

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Пояснювальна записка  
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти  
*бакалавр*

на тему: «Розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними  
дисками для поверхневого обробітку ґрунту»  
КРБ.133ГМбд\_41.02.00.00.000 ПЗ

Виконав: здобувач вищої освіти  
за освітньо-професійною програмою  
*«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*  
спеціальності 133 *«Галузеве  
машинобудування»*  
ступеня вищої освіти *бакалавр*  
групи 133ГМбд\_41  
БЛОВОД Валерія

Керівник: ТАРАСЕНКО Дмитро

**Полтава – 2026 року**

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**Факультет інженерно-технологічний**  
**Кафедра механічної та електричної інженерії**

Освітньо-професійна програма *«Машини та обладнання  
сільськогосподарського виробництва»*

Спеціальність *133 «Галузеве машинобудування»*  
Ступінь вищої освіти *бакалавр*

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
**Завідувач кафедри**  
**механічної та електричної**  
**інженерії,**  
канд. техн. наук, доцент,  
\_\_\_\_\_ Станіслав ПОПОВ  
03 грудня 2025 р.

**З А В Д А Н Н Я**

**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ**

***Валерія БІЛОВОД***

1 Тема роботи: *«Розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту»*

керівник роботи ***старший викладач ТАРАСЕНКО Дмитро,***  
затверджено засіданням кафедри, протокол №9 від 03 грудня 2025 р.

2 Строк подання здобувачем вищої освіти роботи – до 31 травня 2026 р.

3 Вихідні дані до роботи – *аналіз літературних джерел Національної бібліотеки України імені Володимира Вернадського; аналіз літературних джерел Полтавської обласної універсальної наукової бібліотеки імені Івана Котляревського; сучасний досвід підприємств машинобудування та АПК за тематичним спрямуванням.*

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

Розділ 1. *Загальний*

Розділ 2. *Технологічний*

Розділ 3. *Конструкторський*

Розділ 4. *Економіка, охорона праці та навколишнього середовища*

5 Перелік графічного матеріалу: *кресленик загального виду знаряддя; складальний кресленик вузла знаряддя, що виноситься на розгляд; робочі кресленики деталей знаряддя.*

## 6 Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Власне ім'я, прізвище та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання отримав
Економіка, охорона праці та навколишнього середовища	Інна МИКОЛЕНКО, професор кафедри економіки та публічного управління		
	Володимир ДУДНИК, доцент кафедри механічної та електричної інженерії		
	Павло ПИСАРЕНКО, завідувач кафедри екології, збалансованого природокористування та захисту довкілля		

7 Дата видачі завдання 03 грудня 2025 р.

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з.п.	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Вибір, затвердження теми роботи	До 03.12.2025 р.	
2	Складання, затвердження розгорнутого плану, завдання на кваліфікаційну роботу	15.12-28.12.2025 р.	
3	Опрацювання літературних джерел		
4	Збір, вивчення, обробка інформації, необхідної для виконання роботи		
5	Виконання розділів роботи, графічної частини	04.05-31.05.2026 р.	
6	Оформлення тексту роботи		
7	Попередній захист роботи на кафедрі	До 31.05.2026 р.	
8	Нормалізаційний контроль		
9	Доопрацювання роботи з урахуванням зауважень і пропозицій		
10	Захист кваліфікаційної роботи	3 01.06.2026 р.	

Здобувач вищої освіти \_\_\_\_\_ Валерія БІЛОВОД  
(підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Дмитро ТАРАСЕНКО  
(підпис)

## РЕФЕРАТ

**Пояснювальна записка:** 4 розділи, 1 додаток, 8 рисунків, 12 таблиць, 21 використане джерело, 45 сторінки.

**Об'єкт розробки** – процес поверхневого обробітку ґрунту ротаційними робочими органами

**Предмет розробки** – конструкція ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками та параметри його роботи

**Установка актуальної технічної задачі** – розробка ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками, яке забезпечить підвищення ефективності поверхневого обробітку ґрунту, зменшення тягового опору агрегату та покращення якості кришення ґрунту в умовах ресурсозберігаючих технологій землеробства.

**Мета кваліфікаційної роботи бакалавра** – розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту.

**Практичне значення кваліфікаційної роботи бакалавра.** Впровадження розробленого знаряддя дозволяє підвищити продуктивність агрегату на 20 %, знизити витрати палива на 9,3 %, покращити якість кришення ґрунту та забезпечити річний економічний ефект у розмірі 27000 грн з окупністю вкладень протягом 0,7 року.

У **загальному розділі** наведено відомості про об'єкт розробки та визначена її актуальність, проведено аналіз конструкцій існуючих машин для поверхневого обробітку ґрунту, виявлено їх переваги та недоліки, обґрунтовано доцільність застосування еліпсоподібних дисків як робочих органів ротаційного знаряддя.

У **технологічному розділі** здійснено аналіз технологічності деталі «маточина», розроблено маршрутний технологічний процес її виготовлення, визначено методи обробки поверхонь, схеми базування, режими механічної обробки, вимоги до точності та шорсткості поверхонь, розраховано припуски на обробку та операційні розміри.

У **конструкторському розділі** обґрунтовано конструкцію стійки з еліпсоподібним диском, описано будову та принцип роботи вузла, виконано розрахунки тягового опору, згинального моменту та перевірку міцності стійки.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		4

Отриманий коефіцієнт запаса міцності підтверджує надійність та довговічність конструкції.

У розділі **економіки, охорони праці та навколишнього середовища** визначено економічну ефективність запропонованої конструкції, розраховано термін окупності розробки, запропоновано заходи з безпечної експлуатації знаряддя та заходи охорони навколишнього середовища.

**Практичні результати роботи** – розроблений комплект конструкторської документації на ротаційне знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту. Розроблена конструкція забезпечує інтенсивне кришення ґрунту, покращене перемішування рослинних решток, зменшення тягового опору та стабільну роботу агрегату на підвищених швидкостях руху.

**Рекомендації щодо використання результатів роботи** – розроблене знаряддя може бути використане у сільськогосподарських підприємствах при поверхневому обробітку ґрунту, передпосівній підготовці поля та подрібненні рослинних решток в умовах мінімального та ресурсозберігаючого землеробства.

**Сфера застосування результатів роботи** – у сільськогосподарських підприємствах різних форм власності, фермерських господарствах, а також на машинобудівних підприємствах, що спеціалізуються на виробництві ґрунтообробної техніки.

Графічна частина роботи становить 4 аркуші формату А1.

Результат перевірки тексту пояснювальної записки на платіат за допомогою сервісу StrikePlagiarism: унікальність 98,76%

#### АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена розробці конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту. Особливістю розробленої конструкції є застосування еліпсоподібних дисків, які завдяки змінному радіусу кривизни забезпечують імпульсний вплив на ґрунт, інтенсивніше кришення, покращене перемішування рослинних решток та зниження тягового опору агрегату.

**РОТАЦІЙНЕ ЗНАРЯДДЯ, ЕЛІПСОПОДІБНИЙ ДИСК, ПОВЕРХНЕВИЙ ОБРОБІТОК ҐРУНТУ, МАТОЧИНА, СТІЙКА, ПІДШИПНИКОВИЙ ВУЗОЛ, ТЯГОВИЙ ОПІР, МІЦНІСТЬ, ЕКОНОМІЧНИЙ ЕФЕКТ, ОХОРОНА ПРАЦІ.**

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		5

## ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. ЗАГАЛЬНИЙ РОЗДІЛ	9
1.1 Значення поверхневого обробітку ґрунту в сучасному землеробстві	9
1.2 Агротехнічні вимоги до поверхневого обробітку ґрунту	10
1.3 Аналіз сучасних способів поверхневого обробітку ґрунту	11
1.4 Аналіз існуючих конструкцій ротаційних ґрунтообробних машин	12
1.5 Обґрунтування розробки	13
2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ РОЗДІЛ	16
2.1 Аналіз технологічності деталі	16
2.2 Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі	18
2.3 Обробка поверхонь деталі	21
2.4 Розробка схем базування деталі	23
2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі	25
2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів	28
3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ РОЗДІЛ	31
3.1 Обґрунтування конструкції стійки з еліпсоподібним диском	31
3.2 Будова та принцип роботи стійки з еліпсоподібним диском	31
3.3 Конструктивні розрахунки	33
РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА	36
4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки	36
4.2 Охорона праці	40
4.3 Охорона навколишнього середовища	42
ВИСНОВКИ	44
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ	46
ДОДАТКИ	48

КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ				
<b>Змн</b>	<b>Арк</b>	<b>№ докум.</b>	<b>Підпис</b>	<b>Дата</b>
Розробив		Біловод В.В.		
Перевішив		Тарасенко Д.С.		
Н. Контр.		Тарасенко Д.С.		
Керівник		Тарасенко Д.С.		
Зав.кафедр		Попов С.В.		

Розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту	Лист	Арк.	Аркушів
	1	6	45
ПДАУ, каф. МЕІ			

## ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору України вимагає впровадження ефективних ресурсозберігаючих технологій вирощування сільськогосподарських культур, важливою складовою яких є якісний обробіток ґрунту. В умовах постійного зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, необхідності збереження родючості ґрунтів та підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів особливого значення набуває вдосконалення конструкцій ґрунтообробних машин [4].

Поверхневий обробіток ґрунту є однією з найбільш поширених технологічних операцій у землеробстві. Він забезпечує розпушення верхнього шару ґрунту, руйнування ґрунтової кірки, знищення бур'янів, часткове загортання післяжнивних решток та створення сприятливих умов для накопичення і збереження вологи. Якість виконання цих операцій значною мірою визначає ефективність подальших технологічних процесів та рівень урожайності сільськогосподарських культур.

Для виконання поверхневого обробітку ґрунту широко застосовуються дискові борони, лушпильники та культиватори. Однак існуючі конструкції робочих органів не завжди забезпечують необхідну кінетичну кришню ґрунту, особливо за підвищеної щільності та недостатньої вологості. Крім того значні енергетичні витрати та нерівномірність обробітку зумовлюють ефективність використання таких машин [13].

Перспективним напрямом удосконалення ґрунтообробної техніки є застосування ротаційних робочих органів з дисками спеціальної форми. Використання еліпсоподібних дисків дозволяє створювати додаткові динамічні навантаження на ґрунт, підвищувати інтенсивність його кришення, покращити перемішування рослинних решток та зменшувати тяговий опір агрегату. Це сприяє підвищенню якості поверхневого обробітку та зниженню експлуатаційних витрат.

У зв'язку з цим актуальним завданням є розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками, яке забезпечить підвищення ефективності

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		7

поверхневого обробітку ґрунту та покращення техніко-економічних показників роботи агрегату.

**Об'єкт розробки** – процес поверхневого обробітку ґрунту ротаційними робочими органами.

**Предмет розробки** – конструкція ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками та параметри його роботи.

**Метою роботи** є розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно виконати такі **завдання**:

- провести аналіз існуючих конструкцій машин для поверхневого обробітку ґрунту;
- дослідити особливості роботи ротаційних ґрунтообробних знарядь;
- обґрунтувати вибір конструкції робочих органів з еліпсоподібними дисками;
- розробити конструкцію ротаційного знаряддя та комплект конструкторської документації;
- розробити технологічний процес виготовлення однієї з основних деталей конструкторської розробки;
- визначити техніко-економічну ефективність запропонованої конструкторської розробки;
- розглянути питання охорони праці та навколишнього середовища.

Практичне значення роботи полягає у підвищенні якості поверхневого обробітку ґрунту, зниженні енергетичних витрат на виконання технологічного процесу та покращенні експлуатаційних показників ґрунтообробних агрегатів завдяки використанню еліпсоподібних дисків у складі ротаційного знаряддя.

У кваліфікаційній роботі використано методи аналізу та узагальнення науково-технічної інформації, інженерних розрахунків, порівняння технічних рішень та конструювання машин і механізмів.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		8

## РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНИЙ

### 1.1 Значення поверхневого обробітку ґрунту в сучасному землеробстві

Обробіток ґрунту є однією з найважливіших технологічних операцій у сільськогосподарському виробництві, від якої значною мірою залежить урожайність культур, ефективність використання добрив, накопичення та збереження вологи, а також боротьба з бур'янами. Сучасне землеробство висуває підвищені вимоги до якості підготовки ґрунту, що обумовлено необхідністю отримання стабільних урожаїв за одночасного зниження енергетичних і матеріальних витрат.

Особливого значення набуває поверхневий обробіток ґрунту, який виконується на глибину від 3 до 12 см. Основними завданнями такого обробітку є розпушення верхнього шару ґрунту, руйнування ґрунтової кірки, підрізання бур'янів, загортання післязливних решток і створення сприятливих умов для проростання насіння.

За останні десятиліття значно змінилися підходи до обробітку ґрунту. Якщо раніше основною технологією була оранка, то нині дедалі ширше застосовуються мінімальний та ресурсозберігаючий обробіток. Це пов'язано зі зростанням вартості паливно-мастильних матеріалів, необхідністю збереження родючості ґрунтів та зменшенням негативного впливу сільськогосподарської техніки на навколишнє середовище[5].

В умовах кліматичних змін особливого значення набуває здатність ґрунту накопичувати й утримувати вологу. Тому сучасні ґрунтообробні машини повинні забезпечувати якісне розпушення без надмірного перевертання пласта, що сприяє зменшенню випаровування вологи та збереженню структури ґрунту. Одним із перспективних напрямів розвитку ґрунтообробної техніки є використання ротаційних робочих органів, які дозволяють інтенсифікувати процес кришення ґрунту та знизити тяговий опір агрегатів.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		9

## 1.2 Агротехнічні вимоги до поверхневого обробітку ґрунту

Якість поверхневого обробітку визначається відповідністю виконаної роботи агротехнічним вимогам.

До основних агротехнічних вимог належать забезпечення заданої глибини обробітку, рівномірності обробітку по ширині захвату, ефективне розпушення верхнього шару ґрунту, знищення бур'янів, збереження рослинних решток на поверхні поля, відсутність великих грудок, мінімальне ущільнення ґрунту ходовими системами агрегату, вирівнювання поверхні поля [4].

Для поверхневого обробітку глибина обробки зазвичай становить від 4 до 12 см залежно від культури та стану ґрунту. Відхилення фактичної глибини обробітку від заданої не повинно перевищувати  $\pm 1-2$  см

Важливим показником є ступінь кришення ґрунту. Після проходу агрегату більшість грудок повинна мати розмір менше 25 мм. Це сприяє створенню сприятливого водно-повітряного режиму та покращує умови розвитку кореневої системи рослин. Частина грудок розміром понад 50 мм після обробітку не повинна перевищувати 10–15 % [4, 5]

Важливою вимогою є забезпечення оптимальної структури ґрунту. Надмірне подрібнення може призводити до руйнування агрегатів ґрунту та розвитку ерозійних процесів, тоді як недостатнє кришення погіршує умови для проростання насіння.

Сучасні агротехнології також передбачають мінімізацію негативного впливу на структуру ґрунту. Тому все більшого поширення набувають знаряддя, які поєднують розпушування із збереженням мульчувального шару на поверхні поля.

Застосування сучасних ротаційних машин дозволяє досягати високої якості обробітку навіть на ущільнених або пересушених ґрунтах.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		10

### 1.3 Аналіз сучасних способів поверхневого обробітку ґрунту

Залежно від призначення та конструкції робочих органів розрізняють декілька основних способів поверхневого обробітку [4,5].

*Дискування.* Дискування здійснюється за допомогою дискових борін і лущильників. Робочими органами є сферичні або вирізні диски.

Перевагами даного способу є простота конструкції, висока продуктивність, ефективне подрібнення рослинних решток.

Але є й недоліки – значний тяговий опір, утворення плужної підшви, недостатнє перемішування ґрунту на малих глибинах, нерівномірність глибини обробітку.

*Культивація.* Виконується культиваторами із стріластими або розпушувальними лапами.

Перевагами є якісне підрізання бур'янів, невелика енергосмність.

Недоліки – забивання рослинними рештками, недостатнє подрібнення ґрунок..

*Ротаційний обробіток.* Виконується ротаційними боронами, мотиками та комбінованими агрегатами. Ротаційні робочі органи виконують активний вплив на ґрунт.

Переваги даного обробітку – інтенсивне кришення ґрунту, покращення вирівнювання поверхні, зниження тягового опору.

Недоліками є складніша конструкція, підвищені вимоги до міцності деталей, більша вартість виготовлення.

Саме ротаційні робочі органи сьогодні розглядаються як один із найбільш перспективних напрямів розвитку ґрунтообробної техніки [4,5,7].

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		11

#### 1.4 Аналіз існуючих конструкцій ротаційних ґрунтообробних машин

Ротаційні ґрунтообробні машини широко використовуються в технологіях мінімального та ресурсозберігаючого землеробства.

Серед сучасних ротаційних машин найбільшого поширення набули: ротаційні борони, вертикальні культиватори, голчасті борони, активні ротаційні фрези, ротаційні дискові агрегати [4].

Принцип роботи таких машин базується на взаємодії обертових робочих органів із ґрунтом. Під час руху агрегату ротаційні диски або зрочки перекочуються поверхнею поля та виконують розпушування верхнього шару.

Ротаційні борони використовуються переважно для руйнування ґрунтової кірки та аерації поверхневого шару.

Активні фрези забезпечують інтенсивне подрібнення ґрунту, однак відзначаються значними витратами енергії.

Вертикальні культиватори працюють без перевертання пласта і сприяють накопиченню вологи.

Останнім часом значного поширення набули агрегати з дисковими робочими органами нестандартної форми, які дозволяють підвищити якість обробітку та зменшити енерговитрати [7].

##### *Особливості роботи дискових робочих органів*

Дискові робочі органи широко застосовуються в ґрунтообробних машинах завдяки простоті конструкції та універсальності.

Під час руху диска відбувається підрізання верхнього шару ґрунту, часткове переміщення ґрунтової маси, подрібнення рослинних решток, кришення грудок.

На якість роботи дисків впливають діаметр, форма, кут атаки, кут нахилу, швидкість руху.

За формою диски поділяються на плоскі, сферичні, вирізні, хвилясті, зубчасті. Найбільшого поширення набули сферичні диски [4].

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		12

Їх перевагами є хороша проникна здатність, інтенсивне перемішування ґрунту, надійна робота на рослинних рештках.

Проте сферичні диски створюють значний бічний опір та потребують підвищених тягових зусиль.

Тому ведеться постійний пошук нових форм робочих поверхонь, які дозволяють зменшити енергоємність процесу обробітку.

### 1.5 Обґрунтування розробки

Одним із найважливіших завдань сучасного сільськогосподарського виробництва є забезпечення високоякісної обробітку ґрунту за мінімальних витрат енергетичних і матеріальних ресурсів. В умовах постійного зростання вартості паливно-мастильних матеріалів, необхідності збереження родючості ґрунтів та впровадження ресурсозощадючих технологій особливої актуальності набуває вдосконалення конструкцій ґрунтообробних машин [7].

Поверхневий обробіток ґрунту є однією з найбільш поширених технологічних операцій у системі землеробства. Його основними завданнями є розпушення верхнього шару ґрунту, знищення бур'янів, закриття вологи, подрібнення та часткове загортання післяжнивних решток, а також вирівнювання поверхні поля. Якість виконання цих операцій безпосередньо впливає на умови проростання насіння, розвиток кореневої системи рослин та майбутню врожайність сільськогосподарських культур.

Найбільш поширеними машинами для поверхневого обробітку є дискові борони та культиватори. Проте традиційні дискові робочі органи круглої форми не завжди забезпечують достатню інтенсивність кришення ущільнених ґрунтів, особливо в умовах недостатнього зволоження. Крім того, при роботі на великих швидкостях спостерігається зростання тягового опору, нерівномірність обробітку та погіршення якості перемішування рослинних решток із ґрунтом.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		13

Одним із перспективних шляхів підвищення ефективності поверхневого обробки є застосування ротаційних робочих органів. Під час роботи такі органи створюють додаткові динамічні навантаження на ґрунт, що сприяє більш інтенсивному руйнуванню грудок, покращенню структури обробленого шару та зменшенню енерговитрат на виконання технологічного процесу.

Особливий інтерес становить використання еліпсоподібних дисків. На відміну від традиційних круглих дисків, еліпсоподібний диск має змінний радіус кривизни по контуру. У процесі обертання це призводить до періодичної зміни глибини та характеру взаємодії робочого органу з ґрунтом. Внаслідок цього виникає імпульсний вплив на оброблюваний шар, який забезпечує інтенсивніше розпушення та кришення ґрунту без суттєвого збільшення тягового опору агрегату.

Застосування еліпсоподібних дисків дозволяє отримати низку технічних і технологічних переваг: підвищити ступінь кришення ґрунту, покращити якість підрізання бур'янів, забезпечити ефективніше перемішування рослинних решток із верхнім шаром ґрунту, зменшити гловий опір знаряддя, покращити самоочищення робочих органів, знизити енергетичні витрати на обробіток, забезпечити стабільну роботу на підвищених швидкостях руху агрегату.

Важливою перевагою запропонованого технічного рішення є можливість його використання в технологіях мінімального та ресурсозберігаючого соробітку ґрунту, які чині широко впроваджуються в сільськогосподарських підприємствах України. Такі технології спрямовані на збереження природної структури ґрунту, зменшення ерозійних процесів і накопичення продуктивної вологи [8, 10].

Аналіз існуючих конструкцій ротаційних ґрунтообробних машин показує, що питання використання робочих органів із некруглою геометрією досі залишається недостатньо дослідженим. Тому розробка конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками є актуальним напрямом удосконалення ґрунтообробної техніки та має важливе практичне значення.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		14

Отже, необхідність підвищення якості поверхневого обробітку ґрунту, зниження енерговитрат і забезпечення ефективної роботи в умовах сучасних ресурсозберігаючих технологій обумовлює доцільність розробки конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту. Запропонована конструкція дозволить підвищити техніко-економічні показники роботи агрегату та покращити якість виконання технологічного процесу.

*Висновок.* Проведений аналіз показав, що поверхневий обробіток ґрунту є важливою складовою сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур. Встановлено, що найбільш перспективним напрямом удосконалення ґрунтообробної техніки є застосування ротаційних робочих органів з дисками спеціальної форми. Еліпсоподібні диски забезпечують інтенсивніше кришення ґрунту, покращують перемішування рослинних решток та сприяють зменшенню тягового опору агрегату. На підставі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність розробки конструкції ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

## РОЗДІЛ 2. ТЕХНОЛОГІЧНИЙ

### 1. Аналіз технологічності деталі

Маточина є базовою деталлю ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту. Вона забезпечує з'єднання дисків з осьовим валом та сприймає знакозмінні навантаження під час роботи агрегату. Матеріал деталі – сталь Ст3 ДСТУ 2651:2005 [17], що відноситься до конструкційних вуглецевих сталей звичайної якості з вмістом вуглецю 0,14–0,22%.

За конфігурацією маточина є тілом обертання ступінчастої форми з фланцем. Зовнішній діаметр фланця становить  $\varphi 116$  мм, максимальний діаметр центральної частини –  $\varphi 82$  мм. Загальна осьова довжина деталі складається з таких характерних зон: зона різбових отворів фланця (довжина 18 мм), перехідна циліндрична частина та ступінчаста зовнішня поверхня з діаметрами  $\varphi 76$ ,  $\varphi 74$ ,  $\varphi 62$  мм.

Центральний отвір діаметром  $\varphi 50$  мм є посадковим і призначений для встановлення на вал. На фланці рівномірно по колу діаметром  $\varphi 98$  мм розташовано 6 різбових отворів  $M12 \times 1,25$  для кріплення дисків. Наявність різьби з дрібним кроком (1,25 мм) підвищує надійність з'єднання при вібраційних навантаженнях.

Деталь має фаски: дві фаски  $1 \times 45^\circ$  на внутрішньому отворі та гать фасок  $5 \times 45^\circ$  на зовнішніх поверхнях. Радіусні переходи  $R5$  і  $R12$  між ступенями зменшують концентрацію напружень. Товщина фланця в зоні його з'єднання з тілом деталі становить 5 мм з обох торців, що відповідає конструктивним вимогам до жорсткості.

Аналіз технологічності деталі передбачає оцінку якісних та кількісних показників. Якісна оцінка свідчить, що форма деталі добре пристосована до

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		16

механічної обробки на токарних верстатах – переважають поверхні тіл обертання. Наявність фланця з отворами потребує фрезерної або свердлильної операції. Кількісна оцінка технологічності виконується за коефіцієнтами уніфікації та точності.

Коефіцієнт уніфікації конструктивних елементів :

$$K_y = Q_y / Q, \quad (2.1)$$

де  $Q_y$  – кількість уніфікованих елементів;

$Q$  – загальна кількість конструктивних елементів деталі.

Маточина містить такі конструктивні елементи: циліндричні поверхні (зовнішні та внутрішні), фаски, радіусні переходи, різьбові отвори. Загальна кількість елементів  $Q = 18$ , з них уніфікованих  $Q_y = 15$ . Тоді:

$$K_y = 15 / 18 = 0,83$$

Значення  $K_y = 0,83 > 0,6$ , що відповідає вимогам технологічності.

Коефіцієнт точності обробки:

$$K_T = 1 - 1 / A_{сер} \quad (2.2)$$

де  $A_{сер}$  – середній квалітет точності поверхонь деталі.

Аналіз креслення показує, що більшість поверхонь виконується за 12–14 квалітетом точності, посадковий отвір  $\varnothing 50$  – за 7 квалітетом, різьбові отвори М12 – за 6Н. Середній квалітет:  $A_{сер} = (7 \times 1 + 6 \times 6 + 12 \times 8 + 14 \times 3) / 18 \approx 10,6$ .

$$K_T = 1 - 1 / 10,6 \approx 0,91$$

Значення  $K_T = 0,91 > 0,8$ , що підтверджує задовільну технологічність деталі за показником точності. Деталь технологічна: вона допускає обробку вл чітких баз, має вільний доступ ріжучого інструменту до всіх поверхонь, а матеріал Ст3 добре обробляється різанням.

Таблиця 2.1 – Конструктивні елементи маточини та їх кількість

№	Конструктивний елемент	Кількість	Уніфікований	Квалітет
1	Зовнішні циліндричні поверхні	5	Так	12–14
2	Внутрішній отвір $\varnothing 50$ мм (посадковий)	1	Так	7
3	Різьбові отвори M12×1,25	6	Так	6H
4	Фаски $1 \times 45^\circ$ та $5 \times 45^\circ$	7	Так	14
5	Радіусні переходи R5, R12	2	Ні	14
Разом		21	–	–

Таблиця 2.2 – Кількісні показники технологічності маточини

Показник	Значення	Норматив (не менше)
Коефіцієнт уніфікації $K_u$	0,83	0,60
Коефіцієнт точності $K_t$	0,91	0,80
Середній квалітет точності $A_{cp}$	10,6	–
Висновок про технологічність	Деталь технологічна	

## 2.2. Аналіз діючого технологічного процесу виготовлення деталі

Діючий технологічний процес виготовлення маточини побудований за принципом концентрації переходів. Заготовка – штампована поковка зі сталі Ст3 або круглий прокат залежно від серійності виробництва. При дрібносерійному виробництві, характерному для виготовлення сільськогосподарських знарядь, найчастіше застосовують прокат діаметром 120 мм.

Діючий маршрут містить такі операції: заготівельну, дві токарні чорнові, токарну напівчистову, свердлильну, нарізання різьби, слюсарну та контрольну.

Токарні операції виконуються на токарно-гвинторізному верстаті типу 16К20. Свердлильна операція для отримання шести отворів під різьбу М12 виконується на вертикально-свердлильному верстаті 2Н135 з поворотним кондуктором.

Основним недоліком діючого технологічного процесу є велика кількість установів при токарній обробці. Деталь переустановлюють тричі, що збільшує похибку взаємного розташування поверхонь. Крім того, обробка зовнішніх діаметрів фланця та центральної частини ведеться з різних баз, що ускладнює забезпечення необхідного биття.

Ще одним недоліком є відсутність термічної обробки. Для деталей, що працюють в умовах знакозмінних навантажень і абразивного зношування (контакт із ґрунтом через диски), підвищення поверхневої твердості шляхом нормалізації або поверхневого загартування суттєво збільшило б ресурс деталі. Діючий процес цього не передбачає.

Контроль деталі виконується за допомогою гладких калібрів-пробок, скеб і різьбових калібрів. Биття контролюється на призмах з індикатором годинничкового типу. Такий підхід є стандартним для умов дрібносерійного виробництва і забезпечує неохідну точність при відносно невисоких витратах на оснащення.

Для вдосконалення процесу доцільно впровадити обробку з однієї установки на токарному верстаті з ЧПК типу 16А20Ф3, що дозволить суміщати чорнову і напівчистову обробку в одній операції та підвищити точність взаємного розташування поверхонь.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		19

Таблиця 2.3 – Структура діючого технологічного процесу виготовлення маточина

№	Назва операції	Обладнання	Установ	Примітка
005	Заготівельна (відрізання прокату)	Стрічкова пила 8725	1	
010	Токарна чорнова (сторона 1)	Токарний 16K20	1	Чорнова
015	Токарна чорнова (сторона 2)	Токарний 16K20	1	Чорнова
020	Токарна напівчистова	Токарний 16K20	2	Напівчистова
025	Свердлильна (6 отворів)	Свердлильний 2Н135	1	Качдуктор
030	Різбонарізальна	Свердлильний 2Н135	1	M12x1,25
035	Слюсарна (зачистка задирів)	Верстак	–	
040	Контрольна	Контрольний стіл	–	

Таблиця 2.4 – Порівняльний аналіз недоліків діючого ТП та заходів з їх усунення

Недолік діючого процесу	Захід з усунення
Безліч переустановів при токарній обробці (3 установи)	Застосування токарного верстата з ЧПК, обробка з однієї установки
Різні бази для обробки фланця і центральної частини	Уніфікація баз: обробка від торця фланця і центрального отвору
Відсутність термічної обробки	Введення нормалізації після заготівельної операції
Ручне перевстановлення при свердлінні 6 отворів	Застосування багатошпиндельного свердлильного пристрою або верстата з ЧПК

### 2.3 Обробка поверхонь деталі

Маточина має комплекс поверхонь, кожна з яких потребує певного методу обробки відповідно до заданої товщини та шорсткості. Загалом усі поверхні деталі поділяють на основні (ті, що визначають службове призначення), допоміжні та вільні.

Центральний отвір  $\varnothing 50$  мм є основною базовою поверхнею. Він забезпечує посадку маточини на вісь або вал ротаційного знаряддя. Точність цього отвору – 7 квалітет, шорсткість Ra 1,6 мкм. Обробку виконують у такій послідовності: свердління, розсвердлювання, розточування чорнове, розточування напівчистове, розточування чистове. При малому діаметрі отвору ( $\varnothing 50$  мм) для фінішної обробки доцільно застосовувати розвертання замість чистового розточування, що забезпечує стабільніший результат у серійному виробництві.

Зовнішні циліндричні поверхні з діаметрами  $\varnothing 82$ ,  $\varnothing 76$ ,  $\varnothing 74$ ,  $\varnothing 62$  мм обробляються точінням. Квалітет точності – 12–14, шорсткість Ra 6,3 мкм. Обробка чорнова і напівчистова в один-два проходи забезпечує задану точність. Поверхня  $\varnothing 82$  мм є зовнішньою поверхнею центральної частини і не є посадковою, тому до неї не ставляться підвищені вимоги.

Зовнішній діаметр фланця  $\varnothing 116$  мм і торцеві поверхні фланця обробляються точінням. Торці фланця повинні бути перпендикулярні осі деталі, оскільки до них притискаються диски. Шорсткість торців фланця Ra 3,2 мкм, що досягається чистовим точінням.

Шість різбових отворів M12×1,25 розташовані по колу  $\varnothing 95$  мм і розподілені рівномірно (через  $60^\circ$ ). Послідовність обробки кожного отвору: центрування (центровочним свердлом), свердління (свердлом  $\varnothing 10,1$  мм під різьбу M12×1,25 згідно з ГОСТ 19257), нарізання різьби мітчиком M12×1,25-6H. Для забезпечення рівномірного розташування отворів застосовується поворотний кондуктор або подібний пристрій.

					КРБ.133Г Мбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						21
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

Фаски виконуються zenківкою або прохідним різцем під кутом 45°. Фаски 1×45° знімаються на внутрішньому отворі, фаски 5×45° – на зовнішніх кромках фланця. Радіусні переходи R5 і R12 формуються фасонним різцем або звичайним різцем з ручним або програмним управлінням обходу радіуса.

Шорсткість вільних поверхонь не регламентується кресленням і відповідає Ra 12,5 мкм після чоргової токарної обробки. Це дозволяє скоротити кількість проходів на цих поверхнях і знизити машинний час.

Таблиця 2.5 – Методи обробки поверхонь металевої деталі

№	Поверхня	Квалітет	Ra, мкм	Метод	Інструмент
1	Отвір ø50 мм	7	1,6	Розточ., розвертан.	Розточний різець, розвертка
2	Зовн. ø82, ø76, ø74, ø62 мм	12–14	6,3	Точіння	Прохідний різець
3	Фланець ø116 мм	14	6,3	Точіння	Підрізний різець
4	Торці фланця	12	3,2	Точіння чистове	Підрізний різець
5	Отвори ø10,1 мм (6 шт.)	14	6,3	Свердління	Свердло ø10,1 мм
6	Різьба М12×1,25-6Н (6 шт.)	6Н	3,2	Нарізання	Мітчик М12×1,25
7	Фаски 1×45° (2 шт.)	14	12,5	Зенкування	Зенківка 45°
8	Фаски 5×45° (5 шт.)	14	12,5	Точіння	Прохідний різець
9	Радіуси R5, R12	14	6,3	Точіння	Фасонний різець

Таблиця 2.6 – Досяжна точність методів обробки для поверхонь маточини

Метод обробки	Квалітет	Ra, мкм	Rz, мкм	Застосування
Точіння чорнове	13–14	12,5–25	50–100	Зовн. поверхні
Точіння напівчистове	11–12	3,2–6,3	12,5–25	Торці, зовн. пов.
Точіння чистове	8–10	0,8–1,6	3,2–6,3	Торці фланця
Горточування чистове	7–9	0,8–3,2	3,2–12,5	Отвір $\varnothing 50$ мм
Розвертання чистове	6–8	0,4–1,6	1,6–6,3	Отвір $\varnothing 50$ мм
Свердління	13–14	6,3–12,5	25–50	Отвори M12

#### 2.4 Розробка схем базування деталі

Базування деталі – це надання їй певного положення у просторі відносно координатних площин системи верстат-пристрій-інструмент-деталь (ВПІД). Правильний вибір баз визначає точність обробки і безпосередньо впливає на якість готового виробу. При виборі баз слід дотримуватися принципу єдності та суміщення баз.

Для маточини виділяють такі установчі операції: першу токарну операцію (обробка з боку фланця), другу токарну операцію (обробка з боку ступінчастої частини), свердильну операцію (свердління шести отворів під різьбу). Кожна операція потребує окремої схеми базування.

На першій токарній операції заготовку встановлюють у трикулачковий патрон з затисненням по зовнішній циліндричній поверхні прокату (тимчасова чорнова база). Торець прокату впирається в упор патрона. Схема позбавляє деталь 5 ступенів вільності: переміщення вздовж осей X, Y, Z та обертання навколо осей X і Y. Шосте – обертання навколо власної осі Z – не обмежується, що є необхідною умовою для токарної обробки.

На другій токарній операції деталь переустановлюють: базою є вже оброблена зовнішня циліндрична поверхня центральної частини ( $\varnothing 76$  або  $\varnothing 82$  мм) та торець фланця. Така схема реалізує принцип суміщення баз – установча база

збігається з конструкторською. Точність взаємного розташування торців фланця і зовнішніх поверхонь підвищується.

На свердлильній операції деталь встановлюють площиною торця фланця на опорні штири пристрою (установча база – три точки контакту, позбавляє 3 ступені вільності). Центральний отвір  $\varnothing 50$  мм слугує подвійною прямою базою – два пальці або оправка в отворі позбавляють ще 2 ступені вільності. Шосте – обертання навколо осі Z – обмежується фіксатором або штифтом, що входить в один зі щойно просвердлених отворів.

Похибка базування на свердлильній операції залежить від зазору між посадочним отвором деталі і настановним пальцем пристрою. При посадці H7/f7 зазор складає 16–59 мкм, що є допустимим для забезпечення рівномірного розташування отворів по колу з відхиленням не більше  $\pm 0,15$  мм.

Таблиця 2.7 – Схеми базування маточини по операціях

Оп.	Операція	Настановна база	Напрямна база	Опорна база
010	Токарна 1 (чорнова)	Зовн. циліндр (прокат)	Ось заготовки	Торець прокату (утор)
020	Токарна 2 (напівчистова)	Зовн. циліндр $\varnothing 76-82$ мм	Ось деталі	Торець фланця
025	Свердлильна (6 отв.)	Торець фланця (3 точки)	Отвір $\varnothing 50$ мм (оправка)	Фіксатор по отвору
030	Різьбонарізальна	Торець фланця (3 точки)	Отвір $\varnothing 50$ мм (оправка)	Кутевий фіксатор

Таблиця 2.8 – Аналіз похибок базування на основних операціях

Оп.	Операція	Вид похибки базування	Причина виникнення	Допустиме значення, мм
010	Токарна 1	Похибка від незбігу осей	Чорнова база (прокат)	До 0,5 мм (чорнова оп.)
020	Токарна 2	Мінімальна (бази збігаються)	Обробка від готових пов.	< 0,05 мм
025	Свердлильна	Похибка від зазору оправки	Зазор посадки Н7/г7	0,016–0,059 мм
030	Різьбонарізальна	Похибка кутового фіксатора	Точність фіксатора пристрою	< 0,1 мм за кутом

### 2.5 Розробка маршруту виготовлення деталі

Маршрут виготовлення деталі розробляється з урахуванням типу виробництва (дрібносерійне), матеріалу (Ст3), конструктивної форми (тіло обертання з фланцем) та вимог до точності основних поверхень. Принцип побудови маршруту – від чорнкової обробки з великими припусками до фінішної з мінімальними припусками.

Операція 005 – Заготівельна. Відрізання прокату  $\varnothing 120$  мм довжиною 75 мм (з урахуванням припуску на обробку торців) на стрічкопилальному верстаті або відрізному токарному верстаті. Після відрізання торця заготовки підрихтовуються вручну для усунення задирів.

Операція 010 – Токарна чорнова (установка А). Закріплення в трикулачковому патроні за зовнішньою поверхнею прокату. Підрізання торця фланця в розмір, доцінка зовнішнього діаметра  $\varnothing 116$  мм фланця начорно, свердління центрального отвору свердлом  $\varnothing 46$  мм, чорнове розточування отвору до  $\varnothing 49$  мм.

Операція 015 – Токарна чорнова (усгнов Б). Переустановлення деталі в патрон за  $\varnothing 116$  мм фланця з притисканням до торця. Підрізання протилежного торця в розмір за довжиною. Чорнове точіння ступінчастої зовнішньої поверхні ( $\varnothing 82, \varnothing 76, \varnothing 74, \varnothing 62$  мм) з припуском  $1,5$  мм на сторону. Знімання фасок  $5 \times 45^\circ$  на торцях ступенів.

Операція 020 – Токарна напівчистова. Встановлення за  $\varnothing 76-22$  мм і торцем фланця. Напівчистове точіння всіх зовнішніх ступенів у розмір з припуском  $0,3-0,5$  мм. Чистове розточування отвору до  $\varnothing 49,7$  мм. Зняття фасок  $1 \times 45^\circ$  на отворі. Обробка радіусів R5 і R12 фасонним різцем.

Операція 025 – Свердлильна. Встановлення деталі торцем фланця на плиту пристрою, центрування по отвору  $\varnothing 50$  мм. Центрування 6 отворів, свердління  $\varnothing 10,1$  мм на глибину  $22$  мм. Зняття фасок  $1 \times 45^\circ$  в отворах зенківкою.

Операція 030 – Різьбонарізальна. В тому ж пристрої нарізання різьби M12 $\times$ 1,25-6H мітчиком у 6 отворах на глибину  $18$  мм (повна різьба –  $15$  мм). Після нарізання – продувка стисненим повітрям для видалення стружки.

Операція 035 – Токарна чистова. Чистове розвертання отвору  $\varnothing 50$  мм розверткою  $\varnothing 50H7$  до фінального розміру. Чистове підрізання торців фланця до Ra  $3,2$  мкм. Зачищення фасок.

Операція 040 – Стусарна. Зачистка задирів і гострих кромки. Промивання деталі в мийній машині.

Операція 045 – Контрольна. Перевірка всіх розмірів згідно з кресленням: калібрами-скобами (зовнішні діаметри), калібром-пробкою  $\varnothing 50H7$ , різьбовим калібром M12 $\times$ 1,25-6H, індикатором біття осевого і радіального.

					КРБ.133Г Мбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		26

Таблиця 2.9 – Маршрут виготовлення маточини

№	Вст.	Зміст операції (основні переходи)	Обладнання	Пристрій	Інструмент
005	–	Відрізання прокату $\varnothing 120$ мм, $l=75$ мм	Пила 8725	Лещата	Пила
010	А	Підрізання торця, точіння $\varnothing 116$ , свердління $\varnothing 45$ розточ. $\varnothing 49$	16K20	3-куліт. патрон	Різець, свердло
015	Б	Підрізання торця, точіння $\varnothing 82$ , $\varnothing 76$ , $\varnothing 74$ , $\varnothing 62$ , фаски $5 \times 45^\circ$	16K20	3-куліт. патрон	Різець прохідний
020	А,Б	Напівчистове точіння ступенів, розточ. $\varnothing 49,7$ , радіуси R5, R12	16A20Ф3	3-куліт. патрон	Різці, розточний
025	А	Свердління $6 \times \varnothing 10,1$ мм, зенкування фасок	2H135	Кондуктор+оправка	Свердло, зенківка
030	А	Підрізання M12 $\times 1,25$ -6H (6 шт.)	2H135	Кондуктор+оправка	Мітчи M12 $\times 1,25$
035	А	Розвертання $\varnothing 50H7$ , чистове підрізання торців	16K20	3-кулач. патрон	Розвертка $\varnothing 50H7$
040	–	Зачистка залірів, промивання	Верстак	–	Напилок, щітка
045	–	Контроль всіх розмірів	Контрол. стіл	–	Калібри, індикатор

Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат

КРБ.133ГМбд\_41.02.00.00.000 ПЗ

Арк.

27

Таблиця 2.10 – Різучий інструмент для виготовлення маточини

№	Інструмент	Марка (стандарт)	Матеріал різальної ч.	Операція
1	Різець проходний Ø16×16	ГОСТ 13879-73	T15K6	010, 015, 020
2	Різець підрізний Ø16×16	ГОСТ 18880-73	T15K6	010, 015, 035
3	Різець розточний	ГОСТ 18883-73	T15K6	010, 020
4	Свердло спіральне Ø40 мм	ГОСТ 10903-77	P6M5	010
5	Свердло Ø10,1 мм	ГОСТ 10903-77	P6M5	025
6	Мітчик M12×1,25- 6H	ГОСТ 3266-81	P6M5	030
7	Розвертка Ø50H7	ГОСТ 1672-80	P6M5	035
8	Зенквірка 90°	ГОСТ 14953-80	P6M5	025

## 2.6 Визначення припусків на обробку та операційних розмірів

Припуск на механічну обробку – це шар матеріалу, що видаляється з поверхні заготовки для досягнення заданої точності і шорсткості готової деталі. Загальний припуск складається з суми операційних (міжпереходових) припусків.

Розрахунок мінімального операційного припуску виконується за формулою (для зовнішніх поверхонь обертаючої):

$$2z_{min} = 2(Rz_{i-1} + h_{i-1} + \Delta(\rho_{i-1}^2 + \varepsilon_i^2)), \quad (2.3)$$

де  $Rz_{i-1}$  – висота мкронерівностей профілю на попередньому переході, мкм;

$h_{i-1}$  – глибина дефектного шару після попереднього переходу, мкм;

$\rho_{i-1}$  – сумарна просторова похибка заготовки, мкм;

$\varepsilon_i$  – похибка установлення на поточному переході, мкм.

Для заготовки з прокату Ст3  $\varnothing 120$  мм:  $Rz = 160$  мкм,  $h = 200$  мкм (дефектний шар після відрізання). Відхилення від прокату  $\rho = \delta \cdot l$ , де  $\delta$  – питоме відхилення (для прокату нормальної точності  $\delta = 1,5$  мкм/мм),  $l$  – половина довжини заготовки. При  $l = 37,5$  мм.  $\rho = 1,5 \times 37,5 = 56$  мкм.

Розрахунок виконується для центрального отвору  $\varnothing 50H7$ , оскільки це найвідповідальніша поверхня. Послідовність обробки: свердління  $\varnothing 46 \rightarrow$  розточування чорнове  $\rightarrow$  розточування напівчистове  $\rightarrow$  розвертання листове.

Для операції розвертання (перехід 4):

$$2Z_{\min 4} = 2 \cdot (Rz_3 + h_3 + \sqrt{(\rho^2 + l^2)})$$

$$2Z_{\min 4} = 2 \cdot (3,2 + 15 + \sqrt{(20^2 + 25^2)}) = 2 \cdot (18,2 + 32) \approx 100 \text{ мкм}$$

Максимальний операційний припуск визначається як сума мінімального припуску і допуску на виготовлення попередньої операції:

$$2Z_{\max} = 2Z_{\min} + T_{(i-1)}, \quad (2.4)$$

де  $T_{(i-1)}$  – допуск на розмір після попереднього переходу.

Для розточування напівчистового:  $T_3 = 130$  мкм (для  $\varnothing 49,7$  мм за 9 класітетом). Тоді:

$$2Z_{\max 4} = 100 + 130 = 230 \text{ мкм} = 0,23 \text{ мм}$$

Загальний припуск на обробку отвору від заготовки  $\varnothing 46$  мм до готового  $\varnothing 50H7$  мм становить 4 мм на діаметр (2 мм на сторону). Розподіл по переходах показано в таблиці 2.11.

Для зовнішнього діаметра  $\varnothing 82$  мм розрахунок ведеться аналогічно. Заготовка має діаметр  $\varnothing 120$  мм. Після чорнового точіння –  $\varnothing 85$  мм (припуск 35 мм на діаметр), після напівчистового –  $\varnothing 82,5$  мм, після чистового –  $\varnothing 82$  мм. Сумарний припуск на зовнішній діаметр фланцевої зони становить 38 мм на діаметр, що є характерним для обробки прокату.

Таблиця 2.11 – Припуски та операційні розміри для отвору  $\varnothing 50H7$  мм

№	Перехід	$Zz$ , мкм	$h$ , мкм	$\rho$ , мкм	$\varepsilon$ , мкм	$2Z_{min}$ , мкм	$d$ опер., мм
1	Свердління $\varnothing 46$	80	100	56	80	–	$\varnothing 46,0$
2	Розточ. чорнове	40	50	30	50	3 000	$\varnothing 49,0$
3	Розточ. напівчист.	10	20	20	30	280	$\varnothing 49,7$
4	Розвертання чистове	1,6	0	10	25	100	$\varnothing 50H7$

Таблиця 2.12 – Припуски та операційні розміри для зовнішніх поверхонь

Поверхня	Перехід	Припуск на $\varnothing$ , мм	Допуск, мм	$Ra$ , мкм	Операційний розмір, мм
$\varnothing 82$	Заготовка (прокат)	–	+0,4/-0,4	25	$\varnothing 120$
$\varnothing 82$	Точіння чорнове	3,0	$\pm 0,3$	12,5	$\varnothing 85,0 \pm 0,3$
$\varnothing 82$	Точіння напівчистове	3,0	$\pm 0,15$	6,3	$\varnothing 82,5 \pm 0,15$
$\varnothing 82$	Точіння чистове	0,5	-0,35/0	3,2	$\varnothing 82h12$
$\varnothing 116$	Точіння чорнове	4,0	$\pm 0,3$	12,5	$\varnothing 117 \pm 0,3$
$\varnothing 116$	Точіння чистове	1,0	-0,87/0	6,3	$\varnothing 116h14$

Перевірка правильності призначення припусків виконується з умови, що номінальний розмір заготовки не менший за суму готового розміру деталі і загального припуску:

$$d_{zag} \geq d_{дет} + 2Z_{zag}, \quad (2.5)$$

$$120 \geq 82 + 38 \rightarrow 120 = 120 \text{ (умова виконана)}$$

Таким чином призначені припуски забезпечують видалення всього дефектного шару і досягнення заданих параметрів точності та шорсткості поверхонь маточини при мінімальних витратах матеріалу.

## РОЗДІЛ 3. КОНСТРУКТОРСЬКИЙ

### 3.1 Обґрунтування конструкції стійки з еліпсоподібним диском

Одним із найбільш відповідальних вузлів ротаційного знаряддя є стійка дискового робочого органу, яка забезпечує надійне кріплення диска до рами машини та сприймає навантаження, що виникають під час взаємодії диска з ґрунтом. Від конструкції стійки значною мірою залежить якість обробки ґрунту, стійкість руху агрегату, довговічність робочих органів і енергетичні витрати на виконання технологічного процесу.

Для розроблюваного ротаційного знаряддя запропоновано стійку з індивідуальним кріпленням еліпсоподібного диска на підшипниковому вузлі. Конструкція забезпечує вільне обертання диска та можливість його роботи в умовах значного забруднення рослинними рештками.

Основними вимогами до конструкції стійки є забезпечення необхідної міцності та жорсткості надійне утримання диска в робочому положенні, зменшення навантажень на підшипниковий вузол, простота монтажу та технічного обслуговування, висока ремонтпридатність.

Запропонована конструкція дозволяє використовувати еліпсоподібний диск діаметром 510 мм, встановлений на маточині через конічні роликові підшипники.

### 3.2 Будова та принцип роботи стійки з еліпсоподібним диском

Конструкція вузла представлена на кресленні «Стойка з диском».

До складу вузла входять стійка; хомут кріплення до рами; кронштейн; еліпсоподібний диск; скоба кріплення; конічні роликові підшипники; маточина; вісь; корпус маточини; ущільнювальні елементи; кріпильні болти та гайки.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		31

1 – кронштейн кріплення стійки; 2 – стійка; 3 – підшипниковий вузол;  
 4 – рифлений диск; 6 – гвинти з'єднання стійки з ударним механізмом та ступицею; 8 – торцевий напівкульковий виступ; 9 – ступиця; 10 – циліндричний ударник; 11 – корпус ударного механізму; 12 – циліндричний порожнистий корпус; 13 – напівкульковий виступ; 14 – кришка корпусу; 15 – стінка ударного механізму

Рисунок 3.1 – Стійка кріплення диска

Стійка виготовлена з листової конструкційної сталі та має вигнуту форму, що забезпечує необхідний виліт диска відносно рами машини. Кріплення стійки до поперечної балки виконується за допомогою скоби та болтового з'єднання, що дозволяє регулювати положення робочого органу.

Еліпсоподібний диск закріплюється на фланці маточини шістьма болтами. Для забезпечення плавного обертання використовуються два конічні роликіві підшипники, встановлені в корпусі маточини.

Уцілювання підшипникового вузла запобігає потраплянню пилу, вологи та частинок ґрунту в зону тертя.

*Принцип роботи вузла*

Під час руху агрегату диск перекочується по поверхні поля та одночасно заглиблюється у ґрунт на задану глибину.

На відміну від традиційного круглого диска, еліпсоподібний диск має змінний радіус кривизни. У процесі обертання відбувається циклічна зміна кута входження робочої кромки в ґрунт, що сприяє інтенсивнішому кришенню ґрунту, підвищенню якості підризання бур'янів, покращенню перемішування рослинних решток, зниженню забивання робочих органів.

Усі навантаження від диска через маточину передаються на стійку та далі на раму машини.

### 3.3 Конструктивні розрахунки

*Вибір матеріалу стійки [5, 17]*

Стійка працює в умовах знакозмінних навантажень, ударних впливів та вібрацій.

Для її виготовлення доцільно використовувати сталь 09Г2С або Сталь 20.

Таблиця 3.1 – Механічні властивості матеріалу стійки

Показник	Сталь 09Г2С
Границя текучості, МПа	345
Тимчасовий опір, МПа	490
Відносне подовження, %	21
Густина, кг/м <sup>3</sup>	7850
Зварюваність	добра

Використання сталі 09Г2С дозволяє зменшити масу конструкції та забезпечити високий запас міцності.

*Розрахунок навантаження на стійку*

Для поверхневого обробітку ґрунту питомий опір дискових робочих органів становить:  $q = 4,6 \text{ кН/м}$

При ширині захвату одного диска  $b = 0,22 \text{ м}$  та питомому опорі  $q = 5 \text{ кН/м}$  тяговий опір одного диска визначається за формулою:

$$P=q \cdot b, \quad (3.1)$$

$$P=5 \cdot 0,22=1,1 \text{ кН}$$

Отже  $P=1100 \text{ Н}$

Розрахунок згинального моменту в стійці

Відстань від точки прикладання сили до місця закріплення стійки:

$$l=0,55 \text{ м}$$

Згинальний момент:

$$M=P \cdot l, \quad (3.2)$$

$$M=1100 \cdot 0,55=605 \text{ кН}$$

або

$$M=605000 \text{ Н}$$

Перевірка міцності стійки

Приймаємо переріз стійки: ширина  $b=90 \text{ мм}$ , товщина  $s=12 \text{ мм}$ .

Момент опору:

$$W=\frac{b \cdot s^2}{6}, \quad (3.3)$$

$$W=\frac{90 \cdot 12^2}{6}=2160 \text{ мм}^3$$

Напруження згину:

$$\sigma=\frac{M}{W}, \quad (3.4)$$

$$\sigma=\frac{605000}{21600}=28 \text{ МПа}$$

Допустиме напруження для сталі 09Г2С:

$$[\sigma]=160 \text{ МПа}$$

Коефіцієнт запасу міцності:

$$n=\frac{160}{28}=5,7$$

Отриманий запас міцності свідчить про надійну роботу конструкції.

					КРБ.133Г МБд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		34

### *Переваги розробленої конструкції*

Запропонована стійка з еліпсоподібним диском має такі переваги: підвищена якість поверхневого обробітку ґрунту зменшення забивання рослинними рештками, простота виготовлення, надійний підшипниковий вузол, можливість регулювання положення робочого органу, достатній запас міцності, висока ремонтпридатність.

*Висновок.* У результаті розробки запропоновано конструкцію стійки з еліпсоподібним диском діаметром 510 мм, яка забезпечує якісний поверхневий обробіток ґрунту та надійну роботу в польових умовах. Проведені розрахунки показали, що максимальний згинальний момент становить 605 Н·м, а коефіцієнт запасу міцності перевищує 5, що підтверджує працездатність і довговічність конструкції.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		35

## РОЗДІЛ 4. ЕКОНОМІКА, ОХОРОНА ПРАЦІ ТА НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

### 4.1 Техніко-економічне обґрунтування розробки

Одним із головних напрямів підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва є впровадження сучасних групових машин, які забезпечують високу якість виконання технологічних операцій за мінімальних енергетичних та матеріальних витрат.

Запропоноване ротаційне знаряддя з еліпсоподібними дисками призначене для поверхневого обробитку ґрунту, подрібнення рослинних решток та передсівної підготовки поля. Завдяки особливій формі робочих органів забезпечується більш інтенсивне кришення ґрунту та зниження тягового опору агрегату.

Економічна ефективність розробки досягається за рахунок підвищення продуктивності агрегату, зменшення витрати палива, покращення якості обробитку ґрунту, скорочення експлуатаційних витрат, збільшення терміну служби робочих органів.

*Визначення вартості виготовлення конструкції*

Вартість виготовлення розробленої конструкції визначається за формулою:

$$C_k = C_m + C_n + C_{зп} + C_{ск} \quad (4.1)$$

де  $C_m$  – вартість матеріалів, грн;

$C_n$  – вартість покупних виробів, грн;

$C_{зп}$  – заробітна плата працівників, грн;

$C_{ск}$  – складально-монтажні роботи, грн.

Таблиця 4.1 – Витрати на виготовлення конструкції

Найменування витрат	Вартість, грн
Металопрогат	7500
Еліпсоподібні диски	4200
Підшипники	1300
Кріпильні вироби	850
Заробітна плата	3500
Складальні роботи	2150
Разом	20000

Отже, собівартість виготовлення конструкції становить:

$$C_k = 20000 \text{ грн.}$$

*Порівняння експлуатаційних показників*

Для оцінки ефективності розробки проведемо порівняння базового та удосконаленого варіантів.

Таблиця 4.2 – Порівняльна характеристика

Показник	Базова конструкція	Розроблена конструкція
Робоча ширина захвату, м	3,0	3,0
Робоча швидкість, км/год	10	17
Продуктивність, га/год	2,4	2,9
Витрата палива, л/га	7,5	6,8
Якість кришення ґрунту	середня	висока

Годинна продуктивність машинно-тракторного агрегату визначаємо за формулою:

$$W = B \cdot V \cdot t, \quad (4.2)$$

де  $B$  – робоча ширина захвату агрегату, м;

$V$  – робоча швидкість руху, км/год;

$t$  – коефіцієнт використання часу зміни.

Для базової конструкції приймаємо:  $B = 3,0$  м;  $V = 10$  м/год.;  $t = 0,8$ .

Тоді продуктивність становитиме:

$$W_1 = 3 \cdot 10 \cdot 0,8 = 2,4 \text{ га/год}$$

Для розробленого ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками:

$$B = 3,0 \text{ м}; V = 12 \text{ м/год.}; t = 0,8.$$

Тоді:  $W_2 = 3 \cdot 10 \cdot 0,8 = 2,9 \text{ га/год.}$

Приріст продуктивності:

$$W = 2,9 - 2,4 = 0,5 \text{ га/год.}$$

Відносне збільшення продуктивності:

$$P = 0,5 \cdot 2,4 \cdot 100 = 20 \%$$

Отже, застосування ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками забезпечує підвищення продуктивності агрегату на 20 % порівняно з базовою конструкцією.

*Річна економія паливно-мастильних матеріалів*

Приймаємо річний об'єм робіт:  $F = 500 \text{ га.}$

Економія палива на 1 гектарі становить

$$\Delta q = 7,5 - 6,8 = 0,7 \text{ л/га.}$$

Річна економія палива

$$Q = 500 \cdot 0,7 = 350 \text{ л.}$$

За вартості дизельного палива 60 грн/л економимо

$$E_{\text{п}} = 350 \cdot 60 = 21000 \text{ грн.}$$

*Визначення річного економічного ефекту*

Крім економії палива, враховуємо скорочення витрат на технічне обслуговування та ремонт.

Приймаємо додаткову економію:

$$E_{\text{р}} = 6000 \text{ грн.}$$

Тоді загальний річний економічний ефект:

$$E = E_{\text{п}} + E_{\text{р}} \quad (4.3)$$

$$E = 21000 + 6000 = 27000 \text{ грн.}$$

*Розрахунок строку окупності*

Строк окупності визначається за формулою:

					КРБ.133Г МБд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		38

$$T = \frac{C_k}{E}, \quad (4.4)$$

$$T = \frac{20000}{27000} = 0,74 \text{ року.}$$

Отже, вкладені кошти окупляться менш ніж за один рік експлуатації.

Коефіцієнт економічної ефективності.

$$E_k = \frac{1}{T}, \quad (4.5)$$

$$E_k = \frac{1}{0,74} = 1,35.$$

Оскільки отримане значення перевищує нормативне (0,15–0,20), розробка є економічно доцільною.

Техніко-економічні показники розробки зведені в таблицю 4.2.

Таблиця 4.2 – Техніко-економічні показники розробленого ротаційного знаряддя

Показник	Базова конструкція	Розроблена конструкція	Відхилення
Робоча ширина захвату, м	3,0	3,0	–
Робоча швидкість, км/год	10	12	+20 %
Продуктивність, га/год	2,4	2,9	+20 %
Витрата палива, л/га	7,5	6,8	-9,3 %
Річна економія палива, л	–	350	–
Вартість конструкції, грн	–	20000	–
Річний економічний ефект, грн	–	27000	–
Строк окупності, років	–	0,74	–
Коефіцієнт економічної ефективності	–	1,35	–
Якість ґрунту	Середня	Висока	Покращення

Розроблене ротаційне знаряддя з еліпсоподібними дисками забезпечує підвищення продуктивності на 20 %, зниження витрат палива на 9,3 %, річний економічний ефект 27 тис. грн та окупність вкладень протягом 0,74 року.

## 4.2 Охорона праці

Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів [3].

Під час експлуатації ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками працівники можуть зазнавати впливу небезпечних і шкідливих виробничих факторів. Основними з них є рухомі та обертові елементи машини, гострі кромки дисків, підвищений рівень шуму та вібрації, запыленість повітря робочої зони, можливість травмування під час технічного обслуговування та ремонту агрегату.

Особливу небезпеку становлять дискові робочі органи, які під час руху агрегату обертаються з високою кутовою швидкістю та можуть викидати грудки ґрунту, каміння й рослинні рештки на значну відстань. Небезпечними є також операції навішування знаряддя на трактор, регулювання робочих органів і заміна зношених деталей.

Для зниження ризику травматизму конструкція машини повинна відповідати вимогам чинних нормативних документів з безпеки праці та технічної експлуатації сільськогосподарської техніки.

Заходи безпеки під час експлуатації ротаційного знаряддя

До роботи з агрегатом допускаються особи, які пройшли навчання, інструктаж з охорони праці та мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії.

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан трактора та знаряддя, переконатися у справності кріплень дисків, стійок та підшипникових вузлів, перевірити наявність і надійність захисних пристроїв, оглянути гідросистему та зчипний пристрій, переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні роботи агрегату.

Під час виконання технологічного процесу забороняється перебувати поблизу робочих органів агрегату, проводити очищення дисків під час руху машини, виконувати ремонтні роботи при працюючому двигуні трактора, перевозити людей на знарядді або рамі агрегату, працювати при несправних вузлах і механізмах.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		40

Розвороти агрегату необхідно виконувати лише після піднімання робочих органів у транспортне положення.

Вимога безпеки під час технічного обслуговування

Технічне обслуговування та ремонт агрегату виконують на спеціально обладнаному майданчику після повної зупинки трактора та вимкнення двигуна.

Перед початком робіт необхідно встановити машину на рівний майданчик, опустити робочі органи на підкладки або спеціальні опори, загальмувати трактор, від'єднати джерела енергії.

Під час демонтажу дисків та підшипникових вузлів необхідно використовувати справний слюсарний інструмент і засоби індивідуального захисту.

Для захисту працівників рекомендується використовувати спецодяг, захисне взуття, рукавиці, захисні окуляри, засоби захисту органів слуху за необхідності.

Під час роботи машинно-тракторного агрегату існує ризик виникнення пожежі внаслідок зливу паливно-мастильних матеріалів або потрапляння сухих рослинних решток на нагріті елементи двигуна.

Для забезпечення пожежної безпеки необхідно підтримувати справність паливної системи, регулярно очищати трактор від пилу та рослинних решток, не використовувати відкритий вогонь поблизу паливно-мастильних матеріалів, забезпечити трактор справним вогнегасником.

Місця зберігання техніки повинні бути обладнані первинними засобами пожехогасіння відповідно до встановлених норм.

Заходи щодо покращення умов праці

Для підвищення безпеки роботи та зниження стомлюваності механізатора доцільно:

- використовувати трактори з герметизованими кабінами;
- застосовувати сидіння з віброзахистом;
- забезпечувати кондиціонування та вентиляцію повітря в кабіні;
- застосовувати сучасні засоби контролю технічного стану агрегату;
- виконувати регламентовані перерви під час роботи.

					КРБ.133Г Мбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		41

Отже, розглянуто основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають під час експлуатації ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками. Запропоновані організаційні та технічні заходи забезпечують безпечну роботу машинно-тракторного агрегату, знижують імовірність виробничого травматизму та сприяють створенню належних умов праці механізаторів.

### 4.3 Охорона навколишнього середовища

Запропоноване ротаційне знаряддя з еліпсоподібними дисками призначене для поверхневого обробітку ґрунту без інтенсивного перекручування скиби. Такий спосіб обробітку сприяє збереженню рослинних решток на поверхні поля, які виконують функції природного мульчувального шару.

Використання еліпсоподібних дисків забезпечує якісне кришення верхнього шару ґрунту за меншої глибини обробітку порівняно з традиційними дисковими агрегатами. Це дозволяє зменшити руйнування ґрунтової структури та зберегти природний водно-повітряний режим.

До основних екологічних переваг розробленої конструкції належать зменшення ризику розвитку водної та вітрової ерозії, покращення накопичення та збереження вологи в ґрунті, збереження рослинних решток на поверхні поля; зниження інтенсивності ущільнення ґрунту, скорочення витрат палива та шкідливих викидів.

#### Заходи щодо охорони земельних ресурсів

Рациональне використання земельних ресурсів передбачає впровадження комплексу агротехнічних заходів, спрямованих на підтримання та підвищення родючості ґрунтів.

Під час експлуатації ротаційного знаряддя необхідно дотримуватися рекомендованої глибини обробітку, залобігати багаторазовим проходом техніки по одному сліду, виконувати роботи лише за оптимальної вологості ґрунту, впроваджувати науково обґрунтовані сівозміни, забезпечувати повернення рослинних решток у ґрунт.

					КРБ.133Г Мбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		42

Застосування зазначених заходів дозволяє знизити інтенсивність деградаційних процесів та забезпечити стабільну продуктивність сільськогосподарських угідь.

#### Охорона атмосферного повітря

Під час роботи машинно-тракторних агрегатів у повітря надходять відпрацьовані гази двигунів внутрішнього згоряння, які містять оксиди азоту, оксид вуглецю, вуглеводи та тверді частинки.

Для зменшення негативного впливу на атмосферне повітря необхідно підтримувати двигуни тракторів у справному технічному стані, своєчасно проводити технічне обслуговування паливної апаратури, використовувати якісне паливо та мастильні матеріали, уникати тривалої роботи двигуна на холостому ході, застосовувати енергоощадні технології обробки ґрунту.

Завдяки зменшенню тягового опору розробленого знаряддя досягається певне скорочення витрати палива та відповідно обсягів шкідливих викидів.

#### Поводження з відходами виробництва

Під час експлуатації та технічного обслуговування сільськогосподарської техніки утворюються відпрацьовані мастила, забруднені обтиральні матеріали, використані фільтри та зношені деталі.

Такі відходи необхідно збирати в спеціально відведених місцях та передавати спеціалізованим підприємствам для подальшої утилізації або переробки. Забороняється зливати мастила на поверхню ґрунту або у водні об'єкти.

Організація належного поводження з відходами сприяє зменшенню техногенного навантаження на довкілля та запобігає забрудненню природних ресурсів.

Отже, запропоноване ротаційне знаряддя з еліпсоподібними дисками відповідає сучасним вимогам екологічної безпеки та сприяє впровадженню ресурсозберігаючих технологій обробки ґрунту. Його використання забезпечує збереження структури та родючості ґрунту, зменшує ризик ерозійних процесів, сприяє накопиченню вологи та дозволяє скоротити витрати палива і викиди шкідливих речовин у навколишнє середовище.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		43

## ВИСНОВКИ

У кваліфікаційній роботі виконано комплексне вирішення інженерного завдання, пов'язаного з розробкою ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками для поверхневого обробітку ґрунту.

У результаті проведеного аналізу існуючих конструкцій ґрунтообробних машин встановлено, що підвищення ефективності роботи знаряддя може бути досягнуте шляхом удосконалення конструкції робочих органів. На основі аналізу технічних рішень обґрунтовано доцільність використання еліпсоподібних дисків, які забезпечують покращення умов взаємодії робочого органу з ґрунтом та сприяють підвищенню якості виконання технологічного процесу.

Розроблено конструкцію стійки з еліпсоподібним диском та виконано необхідні інженерні розрахунки. Проведені розрахунки підтвердили достатню міцність і жорсткість елементів конструкції, а отриманий коефіцієнт запасу міцності забезпечує надійну та довговічну роботу вузла в умовах експлуатаційних навантажень.

Виконано аналіз технологічності деталі «маточина», розроблено маршрутний технологічний процес її виготовлення, обґрунтовано вибір обладнання, режучого інструменту та технологічного оснащення. Проведено розрахунок припусків на механічну обробку, визначено операційні розміри та режими обробки, що забезпечують отримання необхідної точності та якості поверхонь при раціональному використанні матеріальних і трудових ресурсів.

У роботі також розглянуто питання охорони праці та охорони навколишнього середовища, визначено заходи щодо забезпечення безпечних умов праці під час виготовлення та експлуатації розробленої конструкції.

Розраховані техніко-економічні показники, які обґрунтовують доцільність розробки. Розроблене ротаційне знаряддя з еліпсоподібними дисками забезпечує підвищення продуктивності на 20 %, зниження витрат палива на 9,3 %, річний економічний ефект 27 тис. грн та окупність вкладень протягом 0,74 року.

					КРБ.133Г Мбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		44

Таким чином, поставлена мета кваліфікаційної роботи досягнута, а всі поставлені завдання виконані. Розроблена конструкція ротаційного знаряддя з еліпсоподібними дисками відповідає вимогам міцності, технологічності та експлуатаційної надійності. Результати роботи можуть бути використані при проєктуванні та виготовленні сучасних ґрунтообробних машин, а також у практиці машинобудівних підприємств, що спеціалізуються на виробництві сільськогосподарської техніки.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		45

## ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Адамчук В. В., Булгаков В. М. Механіко-технологічні основи взаємодії робочих органів із ґрунтом. Київ : Аграрна наука, 2021. 312 с.
2. Артёмов М. П., Лещенко С. М. Розрахунок і конструювання вузлів сільськогосподарських машин. Дніпро : ДДАЕУ, 2020. 286 с.
3. Войналович О. Р., Яцун С. С. Скорона праці в агропромисловому комплексі. Київ : Урожай, 2022. 318 с.
4. Войтюк Д. Г., Гаврилюк Г. Р. Сільськогосподарські машини : підручник. Київ : Каравела, 2019. 552 с.
5. Гуков Я. С., Сироватка О. М. Ресурсозберігаючий обробіток ґрунту: теорія і практика. Київ : Урожай, 2021. 240 с.
6. Заїка П. М. Теорія сільськогосподарських машин : у 2 т. Харків : ХНТУСГ, 2019. Т. 1. 408 с.
7. Кісільчук Р. В. Удосконалення конструкцій дискових ґрунтообробних машин для умов мінімального обробітку. Науковий вісник НУБіП України. 2022. Вип. 278. С. 45–53.
8. Кувачов В. П. Технологічні аспекти застосування ґрунтообробних агрегатів у точному землеробстві. Мелітополь : ТДАТУ, 2020. 198 с. Ловейкін В. С., Рибалко Ю. В. Динаміка сільськогосподарських агрегатів. Київ : НУБіП України, 2021. 276 с.
9. Мороз С. М., Герук С. М. Технічне обслуговування та ремонт машин АПК. Київ : НУБіП України, 2021. 334 с.
10. Надикто В. Т. Техніко-технологічне забезпечення ресурсощадних технологій у рослинництві. Мелітополь : Люкс, 2019. 284 с.
11. Олішук Р. М., Гречкосій В. Д. Економіка впровадження нових технічних засобів у сільськогосподарське виробництво. Київ : Аграрна освіта, 2020. 192 с.
12. Панченко А. А., Волошина А. А. Гідропневмосистеми сільськогосподарських машин. Мелітополь : ТДАТУ, 2022. 210 с.

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		46

13. Пастухов В. І., Губльов В. І. Грунтообробні машини та знаряддя : навч. посіб. Харків : ХНТУСГ, 2020. 248 с.

14. Сало В. М., Лузан П. Г. Конструювання сільськогосподарських машин : навч. посіб. Кропивницький : ЦНТУ, 2020. 320 с.

15. Чигрин О. В., Нікітін С. А. Матеріалознавство та технологія конструкційних матеріалів. Полтава : ПДАУ, 2021. 256 с.

19. ДСТУ 2651:2005. Сталь вуглецева звичайної якості. Марки. Київ: Держспоживстандарт України, 2005.

20. ДСТУ ISO 286-1:2002. Допуски і посадки за системою ISO. Київ: Держспоживстандарт України, 2002.

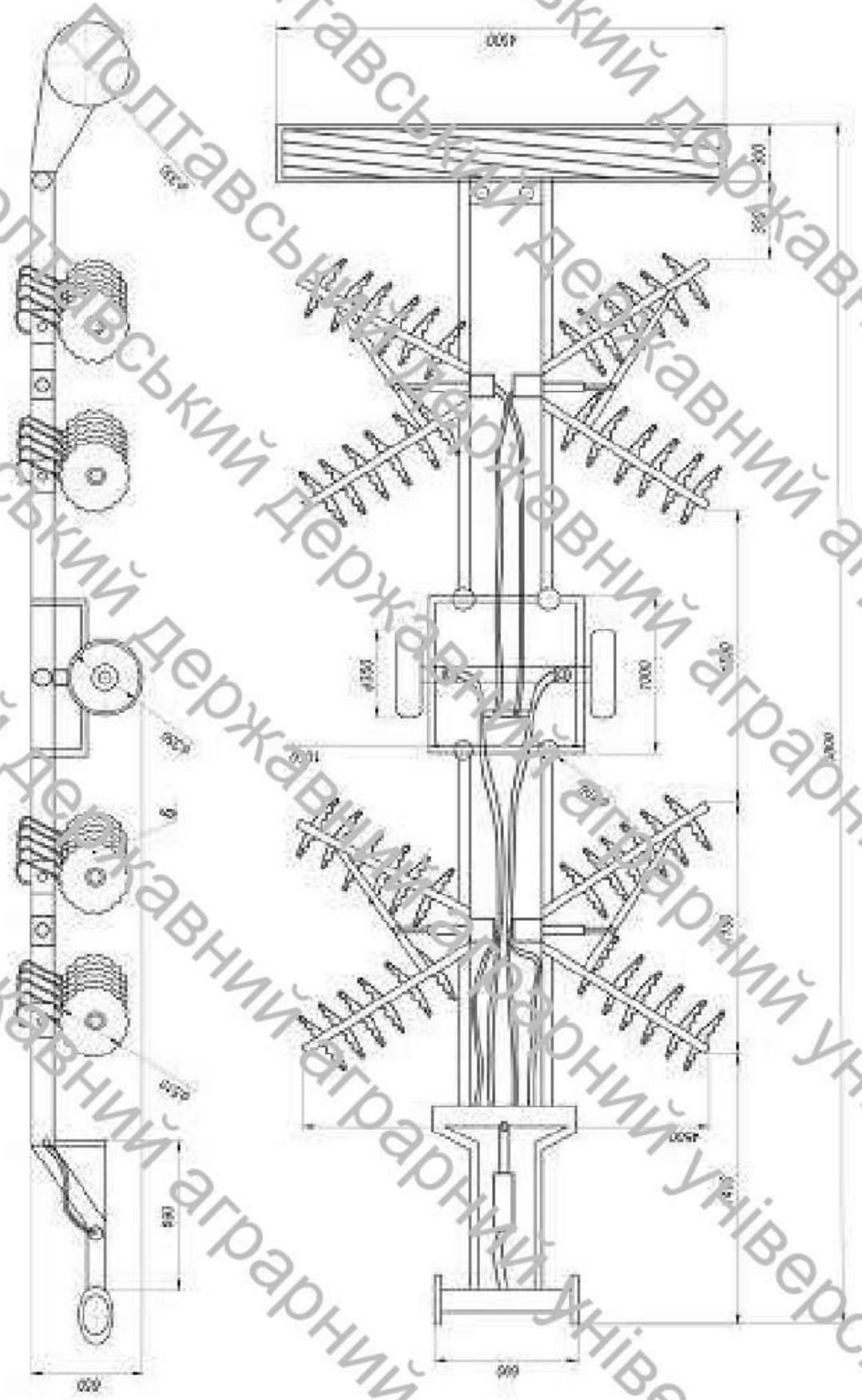
21. ДСТУ 8540:2015. Прокат сорговий і фасонний зі сталі вуглецевої звичайної якості. Загальні технічні умови. Київ: Держспоживстандарт України, 2015.

					КРБ.133Г Мбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
						47
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

**ПОДАТКИ**

					КРБ.133ГМбд_41.02.00.00.000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		48

Полтавський державний аграрний університет



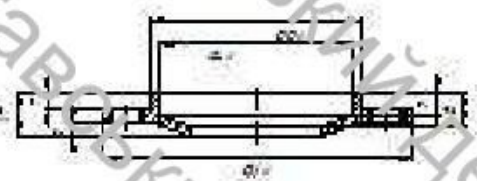
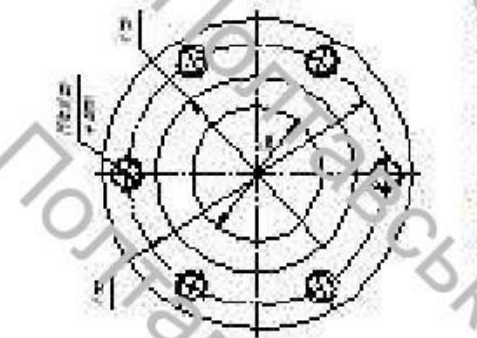
Титул: Детальні креслення  
1. Назва з'єднання: 4-1 А  
2. Назва деталі: 4-1 А  
3. Назва з'єднання: 4-1 А

Лист		Лист		Лист	
№	№	№	№	№	№
1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10

1:1



№ 1

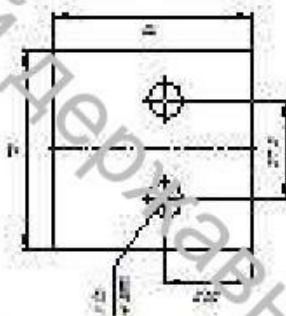


Технічні умови	
№	Назва
1	Цилиндр

Матеріал: сталь 45  
 Обробка: чорна, цв. металевий  
 Шліфування: за необхідності

Технічний умови

№ 2

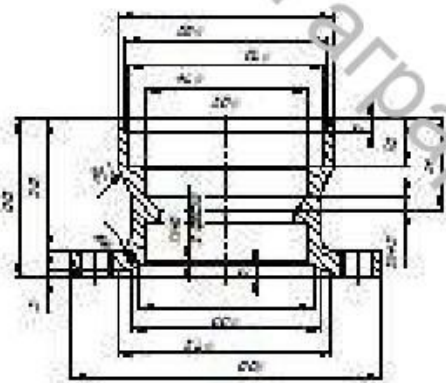
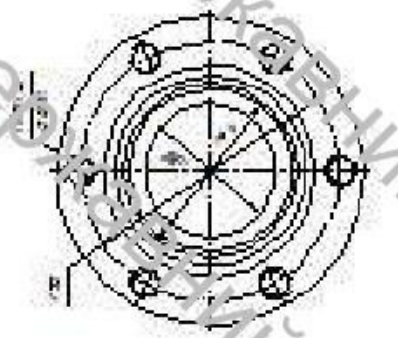


Технічні умови	
№	Назва
1	Платформа

Матеріал: сталь 45  
 Обробка: чорна, цв. металевий  
 Шліфування: за необхідності

Технічний умови

№ 3

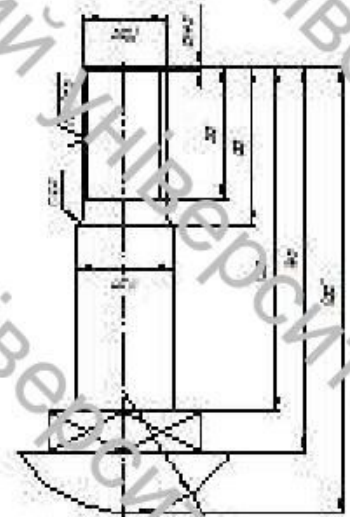
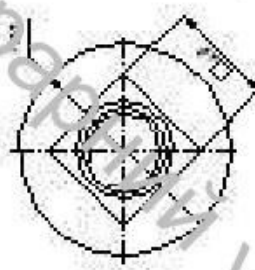


Технічні умови	
№	Назва
1	Цилиндр

Матеріал: сталь 45  
 Обробка: чорна, цв. металевий  
 Шліфування: за необхідності

Технічний умови

№ 4



Технічні умови	
№	Назва
1	Цилиндр

Матеріал: сталь 45  
 Обробка: чорна, цв. металевий  
 Шліфування: за необхідності

Технічний умови