

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
Факультет інженерно-технологічний  
Кафедра агроінжинірингу

До захисту  
Допускається  
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

за бакалаврським рівнем вищої освіти

На тему: «Підвищення ефективності виконання технологічної операції дискування шляхом модернізації дискової борони в умовах ННБК СНАУ»

Виконав:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Федько В.Є

(Прізвище, ініціали)

Група:

АІ 2202-1ст

(Науковий) керівник:

\_\_\_\_\_

(підпис)

Сировицький К.Г.

(Прізвище, ініціали)

## АНОТАЦІЯ

### **Федько В. Є. «Підвищення ефективності шляхом модернізації дискової борони в умовах ННВК СНАУ»**

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота на здобуття ступеня бакалавра за спеціальністю 208 Агроінженерія. - Сумський національний аграрний університет. – Суми. - 2025, 52 с.

Кваліфікаційна (бакалаврська) робота складається з чотирьох розділів, вступу, загальних висновків, списку використаних джерел із 20 найменувань, та графічної частини формату А1, А2, А3.

У кваліфікаційній роботі проаналізовано навчально-виробничий відділ комплексу (ННВК) машинно-тракторного парку Сумського національного аграрного університету. Наведено характеристику підприємства, земельного фонду, машинно-тракторного парку та його матеріально-технічного забезпечення. Розглянуто основні аспекти організації виконання технологічної операції дискування, класифікацію дискових борін, їх конструктивні особливості, переваги та недоліки. Зроблено розрахунок параметрів дискової борони АГ-2,4, зокрема тягового опору, робочої ширини захвату, витрати палива та продуктивності агрегату.

Запропоновано модернізувати конструкцію борони АГ-2,4 шляхом встановлення висівного бункера та механічного приводу для одночасного виконання передпосівного обробітку ґрунту та сівби або внесення мінеральних добрив. Розроблено конструктивні рішення щодо механічного приводу від робочих дисків через ланцюгову передачу та шарнір рівнокутних швидкостей, що забезпечує синхронну роботу агрегату та рівномірне внесення насіння або добрив. Проведені розрахунки підтверджують економічну доцільність модернізації борони АГ-2,4, що дозволяє підвищити ефективність її роботи, зменшити кількість проходів техніки по полю, скоротити витрати пального та часу, а також знизити ущільнення ґрунту.

**Ключові слова:** дискова борона, АГ-2,4, модернізація, висівний бункер, механічний привід, ланцюгова передача, енергозбереження, агротехнічні показники, продуктивність, витрата палива.

## ANNOTATION

### **Fedko V. Ye. «Improving Efficiency by Modernizing the Disk Harrow in the Conditions of the NNVK SNAU»**

Bachelor's qualification work for the attainment of the bachelor's degree in the specialty 208 Agroengineering. — Sumy National Agrarian University. — Sumy. — 2025, 52 pages.

The bachelor's qualification work consists of four chapters, an introduction, general conclusions, a list of references comprising 20 sources, and graphical materials in A1, A2, and A3 formats. The bachelor's thesis analyzes the educational and production department complex (NUVK) of the machine and tractor fleet of Sumy National Agrarian University. It presents a description of the enterprise, the land fund, the machine and tractor fleet, and its material and technical support. The main aspects of organizing the implementation of the disc harrowing process, the classification of disc harrows, their structural features, advantages, and disadvantages are considered.

Calculations of the AG-2.4 disc harrow parameters are provided, including tractive resistance, working width, fuel consumption, and unit productivity.

It is proposed to modernize the AG-2.4 disc harrow by installing a seed hopper and a mechanical drive to enable simultaneous pre-sowing soil cultivation and seeding or the application of mineral fertilizers.

Constructive solutions were developed for a mechanical drive from the working discs through a chain transmission and a constant velocity joint, ensuring synchronous operation of the unit and uniform application of seeds or fertilizers. The calculations carried out confirm the economic feasibility of modernizing the AG-2.4 disc harrow, allowing for increased operational efficiency, reduced passes of machinery across the field, lower fuel and time consumption, and reduced soil compaction.

**Keywords:** disc harrow, AG-2.4, modernization, seed hopper, mechanical drive, chain transmission, energy efficiency, agrotechnical indicators, productivity, fuel consumption.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	3
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА .....	5
1.1 Характеристика навчально-виробничого відділення комплексу (НВВК) машинно-тракторного парку Сумського національного університету.....	5
1.2 Земельний фонд.....	6
1.3 Технічне забезпечення .....	7
1.4 Освітня діяльність .....	7
1.5 Виробнича діяльність.....	8
2 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАЦІЇ ДИСКУВАННЯ.....	14
2.1 Історія виникнення.....	14
2.2 Основні етапи виконання дискування.....	16
2.3 Класифікація за масою й глибиною обробітку.....	20
2.4 Основні типи несправності дискової борони .....	24
2.5 Розрахунок дискової борони АГ-2.4-20 .....	31
2.6 Розрахунок параметрів упорядкування процесу виконання операції .....	32
3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА .....	34
3.1 Установлення висівного бункера .....	35
3.2 Механічний привід бункера від дисків .....	35
3.3 Шарнірне з'єднання та ланцюгова передача.....	36
3.4 Переваги оновлення конструкції.....	45
3.5. Охорона праці.....	46
4 Розрахункова частина	
4.1 Креслення	
ВИСНОВКИ .....	49
СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ.....	51

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Факультет інженерно-технологічний**

Кафедра агроінжинірингу

Ступінь вищої освіти «Бакалавр»

Спеціальність **208 Агроінженерія**

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

агроінжинірингу

\_\_\_\_\_ Шуляк М.Л.

“\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року

**З А В Д А Н Н Я**  
**НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ**

Федьку Володимиру Євгеновичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності виконання технологічної операції дискування шляхом модернізації дискової борони в умовах ННВК СНАУ

керівник роботи: Сировицький Кирило Геннадійович \_\_\_\_\_,

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “\_\_” \_\_\_\_\_ 202\_ року № \_\_\_\_\_

2. Строк подання здобувачем роботи: “\_\_” \_\_\_\_\_ 2025 року.

3. Вихідні дані до роботи: науково-дослідницька література, річні звіти ННВК СНАУ.

4. Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити): Підвищення ефективності виконання технологічної операції дискування шляхом модернізації дискової борони в умовах ННВК СНАУ

5. Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу: Агрегат комбінований модернізований (загальний вигляд) - 4 ; Привід (складальне креслення) - А4 ; деталювання; презентація.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання: “\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної роботи
1.	Збір інформації про діяльність господарства	05.09.2024 р. – 30.09.2024 р.	
2.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики	02.10.2024 р. – 02.12.2024 р.	
3.	Складання плану роботи	04.12.2024 р. – 09.12.2024 р.	
4.	Написання вступу	11.12.2024 р. – 21.12.2024 р.	
5.	Підготовка розділу «Характеристика підприємства»	05.02.2025 р. – 02.03.2025 р.	
6.	Підготовка розділу «Організація технічного обслуговування та ремонту»	04.03.2025 р. – 06.04.2025 р.	
7.	Підготовка розділу «Конструктивна частина»	08.04.2025 р. – 14.05.2025 р.	
8.	Написання висновків та пропозицій	до 12.05.2025 р.	
9.	Подання роботи на перевірку унікальності до експертної ради факультету	до 15.05.2025 р.	
10.	Подання роботи на рецензування	до 23.05.2025 р.	
11.	Подання до попереднього захисту	до 27.05.2025 р.	

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

**Фелько В.Є.**  
(прізвище та ініціали)

Керівник  
кваліфікаційної роботи \_\_\_\_\_  
(підпис)

**Сировицький К.Г.**  
(прізвище та ініціали)

## ВСТУП

Сільськогосподарське виробництво в Україні традиційно займає ключову позицію в структурі національної економіки, забезпечуючи країну продовольством і створюючи основу для розвитку пов'язаних галузей. Ефективність роботи аграрного сектора значною мірою обумовлений рівнем технічного забезпечення, що дозволяє проводити ґрунтообробні операції якісно, швидко і з мінімальними витратами ресурсів.

В сучасних реаліях, коли зростає потреба у підвищенні продуктивності праці та якості агротехнічних процесів, актуальним є питання удосконалення наявної техніки шляхом її модернізації. Це дає змогу суттєво продовжити термін експлуатації машин, адаптувати їх до сучасних вимог і підвищити економічну ефективність їх використання. Одним із широко використовуваних інструментів для обробки ґрунту є дискова борона. Вона виконує важливу роль у передпосівній підготовці полів: розпушує верхній шар ґрунту, подрібнює залишки рослинності та створює оптимальне посівне середовище.

До прикладу розглянемо борону моделі АГ 2.4, вона зарекомендувала себе як надійний агрегат, придатний до використання в різноманітних умовах. Проте з часом її конструкція морально та технічно застаріває, що знижує ефективність роботи. Це вимагає її удосконалення - як з позиції підвищення ефективності, відповідно сучасним вимогам щодо обслуговування, безпеки та надійності. Ця проблема стає особливо важливою в умовах навчально-виробничого відділення коледжу Сумського національного університету, де технічні засоби виконують не лише виробничі, а й навчальні функції.

Модернізація борони АГ 2.4 у цьому контексті є важливою складовою підготовки фахівців, оскільки надає можливість студентам ознайомитися з реальними інженерними задачами, вчитися проводити технічні аналізи, розробляти проєктні рішення, а також застосовувати здобуті знання на практиці. Оновлена техніка також буде використовуватися у виробничій діяльності навчального комплексу, що дозволить підвищити ефективність його функціонування.

Метою цієї дипломної роботи є здійснення всебічного аналізу конструкції борони АГ 2.4, виявлення її недоліків та розробки технічних рішень, спрямованих

на її вдосконалення. Зокрема, планується запропонувати нові або модернізовані елементи, які дозволять підвищити якість обробки ґрунту, знизити витрати на технічне обслуговування, а також забезпечити стабільну й безпечну роботу агрегату в умовах навчального господарства. При цьому враховуватимуться вимоги до енергозбереження, зносостійкості конструктивних елементів та універсальності технічного застосування.

У межах дослідження буде здійснено порівняльний аналіз технічних характеристик, розроблено обґрунтування запропонованих змін, визначено їх вплив на техніко-економічні показники, а також сформовано рекомендації щодо впровадження результатів роботи у практику.

Окрему увагу буде приділено підбору матеріалів, методам обробки та способам збирання конструктивних вузлів. Удосконалення борони не лише дозволить покращити її функціональні характеристики, але й відкриє нові можливості для професійної підготовки студентів, виконання курсових і дипломних проєктів, а також для дослідницької діяльності у сфері технічного сервісу аграрної техніки.

Таким чином, ця дипломна робота спрямована на вирішення актуального завдання - адаптації існуючої сільськогосподарської техніки до вимог сучасного виробництва в умовах навчального процесу. Її результати можуть стати основою для подальших технічних удосконалень, а також бути корисними для інших навчальних і виробничих установ, що експлуатують аналогічну техніку.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ПІДПРИЄМСТВА

## 1.1 Характеристика навчально-виробничого відділення комплексу (НВВК) машинно-тракторного парку Сумського національного університету

Навчально-виробничий відділ комплексу (НВВК) машинно-тракторного парку Сумського національного університету є важливим елементом освітньо-виробничої інфраструктури університету, який спрямований на забезпечення навчального процесу, наукових досліджень та практичного навчання студентів, а також на виконання аграрних виробничих завдань. «Рис. 1.1»

### Основні функції та завдання

Навчальна діяльність - забезпечення практичного навчання студентів аграрних і технічних спеціальностей, освоєння роботи з сучасною сільськогосподарською технікою.

Виробнича практика - реалізація інженерних рішень у процесі експлуатації та технічного обслуговування тракторів, борін, культиваторів та іншої техніки.

Дослідницька робота - тестування нових технологій, розробка методик удосконалення машинно-тракторного парку.

Модернізація техніки - впровадження сучасних механізмів для підвищення продуктивності та ефективності роботи.

### Роль у підготовці фахівців

Надання студентам шансу здобути практичні навички професійної діяльності з технікою. Допомагає освоїти навички ремонту, діагностики та вдосконалення технічного обладнання. Сприяє розвитку інженерного мислення шляхом участі в проєктних завданнях та дослідженнях.

Таким чином, НВВК відіграє ключовий вплив на підготовку кваліфікованих спеціалістів, здатних впроваджувати нові технології та підвищувати ефективність агропромислового виробництва.

Рисунок 1.1



## 1.2 Земельний фонд

Загальна площа земельних угідь, що перебувають у розпорядженні Сумського національного університету, становить 2600 гектарів «Рис 1.2». Ці землі використовуються для:

- а) Вирощування сільськогосподарських культур;
- б) Проведення польових практик студентів;
- в) Виконання науково-дослідних робіт у сфері аграрних технологій.

Рисунок 1.2



З них 60 гектарів відведено під наукові дослідження. На цих ділянках реалізуються експериментальні проєкти, що спрямовані на:

- а) Вивчення ефективності сучасних агротехнологій;
- б) Випробування нових сортів сільськогосподарських культур;
- в) Адаптацію методик точного землеробства.

### **1.3 Технічне забезпечення**

Машинно-тракторний парк забезпечений сучасною сільськогосподарською технікою, яка відповідає потребам як виробництва, так і навчального процесу. До складу парку входять:

- а) Трактори різної потужності для виконання широкого спектра польових робіт;
- б) Ґрунтообробна техніка (плуги, культиватори, борони);
- в) Посівна та збиральна техніка (сівалки, комбайни);
- г) Додаткове обладнання для внесення добрив та засобів захисту рослин.

### **1.4 Освітня діяльність**

На базі НВВК здійснюється підготовка фахівців за спеціальностями, пов'язаними з агрономією, інженерією сільськогосподарської техніки, землеустроєм та екологією «Рис. 1.4». Комплекс надає можливість студентам:

- а) Проходити виробничу практику в реальних умовах;
- б) Виконувати курсові та дипломні роботи з використанням ресурсів комплексу;
- в) Відпрацьовувати навички з організації аграрного виробництва.

Рисунок 1.4



## **1.5 Виробнича діяльність**

НВВК виконує також виробничу функцію, забезпечуючи університет продукцією рослинництва. Землі використовуються для вирощування зернових, технічних і кормових культур, що дозволяє поєднувати освітню діяльність із господарською.

### **Характеристика техніки НВВК Сумського національного університету**

Основна техніка включає трактори та комбайн, які забезпечують широкий спектр сільськогосподарських робіт.

#### **МТЗ 82.1**

Тип: універсально-просапний трактор.

Призначення: використовується для виконання різних видів робіт у рослинництві, тваринництві, транспорті, а також для польових і комунальних робіт.

Двигун: дизельний Д-243, потужність 81 к.с.

Особливості: повний привід (4x4), що забезпечує високу прохідність на різних типах ґрунтів. Ефективний для оранки, культивуації, сівби та інших польових операцій. Простий у технічному обслуговуванні та експлуатації.

Використання: ідеальний для польових робіт і навчання студентів основам роботи з універсальною сільськогосподарською технікою.

#### **МТЗ 80**

Тип: універсально-просапний трактор.

Призначення: застосовується для транспортування, польових і допоміжних робіт.

Двигун: дизельний Д-240, потужність 80 к.с.

Особливості:

а) Привід на задні колеса (4x2).

б) Простота конструкції та висока надійність.

в) Менш ефективний у важких умовах порівняно з МТЗ 82.1 через відсутність повного приводу.

Використання: підходить для транспортувальних і легких польових робіт, а також для навчання базових навичок управління трактором.

#### **Т-150К**

Тип: важкий колісний трактор.

Призначення: застосовується для енергоємних робіт, таких як глибока оранка, обробка важких ґрунтів, буксирування великих агрегатів.

Двигун: дизельний ЯМЗ-236ДК, потужність 165 к.с.

Особливості:

- а) Висока потужність і продуктивність.
- б) Складна конструкція вимагає якісного технічного обслуговування.

Використання: використовується для демонстрації важкої техніки студентам і виконання складних агротехнічних операцій.

### **Т-16**

Тип: самохідний трактор .

Призначення: використовується для легких транспортних і вантажних операцій.

Двигун: дизельний, потужність до 16 к.с.

Особливості:

- а) Малий розмір і простота конструкції.
- б) Обмежена потужність і функціональність.

Використання: в основному для транспортування вантажів, дрібних робіт, а також для навчання основ роботи з малогабаритною технікою.

### **Т-25**

Тип: малогабаритний трактор.

Призначення: використовується для дрібних польових, садових і транспортних робіт.

Двигун: дизельний, потужність 25 к.с.

Особливості:

- а) Економічність і маневровість.
- б) Легкість в обслуговуванні.

Використання: застосовується для навчання основ експлуатації техніки та проведення нескладних робіт на ділянках із невеликою площею.

### **Т-40**

Тип: універсальний трактор.

Призначення: використовується для транспортних і допоміжних робіт.

Двигун: дизельний Д-144, потужність 40 к.с.

Особливості:

а) Надійність і довговічність.

б) Висока прохідність на складних ділянках.

Використання: підходить для навчальних практик і невеликих господарських завдань.

### **МТЗ 82**

Тип: універсально-просапний трактор (базова модель для МТЗ 82.1).

Двигун: дизельний Д-240, потужність 81 к.с.

Особливості: аналогічний до МТЗ 82.1, проте з меншою адаптацією до складних польових умов.

Використання: виконує функції базового трактора для обробки ґрунту, посіву та транспортування.

### **Комбайн Дон-1500А**

Тип: зернозбиральний комбайн.

Призначення: застосовується для збирання зернових культур.

Двигун: дизельний, потужність 235 к.с.

Особливості:

а) Висока продуктивність.

б) Оснащений сучасними для свого часу системами обмолоту й очищення зерна.

в) Ефективний на великих площах.

Використання: підходить для виконання основних польових робіт зі збору врожаю, демонстрації технологій збирання зернових, а також навчання основ роботи зі складною технікою.

Машинно-тракторний парк НВВК Сумського національного університету включає широкий спектр техніки, яка використовується для виконання виробничих завдань і навчання студентів. Окрім тракторів і сільськогосподарського обладнання, парк містить вантажні, легкові автомобілі, а також спеціальну техніку, що забезпечує виконання різних завдань.

### **ЗІЛ-131**

Тридцятитонний вантажний автомобіль підвищеної прохідності.

Використовується для транспортування важких вантажів, особливо в складних дорожніх умовах.

### **ГАЗ-53**

Середньотоннажний вантажний автомобіль. Застосовується для перевезення зерна, добрив, паливних матеріалів тощо.

### **КАМАЗ**

Вантажний автомобіль великої вантажопідйомності (від 10 тонн і більше). Використовується для перевезення об'ємних і важких вантажів. Забезпечує високу продуктивність у логістичних операціях. Спеціальна техніка необхідна для виконання специфічних робіт у сільському господарстві та будівництві.

### **Кран "Гія"**

Автокран, що використовується для будівельних робіт, монтажу обладнання, завантаження важких вантажів. Має високу продуктивність і здатність працювати у важкодоступних місцях.

### **ГАЗель**

Мікроавтобус середньої вантажопідйомності. Використовується для перевезення невеликих вантажів або груп людей.

### **Легкові автомобілі**

Легкові автомобілі виконують функції службового транспорту для перевезення керівництва та персоналу, а також використовуються для навчальних цілей.

### **Hyundai Sonata**

Седан бізнес-класу, що забезпечує комфорт під час перевезення працівників і представників університету.

### **Ford Mondeo**

Надійний автомобіль середнього класу, застосовується для службових поїздок і навчальних завдань.

### **Skoda Superb**

Седан високого класу, відзначається економічністю та комфортом.

### **ВАЗ 2112**

Легковий автомобіль вітчизняного виробництва, використовується для побутових потреб університету.

### **Daewoo Lanos**

Використовується для навчання студентів водінню.

## **Toyota Camry**

Седан преміум-класу, що забезпечує комфорт для ділових поїздок і перевезення представників університету.

До складу машинного парку входять також інші транспортні засоби, які виконують інші функції.

## **Технологічні операції НВВК Сумського національного університету**

Навчально-виробничий відділ комплексу (НВВК) Сумського національного університету є базою для здійснення практичної підготовки студентів та виконання виробничих завдань.

На земельних угіддях університету площею 30 гектарів проводяться основні агротехнічні операції, які забезпечують ефективну підготовку ґрунту, висівання та догляд за культурами.

У цій роботі описані ключові технологічні процеси з використанням сучасної техніки, які дозволяють досягати високої якості виконання польових робіт та підготовки студентів.

НВВК Сумського національного університету займається великою кількістю технологічних робіт так як оранка, дискування, сівба, оприскування та інші.

Оранка є базовою операцією для обробітку ґрунту, яка виконується для поліпшення його структури, знищення бур'янів і закладення органічних залишків. Операція виконується за допомогою трактора МТЗ 82.1 з навісним плугом ПЛН-3-35. Глибина оранки залежить від типу культури та ґрунту (зазвичай 20-25 см). Операція виконується при оптимальній вологості ґрунту (12-20%), щоб уникнути грудкуватості.

Дискування є наступною операцією після оранки та виконується для подрібнення грудок ґрунту й вирівнювання його поверхні. Метою є забезпечення рівномірного розпушення ґрунту, закладення рослинних залишків і підготовка до сівби. Глибина дискування становить 8-12 см. Роботи виконуються в два сліди для досягнення кращої якості обробітку.

Сівба це один із ключових етапів агротехнічного циклу, що забезпечує рівномірне розташування насіння у ґрунті. Задана глибина загортання насіння: 4-6 см (залежно від культури). Відповідно норма висіву встановлюється відповідно до агротехнічних вимог культури, а сама швидкість посіву становить 5-7 км/год.

Безпосередньо також реалізовується догляд за посівами, який включає міжрядний обробіток, підживлення добривами та захист рослин від бур'янів і шкідників.

## 2 ОРГАНІЗАЦІЯ ВИКОНАННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ОПЕРАЦІЇ ДИСКУВАННЯ

**Дискування** – використання дискової борони для розпушення за для того, щоб розпушити верхній шар ґрунту. Можливо використання дисків під різним кутом нахилу, а саме ця особливість має назву “кут атаки”. Кут нахилу впливає на такі фактори, як: глибина обробітку та якість розпушення.

Дискування проводять для розпушення сильно зернових ґрунтів перед їх оранням для кращого розкладання дернини, а також для обробки після оранки та в інших сільськогосподарських випадках [2].

### 2.1 Історія виникнення

Борони мають давнє походження. Слово «борона» в українській мові має походження з праслов'янської мови *borna*, що має корінь у праіндоевропейських словах *bhar-* («гострий»), *bher-*, *-bhor-* (що означає «різати», «колоти», «бити», «терти»). Спочатку борони виготовляли з сучкуватих колод, а згодом з'явилися моделі з дерев'яними та металевими зубцями. За визначенням у Словарі української мови Б. Д. Грінченка, традиційна українська борона мала дві поздовжні дерев'яні глиці, до яких прикріплювалися поперечні елементи бруски - валки (бильця), на яких встановлювались зубці. [7]. У гуцульських боронах конструкція була дещо іншою: окрім двох крайніх глиць, посередині розташовувалась ще одна – центральна, і розташовувалися ще дві коротші глиці-хребетники. Валки склалися з шести частин, а у місцях зхрещування хребетників із валками були забиті залізні зубці. До переднього валка кріпили орчик, до якого приєднували посторонки. Борону також могли закріплювати до коня за поміччю голобель.

Якщо після засівання поля зерно не переорювали плугом, а лише прикривали землею за допомогою борони, це називалося «сівба під борону». Існував також вислів «тягнути борону» (за кимось), що означало «підлещуватися до когось».

#### **Кут атаки дисків**

Кут атаки має великий вплив на роботу агрегату «Рис. 2.1». Зазвичай варіюється в межах 12–30°. Великий кут атаки збільшує активність обробітку, але

підвищує енергозатрати, зношення дисків і ризик забивання. Малий кут атаки забезпечує краще підрізання скиби, але зменшує агресивність обробітку.

Оптимальне налаштування кута атаки дозволяє досягти балансу між якістю обробітку та ефективністю роботи агрегату.

Рисунок 2.1

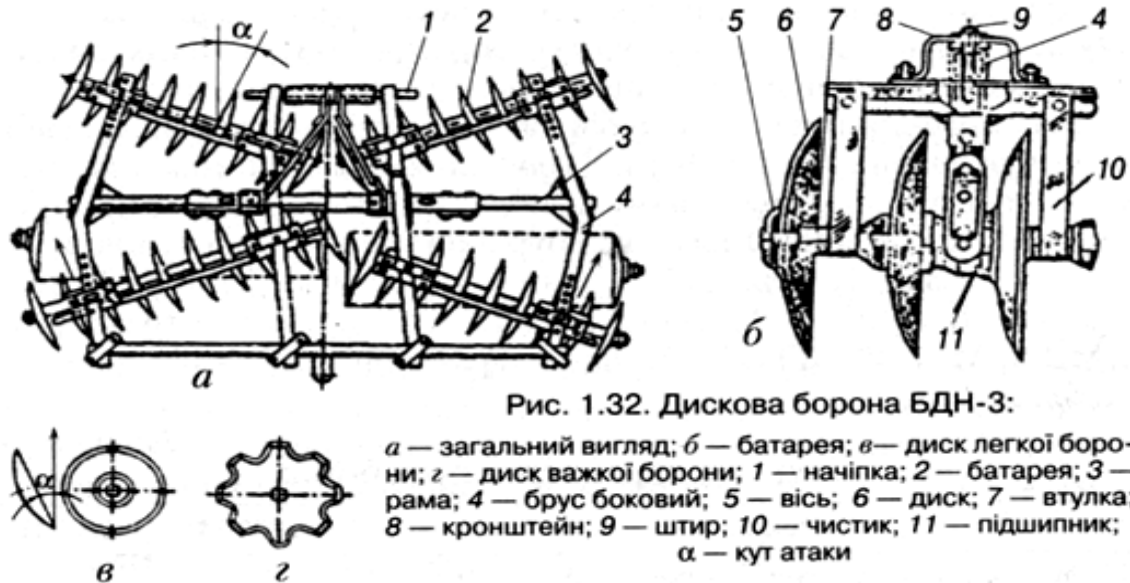


Рис. 1.32. Диска борона БДН-3:

*a* — загальний вигляд; *б* — батарея; *в* — диск легкої боро-  
ни; *г* — диск важкої боро-  
ни; 1 — націпка; 2 — батарея; 3 —  
рама; 4 — брус боковий; 5 — вісь; 6 — диск; 7 — втулка;  
8 — кронштейн; 9 — штир; 10 — чистик; 11 — підшипник;  
 $\alpha$  — кут атаки

Під час обробки на глибину 4-15 см покращуються аерація та тепловий режим, встановлюється оптимальний баланс води й повітря у ґрунті. Це сприяє швидшому засвоєнню рослинами поживних речовин і розвитку міцної кореневої системи, яка забезпечує доступ до необхідних мікроелементів. Як результат, поліпшуються умови для майбутнього врожаю.

Окрім ефективного бою із бур'янами, шкідниками та хворобами культур, дискування зменшує витрати на паливо в порівнянні з оранкою. Цей метод не залишає борозен і розорів, забезпечуючи рівну поверхню поля.

Подрібнені рослинні залишки після дискування слугують природним добривом, підвищуючи родючість ґрунту. Окрім того, розпушений ґрунт краще вбирає воду, що зменшує ризик водної ерозії та засолення земель.

Організація виконання технологічної операції дискування являє собою важливий етап у технологічному процесі обробітку ґрунту. Основна мета якої - подрібнення та перемішування рослинних решток, розпушення ґрунту, вирівнювання поверхні, а також боротьба з бур'янами. Підготовка до виконання

дискування безпосередньо починається з вибору техніки, дискової борони яка обирається відповідно до типу ґрунтів, площі обробітку, завдань операції (розпушення, заробка органічних решток, вирівнювання).

Для відмінного виконання, потрібно підготувати техніку, а саме: регулювання глибини обробітку (6-20 см). Перевірка справності підшипників, дисків, рами, системи зчеплення. Заточування або заміна зношених дисків.

Також потрібно враховувати робочі умови: ґрунт не повинен бути занадто вологим чи сухим. Робочий день організовується так, щоб уникнути надмірного пересихання ґрунту під сонцем [3].

## **2.2 Основні етапи виконання дискування**

Планування маршруту обробки поля [3]:

1) Визначення напрямку руху агрегату (поперек або під кутом до попереднього обробітку).

2) Поділ поля на загони для оптимізації траєкторії руху.

Виконання операції:

1) Регулювання швидкості руху (оптимально 6-10 км/год).

2) Забезпечення рівномірності заглиблення дисків на задану глибину.

3) Контроль перекриття проходів (5-10 см) для виключення пропусків або подвоєння обробітку.

Оперативний контроль:

1.Перевірка якості роботи техніки (подрібнення решток, глибина розпушення).

2.Усунення можливих збоїв у роботі (забивання дисків, поломки).

Післяопераційні заходи

Оцінка якості виконання:

1.Глибина дискування має бути рівномірною.

2.Поверхня поля повинна бути вирівняною, без гребенів або западин.

3.Рослинні рештки мають бути подрібнені й рівномірно розподілені.

Обслуговування техніки:

1.Чистка агрегатів від залишків ґрунту і рослин.

2.Огляд і заміна зношених деталей.

## Типи борін

Борони представлені у широкому розмаїтті, і залежно від конструкції робочих елементів їх поділяють на такі види дискових борін:

### Зубчасті борони

Вони мають раму гратчастого типу з прикріпленими зубами, зазвичай квадратного поперечного перерізу «Рис. 2.2.1». Робоча глибина сягає 5-6 см. Ці борони ефективно копіюють рельєф поверхні й застосовуються навесні для збереження вологи в ґрунті. Завдяки класифікації зубчастих борін їх можна використовувати у складі навісного обладнання різного типу, наприклад, разом із плугами та культиваторами для фінальної обробки ґрунту. Головний недолік цього типу борін - необхідність попереднього очищення землі від рослинних залишків.

Рисунок 2.2.1



### Пружинні борони

Рама складається з багаторядної конструкції, оснащеної робочими елементами у вигляді довгих лозин відповідної товщини «Рис. 2.2.2». Ці борони використовують для ущільнення ґрунту навесні та виконання різних обробок. Їх головна перевага - невибагливість до залишків рослинності, а також здатність ефективно працювати на великих швидкостях.

Рисунок 2.2.2



### Сітчасті борони

Основу конструкції становить рама з прикріпленим гнучким полотном, яке виступає робочим інструментом для обробки ґрунту «Рис. 2.2.3». Часто обладнуються додатковими зубцями для покращення ефективності. Найкраще підходять для догляду за пасовищами та луками.

Рисунок 2.2.3



## Дискові борони

Найбільш популярний вид інструменту, який буває дворядним, однорядним або хрестоподібним. Робочими елементами виступають диски з різними профілями (розрізні, гладкі, рифлені) діаметром 420-1000 мм, що визначає глибину обробки. Дискові борони універсальні й підходять як для поверхневої, так і для глибокої обробки ґрунту.

## Ротаційні борони

Робочими елементами є диски різних форм і розмірів, закріплені на одному валу «Рис. 2.2.4». Їх використовують для багатьох видів культивації, включно з досходовою та післясходовою обробкою. Вони обробляють ґрунт на глибину до 6 см, добре видаляють бур'яни та руйнують ґрунтову кірку.

Рисунок 2.2.4



Окрім цих типів, існують менш поширені моделі борін, такі як ланцюгові, ножові, ручні та інші.

Дискування поля виконується механізованим способом, використовуючи трактор з додатковим обладнанням, таким як дискові борони, лушильники або пристрої для заточування пилок. Диски встановлюються під кутом, зчіплюються з ґрунтом і вирізають скибу, забезпечуючи розпушення, подрібнення й

перемішування землі. Глибину обробітку можна регулювати, зазвичай вона становить 10-15 см.

Дискові борони класифікуються за призначенням і технічними характеристиками:

- а) Дворядні
- б) Однорядні
- в) Хрестоподібні

Робочими елементами є диски з гладким, рифленим або розрізним профілем.

### **Типи кріплення до трактора**

За способом кріплення борони поділяються на:

- а) Навісні
- б) Напівпричіпні
- в) Причіпні

Найпоширеніші в Україні - навісні та причіпні борони, які ефективно працюють залежно від особливостей моделі.

## **2.3 Класифікація за масою й глибиною обробітку**

**Луцильники** - легкі борони з дисками діаметром до 500 мм, що обробляють стерню й ґрунт на глибину до 7 см. Вони гірше перекидають ґрунт, проте ефективно розрізають горизонтальне коріння.

Дискові плуги - це великі і важкі агрегати з дисками діаметром понад 760 мм, призначені для обробки важких ґрунтів на глибині до 12 см [1].

### **Особливості дискових борін**

Якість обробки визначається типом обладнання та правильного налаштування кута дисків. Гостріший кут забезпечує глибше проникнення в ґрунт. Дискові борони є ідеальним вибором для полів із великою кількістю рослинних залишків «Рис. 2.2.5». Вони ефективно подрібнюють залишки й перемішують їх із ґрунтом, що сприяє покращенню його структури й родючості.

Рисунок 2.2.5



### **Правильне дискування поля**

Для досягнення високоякісного результату важливо належно підготувати як ділянку, так і техніку:

Підготовка поля:

Необхідно очистити територію від сміття, яке може завдати шкоди техніці. Обробку слід проводити в суху погоду, оскільки волога земля буде налипати на диски.

Підготовка техніки:

- а) Перевірити технічний стан обладнання й загострити диски.
- б) Необхідно відрегулювати кут нахилу дисків залежно від умов обробки дисків залежно від необхідної глибини обробітку.

Переваги дискування восени

В умовах посушливої осені дискування домінує над традиційною оранкою. Збереження структури ґрунту та поживних речовин сприяє кращому розвитку рослин.

Якість дискування залежить від правильно підбраного обладнання та глибини обробітку, яка визначається особливостями ґрунту, рівнем вологості та видами бур'янів:

- а) Для однорічних бур'янів достатньо глибини 6-10 см.
- б) Для багаторічних бур'янів глибину набавляють до 14 см.

## **Цілісний час для дискування**

Дискування слід проводити восени, відразу після збирання врожаю, слід розпочинати обробіток ґрунту. Це дозволяє уникнути пересушування ґрунту, що може погіршити його структуру та підвищити щільність. Також своєчасне оброблення запобігає обсіменінню пізніми бур'янами [5].

Глибина обробітку за попередніми культурами:

а) Після зернових глибина дискування до 20 см.

б) Після вирощування культур із грубими стеблами проводиться обробка ґрунту для подрібнення та заробки рослинних решток на 10-15 см.

в) Після соняшника верхній шар пухкий, тому достатньо застосувати широкозахватні луцильники.

г) Після багаторічних трав глибина обробітку становить 10-12 см.

Якщо рослинні залишки подрібнені недостатньо, можна провести повторне дискування для досягнення кращого результату.

## **Що краще: дискування чи оранка?**

Дискування - економічніший і швидший метод обробітку ґрунту. Воно дозволяє якісно підготувати землю до посіву, зберігаючи її структуру та покращуючи аерацію. Однак дискування підходить переважно для легких або середніх ґрунтів, а також для певних типів культур.

Оранка забезпечує глибший обробіток, перевертаючи верхній шар ґрунту, що знищує бур'яни, зменшує кількість шкідників і сприяє кращому збагаченню ґрунту киснем. Вона необхідна для важких ґрунтів, глибокого заробляння рослинних залишків і боротьби з багаторічними бур'янами, але є дорожчою та потребує більше часу й ресурсів.

Вибір між дискуванням і оранкою залежить від типу ґрунту, культури, яку планується вирощувати, і конкретних агротехнічних завдань.

## **Чим відрізняється дискування від боронування?**

Обидва методи - це поверхневий обробіток ґрунту, спрямований на розпушення та зрізання бур'янів. Основна відмінність між ними полягає у використуваній техніці:

а) Дискування виконується дисковими боронами або луцильниками, які розпушують ґрунт, подрібнюють рослинні залишки й перемішують їх із землею. Глибина обробки зазвичай становить 4-15 см.

б) Борокування здійснюється зубовими, пружинними або сітчастими боронами, які більше підходять для неглибокого розпушення (до 5-6 см) та вирівнювання поверхні поля.

Таким чином, дискування - це більш агресивний і універсальний метод, тоді як борокування підходить для легшої та поверхневої обробки.

Дискові ґрунтообробні знаряддя відіграють важливу роль у підготовці ґрунту, але ефективність їхньої роботи залежить від багатьох параметрів, зокрема: глибини обробітку, кута атаки, технічних характеристик дисків та їхнього кріплення.

Забивання міждискового простору.

Однією з ключових проблем, що заважає дієздатності дискових агрегатів, є забивання міждискового простору ґрунтом і залишками після подрібнення. Це особливо критично для батарейного кріплення дисків, коли відстань між ними зменшується, а диски обертаються синхронно. Через це багато виробників відмовляються від таких конструкцій на користь інших рішень.

Особливості дискових луцильників

Дискові луцильники, порівняно з лемішними знаряддями, мають менший вплив на структуру ґрунту. Вони слабше підрізають бур'яни, але ефективно розрізають горизонтально розташовані кореневища. Глибина обробітку становить 8-12 см, що є оптимальним для більшості завдань.

### **Переваги дискування в умовах посухи**

У посушливу осінь дискування демонструє переваги перед оранкою:

а) Зберігається краща структура верхнього шару ґрунту.

б) Поживні речовини концентруються у верхніх шарах, що сприяє розвитку озимих культур.

в) Оптимальна об'ємна вага верхнього шару ґрунту забезпечує рослинам ефективне використання вологи.

### **Рекомендації для якісного дискування**

Глибина обробітку визначається типом бур'янів:

а) Для однорічних бур'янів: 6-10 см.

б) Для багаторічних бур'янів: 10-14 см із обробкою в двох напрямках.

Попередня обробка стерні знижує опір ґрунту на 20–30% під час оранки, покращує рівність поверхні й якість обробітку.

## **2.4 Основні типи несправності дискової борони**

Пропуски (вистрибування) дискової борони зазвичай виникають через пересушений важкий ґрунт або надмірну швидкість руху. Для зволоження ґрунту може допомогти дощ. Оптимальна швидкість продуктивність роботи дисків складає 14-16 км/год. Якщо за таких умов спостерігаються пропуски, варто зменшити швидкість до 10-12 км/год. Проте надмірне сповільнення негативно вплине на стан роботи. Зміщення борони в бік може бути спричинене деформацією поперечини, до якої кріпиться триточкова навіска. Нерівномірне заглиблення по ширині захвату часто викликане різницею в тиску опорних коліс. На засмічених камінням або іншими твердими елементами полях можливе пошкодження дисків, що призводить до нерівномірної обробки по ширині захвату [1].

Сучасні дискові агрегати зазвичай оснащені підшипниковими вузлами, які не потребують обслуговування чи змащування. Однак це не стосується всіх виробників, а більшість старих знарядь вимагають регулярного контролю стану підшипників.

### **Дискові борони: грамотне застосування**

В дискових боронах в основному використовують два види робочих органів: гладкі круглі диски та диски класу «ромашка». Круглі диски мають суцільну округлу форму, що забезпечує рівномірний обробіток ґрунту. Диски класу «ромашка» виробляють із увігнутою поверхнею, що дозволяє встановлювати їх під певним кутом для ефективнішого подрібнення ґрунту.

У центрі диска передбачено відповідний отвір для кріплення, який забезпечує його надійну фіксацію на осі. Диск встановлюється на механізм, що закріплений на опорній балці. Ці диски відрізняються агресивною формою, що дозволяє ефективніше розбивати щільні грудки ґрунту. Їхній край по периметру складається з «пелюсток», які нагадують квітку. Завдяки цій формі «пелюстки» краще

подрібнюють ґрунт і соломі під час контакту. Для забезпечення плавного обертання на кожен такий диск додатково встановлюють кільце підшипників.

Більшість моделей дискових борін можуть бути укомплектовані відповідними інструментами, призначеними для виконання агротехнічних операцій. Зокрема, це можуть бути котки різних типів, формувальні елементи та легкі борінки, які використовуються для досягнення необхідного стану поверхні ґрунту. Вони виконують процедури ущільнення та вирівнювання, забезпечуючи оптимальні умови для подальшої обробки.

В Україні використовуються дискові борони як вітчизняного, так і закордонного виробництва, що робить цей сегмент техніки одним із найбільш затребуваним у господарстві.

Відмінною конструктивною особливістю є тандемне розташування дискових органів, закріплених на рамі. Така конфігурація сприяє ефективнішому розпушуванню ґрунту та знижує навантаження на підшипникові елементи. Дисковий інтервал становить 22 см, а кут атаки дорівнює 17°. Коток забезпечує точне копіювання рельєфу поверхні, що покращує якість обробітку ґрунту.

Чеський виробник Vednar пропонує широкий асортимент сільськогосподарської техніки, включаючи інноваційні рішення для обробітку ґрунту та посіву серії дискових луцильників Swifterdisc і борін Atlas.

Swifterdisc є невеликим дисковим луцильником, у якому диски закріплені у окремих стійках попарно, що забезпечує їх захист гумовими демпферами. Він підходить для луцення стерні та передпосівної підготовки. Ширина захвату досягає 12,4 м, залежно від моделі. Робочі органи мають агресивну форму діаметром 530 або 570 міліметрів а також великою кількістю дрібних крайок, що забезпечує ефективне нарізання соломи та рівномірне загортання в ґрунт.

Ці технічні рішення демонструють сучасний підхід до обробітку ґрунту, забезпечуючи високу продуктивність і якість роботи.

Atlas - це коротка дискова борона, яка забезпечує ефективне вирівнювання та обробіток ґрунту завдяки особливій конструкції робочих органів. Вона підходить як для основного, так і для допоміжного обробітку ґрунту. Її робочі органи оснащені дисками діаметром 620 мм а товщиною 6 мм, що дає змогу працювати на глибину до 16 см. Завдяки інтенсивному загортанню подрібнених рослинних решток ця

борона ефективно готує ґрунт для подальших агротехнічних операцій. Конструкція Atlas також оснащена постійними пружинними фіксаторами для кожного диска, що дозволяє збільшити тиск на ґрунт та покращити якість його обробітку.

### Lemken Rubin

Німецька компанія Lemken пропонує серію дискових борін Rubin, які є одними з найпопулярніших агрегатів цього типу в Україні. Rubin 10 - це навісна або напівнавісна модель з робочою шириною від 3 до 7 м. Вона оснащена дисками діаметром 645 мм з міжряддями 12,5 см, розташованими симетрично до напрямку руху «Рис. 2.4.1». Така конструкція усуває бічне відведення борони, що дозволяє зменшити витрати пального

Рисунок 2.4.1



### KUHN Optimer+, Optimer L та Optimer XL

Виробник Франція KUHN пропонує три серії коротких дискових борін, що відповідають різним завданням і умовам експлуатації.

Optimer+ - борони для поверхневого обробітку ґрунту на глибину 3–10 см. Вони забезпечують рівномірне загортання пожнивних решток і сприяють їхньому швидкому розкладанню. Незалежні диски монтується на еластомерному захисному пристрої, що забезпечує високу стійкість при роботі на швидкості 12–15 км/год.

Optimer L - моделі з дисками діаметром 510 мм, які дозволяють працювати на швидкості до 17–18 км/год, забезпечуючи якісний поверхневий обробіток стерні.

Спеціальна система контролю рівномірності заглиблення гарантує однорідний результат «Рис. 2.4.2».

Рисунок 2.4.2



Optimer XL — навісні та причіпні борони з дисками діаметром 620 мм, призначені для роботи на глибину приблизно 15 см. Ці агрегати ефективні на полях із великою кількістю пожнивних решток, забезпечуючи їхнє якісне загорання.

Ці моделі демонструють інноваційний підхід до обробітку ґрунту, поєднуючи високу продуктивність, якість і адаптивність до різних умов експлуатації.

#### **Основні переваги та обмеження**

Закладення пожнивних решток. Дискові борони ефективно подрібнюють рештки, перемішують їх із верхнім шаром ґрунту та сприяють розкладанню, перетворюючи на органічне добриво.

#### **Весняна підготовка ґрунту**

Через коливання дисків під час руху трактора важче досягти рівномірної основи для посіву. Тому навесні для передпосівного обробітку перевага надається культиваторам, які створюють рівне посівне ложе з дрібногрудкуватою структурою ґрунту.

Втім, у компромісних ситуаціях, наприклад, коли ґрунт заріс високим бур'яном, який забиває культиватор, дискові борони можуть бути використані для передпосівної підготовки.

Деякі експерти зазначають, що обмеження в застосуванні дискових борін для передпосівного обробітку пов'язані не стільки з їх конструкцією, скільки з технологічними вимогами вирощування культур «Рис. 2.4.3»:

а) Створення рівномірного посівного ложа. Для цього часто використовують додаткове оснащення, наприклад, вирівнювальні диски або системи котків.

б) Знищення бур'янів. Сучасні дворядні дискові борони з котками здатні ефективно виконувати це завдання, запобігаючи повторному проростанню бур'янів.

Рисунок 2.4.3



### **Особливі випадки**

Цукровий буряк. Ця культура вимагає дуже якісного передпосівного обробітку. У таких випадках традиційно використовують багаторядні передпосівні культиватори із системою котків.

Озимі та ярі зернові. Для цих культур дискові борони можна успішно застосовувати як передпосівне знаряддя.

### **Інтегровані рішення**

Сучасні універсальні посівні комплекси часто оснащуються інтегрованими дисковими боронами, що дозволяє виконувати підготовку ґрунту та сівбу за один прохід. Це рішення стає все більш популярним завдяки економії часу та ресурсів

## **Окупність інвестицій за рахунок підвищення врожайності дискової борони**

Для розрахунку окупності інвестицій у дискову борону, зокрема АГ 2.4, важливо оцінити економічну вигоду від її використання. Ось основні аспекти, які потрібно врахувати [1]:

а) Зростання врожайності – якісний обробіток ґрунту сприяє кращому розвитку рослин, що може підвищити врожайність на 10–20% залежно від умов.

б) Зменшення витрат – сучасні борони дозволяють ефективніше проводити обробіток, скорочуючи витрати на паливе, технічне обслуговування та робочу силу.

в) Розрахунок додаткового прибутку – збільшений урожай забезпечує додатковий дохід, який можна співвіднести із початковими інвестиціями у техніку.

г) Амортизація техніки – важливо враховувати строк служби борони, витрати на її технічне обслуговування та можливу вартість перепродажу.

д) Порівняння альтернатив – аналіз різних методів обробітку ґрунту та ефективності інших видів борін допоможе визначити найбільш рентабельний варіант.

### **Підвищення врожайності**

Якісний обробіток ґрунту сприяє покращенню умов для проростання та росту рослин, яке призводить до збільшення врожайності. За допомогою рівномірного розподілу поживних речовин і кращому повітряному режиму в ґрунті, рослини отримують оптимальні умови для розвитку, що в кінцевому підсумку підвищує урожай.

### **Зменшення витрат на додаткові операції**

Дискові борони допомагають значно зменшити кількість операцій, необхідних для підготовки ґрунту. Вони дозволяють ефективно підготувати ґрунт до посіву, знижуючи потребу в додаткових заходах, таких як обробка ґрунту після збирання врожаю або додаткові проходи культиватором. Це дозволяє зекономити час і ресурси, а також зменшити витрати на паливе.

### **Раціональне використання ресурсів**

Дискова борона допомагає краще використовувати органічні та мінеральні добрива, а також покращує структуру ґрунту, яка дозволяє зменшити потребу в додаткових внесеннях добрив у майбутньому. Окрім того, зниження кількості

необхідних операцій і зменшення витрат на обробіток також є важливими аспектами раціонального використання ресурсів.

### **Часова економія**

Використання дискової борони дає можливість швидше виконати обробіток ґрунту, що є особливо важливо при обмежених термінах для підготовки ґрунту до посіву «Рис.2.4.4». Це дозволяє аграріям більш ефективно планувати сільськогосподарські роботи, збільшуючи загальний обсяг обробленої землі.

Рисунок 2.4.4



### **Зниження витрат на обслуговування**

Сучасні моделі дискових борін, зокрема АГ 2.4, оснащені безперервними підшипниками та іншими елементами, що потребують мінімального обслуговування. Це дозволяє знизити витрати на ремонт та технічне обслуговування обладнання, збільшуючи ефективність його використання.

## 2.5 Розрахунок дискової борони АГ-2.4-20

Відповідно до встановлених агротехнічних нормативів, переміщення агрегату під час цієї операції відбувається у діапазоні 10–12 км/год.

З урахуванням агротехнічної швидкості вибираються режими роботи трактора: шостий режим — 12,33 км/год, сьомий режим — 15,15 км/год.

Розраховуємо експлуатаційну швидкість механізму враховуючи буксування:

$$V_p = 12,33 \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 11,09 ;$$

$$V_p = 15,15 \left(1 - \frac{10}{100}\right) = 13,63 ; \quad (2.5.1)$$

Розраховуємо тягове зусилля трактора на відповідних передачах:

$$P_{\text{гак}} = \frac{10^4 \cdot 58,9 \cdot 49 \cdot 0,9}{2200 \cdot 0,79} - 33,4(0,08 + 0,03) = 14,9 \text{ кН} ;$$

$$P_{\text{гак}} = \frac{10^4 \cdot 58,9 \cdot 40 \cdot 0,9}{2200 \cdot 0,79} - 33,4(0,08 + 0,03) = 12,1 \text{ кН} ; \quad (2.5.2)$$

Відомо, що при збільшенні швидкості зростає питомого опору ґрунту.

Величина питомого опору при збільшенні швидкості руху:

$$K_v = 3,3 \cdot (1 + 0,03(11,09 - 5)) = 3,90 ;$$

$$K_v = 3,3 \cdot (1 + 0,03(13,63 - 5)) = 4,15 ; \quad (2.5.3)$$

Розраховуємо максимальну ширину захвату агрегату на шостій та сьомій передачах, м:

$$B_{\text{max}} = \frac{14,9}{3,90} = 3,82 \text{ м}$$

$$B_{\text{max}} = \frac{12,1}{4,15} = 2,91 \text{ м} \quad (2.5.4)$$

Розраховуємо кількість машин в агрегаті:

$$n_6 = \frac{3,82}{2,4} = 1,59 \approx 1 \text{ шт} ;$$

$$n_7 = \frac{2,91}{2,4} = 1,21 \approx 1 \text{ шт} ; \quad (2.5.5)$$

Розраховуємо тяговий опір агрегату:

$$R_{\text{агр}} = 3,90 \cdot 2,4 \cdot 1 = 9,36 \text{ кН};$$

$$R_{\text{агр}} = 4,15 \cdot 2,4 \cdot 1 = 9,96 \text{ кН}; \quad (2.5.6)$$

Розраховуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\eta_{\text{т.з}} = \frac{18,72}{14,9} = 0,62$$

$$\eta_{\text{т.з}} = \frac{9,96}{12,1} = 0,82 \quad (2.5.7)$$

## 2.6 Розрахунок параметрів упорядкування процесу виконання операції

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 2,28 \cdot 11,09 \cdot 6,02 = 15,22 ;$$

$$W_{\text{зм}} = 0,1 \cdot 2,28 \cdot 13,63 \cdot 6,02 = 18,7 ; \quad (2.6.1)$$

Робоча ширина захвату агрегату:

$$B_p = 2,4 \cdot 0,95 = 2,28 \text{ м}; \quad (2.6.2)$$

Робочий час зміни:

$$T_p = 7 \cdot 0,86 = 6,02 \text{ год}; \quad (2.6.3)$$

Розраховуємо витрату палива на обробіток одного гектару:

$$Q_{\text{га}} = \frac{15,4 \cdot 6,02 + 9,7 \cdot 0,49 + 1,9 \cdot 0,49}{15,22} = 6,46 \frac{\text{кг}}{\text{га}},$$

$$Q_{\text{га}} = \frac{15,4 \cdot 6,02 + 9,7 \cdot 0,49 + 1,9 \cdot 0,49}{18,7} = 5,26 \frac{\text{кг}}{\text{га}}; \quad (2.6.4)$$

Час холостих рухів і зупинок з працюючим двигуном:

$$T_x = T_z = \frac{7 - 6,02}{2} = 0,49 \text{ год}; \quad (2.6.5)$$

Розраховуємо тривалість одного циклу:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 1880,1}{100 \cdot 13,63} + 2 \cdot 1,5 = 19,5 \text{ хв}; \quad (2.6.6)$$

Робоча ширина заїнки:

$$L_p = 1900 - 2 \cdot 9,94 = 1880,1 \text{ м}; \quad (2.6.7)$$

Розраховуємо технічну продуктивність за цикл:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 2,28 \cdot 13,63 \cdot 0,32 \cdot 0,86 = 0,85 ; \quad (2.6.8)$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{18,7}{0,85} = 15,89 \quad (2.6.9)$$

Висновок: приймається 16 циклів.

Згідно з розрахунковими даними, для здійснення технологічного процесу обробки ґрунту шляхом дискування на глибину 16 см у даних умовах найбільш продуктивним буде використання агрегату, що складається з трактора МТЗ-80 та дискової борони АГ-2,4-20, працюючи на сьомій передачі.

Витрата палива за зміну:

$$Q_{\text{зм}} = 5,26 \cdot 18,7 = 98,36 \text{ кг}; \quad (2.7.1)$$

Розраховуємо витрату палива на оброблювану площу:

$$Q = 5,26 \cdot 520 = 2735,2 \text{ кг}; \quad (2.7.2)$$

Розраховуємо затрати роботи при одиниці виконаної роботи:

$$z_{\text{п}} = \frac{1+0}{2,67} = 0,37 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{га}}; \quad (2.7.3)$$

$W_{\text{год}}$  – годинна продуктивність агрегату;

$$W_{\text{год}} = \frac{18,7}{7} = 2,67 \frac{\text{га}}{\text{год}} \quad (2.7.4)$$

### 3 КОНСТРУКТИВНА ЧАСТИНА

Сучасні вимоги до агровиробництва зумовлюють потребу в підвищенні продуктивності технологічних процесів обробки ґрунту, скороченні енергозатрат і скороченні кількості проходів техніки по полю. У зв'язку з цим усе більшого поширення набувають комбіновані знаряддя, здатні виконувати декілька агротехнічних операцій одночасно.

Одним із базових знарядь для роботи, яка широко використовується в сільському господарстві, є дискова борона. Її основне призначення полягає у передпосівному обробітку ґрунту, зокрема, розпушуванні верхнього шару, подрібненні та рівномірному розподілі поживних решток, а також вирівнюванні поверхні поля. Такий обробіток створює оптимальні умови для проростання насіння, поліпшує водно-повітряний режим ґрунту та сприяє збереженню вологи. Проте традиційне застосування дискових борін потребує додаткових технологічних операцій — таких як окремий висів насіння або внесення мінеральних добрив, що у свою чергу вимагає додаткових ресурсів, витрат пального, часу та призводить до ущільнення ґрунту через численні проходи техніки.

З метою підвищення ефективності використання сільськогосподарської техніки та оптимізації агротехнологічних процесів була проведена модернізація дискової борони типу АГ-2.4. У результаті удосконалення конструкції вдалося інтегрувати у склад агрегата додаткові системи для внесення мінеральних добрив або висіву насіння, що дозволяє поєднувати обробіток ґрунту з сівбою чи внесенням добрив в одному робочому циклі.

Таке технічне рішення забезпечує скорочення агротехнічних операцій, зменшення навантаження на ґрунт, зниження експлуатаційних витрат та підвищення продуктивності польових робіт. Модернізована борона АГ-2.4 є прикладом ефективного впровадження принципів ресурсозбереження та інноваційних технологій у сільському господарстві котре відповідає сучасним тенденціям розвитку аграрного сектору.

### **3.1 Установлення висівного бункера**

Модернізована конструкція дискової борони включає в себе спеціально розроблений висівний бункер, що значно розширює функціональність даного агрегату. Цей бункер дозволяє здійснювати внесення мінеральних добрив або висів насіння безпосередньо під час обробки поля, що значно підвищує ефективність сільськогосподарських робіт. Бункер розміщується безпосередньо на рамі агрегату, що забезпечує оптимальне розподілення ваги та зручність експлуатації. Завдяки такій конструктивній особливості, весь механізм працює як єдине ціле, що дозволяє максимально скоротити час на переналаштування техніки між різними етапами обробки поля [4].

Ще однією перевагою цієї системи є те, що робота висівного бункера не потребує додаткового двигуна, що є важливим фактором для зменшення загальної складності технічного обслуговування агрегату. Привід для роботи бункера подається механічно, що означає, що енергія для його функціонування передається через існуючі компоненти борони. Це дозволяє уникнути додаткових витрат на паливо та знижує загальні енергетичні витрати, оскільки вся система працює з максимальною енергоефективністю.

Таке технічне рішення сприяє зменшенню загальних експлуатаційних витрат, адже відсутність потреби в додаткових джерелах енергії робить агрегат більш економічним у використанні. Це також знижує потребу в додатковому технічному обслуговуванні, оскільки відсутність окремого двигуна і складних механізмів приводу мінімізує кількість можливих поломок.

Завдяки цьому, сучасна дискова борона з висівним бункером стає ще більш надійним і ефективним інструментом для комплексного обробітку ґрунту та сівби в одному робочому циклі.

### **3.2 Механічний привід бункера від дисків**

Для забезпечення роботи висівного механізму в конструкції борони використовуються обертальні рухи робочих дисків, які є основним елементом цього процесу. Обертання одного з дисків передає обертальний рух на зірочку, встановлену на ньому. Зірочка, у свою чергу, передає рух через ланцюгову передачу

до висівного механізму. Такий принцип передачі руху дозволяє точно синхронізувати роботу висівного апарата з рухом техніки по полю. Це забезпечує рівномірне та точне внесення насіння чи добрив в процесі обробки ґрунту.

Завдяки цьому механізму висівний процес здійснюється паралельно з основними операціями по обробітку поля, що значно знижує час на виконання всіх необхідних агротехнічних робіт. Система ланцюгової передачі, що використовує обертання робочих дисків, гарантує надійність і ефективність цього процесу, оскільки передача обертального руху є простим, але дуже ефективним способом синхронізації кількох операцій.

Таким чином, механізм дозволяє одночасно здійснювати обробіток ґрунту та сівбу, забезпечуючи високу продуктивність та економічність роботи, а також знижуючи кількість проходів техніки по полю, що зменшує її ущільнення та витрати енергоресурсів [4].

### **3.3 Шарнірне з'єднання та ланцюгова передача**

Для забезпечення надійної роботи приводу в умовах зміни положення частин борони використано шарнір рівнокутних швидкостей. Цей механізм є ключовим для компенсації коливань кутів обертання, які можуть виникати в результаті руху техніки по нерівному ґрунту або під час змін кутів нахилу частин борони. Шарнір рівнокутних швидкостей забезпечує стабільне та безперебійне передавання обертального руху, що є необхідним для синхронізованої роботи всіх механізмів, зокрема висівного та дозувального апаратів.

Цей шарнірний механізм дозволяє зберігати постійну передачу обертання на всю систему, навіть при зміні кута нахилу робочих органів борони, що забезпечує високу точність та стабільність роботи. В результаті, він гарантує, що висівний апарат та дозувальний механізм бункера працюватимуть без збоїв і порушень, що, в свою чергу, дає змогу досягти оптимального результату у сівбі або внесенні добрив. Ланцюг, з'єднаний із шарніром, відіграє велику роль у передачі крутного моменту від обертальних частин борони до дозувального механізму бункера. За допомогою цієї ланцюгової передачі, крутний момент точно передається на механізм дозування, що гарантує рівномірне та точне внесення добрив або насіння в ґрунт у годину обробки поля. Така конструкція забезпечує злагоджену роботу всіх частин агрегату,

підвищує ефективність обробки ґрунту та зменшує ймовірність поломок завдяки високій надійності системи передачі обертання.

### **Визначення параметрів ланцюгової передачі**

Швидкість ланцюга та частота обертання зірочок обмежуються зносостійкістю ланцюгів і ударною міцністю роликів, і не перевищують 15,5 м/с. Частоти обертання  $n$  визначається ланцюга. Як правило  $n = 3000 (6000) \dots 800 (1200)$  об/хв. Ці передачі здатні передавати потужність до 100 кВт.

Обчислення параметрів передачі використання потужність ведучого валу  $P_1 = 5,9$  кВт;

обертальний момент валу  $T_1 = 590$  Н·м;

частота обертів ведучої зірочки  $n_1 = 100$  об/хв.;

передаточне число для передачі  $U = 3,1$ ;

кут нахилу  $\Theta = 30^\circ$ ;

робочий режим  $\Pi = 120\%$ ;

число робочих змін  $K_{зм} = 2$ .

### **Вибір типу ланцюга і визначення числом зубців зірочки**

Тип ланцюга обирається залежно від призначення, необхідної потужності та частоти обертання ведучого вала. У рамках цього заняття доцільно розглянути приклад розрахунку ланцюгової передачі на основі роликowego приводу, як одного з найпоширеніших у сільськогосподарських і переробних машинах роликowego-приводного ланцюга, оскільки він є найбільш поширеним у машинах для переробного призначення.

Мінімальна кількість зубів ведучої зірочки визначається:

$$Z_1 = 31 - 2 \cdot U. \tag{3.3.1}$$

Обчислюємо  $U=3$ :

$$Z_1 = 31 - 2 \cdot 3 = 31 - 6 = 25$$

Отже, кількість зубів ведучої зірочки  $Z_1 = 25$

Для зменшення габарити передачі можна вибрати залежно від вимог до її роботи та конструкційних особливостей меншу кількість зубів ведучої зірочки, ніж рекомендовано, але мінімальними є 7 зубів а роликів ланцюгів кількість зубів ведучої зірочки становить 13.

### Коефіцієнт ефективності передачі

Коефіцієнт ефективності  $k_e$  виражається:

$$k_e = k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 \cdot k_5 \cdot k_6, \quad (3.3.2)$$

де  $k_1$  – змінність навантаження;

у випадку сталого навантаження коефіцієнт  $k_1$  має значення 1;

навантаження:  $k_1 = 1,2 \dots 1,5$ ;

при ударах  $k_1 = 1,6 \dots 2$

$k_2$  – довжина ланцюга;

при  $a = (30 \dots 50) \cdot t$ , приймаємо  $k_2 = 1$ ;

при  $a < 25 \cdot t$ , значення коефіцієнта  $k_2$  становить 1,25;

за умови, що  $a = (60 \dots 80) \cdot t$  приймаємо  $k_2 = 0,9$ ;

$k_3$  – кут розміщення передачі.

Зі збільшенням кута нахилу лінії передачі відносно горизонту допустимий граничний знос ланцюга повинен зменшуватись, особливо при фіксованому куті між осями зірочок у  $60^\circ$  допустимий знос приймається з урахуванням зменшення його граничного значення відповідно до умов експлуатації  $k_3 = 1$ , більш  $60^\circ$

$k_3$  – прийняте значення не більше ніж 1,25;

$k_4$  – коефіцієнт, що характеризує можливість регулювання передачі.

Для передач із регульованою віссю однієї зі зірочок значення  $k_4$  становить 1;

У випадку передач з фіксованими осями зірочок, значення коефіцієнта  $k_4 = 1,25$ ;

$k_5$  – змащення;

$k_5 = 0,8$ ;

при краплинному змащенні  $k_5$  рівно одному;

за умов періодичного змащення коефіцієнт  $k_5$  дорівнює 1,5;

$k_6$  – перемінність роботи.

однозмінній роботі  $k_6 = 1$ ; при двозмінній роботі,  
з огляду на подвоєний шлях тертя  $k_6 = \sqrt[3]{2} \approx 1,25$ ;  
при три змінній  $k_6 = \sqrt[3]{3} \approx 1,45$ .

Проводимо розрахунки:

$k_1$ : коефіцієнт, який відображає навантаження.

При умові  $k_1 = 1.2 \dots 1.5$ . Для середнього режиму візьмемо  $k_1 = 1.3$

$k_2$ : кут нахилу передачі. При  $\Theta = 30^\circ$ ,  $k_2 = 1$

$k_3$ : кут нахилу.

При  $\Theta = 30^\circ$ ,  $k_3 = 1$

$k_4$ : положення осі зірочок. Для передачі з відкритими осями  $k_4 = 1.1$

$k_5$ : змащення. Для безперервного змащення  $k_5 = 0.8$

Підставляємо:

$$k_e = 1.3 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1.1 \cdot 0.8 = 1.3 \cdot 1.1 \cdot 0.8 = 1.144$$

Отже,  $k_e = 1.144$

## Визначення тиску

Для забезпечення зносостійкості шарнірів ланцюга і зменшення подовження, тиск не повинен перевищувати допустиме значення. Тиск у шарнірі визначається залежно від частоти обертання малої зірочки і кроку ланцюга враховуючи число зубів малої зірочки. Отримані значення тиску порівнюються з нормативними, після цього береться розрахункове значення допустимого тиску і визначається крок ланцюга.

$$t \geq 2,8 \cdot \sqrt[3]{\frac{T_1 \cdot k_e}{[p] \cdot Z_1 \cdot m_p}}, \quad (3.3.3)$$

де  $T_1$  – обертаючий момент на ведучій зірочці, Н·мм;  
 $[p]$  – допустимий питомий тиск в шарнірах ковзання ланцюга, Н/мм<sup>2</sup>;  
 $m_p$  – коефіцієнт рядності ланцюга, який враховує неоднакове навантаження рядів багаторядного ланцюга (таблиця А.6).

$$T_1 = 590 \text{ Н/м}$$

$$k_e = 1.144,$$

$$Z_1 = 25,$$

$p$ : крок ланцюга. Для типу ланцюга ПР-15,875-2270-1,  $p = 15.875$  мм

$m_p$ : коефіцієнт, залежить від типу ланцюга. Для однорядного ланцюга  $m_p = 1$

Підставляємо:

$$15.875 \cdot 25 \cdot 1590 \cdot 1.144$$

$$\frac{590 \cdot 1.144}{15.875 \cdot 25 \cdot 1} = \frac{674.96}{396.875} \approx 1.701$$

$$t = 2.8 \cdot 1.192 \approx 3.34 \text{ мм}$$

Отже,  $t \approx 3.34$  мм.

Якщо конструкція не має обмежень по габаритах по ширині, у такому випадку доцільно застосовувати дворядний або багаторядний ланцюг. Для прийняття раціонального розрахунок виконується варіантно для кількох стандартних значень кроку ланцюга, що дозволяє здійснити варіантний підхід до вибору оптимального типорозміру передачі

$$p = 22,4 \cdot \frac{T_1 \cdot k_a}{Z_1 \cdot t^3}, \quad (3.3.4)$$

де  $T_1$  – є моментом ведучої зірочки, Н·мм;

$Z_1$  – число зубів зірочки.

$$p = 22,4 \cdot \frac{590 \cdot 1,144}{25 \cdot (3,34)}$$

Рахуємо:

$$(3,34)^3 \approx 37,26$$

$$25 \cdot 37,26 = 931,5$$

$$590 \cdot 1,144 = 674,96$$

$$p = 22,4 \cdot \frac{674,96}{931,5} \approx 22,4 \cdot 0,725 \approx 16,24 \text{ кН}$$

Отже,  $p \approx 16,24$  кН.

### Швидкість ланцюга і колове зусилля на передачі

$$V = \frac{Z_1 \cdot t \cdot n_1}{60 \cdot 1000};$$

$$F_t = \frac{P_1}{V} \text{ Н.}$$

(3.3.5)

$$V = \frac{25 \cdot 3,34 \cdot 100}{60 \cdot 100} = \frac{8350}{60000} \approx 0,139 \text{ м/с}$$

$$F_t = \frac{5,9}{0,139} \approx 42,45 \text{ кН}$$

Уточнення значення тиску

$$S_{оп} = 2 \cdot b_{вн} \cdot d_1 \quad (3.3.6)$$

$b_h$ : ланцюгова ширина,  $b_h=9.65$

$d_1$ : діаметр втулки, для  $Z_1=25$ ,  $d_1=5.08$  мм

$$S_m=2 \cdot 9.65 \cdot 5.08=98.044 \text{мм}^2$$

Слід відмітити, якщо різниця між уточненим і допустимим тиском значна доцільно обрати ланцюг із меншим стандартним кроком і повторно виконати розрахунок швидкості, зусилля, спричинене обертанням, і тиск в шарнірі.

### Перевірка передачі допустимої частоти обертання

Перевірка здійснюється порівнянням допустимої частоти обертання малої зірочки.

$$n_{1max} = 14 \cdot \frac{\sqrt[4]{Z_1}}{t} \cdot 10^3 \quad (3.3.7)$$

$$n_{1ax} = 14 \cdot \frac{25}{3.34} \cdot 10^3 \approx 14 \cdot 7.485 \cdot 10^3 \approx 104790 \text{об/хв}$$

Значення, яке свідчить про те, що ланцюг витримує задану частоту обертання  $n_1=100$  об/хв

### Довжина ланцюга

Розраховуємо за формулою

$$L = 2 \cdot a + 0,5 \cdot (Z_1 + Z_2) \cdot t + \left( \frac{Z_2 - Z_1}{2 \cdot \pi} \right)^2 \cdot \frac{t^2}{a} \quad (3.3.8)$$

Кількість ланок ланцюга приймається на основі необхідної довжини ланцюга для забезпечення правильного взаємного розташування зірочок. Для зручності

з'єднання ланцюга зазвичай береться парне значення кількості ланок, яке дозволяє легше забезпечити рівномірний натяг і стабільну роботу механізму.

$$L_t = \frac{L}{t}. \quad (3.3.9)$$

Після вибору ланцюга визначається значення міжосьової відстані, яке зменшується для гарантування належного провисання ланцюга при певному кута нахилу межах 0,0002–0,0004, що сприяє оптимальному натягу та знижує ризик надмірного зносу елементів передачі.

$$Z_2 = U \cdot Z_1 = 3 \cdot 25 = 75,$$

$$a = 500 \text{ мм},$$

$$t^2 = 3.34 \text{ мм}.$$

Підставляємо:

$$L = 2 \cdot 500 + 0.5 \cdot (25 + 75) \cdot 3.34 + \left(\frac{75 - 25}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{3.34}{500}$$

$$L = 1000 + 0.5 \cdot 100 \cdot 3.34 + \left(\frac{50}{2\pi}\right)^2 \cdot \frac{3.34}{500}$$

$$L = 1000 + 167 + \left(\frac{50}{6.2832}\right) \cdot 0.00668$$

$$L = 1000 + 167 + (7.957)^2 \cdot 0.00668 \approx 1167.42 \text{ мм}$$

### **Розраховуємо міцність**

Перевірка здійснюється за допомогою порівняння фактичного коефіцієнта запасу міцності ланцюга з його нормативним значенням. Коефіцієнт запасу міцності визначається як відношення розривного зусилля ланцюга до загальної суми зусиль, що діють на його ведучу гілку, що має бути достатнім для забезпечення надійної роботи ланцюга протягом встановленого терміну експлуатації без ризику його поломки чи передчасного зносу і дозволяє оцінити надійність ланцюгової передачі.

$$n = \frac{Q}{F_t \cdot k_1 + F_v + F_f}, \quad (11)$$

де  $Q$  – руйнівне навантаження ланцюга, Н;  
 $k_1$  – коефіцієнт, що враховує характер навантаження;  
 $F_v$  – додаткове зусилля від відцентрової сили, Н.

$$F_v = 7,3 \cdot V^2, \quad (12)$$

де  $q$  – маса 1 метра ланцюга, кг;  
 $F_f$  – зусилля від провисання ланцюга, Н

$$F_f = 9,81 \cdot k_f \cdot q \cdot a_{\vartheta}, \quad (13)$$

де  $k_f$  – коефіцієнт, що враховує вплив розташування передачі відносно горизонту: при горизонтальному розташуванні  $k_f = 6$ ; при похилому від  $\theta$  до  $40^\circ$   $k_f = 2 \dots 4$ ; при вертикальному  $k_f = 1$ .

(3.3.10)

$$n = \frac{42.45}{1.3 + 42.45 \cdot 0.0235} \approx \frac{42.45}{43.7735} \approx 0.97$$

$$F_v = 7.3 \cdot (0.139)^2 \approx 7.3 \cdot 0.0193 \approx 0.141 \text{ Н}$$

$$F_f = 981 \cdot 1.144 \cdot 1.0 \cdot 0.5 \approx 561.072 \text{ Н}$$

### Оцінка зносу

$$U = \frac{4 \cdot Z_1 \cdot n_1}{60 \cdot L_t}$$

(3.3.11)

$n_1$ : ширина втулки,  $n_1 = 9.65$  мм

$$U = \frac{4 \cdot 25 \cdot 9.65}{60 \cdot 1167.42} \approx \frac{965}{70045.2} \approx 0.0138$$

### Висновки

На основі розрахунків:

Число зубів ведучої зірочки  $Z_1 = 25$

Коефіцієнт експлуатації  $k_e = 1.144$ ,

Тиск -  $t \approx 3.34$  мм,

Швидкість  $V \approx 0.139$  м/с

Колова сила  $F_e \approx 42.45$  кН

Довжина ланцюга  $L \approx 1167.42$  мм

Ланцюг типу ПР-15,875-2270-1 витримує задане навантаження та відповідає умовам експлуатації.

### **3.4 Переваги оновлення конструкції**

Модернізація дискової борони шляхом інтеграції висівного бункера з механічним приводом забезпечує низку важливих переваг, які позитивно впливають на загальну ефективність агротехнологічного процесу. Завдяки використанню механічного приводу, який не потребує окремих джерел енергії, досягається суттєва економія пального, що знижує експлуатаційні витрати на польові роботи.

Одночасне виконання двох операцій - обробітку ґрунту та висіву насіння або внесення мінеральних добрив - дозволяє значно скоротити час на обробку поля, що особливо важливо під час стиснутих агротехнічних термінів. Поєднання функціональних процесів в одному агрегаті дає змогу підвищити загальну продуктивність, оскільки більший обсяг роботи виконується за менший проміжок часу.

Раціональне використання техніки, досягнуте за рахунок зменшення кількості проходів агрегату по полю, відповідає зниженню ущільнення ґрунту та збереженню його структури. До того ж рівномірна подача посівного матеріалу або добрив, забезпечена стабільною роботою дозувального механізму, створює оптимальні умови для проростання насіння або ефективного засвоєння поживних речовин, що напряму впливає на майбутню врожайність.

### **3.5. Охорона праці**

Раціональна організація безпечних умов праці в межах технологічного процесу, пов'язаного з експлуатацією, ремонтом і технічним удосконаленням сільськогосподарських машин, є одним із ключових завдань охорони праці як на виробничих підприємствах, так і в освітніх установах, де такі роботи виконуються в навчально-виробничому середовищі.

Особливої уваги потребує створення ефективної системи захисту здоров'я і життя осіб, які залучаються до виконання робіт у рамках навчально-дослідницьких

або виробничих завдань, зокрема в умовах діяльності навчально-виробничого відділу Сумського національного аграрного університету. Зважаючи на постійну модернізацію техніки, підвищення складності обладнання та збільшення навантаження на оператора, значення всебічного забезпечення охорони праці зростає пропорційно до рівня технологічного прогресу в агропромисловому комплексі.

Загальне поняття охорони праці включає цілий комплекс міждисциплінарних заходів і підходів, спрямованих на усунення або мінімізацію ризиків, пов'язаних із шкідливими та небезпечними чинниками, які виникають у процесі виробничої діяльності. До таких факторів належать фізичні, хімічні, біологічні, електричні, механічні, психофізіологічні та інші впливи, що можуть призводити до професійних захворювань, травматизму або зниження загальної працездатності.

У рамках цієї дипломної роботи, яка передбачає модернізацію сільськогосподарської техніки (зокрема борони моделі АГ 2.4), особливої актуальності набувають питання безпечного проведення монтажних-демонтажних операцій, регулювання робочих органів, застосування електроінструментів, ручного слюсарного інструментарію.

Відповідно до законодавства України, відповідно Закону України та Правил охорони праці під час експлуатації техніки, необхідно дотримуватися встановлених вимог для забезпечення безпеки працівників сільськогосподарської техніки, Правил безпеки систем електропостачання, стандартів ISO 45001:2018, ДСТУ 45001:2019, а також локальних нормативних документів навчального закладу, до виконання робіт, що передбачають потенційно небезпечні технологічні процеси, допускаються лише ті особи, які пройшли необхідне відповідне навчання, перевірка знань з техніки безпеки та медичний огляд перед початком роботи з технікою, та отримали дозвіл на виконання таких робіт. У разі залучення студентів до модернізаційних заходів - це можливо виключно під контролем досвідченого викладача, майстра виробничого навчання або іншої уповноваженої особи, яка відповідає за дотримання норм техніки безпеки.

Умови праці та усі заходи повинні бути налаштовані таким чином, аби уникнути виникненню аварійних ситуацій і травматизму на виробництві, виникненню ситуацій, які можуть спричинити аварію, пошкодження обладнання чи

травмування учасників. Для цього необхідно дотримуватись чіткої послідовності підготовчих заходів: організації та маркування робочого простору, перевірки технічного стану обладнання та інструменту, наявності засобів індивідуального захисту, справності вентиляційної, освітлювальної, протипожежної та евакуаційної інфраструктури. Робоче місце має бути обладнане у відповідності до ергономічних вимог, мати належний рівень освітлення (не нижче 300 люкс у майстернях), зручний доступ до інструментів, пожежного інвентаря та аптечки першої допомоги.

Найпоширенішими небезпеками, які виникають під час проведення модернізації техніки, є травмування внаслідок роботи з обертовими, ріжучими та ударними елементами, ураження електричним струмом, опіки при зварюванні, падіння важких деталей, пожежі через необережне поводження з легкозаймистими матеріалами або несправне електрообладнання. Для попередження таких випадків необхідно суворо дотримуватись регламенту технічної безпеки: заборонено працювати з несправними машинами, проводити регулювання або обслуговування борони без її повної зупинки та знеструмлення, залишати агрегат у підвішеному стані без підпор, а також виконувати зварювальні або електротехнічні роботи без відповідного захисту.

У процесі модернізації сільськогосподарської техніки широко застосовуються електрифіковані інструменти: дрилі, болгарки, шліфувальні машини, електрозварювальні установки. Робота з ними передбачає дотримання суворих вимог електробезпеки. Усі інструменти мають бути сертифікованими, перевіреними на справність, мати заземлення, цілісну ізоляцію кабелів і штекерів. Робота в умовах підвищеної вологості допускається тільки з використанням понижувального трансформатора або пристроїв захисного відключення. При виконанні зварювальних робіт у приміщеннях або на відкритому повітрі необхідно забезпечити повну відсутність горючих матеріалів у радіусі не менш як 5 м, встановити переносний вогнегасник, використовувати захисні екрани та щити, а сам зварювальник має бути одягнений у костюм із негорючої тканини, мати захисну маску й рукавиці.

Пожежна безпека також відіграє визначальну роль у системі охорони праці. Виробничі приміщення мають бути укомплектовані згідно з пожежно-технічними нормами: пожежні щити, пісок, вода, вогнегасники з актуальними термінами

придатності, система візуального та звукового оповіщення. Особливу увагу слід приділяти правилам зберігання легкозаймистих речовин, паливно-мастильних матеріалів, фарб і розчинників. Їх потрібно зберігати в окремих приміщеннях або металевих шафах, захищених від прямих сонячних променів та нагріву. Заборонено палити в майстернях, залишати ввімкнене обладнання без нагляду або використовувати відкритий вогонь без попереднього погодження з адміністрацією.

Ще один важливий аспект охорони праці — це врахування психофізіологічного стану осіб, які беруть участь у процесах модернізації техніки. Робота з важкими механізмами, гострими предметами, інструментом, що генерує шум або вібрацію, потребує концентрації уваги, фізичної витривалості та адекватного реагування на змінні умови.

Відповідно, працівники не повинні допускатись до виконання робіт у стані втоми, стресу, хвороби або під дією психотропних речовин. Для студентів передбачені обмеження тривалості практичного заняття: не більше 4 академічних годин на день із перервами на відпочинок.

## ВИСНОВКИ

У результаті виконання дипломної роботи на тему «Модернізація дискової борони АГ-2.4 в умовах навчально-виробничого випробувального комплексу Сумського національного університету» було досягнуто поставлену мету, а саме - підвищення ефективності та надійності ґрунтообробного знаряддя шляхом удосконалення його конструктивних елементів. У ході дослідження проаналізовано технічний стан базової моделі борони АГ-2.4, виявлено основні недоліки її експлуатації в умовах реального агровиробництва, зокрема на дослідних полях університету. До ключових проблем належали недостатня глибина обробітку, підвищене зношування робочих органів, нерівномірна якість подрібнення рослинних решток, а також перевантаження окремих конструктивних вузлів, що призводило до зниження ресурсу машини.

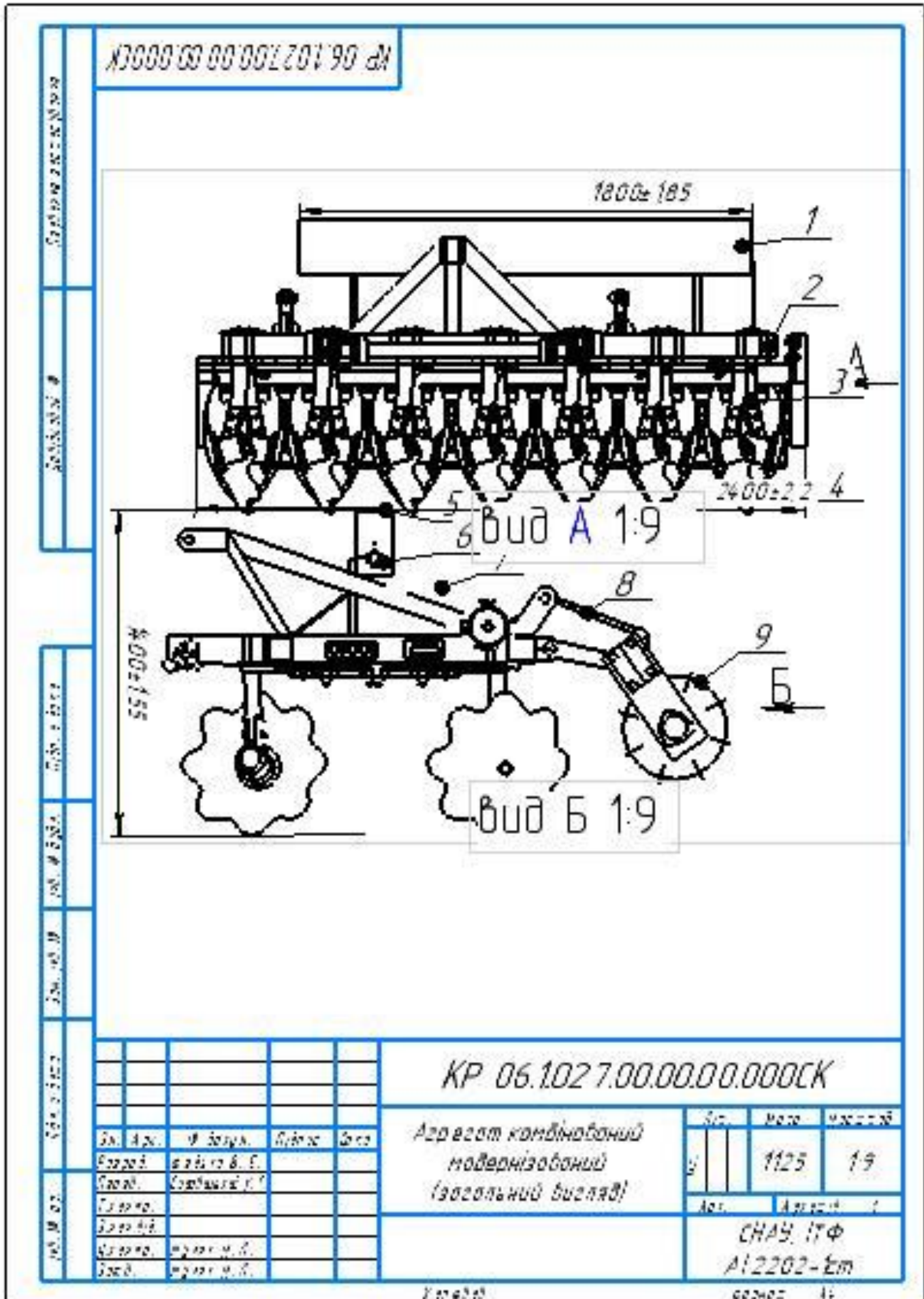
На основі проведених інженерних розрахунків та аналізу напружено-деформованого стану окремих елементів борони були запропоновані технічні рішення щодо її модернізації. Зокрема, змінено конструкцію стійок і кріплень дисків, що дозволило знизити рівень вібрацій та збільшити стійкість до динамічних навантажень. Удосконалена система регулювання глибини обробітку забезпечила більш точне налаштування борони відповідно до агротехнічних вимог. Також було зменшено загальну масу агрегату без зниження його міцності, що дало можливість використовувати його з тракторами меншої потужності. Застосування сучасних зносостійких матеріалів для виготовлення дисків дало змогу продовжити ресурс їх експлуатації, що позитивно позначається на економічних показниках.

У межах дипломної роботи було виконано повний інженерно-графічний супровід модернізації, розроблено необхідну технічну документацію та проведено оцінку техніко-економічної ефективності впроваджених змін. Результати розрахунків показали, що модернізація забезпечує збільшення продуктивності обробітку на 12–15 %, зменшення витрат на технічне обслуговування, а також швидку окупність витрат на удосконалення конструкції - протягом одного аграрного сезону. Окрім того, модернізовану борону рекомендовано до впровадження у навчальний процес як ефективний приклад взаємозв'язку теоретичної підготовки студентів і практичного застосування технічних знань. Вона може бути використана

як база для проведення лабораторних занять, агротехнічних тренінгів та польових досліджень, що сприятиме підвищенню якості інженерної освіти.

Отже, проведені дослідження підтвердило доцільність і практичну значущість модернізації дискової борони АГ-2.4. Запропоновані технічні рішення відповідають сучасним вимогам до сільськогосподарської техніки, забезпечують її ефективну та стабільну роботу в реальних умовах експлуатації, а також створюють умови для подальшого вдосконалення ґрунтообробного обладнання в освітньому та виробничому середовищі.

«Додатки»



КР 06.1027.00.00.00.000СК

КР 06.1027.00.00.00.000СК

Агрегат комбінований  
модернізований  
(загальний вигляд)

Знак	Маса	Маса нето
1	1125	19
Акт.	Агрегат	

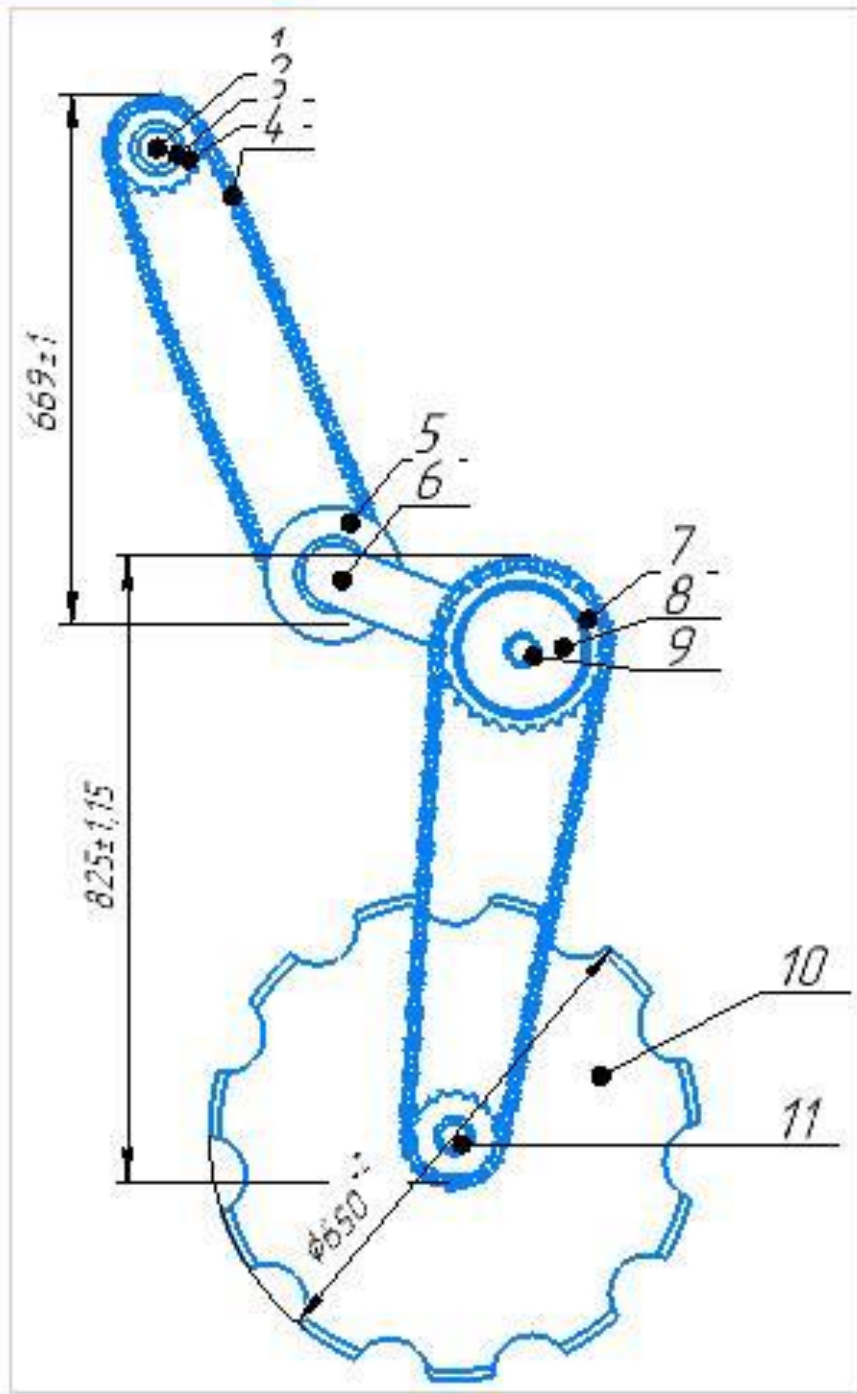
СНАУ ІТФ  
А12202-Іт

№	Дат.	Ф. Ім'я	Підпис	Знак
1	02.02.02	Сидоренко В. С.		
2	02.02.02	Сидоренко В. С.		
3	02.02.02	Сидоренко В. С.		
4	02.02.02	Сидоренко В. С.		
5	02.02.02	Сидоренко В. С.		

Усього

середнє

КР 06.102.700.00.00.0000К



№ ар.	№ ар.	№ ар.	№ ар.	№ ар.	№ ар.	№ ар.	№ ар.
Затв.	Шуляк М. Л.	Чконтр.	Шуляк М. Л.	Знач. віб.		Тконтр.	
Перев.	Курдюк Г. І.	Фабрич.		Складоб.	Федько В. Е.	Зак. Ар.	
Док. Ар.		Літ. №		Літ. №		Літ. №	
Літ. №		Літ. №		Літ. №		Літ. №	

Зак. Ар.	№ Док. Ар.	Підпис	Дата

КР 06.1027.00.00.00.0000К

Привід  
(складальне кресалення)

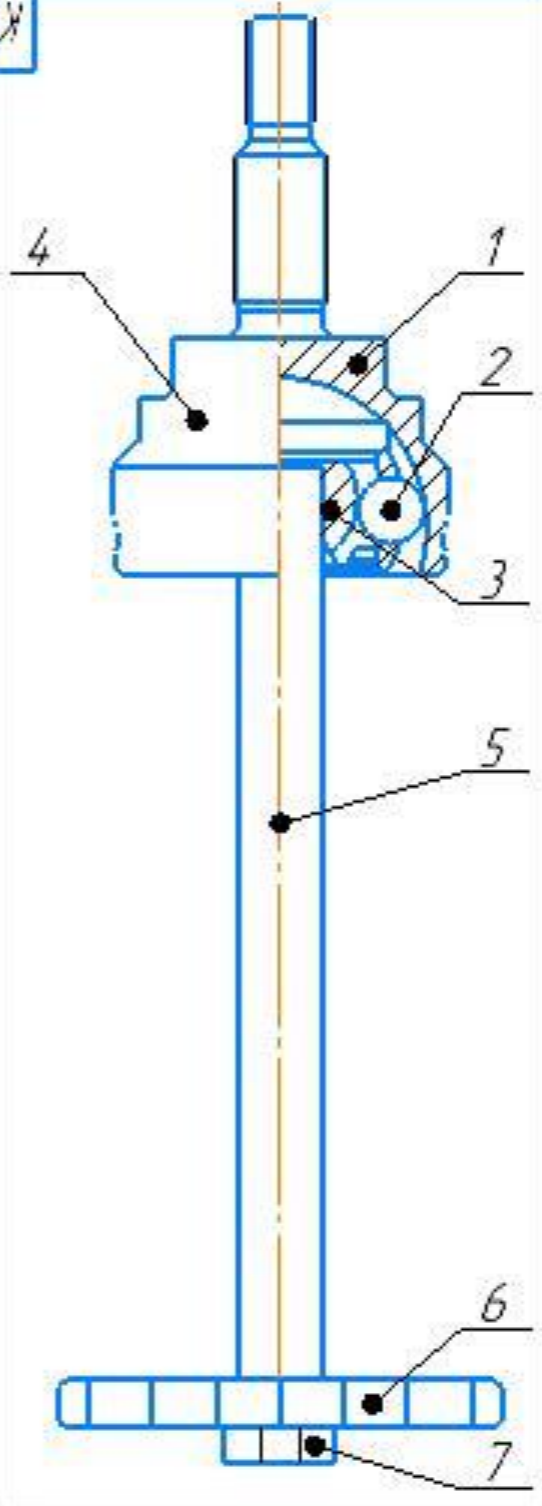
Літ.	Маса	Масштаб
12	22,8	1:2
Арх.	Архив	

СНАУ, ІТФ  
АІ 2202-1ст

Копія

Ф 00 К 0 0 А 2

КР 06.1027.04.00.00.004



Листове заготовкове

Детальний віз

Візи у валю

Візи у валю

Візи у валю

Візи у валю

Візи у валю

КР 06.1027.04.00.00.004

Шрус із валом  
(складальне креслення)

Зм.	Арк.	№ докум.	Свідоц.	Стор.
Розроб.		Федько В. Е.		
Перев.		Гурманов С. І.		
Технік				
В.ч.ч. М.В.				
Н.ч.ч. С.В.		Шуляк М. А.		
В.ч.ч. А.В.		Шуляк М. А.		

Літ.	Час	Масштаб
У	2,7	1:3
Арк.	Креслів	1

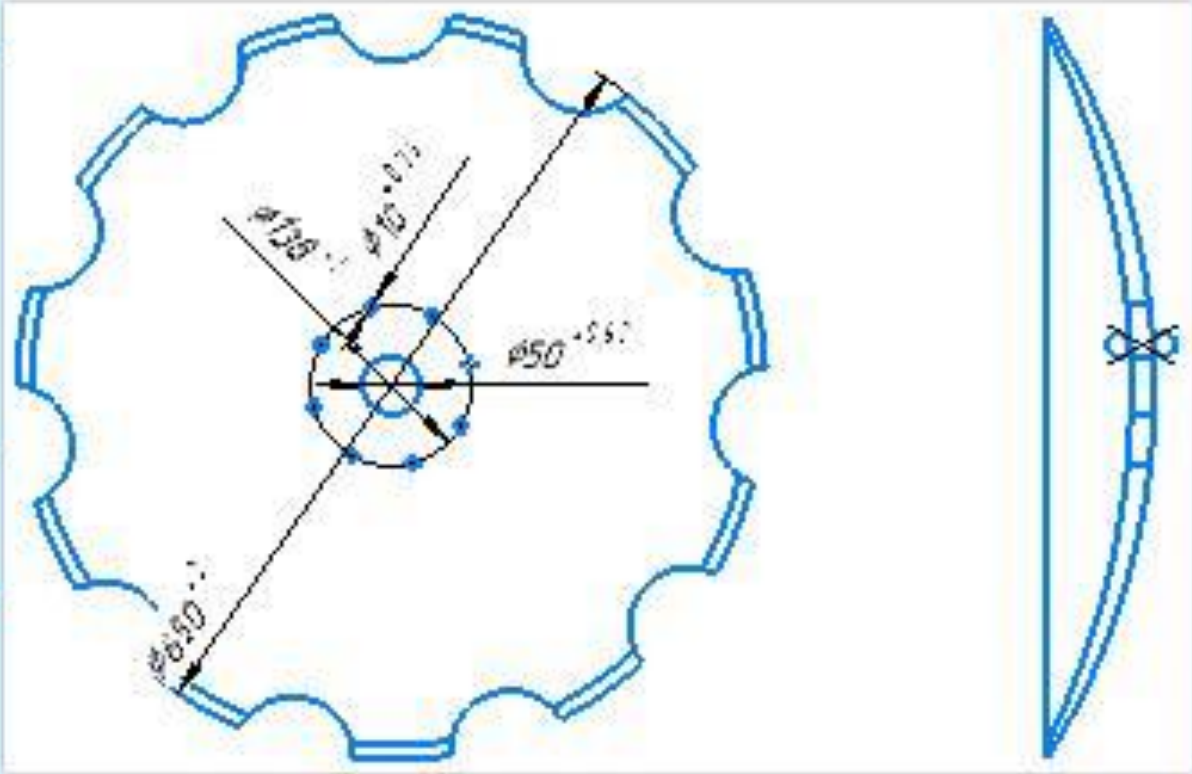
СНАУ, ІТФ  
АІ 2202-1ст

Кресло

Формат А4



КР 06.1027.05.00.00.005



КР 06.1027.05.00.00.005

Диск

Сталь 65Г

№	Мат	Масштаб
13	№	13
12	12	1
СНУ ИФ		
А12202-2m		

№	Дет.	Ум.	Сост.	Знач.
1	Диск	1	Сталь 65Г	
2	Шпindel	1	Сталь 65Г	
3	Муфта	1	Сталь 65Г	
4	Шпindel	1	Сталь 65Г	
5	Муфта	1	Сталь 65Г	

4076100

в 1940 г. 14

КР 06.1027.02.00.000002

Періодичне застосування

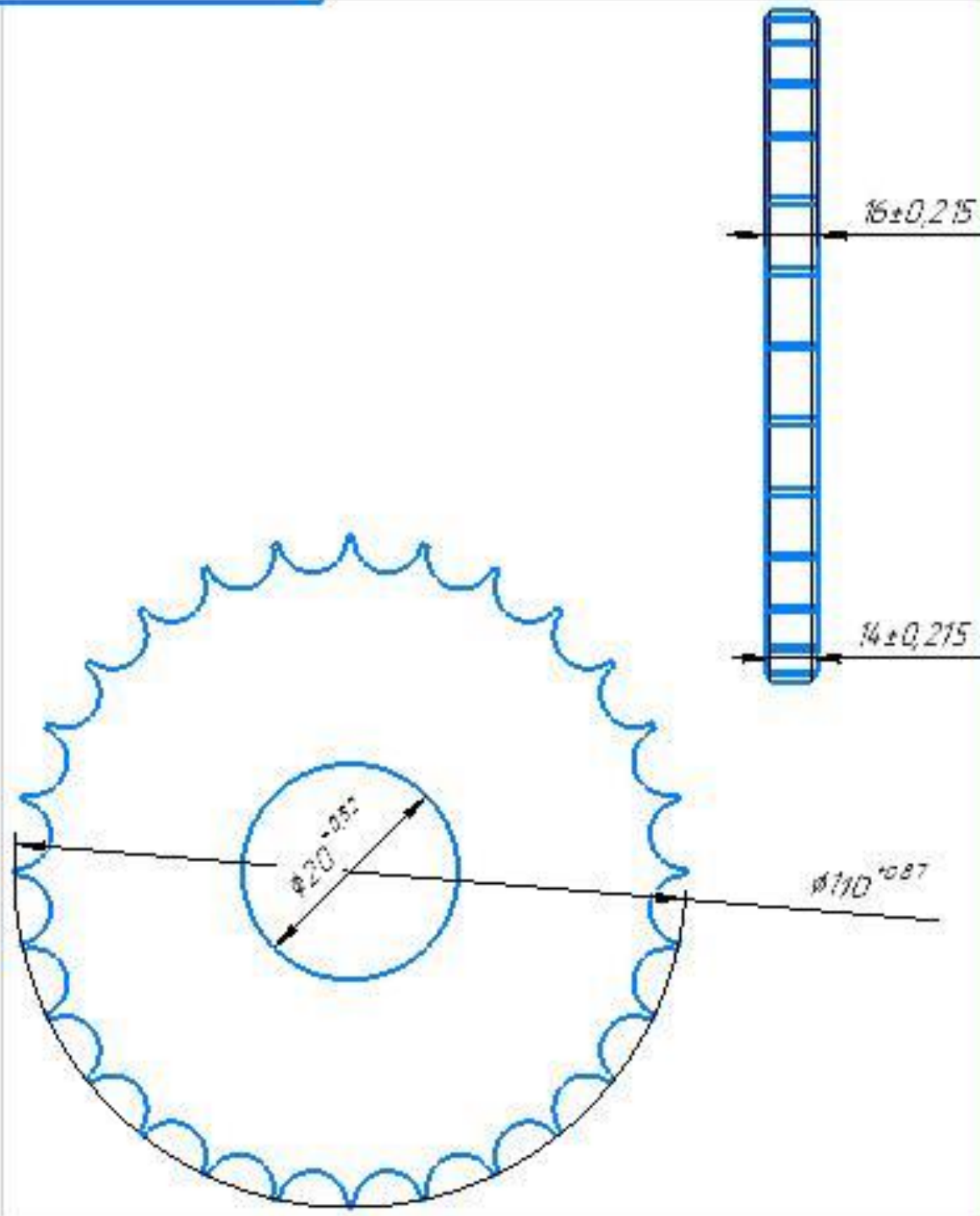
Додаток № 1

Лінійні виміри

Висота

Висота

Лінійні виміри



КР 06.1027.02.00.000002

В.к.	А.к.	№ докум.	Підпис	Дата
Розроб.		Редько В. С.		
Перев.		Григорук І. І.		
Техніч.				
Вироб.				
Нормат.		Щулак М. П.		
Випр.		Щулак М. П.		

Зірочка  
ведуча

Сталь ст3

Ст.	Маса	Маса наб.
5	0,5	12
Авт.	Автомоб.	1

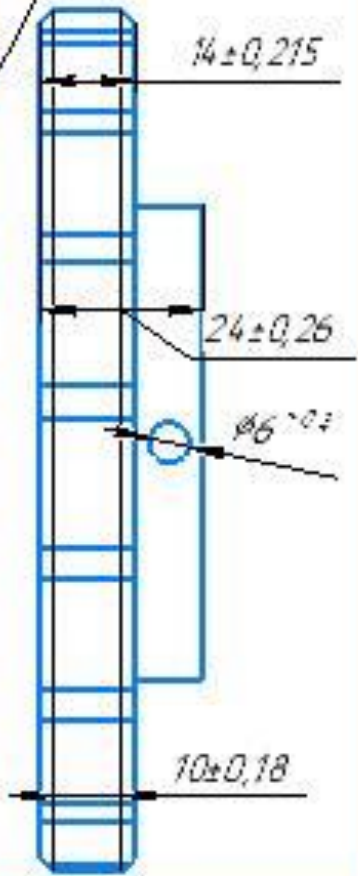
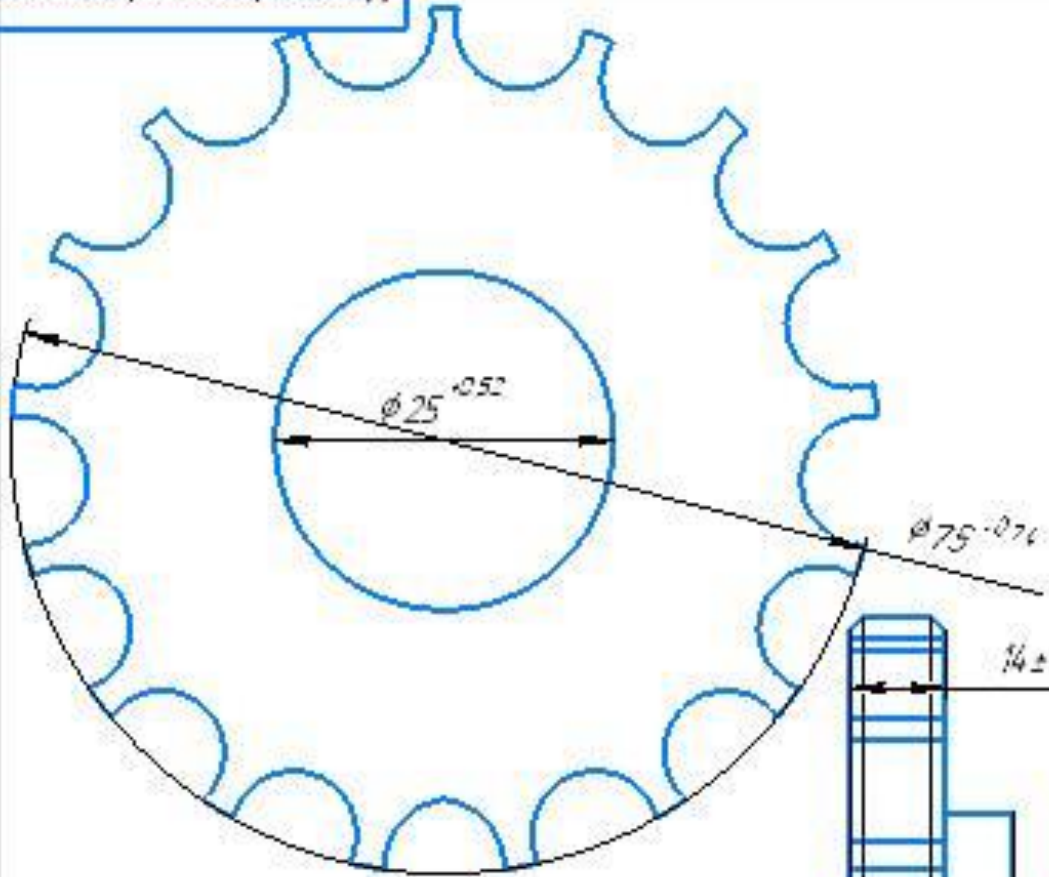
СНАУ, ІТФ  
АІ 2202-1ст

Кількість

Формат А4

КР 06.1027.0100.00.001

Об'єкт розробки  
Деталь №



Лист № 01  
Лист у даної  
Зам. лист №  
Лист № 001  
Лист у даної

№	Деталь	№	Вид	Лист	Всього
1	Зірочка ведена	01	Лист	1	1

КР 06.1027.0100.00.001

Зірочка  
ведена

Сталь ст3

Кваліфікація

Лист	Каса	Масштаб
1	0,3	1:1

СНАУ, ІТФ  
АІ 2202-1ст

Формат А4

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кільк...	Прим.		
Перше викор.				<u>Документація</u>				
	A1			Складальне креслення				
				<u>Деталі</u>				
	A4			Зірочка маленька	1			
	A4			Зірочка	1			
	A4			Ланцюг	1			
	A3			Шрус	1			
	A3			Диск	1			
				Ведомий вал	1			
				Стоперне кільце	2			
Довід. №				Привідний вал	1			
				Підшипник	3			
				Диск	1			
				<u>Стандартні вироби</u>				
				Гайка	12			
				Болт	12			
				Пильник шруса	1			
				Ступиця	1			
Підпис і дата	ДП 13.027.01.000							
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Взам. інв. №	Разроб.	Федько В. Є.				Літ.	Аркуш	Аркушів
	Перевір.	Сирошницький К. Г.						
	Т.контр.					СНАУ, ІТФ AI 2202-1ст		
	Затв.	Щуляк М. Л.						
Підпис і дата	<b>Привід</b>							
	Копіював							
Інв. № орг.	Формат A4							
	1							

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Експлуатація машин і обладнання. Каталог сільськогосподарської техніки. Навчальний посібник / М. П. Артёмов [та ін.] ; за ред. В. І. Мельника. 2-ге вид., перероб. і доп. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2022. – 600 с. Каталог – довідник машин і обладнання для агропромислового комплексу (видання друге). – К.
2. Збірник методик з використання машин в землеробстві / За ред. Мельника В. І. – Харків: “Промпроект” – 2020, 257 с.
3. Експлуатація та сервіс техніки. Частина І. Трактори. Навчальний посібник. / С. О. Харченко, О. В. Адамчук, О. І. Анікеєв, К. Г. Сировицький, Є. А. Гаєк, І. С. Тіщенко, Д. О. Харченко. За ред. С. О. Харченка. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2020. – 140 с.
4. Експлуатація та сервіс техніки. Частина ІІ. Комбайни. Навчальний посібник. / С. О. Харченко, О. В. Адамчук, О. В. Козаченко, М. В. Бакум, К. Г. Сировицький, М. М. Абдуєв, Ф. М. Харченко. За ред. С. О. Харченка. – Х.: ТОВ «Планета-Прінт», 2021. – 115 с.
5. Експлуатація та сервіс техніки. Опрыскувачі та машин для внесення добрив. Навчальний посібник. / К. Г. Сировицький, С. О. Харченко, О. І. Анікеєв, М. Л. Шуляк, В. М. Зубко, Л. М. Батюк. За ред. С. О. Харченка. – Х., 2024. – 134 с.
6. Машини, обладнання та їх використання в тваринництві: підручник для здобувачів ступеня вищої освіти закладів вищої освіти / Р. В. Склар, О. Г. Скляр, Н. І. Болтянська, Д. О. Мілько, Б. В. Болтянський. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2021. – 608 с., іл.
7. Науково-технічне обґрунтування технології поліпшення біопотенціалу сільськогосподарських культур: монографія / Харченко С.О., Панкова О.В., Харченко Ф.М., Сировицький К.Г., Шуляк М.Л., Зубко В.М., Соколів С.П. – Харків: ФОП Панов А.М., 2023. – 157 с.
8. Практикум з теорії та розрахунку сільськогосподарських машин : навчальне видання / Д. Г. Войтюк [та ін.]. - К. : Видавничий центр НУБіП України, 2022. - 185 с.
9. Технічний сервіс обладнання лісового комплексу : навчальний посібник / Л. Л. Тітова, І. Л. Роговський, О. В. Надточій. - К. : НУБіП України, 2020. - 405 с.
10. Технологія та проектування елеваторів : навчальний посібник / О.І. Шаповаленко, О.О. Євтушенко, Т.І. Янюк, В.А. Почеп; [Під редакцією проф. Шаповаленко О.І.]. Стереотипне вид. – Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. – 416 с.
11. Трактори та автомобілі [Текст] : підручник. Ч. 5. Теорія двигунів внутрішнього згоряння / М. Г. Сандомирський [та ін.] ; за ред. А. Т. Лебедев ; Харків. нац. техн. ун-т сіл. госп-ва ім. П. Василенка. - Харків : ХНТУСГ, 2021. - 258 с.
12. Шкарівський, Григорій Васильович. Трансмисії мобільних машин : навчальний посібник / Г. В. Шкарівський. - К. : ФОП Ямчинський О.В., 2021. - 439 с.
13. Зубко В.М. Агроінжиніринг: навчальний посібник для здобувачів вищої освіти спеціальностей 208 «Агроінженерія», 202 «Агрономія»/ В.М.Зубко – Суми: СНАУ, 2022.-468 с. Пр.ВР СНАУ №11 від 28.02.2022року

14. Інтелектуальні системи тракторів і автомобілів, сервісний супровід: підручник / В. Д. Мигаль, М. Л. Шуляк, І. О. Шевченко. – Х.: ДБТУ, «Майдан», 2023. – 246 с. ISBN 978-966-372-849-0
15. Лебедєв А. Т., Шуляк М. Л., Зубко В. М., Лебедєв С. А. Будова тракторів John Deere серії 6, 8, 9: підручник для здобувачів освіти зі спеціальності 208 «Агроінженерія», за ред. А.Т. Лебедєва. – Суми:СНАУ, 2024. 210 с. ISBN 978-617-8095-50-5
16. Операційна технологія виробництва зерна кукурудзи в умовах лісостепу сумської області. Навчальний посібник / Шуляк Л.М., Зубко В.М., Барабаш Г.І., Саржанов Б.О., Батюк Л.М.- СНАУ. – Суми, 2024. – 185 с. ISBN 978-617-8095-52-9
17. Енергетичні засоби. Методичні вказівки щодо виконання лабораторних робіт відповідно до робочої програми (сілабусу) дисципліни для підготовки молодших бакалаврів 1 та 2 курсу спеціальності 208 «Агроінженерія» денної форми навчання. Частина 2. – Суми: СНАУ, 2022. – 82 с. Укладачі д.т.н., доцент Зубко В.М., ст. викладач Саєнко А. В., асистент Шелест М.С. (Протокол № 4 від 31 січня 2022 р.)
18. Vidas Damanauskas, Algirdas Janulevičius / Effect of tillage implement (spring tine cultivator, disc harrow), soil texture, forward speed, and tillage depth on fuel consumption and tillage quality - Journal of Agricultural Engineering, Vol. 53 No. 3 (2022) , <https://doi.org/10.4081/jae.2022.1371>
19. Annu Rani, T.P. Singh, Jayant Singh / Abrasive wear behavior of EN42 steel used in agricultural discs in field conditions - Engineering Failure Analysis, Volume 142, December 2022, 106789, <https://doi.org/10.1016/j.engfailanal.2022.106789>
20. Michele Mattetti, Massimiliano Varani / Correlation between power harrow energy demand and tilled soil aggregate dimensions - Biosystems Engineering, Volume 225, January 2023, Pages 54-68, <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2022.11.008>

