зниженням тягової потужності. Розглянемо граничні значення ступеня пригальмовування дисків. При Vок = Vт і k = 1 пригальмовування батареї голчастих дисків відсутнє. При повністю загальмованому диску Vок = 0, а k = ∞. Таким чином, ступінь пригальмовування може змінюватися в певних межах. Швидкість переміщення кінця голки відносно ґрунту при k = 1 дорівнює нулю, тоді як при k = ∞ відносна швидкість стає рівною поступальній швидкості руху агрегату. Отже, при k = 1 спостерігається режим вільного перекочування, а при k = ∞ знаряддя працює з жорстко закріпленими робочими органами. Якщо пригальмовування обертання голчастих дисків забезпечується механічним гальмом, тягова потужність додатково витрачається на нагрів і зношування гальмівних елементів. У цьому випадку витрати потужності зростають на величину ΔN_4 і становлять:

$$\Delta N_4 = \Delta N_2 - \Delta N_3 \tag{3.67}$$

Обрана схема з'єднання батарей для забезпечення пригальмовування є найбільш оптимальною з точки зору мінімізації втрат потужності. До її недоліків слід віднести обмежені можливості регулювання ступеня пригальмовування в широкому діапазоні. Хоча застосування механічного гальма дозволяє розширити цей діапазон, воно водночас призводить до зростання загальних витрат потужності знаряддя.

3.7. Визначення продуктивності роботи агрегату

Визначаємо мінімально-необхідну ширину поворотної смуги:

На основі паспортних даних для трактора МТЗ-82 при колії 1500мм найменший радіус повороту складає 4,1м. Тому приймаємо R_0 =4,1м

$$E_{\min} = 2{,}8 \cdot R_0 + e + d_к, \tag{3.68.}$$

де e – довжина виїзду агрегату, м; e =5;

$d_к$ – кінематична ширина повороту, м: $d_к$ =5,4.

$$E_{\min} = 1{,}1 \cdot 4{,}1 + 5 + 5{,}4 = 14{,}91 м \text{ м}.$$

Ширину поворотної смуги E вибираємо з умови, що вона не менше E і кратна робочій ширині захвату. Приймаємо E = 15м

Довжина повороту визначається з вираження:

$$L_x = \pi \cdot R_0 + 2 \cdot e; \tag{3.69.}$$

$$L_x = 3{,}14 \cdot 4{,}1 + 2 \cdot 15 = 42{,}87 м \text{ м}.$$

Визначаємо довжину робочого шляху:

$$L_p = L - 2E; \tag{3.70.}$$

$$Lp = 1000 - 2 \cdot 15 = 970 \text{ м}.$$

Визначаємо час, витрачений на корисну роботу за один прохід агрегату:

$$t_p = \frac{0{,}06 \cdot L_p}{V_p}; \tag{3.71.}$$

$$t_p = \frac{0{,}06 \cdot 970}{11{,}19} = 5{,}2 \text{ хв}.$$

Визначаємо час, витрачений на один поворот:

$$t_x = \frac{0{,}06 \cdot L_x}{V_x}, \tag{3.72.}$$

де V_x – швидкість повороту, V_x = 5 км/год.

$$t_x = \frac{0{,}06 \cdot 42{,}87}{5} = 0{,}51 хв$$

Час, затрачений на очищення робочих органів приймається згідно рекомендацій, $t_{оч}$ = 2хв.

Визначаємо час, витрачений на один цикл:

$$t_ц = t_р + t_к + t_{оч}; \quad (3.73.)$$

$$t_ц = 5{,}2 + 0{,}51 + 2 = 7{,}71 \text{ хв.}$$

Визначаємо позацикловий час:

$$t_{нц} = t_{ост} + t_{контр} + t_{об} + t_{въезд} + t_{выезд}, \quad (3.74.)$$

де $t_{ост}$ - зупинка агрегату по особистих причинах, $t_{ост}$ = 10...15хв;

$t_{контр}$- час, витрачений на контроль якості і регулювання,

$t_{контр}$ =5...10хв.;

$t_{об}$ – час, витрачений на обслуговування, $t_{об}$ = 20хв.;

$t_{въезд}$ – час в'їзду в загінку, $t_{въезд}$ = 0,5хв;

$t_{выезд}$ – час виїзду з загінку, $t_{выезд}$ = 0,5хв.

$$t_{нц} = 10 + 10 + 20 + 0{,}5 + 0{,}5 = 41 \text{ хв.}$$

Визначаємо кількість циклів за зміну:

$$П_ц = \frac{T_{см} - t_{нц}}{t_ц}, \quad (3.75)$$

де $T_{см}$ – час зміни при 8-и часовому робочому дні, $T_{см}$ = 480хв;

$$П_ц = \frac{480 - 41}{7{,}71} = 56{,}5,$$

Приймаємо $П_ц = 58$ проходів (циклів)

Уточнюємо баланс часу роботи агрегату в загоні:

$$T_{см} = П_ц \left(t_р + t_х + t_{оч}\right) + t_{нц}; \quad (3.76.)$$

$$T_{см} = 58 \cdot 7{,}71 + 41 = 488{,}18 \text{ хв.}$$

Визначаємо коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_р}{T_{см}} = \frac{t_ц П_ц}{T_{см}}; \quad (3.77.)$$

$$\tau = \frac{7{,}71 \cdot 58}{488{,}18} = 0{,}91.$$

Визначаємо технічну продуктивність за одну годину змінного часу:

$$W_ч = 0{,}1 \cdot B_р \cdot V_р \cdot \tau; \quad (3.78.)$$

$$W_ч = 0{,}1 \cdot 3 \cdot 11{,}19 \cdot 0{,}91 = 3{,}05 \text{ га/год.}$$

Визначаємо погектарна витрата палива:

$$g = \frac{G_р T_р + G_х T_х + G_о T_о}{60 \cdot F_з}, \quad (3.79.)$$

де $G_р$, $G_х$, $G_о$ – відповідно, годинні витрати палива двигуна трактора при робочому завантаженні, на холостих поворотах і заїздах, а також при зупинках із працюючим двигуном;

$T_р$ – час роботи агрегату під навантаженням, хв.:

$$T_р = t_р П_ц; \quad (3.80.)$$

$$T_р = 5{,}2 \cdot 58 = 301{,}6 \text{ хв.} \approx 5 \text{год;}$$

$T_х$ – час роботи агрегату вхолосту:

$$T_х = t_х \cdot П_ц + t_{въезда} + t_{выезда}; \quad (3.81.)$$

$$T_х = 2 \cdot 0{,}51 \cdot 58 + 0{,}5 + 0{,}5 = 36{,}38 \text{ хв.} = 60{,}16 \text{хв} \approx 1 \text{год}$$

$T_о$ – час роботи двигуна на зупинках:

$$T_о = t_{оч} \cdot П_ц + t_{контр} + t_{ост} + t_{об}; \quad (3.82.)$$

$$T_о = 2 \cdot 58 + 10 + 10 + 20 = 166 \text{ хв.} = 2{,}76 \text{ год;}$$

$F_з$ – оброблювана площа загінки чи продуктивність за зміну роботи:

$$F_з = W_ч \cdot T_р; \quad (3.83.)$$

$$F_з = 3{,}05 \cdot 5{,}0 = 15{,}25 \text{ га.}$$

Тоді погектарна витрата палива буде:

$$g = \frac{12{,}3 \cdot 5{,}0 + 5{,}13 \cdot 1 + 2{,}5 \cdot 2{,}76}{15{,}25} = 4{,}82 \text{ кг/га.}$$

Визначаємо витрати праці на одиницю виконаної роботи:

$$H = \frac{m_{тр} \cdot m_{об}}{W_ч}, \qquad (3.84.)$$

$$H = \frac{1}{3{,}05} = 0{,}33 \text{ люд.год./га.}$$

де $m_{тр}$, $m_{об}$ – відповідно кількість трактористів і обслуговуючого персоналу;

Висновок. Проведені технологічні розрахунки дозволили обґрунтувати основні параметри роботи агрегату. З'ясовано, що досягнення максимального завантаження та високої продуктивності можливе за умови підтримання робочої швидкості на рівні 11,47 км/год — у такому режимі годинна продуктивність агрегату досягає 3,05 га/год. Розрахунковим шляхом визначено раціональну кількість голок на робочому елементі голчастого органу комбінованого агрегату залежно від конструктивного виконання:

- радіальне розташування голок потребує їх кількості 19 шт.;
- використання вигнутого робочого елемента за відповідним законом скорочує їх кількість до 12 шт.;
- режим роботи з пригальмовуванням дозволяє додатково зменшити кількість голок до 9 шт.

Доведено, що активація гальмівного режиму роботи голчастих робочих органів забезпечує економію потужності на рівні 2,5 кВт порівняно зі звичайним режимом експлуатації. Порівняльний аналіз показав, що початкова швидкість входження в ґрунт диска з гальмівним пристроєм становить 2,78 м/с, тоді як у диска без пригальмовування цей показник обмежується 2,56 м/с. Підвищена швидкість контакту з ґрунтом безпосередньо впливає на ефективність його руйнування, що в підсумку забезпечує більш якісний обробіток — перевага пригальмовуючої конструкції є очевидною і практично значущою.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Аналіз стану охорони праці

Аналіз нормативно-правової бази, наявної в господарстві, проведений відповідно до «Державного реєстру нормативних актів з охорони праці», виявив відсутність низки обов'язкових документів, зокрема: «Закону України про охорону праці», Положення про службу охорони праці, державних стандартів та відповідних положень.

У господарстві не організовується паспортизація санітарно-технічного стану підрозділів, цехів і виробничих ділянок, не розробляються заходи з поліпшення умов праці та санітарно-оздоровчі програми.

Відповідальність за стан охорони праці в господарстві покладено на інженера з охорони праці, діяльність якого регламентується «Посадовою інструкцією з охорони праці». Попри те що більшість вимог цієї інструкції формально виконується, їх практична реалізація не відповідає належному рівню.

Зокрема, інженер з охорони праці не організовує та не бере участі в навчанні фахівців середньої ланки з питань охорони праці і не здійснює перевірку їхніх знань. Облік виробничого травматизму та професійної захворюваності не ведеться, відповідний аналіз не проводиться. Крім того, провідні фахівці не залучаються до розслідування нещасних випадків на виробництві в підпорядкованих їм галузях.

4.2. Пропоновані заходи щодо підвищення безпеки стану сільськогосподарських знарядь

Карта контролю сільськогосподарських знарядь за показниками безпеки розроблена на розвиток стандартів з методів оцінки безпеки та іншої

нормативно-технічної документації. Вона входить до комплекту службової документації осіб, відповідальних за технічний стан і безпечну експлуатацію техніки, та виконує функції нормативно-довідкового документа при інвентаризації, паспортизації й атестації мобільних робочих місць за показниками безпеки, а також регламентує порядок і умови проведення діагностування та обробки результатів атестації.

Перелік виробничих ситуацій, за яких проведення контролю відповідно до «Карти» є обов'язковим, включає:

- зняття техніки з експлуатації, її зберігання на машинних дворах і повторне введення в роботу;
- оцінку якості технічного стану сільськогосподарських знарядь, їх технічного обслуговування та ремонту;
- передачу основних засобів в оренду як у межах господарства, так і зовнішнім користувачам, оскільки вимоги «Карти контролю» визначають умови забезпечення безпеки мобільних робочих місць при укладанні всіх видів орендних договорів;
- комплектування та регулювання агрегатів у процесі організаційно-технологічної підготовки виробництва;
- перевірку стану безпеки мобільних робочих місць під час їх паспортизації та в ході перевірок органами державного, відомчого і громадського контролю.

Неповне або неякісне проведення контролю підвищує потенційну небезпеку мобільного робочого місця. Для кваліфікованого здійснення контролю в господарствах використовуються спеціально обладнані робочі місця з технічного обслуговування і ремонту, оснащені повним комплектом діагностичного обладнання відповідно до вимог карт, або спеціально підготовлені майданчики. За відсутності необхідних умов слід передбачити відповідні заходи в колективному договорі у розділі охорони праці.

Відповідно до «Закону України про охорону праці» відповідальність за безпечний стан мобільних робочих місць покладається на безпосередніх керівників робіт, які здійснюють відомчий контроль. Оскільки мобільні робочі місця становлять значну частку матеріальних ресурсів і є джерелом підвищеної небезпеки, виникає потреба у встановленні додаткових функцій відповідальності за їх технічний стан та безпечну експлуатацію поряд із матеріальною відповідальністю. Розподіл відповідальності залежить від організаційної структури господарства та кваліфікаційних вимог до фахівців, що атестуються. У зв'язку з цим у процесі господарської діяльності має бути чітко визначено, хто з осіб, задіяних в управлінні виробничими процесами, несе відповідальність за ті чи інші аспекти безпеки. При проведенні діагностування та технічного обслуговування майстер-діагностик і майстер-наладчик фіксують результати контролю в первинній діагностичній карті та карті технічного стану. Якість виконаних робіт оцінює особа, відповідальна за безпечну експлуатацію, і в разі невідповідності техніки вимогам карти акт приймання-здачі не підписується. Для проведення інвентаризації, паспортизації або атестації мобільних робочих місць створюється відповідна комісія, обов'язковим членом якої є інженер з охорони праці. Якщо відповідальність за безпеку покладено безпосередньо на виконавця через процедуру атестації з врученням талона самоконтролю, він зобов'язаний користуватися консультаційною підтримкою інженера з охорони праці з урахуванням вимог даної «Карти».

Висновок. У цьому розділі розглянуто стан безпеки життєдіяльності на прикладі ФГ «Теліпко». Встановлено, що в господарствах, які перебувають на етапі становлення, спостерігається значна кількість порушень — постанови та вимоги законодавства з охорони праці не виконуються належним чином. Викладено методику розробки карти контролю агрегату за показниками безпеки та запропоновано заходи щодо підвищення рівня безпечної експлуатації сільськогосподарських знарядь.

5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА

Метою техніко-економічного обґрунтування розробленого комбінованого ґрунтообробного розпушувача є визначення витрат на його проектування, розрахунок експлуатаційних витрат, пов'язаних з використанням агрегату, а також оцінка трудовитрат, продуктивності, терміну окупності та очікуваного економічного ефекту.

Розрахунок вартісних витрат на розробку здійснюється для умов південного регіону України при виконанні технологічної операції розпушування. Проектована модель умовно позначена як РРГ-3М, а за базову прийнято технологію підготовки ґрунту з використанням агрегату РР-3. Обидва варіанти порівнюються з метою оцінки ефективності вирішення таких завдань:

- запобігання вітровій та водній ерозії ґрунту;
- накопичення та збереження ґрунтової вологи.

Продуктивність проектованого агрегату визначена в третьому розділі, тоді як продуктивність агрегату РР-3 приймається на рівні попереднього розрахунку. Для комплексної оцінки економічної ефективності розробки визначається галузева собівартість виконання технологічної операції.

Визначення галузевої собівартості.

З урахуванням методики [22] галузева собівартість розроблюваного грунтооброблюючого агрегату визначиться з вираження:

$$C_o = P\left(П \cdot H \cdot K_м + M\right) + Д\,, \tag{5.1}$$

де $P = \sum P_i$ – чиста вага знаряддя, [V розділ], P = 1098Н;

$П$ – коефіцієнт конструктивної складності в порівнянні із серійними знаряддями, $П$ = 1,4;

H – витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції,

H = 9 грн/кг;

$К_м$ – коефіцієнт зміни витрат на виробництво, $К_м$ = 1,5;

$М$ – вартість 1 кг чистого матеріалу, що входить у знаряддя, $М$ = 20,0 грн/кг;

$Д$ – вартість витрат, зв'язаних із транспортними витратами, $Д$ = 6000грн.

$$З = 1098 \cdot (1,4 \cdot 9 \cdot 1,5 + 20,0) + 6000 = 48800 \text{ грн.}$$

Нижня межа ціни розраховуємо по формулі:

$$Ц_{нп} = С_о + П_н, \tag{5.2}$$

де $П_н$ нормативний прибуток, грн.

$$П_н = \frac{Р_с \cdot С_о}{100}, \tag{5.3}$$

де $Р_с$ – галузева нормативна рентабельність, $Р_с$ = 7%.

$$П_н = \frac{7 \cdot 48800}{100} = 3410 \text{ грн}$$

тоді:

$$Ц_{нп} = 48800 + 3410 = 52200 \text{ грн.}$$

Звідси лімітна галузева ціна визначиться:

$$Ц_л = Ц_{нп} \cdot У, \tag{5.4}$$

де $В$ – коефіцієнт подорожчання, зв'язаний з підвищенням виробництва продукції через її несерійність, $У$ = 1,05.

$$Ц_л = 52200 \cdot 1,05 = 55000 \text{ грн.}$$

Разом галузева ціна склала 55000грн.

Для подальшого розрахунку економічної ефективності складемо таблицю 5.1., таблицю вихідних даних.

Розрахунок економічної ефективності.

Даний розрахунок приводимо в порівнянні з проектованою моделлю і базовою підготовкою ґрунту.

Визначимо заробітну плату механізатора:

$$З_п = \frac{f_т}{W_ч}. \tag{5.5}$$

По проектованій моделі:

$$З_{п(РРГ)} = \frac{65}{3{,}05} = 21 \text{грн./га}$$

По базовій моделі:

$$З_{п(РР)} = З_{п(РР)} = \frac{65}{3{,}05} = 21 \text{грн./га}$$

Визначаємо ремонтні відрахування й амортизацію по трактору:

$$S_{от} = \frac{1{,}1Б_т \cdot (Q_{рт} + Q_{рт})}{100 \cdot T_{гт} \cdot W_ч}. \qquad (5.6)$$

Таблиця 5.1.

Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності.

№ пп.	Показники	Позначення	Розмірність	Проектована модель	Базова модель
	Марки трактора	-	-	МТЗ-82	МТЗ-82
1	Оптова ціна трактора	$Б_т$	грн	400000	400000
2	Марка с/г. машини	-	-	РРГ-3М	РР-3
3	Оптова ціна с/г. машини	$Б_м$	грн	55000	50000
4	Продуктивність	$W_ч$	га/год	3,05	3,05
5	Нормативне завантаження - трактора - с/г. машини	 $T_{гт}$ $T_{гм}$	 дні дні	 300 30	 300 10
6	Кількість обслуговуючого персоналу	n	чол.	1	1
7	Тарифна ставка тракториста	$f_т$		65	65
8	Відрахування по тракторі - реновацію - ремонт і ТЕ	 $Q_{рт}$ $Q_{кт}$	 % %	 24,5 22	 24,5 22
9	Відрахування по с/г. машині: - реновацію - ремонт і ТЕ	 $Q_{рм}$ $Q_{км}$	 % %	 14,2 16	 14,2 16
	Ціна 1 кг палива	$Ц$	грн	68,0	68,0

По проектованій моделі:

$$S_{от(РРГ)} = \frac{1{,}1 \cdot 400000 \cdot (24{,}5 + 22)}{100 \cdot 300 \cdot 3{,}05} = 223 \text{ грн/га}$$

По базовій моделі:

$$S_{от(РР)} = \frac{1{,}1 \cdot 400000 \cdot (24{,}5 + 22)}{100 \cdot 300 \cdot 3{,}05} = 223 \text{ грн/га}$$

Визначаємо ремонтні відрахування й амортизацію по сільськогосподарському знаряддю:

$$S_{от} = \frac{1{,}1Б_т \cdot (Q_{рм} + Q_{рм})}{100 \cdot T_{гм} \cdot W_ч}. \quad (5.7)$$

По проектованій моделі:

$$S_{от(РРГ)} = \frac{1{,}1 \cdot 55000 \cdot (14{,}2 + 16)}{100 \cdot 30 \cdot 3{,}05} = 200 \text{ грн./га}$$

По базовій моделі:

$$S_{от(РР)} = \frac{1{,}1 \cdot 50000 \cdot (14{,}2 + 16)}{100 \cdot 10 \cdot 3{,}05} = 540 \text{ грн./га}$$

Визначаємо вартість палива:

$$G_т = Ц_т \cdot g_т \quad (5.8)$$

По проектованій моделі:

$$G_{(РРГ)} = 68 \cdot 4{,}82 = 232 \text{ грн./га}$$

По базовій моделі:

$$G_{(РР)} = 68 \cdot 4{,}82 = 232 \text{ грн./га}$$

Разом витрат будемо мати:

$$И = З_п + S_{от} + S_{ом} + G_т. \quad (5.9)$$

По проектованій моделі:

$$И_п = 21 + 223 + 200 + 232 = 670 \text{ грн./га}$$

По базовій моделі:

$$И_б = 21 + 223 + 540 + 232 = 1016 \text{ грн./га}$$

Визначаємо питомі капітальні витрати:

$$S_y = \frac{1{,}1Б_т}{W_ч \cdot T_{гт}} + \frac{1{,}1Б_м}{W_ч \cdot T_{гм}}. \qquad (5.10)$$

По проектованій моделі:

$$S_{y(РРГ)} = \frac{1{,}1 \cdot 400000}{3{,}05 \cdot 300} + \frac{1{,}1 \cdot 55000}{3{,}05 \cdot 30} = 1140 \text{ грн./га}$$

По базовій моделі:

$$S_{y(плуг)} = \frac{1{,}1 \cdot 400000}{3{,}05 \cdot 300} + \frac{1{,}1 \cdot 50000}{3{,}05 \cdot 10} = 2200 \text{ грн./га}$$

5.1.6 Визначаємо річний економічний ефект:

$$Э_г = \left[\left(И_б - E_б \cdot S_{уб}\right) - \left(И_п - E_п \cdot S_{уп}\right)\right] T_{гм} \cdot W_ч \qquad (5.11)$$

$$Э_{год.} = \left[\left(1016 - 0{,}15 \cdot 2200\right) - \left(670 - 0{,}15 \cdot 1140\right)\right] \cdot 30 \cdot 3{,}05 = 17300 \text{ грн}$$

Строк окупності визначається:

$$Q = \frac{З_{пр}}{Э_г}, \qquad (5.12)$$

де $З_{пр}$ – витрати на виробництво, $З_{пр}$ = 5000грн.

$$Q = \frac{5000}{17300} = 0{,}28 \text{ року}$$

Результати розрахунків зводимо в таблицю 5.2.

Таблиця 5.2.

Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці виміру	Проектована машина	Базова машина
Сумарні витрати на техніку	грн	55000	50000
Заробітна плата	грн/га	41	41
Витрати по трактору	грн/га	223	223
Витрати по с/г. машині	грн/га	200	540
Витрати на ПММ	грн/га	232	232
Разом витрат	грн/га	670	1016
Питомі капітальні витрати	грн/га	1140	2200
Річний економічний ефект	грн	17300	
Строк окупності	років	0,28	

Висновок:

За результатами техніко-економічних розрахунків встановлено високу економічну доцільність розробки та впровадження ротаційного розпушувача ґрунту. Річний економічний ефект від використання проектованого агрегату РРГ-3М порівняно з базовою моделлю РР-3 становить 17 300 грн, що свідчить про суттєве скорочення виробничих витрат при виконанні технологічної операції розпушування ґрунту.

Особливо показовим є термін окупності розробки — лише 0,28 року, тобто менше чотирьох місяців від початку експлуатації. Такий надзвичайно короткий термін повернення інвестицій підтверджує не лише технічну обґрунтованість прийнятих конструктивних рішень, але й їх беззаперечну економічну привабливість для сільськогосподарських підприємств південного регіону України.

Отримані показники економічної ефективності стали можливими завдяки таким факторам:

- скороченню кількості технологічних операцій за рахунок суміщення кількох функцій в одному агрегаті;
- зменшенню витрат паливно-мастильних матеріалів унаслідок оптимізації робочої швидкості та навантаження;
- зниженню трудовитрат і підвищенню продуктивності агрегату до 3,05 га/год;
- зменшенню витрат потужності на 2,5 кВт завдяки застосуванню режиму пригальмовування голчастих робочих органів.

Таким чином, проведені техніко-економічні розрахунки підтверджують повну доцільність розробки ротаційного розпушувача ґрунту та рекомендують його до впровадження у виробництво в умовах господарств південної зони України.

ВИСНОВКИ

Проведено комплексний аналіз господарської діяльності ФГ «Теліпко», який дозволив визначити основні потреби підприємства в механізації ґрунтообробних процесів, виявити недоліки наявного машинно-тракторного парку та обґрунтувати доцільність розробки нового комбінованого агрегату для умов південного регіону України.

Здійснено детальний аналіз конструкцій існуючих комбінованих ґрунтообробних агрегатів та їх робочих органів — як вітчизняного, так і зарубіжного виробництва. На підставі порівняльного аналізу визначено оптимальний набір робочих органів для проектованого агрегату, що забезпечує виконання необхідних технологічних операцій за один прохід.

За результатами технологічних розрахунків встановлено, що для надійної та ефективної роботи агрегату з повним завантаженням оптимальна робоча швидкість становить 11,47 км/год, при якій досягається продуктивність 3,05 га/год. Визначено раціональну кількість голок на робочому елементі голчастого органу залежно від конструктивного виконання: при радіальному розташуванні — 19 шт., при вигнутому робочому елементі — 12 шт., в режимі пригальмовування — 9 шт. Доведено, що застосування режиму пригальмовування голчастих робочих органів знижує витрати потужності на 2,5 кВт, а початкова швидкість взаємодії диска з ґрунтом підвищується до 2,78 м/с порівняно з 2,56 м/с у режимі вільного перекочування, що безпосередньо покращує якість обробітку.

Аналіз стану охорони праці в господарстві «Теліпко» виявив значну кількість порушень чинного законодавства — вимоги «Закону України про охорону праці» та відповідні постанови належним чином не виконуються. Розроблено методику складання карти контролю агрегату за показниками безпеки та запропоновано конкретні заходи щодо підвищення рівня безпечної експлуатації сільськогосподарських знарядь, впровадження яких дозволить суттєво знизити ризики виробничого травматизму.

Техніко-економічне обґрунтування підтвердило високу ефективність прийнятих конструктивних рішень: річний економічний ефект від впровадження розробленого ротаційного розпушувача ґрунту становить 17 300 грн, а термін окупності не перевищує 0,28 року, що є беззаперечним свідченням економічної привабливості та виробничої доцільності запропонованого технічного рішення. Отримані результати дозволяють рекомендувати розроблений агрегат до широкого впровадження в господарствах південної зони України.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонюк О. В. Удосконалення конструкцій комбінованих ґрунтообробних агрегатів для умов степової зони України / О. В. Антонюк, С. М. Герук // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2021. – № 2 (113). – С. 14–21.

2. Безуглий М. Д. Сучасні технології обробітку ґрунту в умовах змін клімату / М. Д. Безуглий, А. О. Кравченко // Землеробство. – 2022. – Вип. 1 (102). – С. 5–13.

3. Бойко А. І. Енергозберігаючі технології в землеробстві: сучасний стан та перспективи розвитку / А. І. Бойко // Агроекологічний журнал. – 2023. – № 1. – С. 28–35.

4. Василечко В. О. Оптимізація параметрів робочих органів ґрунтообробних машин для мінімізації ерозійних процесів / В. О. Василечко, І. М. Пригара // Вісник аграрної науки. – 2022. – № 3. – С. 52–59.

5. Вітрова А. С. Мінімізація обробітку ґрунту як засіб збереження його родючості в умовах посушливих зон / А. С. Вітрова, О. М. Демиденко // Агрономія і ґрунтознавство. – 2023. – № 87. – С. 17–24.

6. Гальченко С. А. Механіко-технологічні основи проектування ротаційних робочих органів ґрунтообробних машин / С. А. Гальченко // Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2021. – Вип. 21, т. 2. – С. 78–86.

7. Гонтаренко Г. В. Аналіз ефективності застосування голчастих дисків в умовах зниженої вологості ґрунту / Г. В. Гонтаренко, Д. О. Приходько // Техніка і технології АПК. – 2024. – № 1. – С. 22–29.

8. ДСТУ 4397:2021. Машини для обробітку ґрунту. Загальні технічні вимоги та методи випробувань. – Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2021. – 24 с.

9. Захарченко О. І. Перспективи розвитку ґрунтозахисних технологій вирощування зернових культур у степовій зоні / О. І. Захарченко, П. В. Кириченко // Вісник Уманського національного університету садівництва. – 2022. – № 1. – С. 33–41.

10. Іванченко О. А. Конструктивно-технологічні параметри комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту / О. А. Іванченко // Наукові праці Південного філіалу НУБіП України. – 2023. – Вип. 180. – С. 44–52.

11. Карась О. Г. Дослідження впливу пригальмовування голчастих дисків на якість обробітку ґрунту / О. Г. Карась, Т. В. Луценко // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2022. – Вип. 111. – С. 67–74.

12. Кириченко В. В. Ресурсозберігаючі технології обробітку ґрунту в умовах аридизації клімату півдня України / В. В. Кириченко // Зрошуване землеробство. – 2023. – № 79. – С. 88–95.

13. Козаченко О. В. Вплив конструктивних параметрів ротаційних розпушувачів на якість поверхневого обробітку ґрунту / О. В. Козаченко, М. І. Петренко // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – 2024. – Вип. 24, т. 1. – С. 105–113.

14. Корнієнко С. І. Агротехнічні вимоги до обробітку ґрунту під зернові культури в умовах степової зони / С. І. Корнієнко, В. Г. Марченко // Землеробство. – 2020. – Вип. 98. – С. 9–16.

15. Кравченко В. С. Охорона праці в агропромисловому комплексі України: актуальні проблеми та шляхи їх вирішення / В. С. Кравченко, О. Л. Тимченко. – Київ : Аграрна наука, 2021. – 284 с.

16. Крот П. В. Моделювання технологічного процесу роботи голчастих робочих органів / П. В. Крот // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства. – 2022. – Вип. 238. – С. 118–126.

17. Лещенко С. М. Підвищення ефективності передпосівного обробітку ґрунту комбінованими агрегатами / С. М. Лещенко, Д. І. Мілько, О. В. Васильковська // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. – 2021. – Вип. 51. – С. 31–40.

18. Мартиненко В. Я. Сучасний стан та перспективи механізації ґрунтообробних робіт в Україні / В. Я. Мартиненко, Р. С. Кривенко // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2023. – № 1 (120). – С. 5–12.

19. Надикто В. Т. Раціональне використання машинно-тракторного парку в сільськогосподарському виробництві / В. Т. Надикто. – Мелітополь : Видавничий будинок ММД, 2020. – 336 с.

20. Нестерчук Д. М. Економічна ефективність впровадження нової ґрунтообробної техніки в умовах фермерських господарств / Д. М. Нестерчук // Економіка АПК. – 2023. – № 4. – С. 71–79.

21. Овчаренко Г. В. Вплив фізико-механічних властивостей ґрунту на параметри голчастих робочих органів / Г. В. Овчаренко, В. І. Пастушенко // Агрофізика. – 2022. – № 2 (26). – С. 38–46.

22. Пасічник Р. В. Обґрунтування ширини захвату комбінованих агрегатів для обробітку ґрунту в степовій зоні / Р. В. Пасічник, О. Д. Кобець // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2021. – Вип. 4 (112). – С. 101–109.

23. Петренко М. М. Технологічне обґрунтування параметрів дискових батарей комбінованого агрегату / М. М. Петренко, В. О. Олійник // Наукові доповіді НУБіП України. – 2024. – № 2 (108). – С. 14–22.

25. Рубець В. С. Аналіз конструкцій зарубіжних комбінованих ґрунтообробних агрегатів / В. С. Рубець, О. В. Нікітченко // Науковий вісник НУБіП України. – 2023. – Вип. 297. – С. 189–197.

26. Сало В. М. Комбіновані агрегати для ресурсозберігаючого обробітку ґрунту / В. М. Сало, О. М. Лисиця, Г. Б. Філіпенко. – Кропивницький : ЦНТУ, 2022. – 218 с.

27. Свистун О. І. Вплив режиму пригальмовування дискових органів на ефективність ґрунтообробних агрегатів / О. І. Свистун // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2021. – № 3. – С. 237–244.

28. Сердюк М. Є. Адаптивні технології обробітку ґрунту в умовах зміни клімату степової зони України / М. Є. Сердюк, О. А. Задорожній. – Запоріжжя : Акцент Інвест-трей

29. Тарасенко Г. В. Техніко-економічне обґрунтування впровадження комбінованих агрегатів у фермерських господарствах / Г. В. Тарасенко, С. П. Рева // Економіка та управління АПК. – 2024. – № 1 (158). – С. 88–96.

30. Ткаченко І. Г. Дослідження якісних показників поверхневого обробітку ґрунту комбінованим агрегатом / І. Г. Ткаченко, Р. О. Гречко // Збірник наукових праць ТДАТУ. – 2023. – Вип. 23, т. 1. – С. 56–65.

ДОДАТКИ

Міністерство освіти і науки України
Дніпровський державний аграрно -економічний університет
Інженерно -технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Ілюстративний матеріал

до захисту дипломного проєкту на здобуття освітнього ступеня «Бакалавр» за освітньо-професійною програмою 208«Агроінженерія» зі спеціальності 208 «Агроінженерія»

на тему: «Підвищення ефективності механізованих робіт з передпосівної підготовки ґрунту розробкою комбінованого знаряддя»

Здобувач Маленик А.

Науковий керівник,
доцент Пономаренко Н.

Дніпро-2026

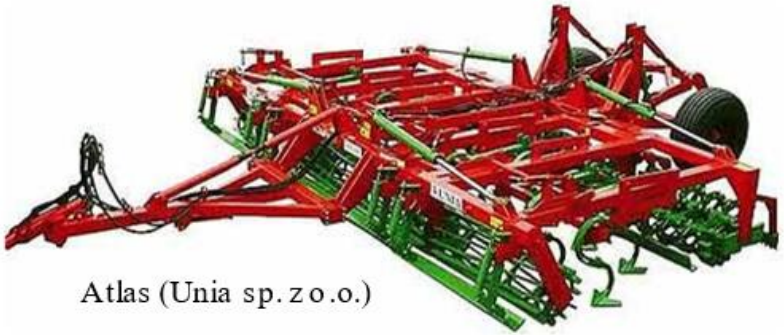
ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ

РВК- 3,6

K 400 Gamma (Lemken GmbH & Co. KG)

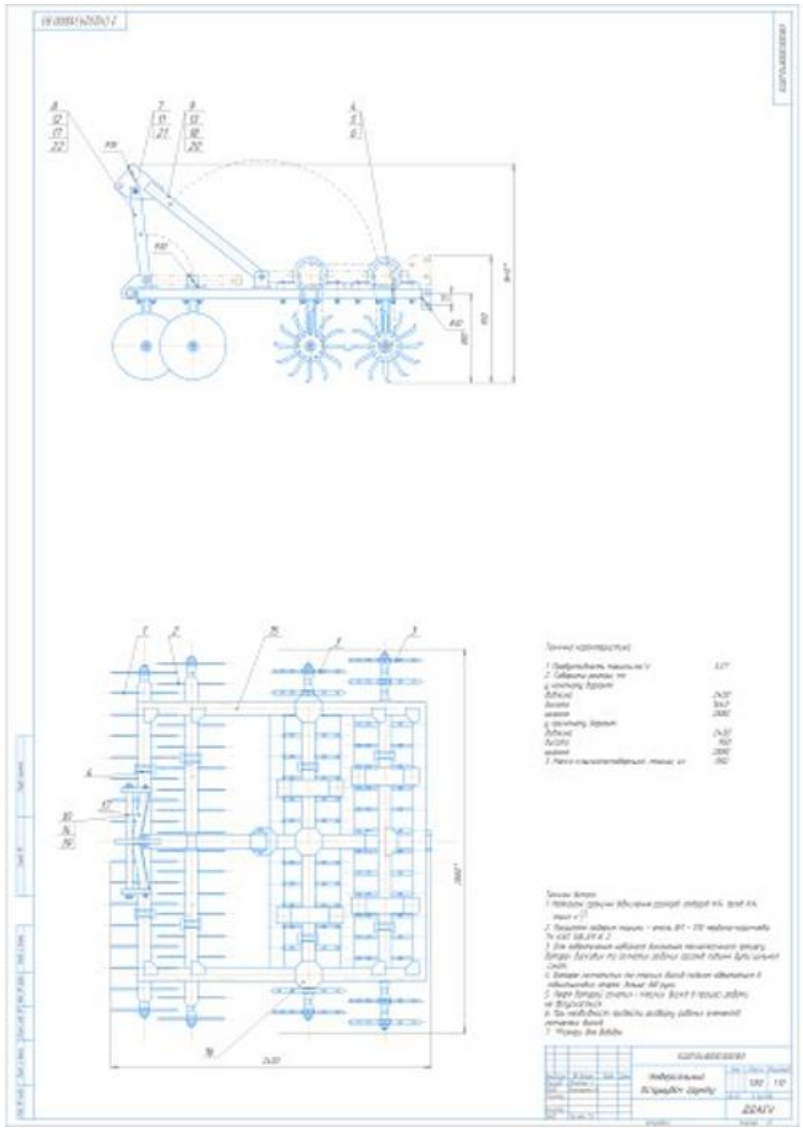
АПК-5

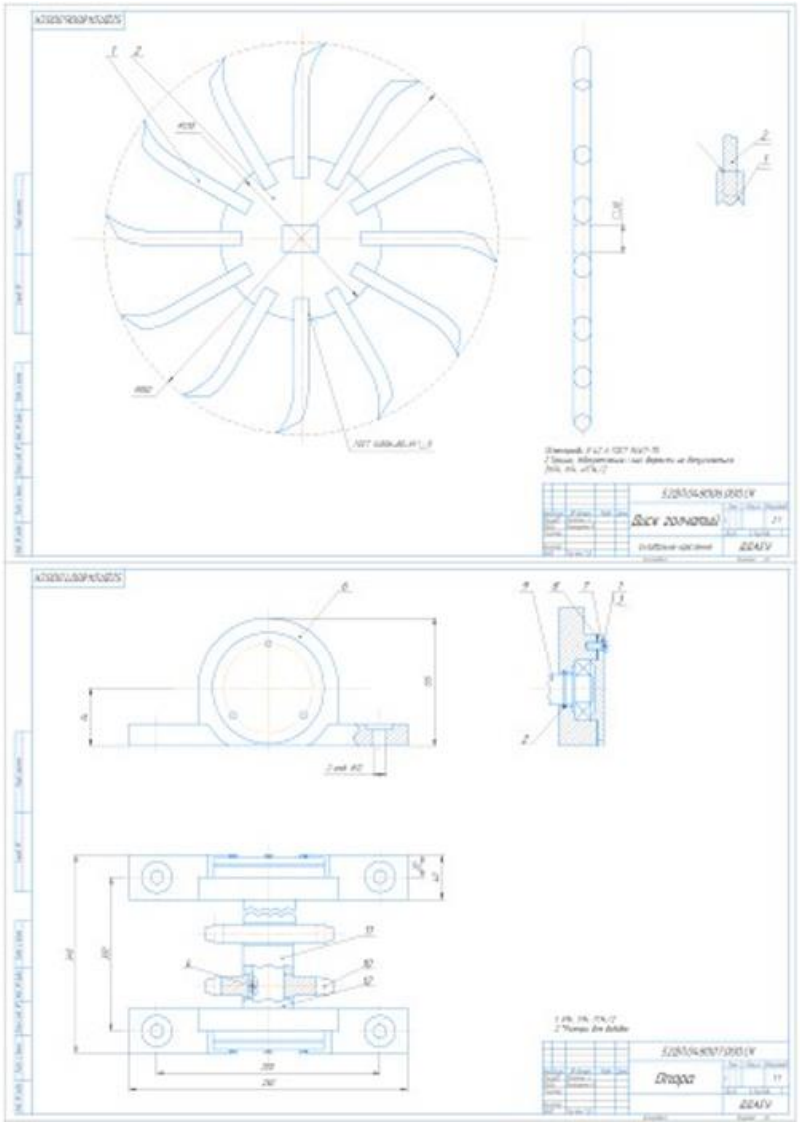
VN-Säpak Profi)

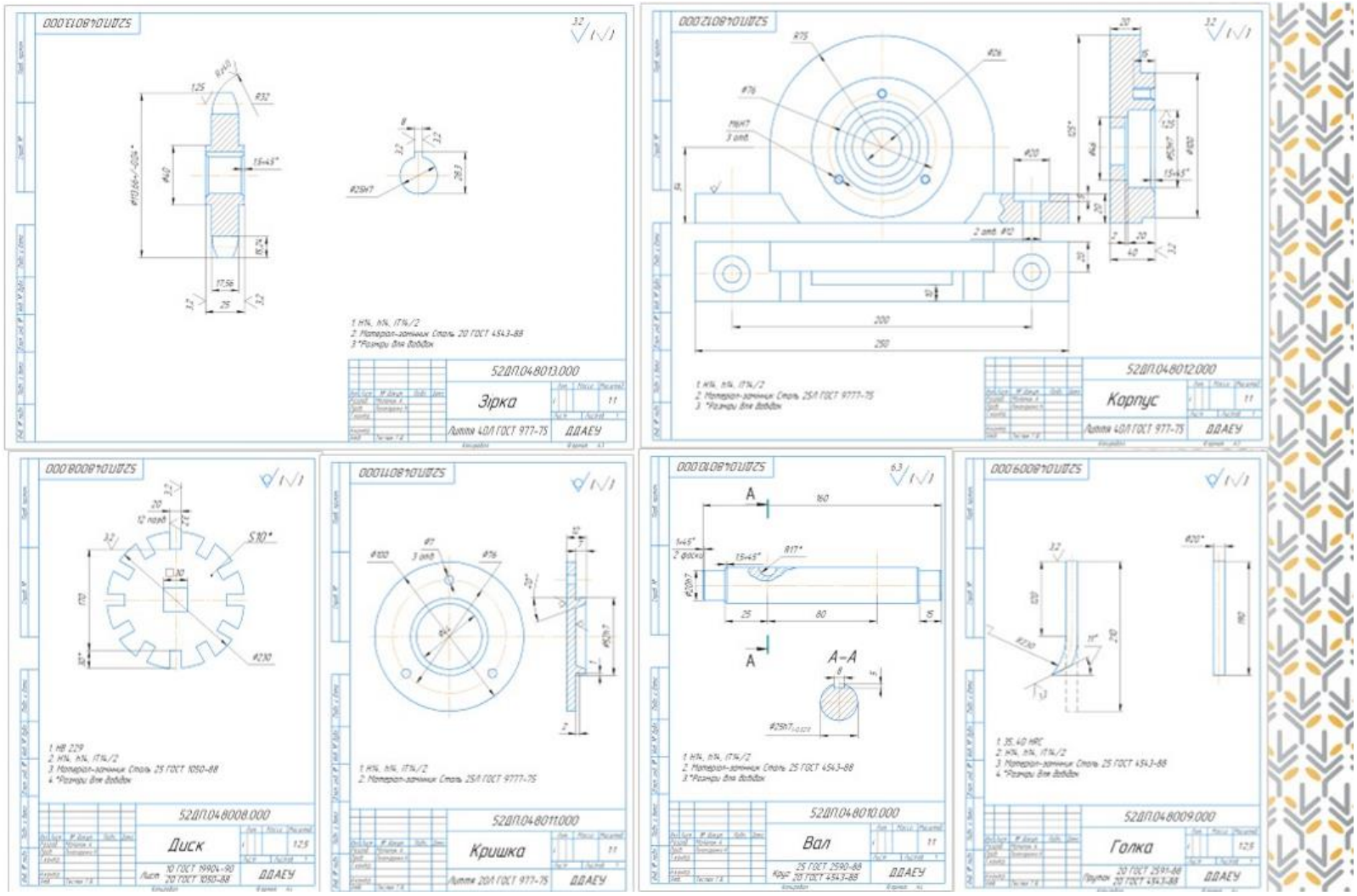


Atlas (Unia sp. z o.o.)

Tiger (Thomas Hatzenbichler Agro-Technik GmbH)






52ДП.048013.000
Зірка
Лиття 40Л ГОСТ 977-75
ДДАЕУ
52ДП.048012.000
Корпус
Лиття 40Л ГОСТ 977-75
ДДАЕУ
52ДП.048008.000
Диск
Лист 10 ГОСТ 19904-90
Лист 20 ГОСТ 1050-88
ДДАЕУ
52ДП.048011.000
Кришка
Лиття 20Л ГОСТ 977-75
ДДАЕУ
52ДП.048010.000
Вал
Круг 25 ГОСТ 2590-88
Круг 20 ГОСТ 4543-88
ДДАЕУ
52ДП.048009.000
Голка
Пруток 20 ГОСТ 2591-88
Пруток 20 ГОСТ 4543-88
ДДАЕУ

Техніко-економічні показники

Показники	Одиниці виміру	Проектована машина	Базова машина
Сумарні витрати на техніку	грн	55000	50000
Заробітна плата	грн/га	41	41
Витрати по трактору	грн/га	223	223
Витрати по с/г. машині	грн/га	200	540
Витрати на ПММ	грн/га	232	232
Разом витрат	грн/га	670	1016
Питомі капітальні витрати	грн/га	1140	2200
Річний економічний ефект	грн	17300	
Строк окупності	років	0,28	

ВИСНОВКИ

Проведено аналіз господарчої діяльності ФГ «Теліпко.

Проаналізовано конструкції комбінованих ґрунтообробних агрегатів та робочих органів, які можуть встановлюватись на них

Технологічними розрахунками встановлено що для надійної роботи агрегату при його завантаженні і високої продуктивності необхідно щоб швидкість була 11,47км/год, а продуктивність в такому разі буде 3,05га/год. Встановлено що при роботі комбінованого ґрунтообробного агрегату робочий елемент голчастого робочого органу повинен мати кількість голок:

- при радіальному розташуванні голок – 19шт;
- при вигнутому робочому елементі за визнаним законом – 12шт;
- при умові його роботи з пригальмовуванням– 9шт.

При роботі комбінованого грунтообробного агрегату при умові що його голчасті робочі органи працюють з пригальмовуванням йде зниження витрат потужності на 2,5кВт.

Також встановлено, що голчастий диск який має пригальмовуючий пристрій має початкову швидкість взаємодії з ґрунтом 2,78м/с, а диск що вільно перекочується 2,56м/с. Тобто в такому разі ймовірність руйнування, а відповідно і якість обробіткубуде вище.

В розділі охорони праці стан охорони праці в господарстві «Теліпко». Встановлено що в господарстві велика кількість порушень, не виконуються постанови і закон про охорону праці. Представлено методику розробки карти контролю агрегату по показниках безпеки. Пропоновані заходи щодо підвищення безпеки стану сільськогосподарських знарядь.

Техніко-економічними розрахунками встановлено, що річний економічний ефект склав 17300грн, а окупиться ця розробка за 0,28 роки, що дозволяє судити про доцільність даного рішення по розробіткуротаційного розпушувача ґрунту