

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ДІДКОВСЬКИЙ АНДРІЙ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

УДК 631.3.02:631.3.03

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА  
ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВИХ СОШНИКІВ  
СТЕРНЬОВИХ СІВАЛОК**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр

Кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ А. О. Дідковський

**Керівник роботи**

Заєць М. Л.

кандидат технічних наук, доцент

**Житомир – 2024**

## АНОТАЦІЯ

**Дідковський Андрій Олександрович. Обґрунтування параметрів дискових сошників стерньових сівалок.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістр за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2024.

В роботі проаналізовано конструкційні параметри та особливості посівних секцій сучасних сівалок для сівби технічних та бобових культур. Виконано розбір технологічних чинників сошникової групи для сівби по стерні та поверхні з пожнивними рештками після збирання. Встановлено основні недоліки конструкцій та перелік складнощів, які виникають в процесі заробки насіння без поверхневої підготовки ґрунту.

Проведено обґрунтування та моделювання технологічного процесу запропонованої конструкційно-технологічної моделі сошниково-дискової групи посівної секції сівалки точної сівби. Виконано розрахунок основних параметрів та встановлено їх числові значення, зокрема діаметр дисків та їх кінематичні параметри, кут сходження, атаки і глибина заробки насіння, що впливають на форму посівного ложе.

Виконано аналітичне дослідження технологічних показників роботи запропонованої сошникової групи сівалки. Отримано залежності, що деякій мірі, описують взаємозв'язок конструкційних параметрів сошників та прорізних допоміжних дисків на ефективність виконання процесу сівби за мінімальною технологією вирощування технічних сільськогосподарських культур.

**Ключові слова:** *технологічний процес, сошникова група, дводисковий сошник, технологічні параметри, прорізання пожнивних решток, прорізний диск.*

## ANNOTATION

**Didkovsky Andriy Oleksandrovych. Justification of the parameters of disc coulters of stubble seeders.** – Qualification work in the form of a manuscript.

Qualification work for the degree of Master in specialty 208 Agroengineering. – Polesie National University, Zhytomyr, 2024.

The work analyzes the structural parameters and features of the sowing sections of modern seeders for sowing industrial and leguminous crops. The analysis of the technological factors of the coulters group for sowing on stubble and on the surface with crop residues after harvesting is carried out. The main structural shortcomings and a list of difficulties that arise in the process of seeding without surface soil preparation are established.

The justification and modeling of the technological process of the proposed structural and technological model of the coulters-disc group of the sowing section of a precision seeding seeder are carried out.

The calculation of the main parameters was performed and their numerical values were established, in particular the diameter of the discs and their kinematic parameters, the angle of convergence, the attack and the depth of seeding, which affect the shape of the seedbed. An analytical study of the technological indicators of the proposed coulters group of the seeder was performed.

Dependencies were obtained that, to some extent, describe the relationship between the structural parameters of the coulters and slotted auxiliary discs on the efficiency of the sowing process according to the minimum technology of growing industrial agricultural crops.

**Keywords:** *technological process, coulters group, double-disk coulters, technological parameters, cutting through crop residues, slotted disc.*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ СІВБИ СТЕРНЬОВИХ СІВАЛОК	
1.1. Конструкційно-технологічний аналіз аналогічних робочих органів по заробці насіння.....	7
1.2. Технічні вимоги до сошникових груп стернових сівалок.....	8
1.3. Аналіз технологій мінімального обробітку.....	9
1.4. Проблеми та перспективи.....	12
Висновок до розділу 1.....	13
2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОЇ СОШНИКОВОЇ ГРУПИ ДЛЯ СТЕРНЕВОЇ СІВБИ	
2.1. Розрахунок параметрів сошника для стернових сівалок.....	14
2.2. Силові та енергетичні розрахунки.....	16
2.3 Кінематичний розрахунок прорізного диска. Обґрунтування кута нахилу загортача.....	18
Висновки до розділу 2.....	22
3.РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ	
3.1. Опис компоновки сошникової групи висівної секції.....	23
3.2. Результати ефективності застосування.....	25
Висновки до розділу 3.....	29
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	30
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	31

## ВСТУП

**Актуальність теми.** Сошники є одним із ключових елементів конструкції сівалок, відповідальним за формування посівного ложа, закладання насіння на задану глибину та забезпечення оптимального контакту насіння з ґрунтом. Для стерньової сівби, яка виконується на полях із залишками попередньої культури, сошники мають забезпечувати ефективне прорізання стерні, мінімальне порушення структури ґрунту та рівномірність висіву. Це висуває специфічні вимоги до їх конструкції, матеріалів виготовлення, геометричних і силових параметрів.

Обґрунтування параметрів сошників для стерньових сівалок є актуальним завданням сучасного агропромислового комплексу, адже правильний вибір і оптимізація цих параметрів впливає на якість сівби, енергоефективність роботи техніки, зниження витрат на обробіток ґрунту та підвищення врожайності.

Урахування фізико-механічних властивостей ґрунту, особливостей стерні, типів насіння та технологічних режимів роботи дозволяє забезпечити високу продуктивність і тривалий термін експлуатації сошників.

Ця робота спрямована на аналіз і обґрунтування параметрів сошників стерньових сівалок з урахуванням агротехнічних вимог та сучасних тенденцій у сільськогосподарському машинобудуванні.

**Метою роботи є:** обґрунтування параметрів сошникової групи стерньових сівалок для сівби технічних культур, шляхом визначення їх конструкційних параметрів .

Задачі, які потрібно вирішити для досягнення поставленої мети наступні:

1. Виконати конструкційно-технологічний аналіз аналогічних робочих органів по заробці насіння.
2. Провести визначення технологічних параметрів сошникової групи.
3. Отримати результати практичних досліджень сформулювати рекомендації по підвищенню ефективності застосування посівних стерньових машин в технологіях з мінімальним обробітком ґрунту.

**Об'єкт дослідження** – технологічний процес підготовки ґрунту та заробки насіння за мінімального обробітку.

**Предмет дослідження** – залежність між параметрами сошникової групи та якістю заробки насіння в підготовлене ложе.

**Методи виконання роботи.**

Робота базується на теоретичних дослідженнях, експериментальних випробуваннях та аналізі сучасних засобів реалізації у галузі машинобудуванні. Застосовані методи проектування параметрів та кінематичних режимів застосування дисково-прорізних робочих органів для заробки насіння.

**Перелік публікацій автора за темою роботи:**

1. Заєць М. Л. Дослідження процесу прорізання стебел соломи дисковими сошниками / М. Л. Заєць, А. О. Дідковський // *Синергетика, фрактали і нові технології*: мат. міжн. наук.-практичної конференції. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 100-106.
2. М. Заєць, Дослідження ефективності прорізання пожнивних решток дисковими сошниками / М. Заєць, А. Дідковський // *Матеріали XXV міжнародного науково-практичного форуму*. Львів: ЛНУП., 2024. С. 399-403.
3. Дідковський А. О. Дослідження процесу прорізання стебел соломи дисковими сошниками. Студентські читання-2024: матеріали науково-практичної конференції. Житомир: Поліський національний університет, 2024. С. 84-88.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається зі вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 18 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 31 сторінка комп'ютерного тексту, 19 рисунків.

## 1. АНАЛІЗ ЗАСОБІВ РЕАЛІЗАЦІЇ ПРОЦЕСУ СІВБИ СТЕРНЬОВИХ СІВАЛОК

### 1.1. Конструкційно-технологічний аналіз аналогічних робочих органів по заробці насіння

Процес сівби стерньовими сівалками має на меті забезпечення якісного закладання насіння на полі з залишками стерні попередніх культур. Це вимагає використання спеціалізованих технічних засобів, здатних ефективно працювати в умовах мінімального обробітку ґрунту. Нижче проаналізовано ключові засоби реалізації цього процесу.[1]

Типи сошників для стерньових сівалок. Сошники є основними робочими органами, які забезпечують прорізання стерні, створення борозни, закладання насіння та його прикриття ґрунтом. Залежно від конструкції, їх можна розділити на такі типи: [1-4]

**Дискові сошники** (рис. 1.1.): складаються з одного або двох дисків, що прорізають стерню і ґрунт. Перевагами є ефективне прорізання щільної стерні, менше ушкодження структури ґрунту. До недоліків мона віднести, можливість забивання при високій щільності пожнивних залишків. [1-4]



(a)

(б)

Рис. 1.1. Дискові сошники групи посівних секцій без (а) і з прорізним диском(б)

Використовуються для мінімального та нульового обробітку ґрунту лапові сошники, обладнані лопатями, що зрізають стерню і створюють широку борозну. Перевагами являються краща підготовка ґрунту для укладання насіння, а недоліки: підвищене енергоспоживання. Не підходять для умов з густими залишками стерні.

Комбіновані сошники (рис. 1.2.): поєднують дискові й лапові елементи для забезпечення прорізання стерні та якісного посіву, застосовуються в складних ґрунтових умовах. [2,4,5]

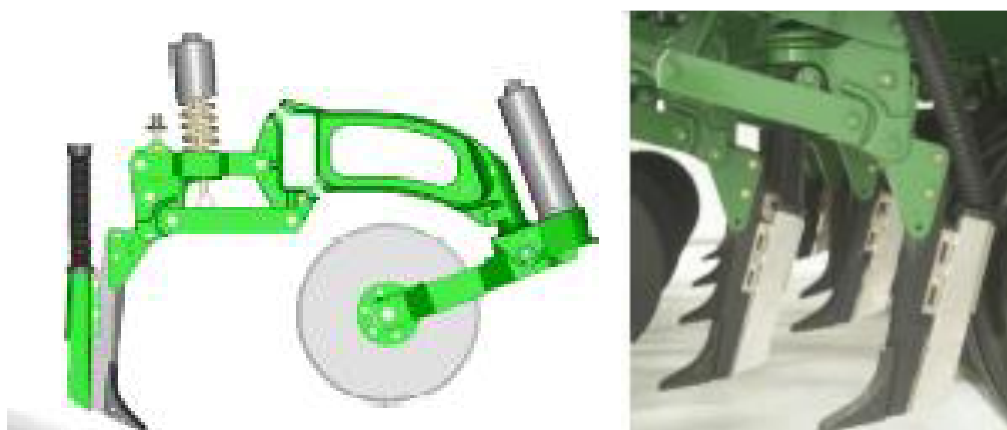


Рис. 1.2. Мульти-сошник з лапою

## 1.2. Технічні вимоги до сошникових груп стернових сівалок

Для забезпечення ефективності процесу сівби стерньові сошники повинні відповідати наступним вимогам: [2,3,4]

### 1. Прорізання стерні:

- Висока різальна здатність для роботи з різними типами залишків.
- Здатність працювати без забивання та залипання ґрунтом.
- Точне укладання насіння на задану глибину (30–70 мм залежно від культури).
- Формування борозни оптимальної ширини.
- Мінімальне тягове зусилля.
- Економія пального під час роботи.



## 1.2.1 Конструктивні особливості засобів реалізації процесу

### 1. Дискові системи:

- Встановлення під кутом атаки (5–15°) для прорізання стерні.
- Використання подвійних дисків для стабільності посівного ложа.
- Регулювання глибини ходу дисків для адаптації до різних ґрунтових умов.

### 2. Притискні колеса:

- Забезпечують ущільнення ґрунту після закладання насіння.
- Мінімізують втрати вологи.

### 1.3. Аналіз технологій мінімального обробітку

Сівба по стерні реалізується за таких технологій: [3-8]

#### 1. No-till (нульовий обробіток):

- Зберігається шар стерні, ґрунт не обробляється.
- Використовуються спеціалізовані дискові сошники. (рис. 1.3.)



Рис. 1.3. Сошники з дисковим прорізним ножем

#### 2. Strip-till (смуговий обробіток):

- Обробляються лише вузькі смуги для сівби (рис. 1.4).
- Можливе застосування комбінованих сошників.

#### 3. Mulch-till (поверхневий обробіток) (рис. 1.5.):

- Стерня переміщується з верхнім шаром ґрунту.

- Застосовуються лапові сошники.



Рис. 1.4. Сівба при Strip-till (смуговий обробіток)

*Фото отримані автором*



Рис. 1.5. Культиваторна лапа сівалки [1-4]

Наведено основні значення параметрів встановлення сошників посівної машини та додаткових ґрунтообробних лап при роботі на важких ґрунтах в табл. 1.1, звідки видно, що сівба зернових та технічних культур відбуваються широкорядним способом, це дозволить збільшити площу живлення рослин та знизить конкуренцію між ними, тим самим направить енергію росту на розвиток зернової, а не стеблової частини.

Таблиця 1.1.

Значення параметрів встановлення сошників посівної машини та додаткових ґрунтообробних лап при роботі на важких ґрунтах[1-4]

Ширина захвату	Міжряддя	Відстань між лапами	Кількість сошників	Кількість лап
8.5м	15.2 см	22.9 см	56	37
8.5м	19 см	22.9 см	46	37
11м	15.2 см	22.9 см	72	47
11м	19 см	22.9 см	58	47
13.4м	15.2 см	22.9 см	88	59
13.4м	19 см	22.9 см	70	59

Даний тип посівних машин має активне гідравлічне довантаження та досить просту систему довантаження.

- В машинах з міжряддям 19 см 102-181 кг на сошник.
- В машинах з міжряддям 25.4 см 102-204 кг на сошник.

Також забезпечує гідравлічне блокування дводискових сошників при сівбі по нерівномірно розподілених пожнивних рештках, таких як солома та стеблові частини кукурудзи та інших технічних культур ( рис. 1.6.).конструкція рами посівних машин повинна забезпечувати рівномірне копіювання поверхні поля, особливо при досить значній ширині захвату до 18 м, а також механічне довантаження балансирами у поєднанні з плаваючою підвіскою сівалки, що теж покращує ефективність прорізання соломи та решток на поверхні поля (рис. 1.7.).



Рис. 1.6. Регулятор гідравлічного блокування та системи механічного довантаження сошників

Фото отримані автором



*Здатність копіювати ґрунт*

*Плаваюча зчіпка працює в поєднанні з активною системою довантаження, копіює поверхню ґрунту.*



Рис. 1.7. Плаваюча підвіска стерньової сівалки

#### 1.4. Проблеми та перспективи

##### 2. Основні проблеми:

- 2.1. Забивання стерньових залишків у зоні сошників.
- 2.2. Невідповідність параметрів сошників різним типам ґрунтів.
- 2.3. Підвищені енерговитрати.

##### 3. Перспективи вдосконалення:

- 3.1. Використання самозагострювальних матеріалів для дисків.
- 3.2. Оптимізація кутів атаки і форми сошників.
- 3.3. Впровадження технологій точного землеробства для адаптації сівалок до умов поля.

## Висновок до розділу 1.

1. Аналіз засобів реалізації процесу сівби стерньових сівалок виявив широкий спектр конструктивних рішень та технологій, спрямованих на забезпечення ефективного посіву в умовах мінімального обробітку ґрунту. У процесі дослідження були визначені ключові аспекти, що впливають на якість сівби.

Дискові сошники продемонстрували високу ефективність у прорізання стерні та забезпеченні стабільної роботи в умовах нульового та мінімального обробітку ґрунту. Комбіновані сошники дозволяють адаптувати сівалку до різних ґрунтово-кліматичних умов, однак є технологічно складнішими і дорожчими в обслуговуванні.

2. Ключовими конструктивними параметрами є: Геометричні параметри сошників, зокрема діаметр, кут атаки, товщина та відстань між робочими органами, мають вирішальне значення для забезпечення якісного закладання насіння. Регулювання глибини сівби є одним із критичних факторів, що впливають на рівномірність проростання культур та подальшу врожайність.

3. Зниження тягового опору та оптимізація енергозатрат при роботі сошників залишаються одними з пріоритетних напрямків удосконалення сівалок. Це досягається завдяки використанню самозаточуваних дисків, зменшенню кута атаки та вдосконаленню конструкцій притискних коліс. Сучасні технології, такі як No-till, Strip-till та Mulch-till, вимагають адаптації конструкцій сошників до конкретних умов, включаючи густину стерні, вологість ґрунту та тип насіння. Використання технологій точного землеробства (GPS-навігація, датчики глибини та вологості) сприяє підвищенню ефективності роботи стерньових сівалок.

4. Основні проблеми, такі як забивання стерні у зоні роботи сошників і недостатнє ущільнення ґрунту над насінням, потребують конструктивних рішень, включаючи використання дисків спеціальної форми та посиленних притискних механізмів.

## 2. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КОМБІНОВАНОЇ СОШНИКОВОЇ ГРУПИ ДЛЯ СТЕРНЕВОЇ СІВБИ

### 2.1. Розрахунок параметрів сошника для стерньових сівалок

Розширений розрахунок параметрів сошника для стерньових сівалок охоплює взаємозв'язок ключових параметрів: геометричних розмірів, кутів нахилу, глибини закладання, силових характеристик, а також енергетичних витрат. У цьому розрахунку враховуються впливи стерні, ґрунтових умов і експлуатаційних режимів.

#### 2.1.1. Діаметр диска ( $D_d$ )

Формула для визначення діаметра диска, що забезпечує прорізання стерні на глибину  $h$ : [9]

$$D_d \geq 2h / \sin(\alpha), \quad (2.1)$$

де:

$h$  - глибина закладання насіння, м (0,03–0,07 м для зернових),

$\alpha$  - кут атаки (5–15°).

При глибині  $h=0,5$  м і куті  $\alpha=10^\circ$ :

$$D=2 \cdot 0,05 / \sin(10^\circ) \approx 0,575 \text{ м (575 мм)}$$

Оптимально вибирати  $D=360 \dots 600$  мм, для різних умов.

Товщина залежить від механічних властивостей матеріалу і умов роботи:

$$t = F / \sigma, \quad (2.2)$$

де:

- $F$  - очікуване навантаження на диск (500–1000 Н для стерньових умов),
- $\sigma$  - допустиме напруження для матеріалу (500 МПа для сталі з твердосплавним покриттям).

При  $F=1000$  Н:

$$t \geq 1000/500 \cdot 10^6 = 2 \cdot 10^{-6} \text{ м, (2 мм)}$$

Рекомендація:  $t=3-5$  мм

### 2.1.2. Відстань між дисками ( $a$ )

Відстань між дисками забезпечує утворення борозни без застрягання стерні.

$$a = d_{\text{нас}} + k, \quad (2.3)$$

де:

$d_{\text{нас}}$  - діаметр насіння (0,005–0,01 м),

$k$  - запас на стерню (0,01–0,015 м).

Для  $d_{\text{нас}}=0,007$  м:

$$a = 0,007 + 0,015 = 0,022 \text{ м}$$

Рекомендована відстань  $a = 20 \dots 30$  мм

### 2.1.3 Кут атаки ( $\alpha$ )

Оптимальний кут атаки забезпечує прорізання стерні і зменшує зусилля на сошник. Повинен становити значення :  $\alpha=7^\circ$  до  $15^\circ$ [12]

Для

Легкі ґрунти:  $7 \dots 10^\circ$ ,

Щільні ґрунти:  $10 \dots 15^\circ$ .

### 2.1.4. Кут між дисками ( $\beta$ )

Кут між дисками забезпечує формування стабільного ложа для насіння:

$\beta=8^\circ$  до  $12^\circ$  [12]

## 2.2. Силлові та енергетичні розрахунки

### 2.2.1. Розрахунок силового навантаження (F)

Сила опору залежить від площі контакту диска з ґрунтом (F) та опору ґрунту (k): [13]

$$F=k \cdot A, \quad (2.4)$$

де:

$k=200 \dots 400 \text{ Н/м}^2$  (опір ґрунту),

$A=h \cdot l$  - площа контакту.

При  $h=0,05 \text{ м}$ ,  $l=0,03 \text{ м}$ , і  $k=300 \text{ Н/м}^2$ : [14]

Становить:

$$A=0,05 \cdot 0,03=0,0015 \text{ м}^2$$

$$F=300 \cdot 0,0015=0,45 \text{ Н}$$

### 2.2.2. Потужність, що затрачається на привід (P)

Енергозатрати розраховуються як:

$$P=F \cdot V, \quad (2.5)$$

де:  $F=0,45 \text{ Н}$ ,

$V=1,5 \text{ м/с}$

Розрахунок показав:

$$P=0,45 \cdot 1,5=0,675 \text{ Вт} \quad (2.6)$$

Залежність глибини закладання (h) від кута атаки ( $\alpha$ ) (рис. 2.1.):

По осі x: кут атаки ( $5^\circ \dots 15^\circ$ ).

По осі y: глибина (h) у мм.



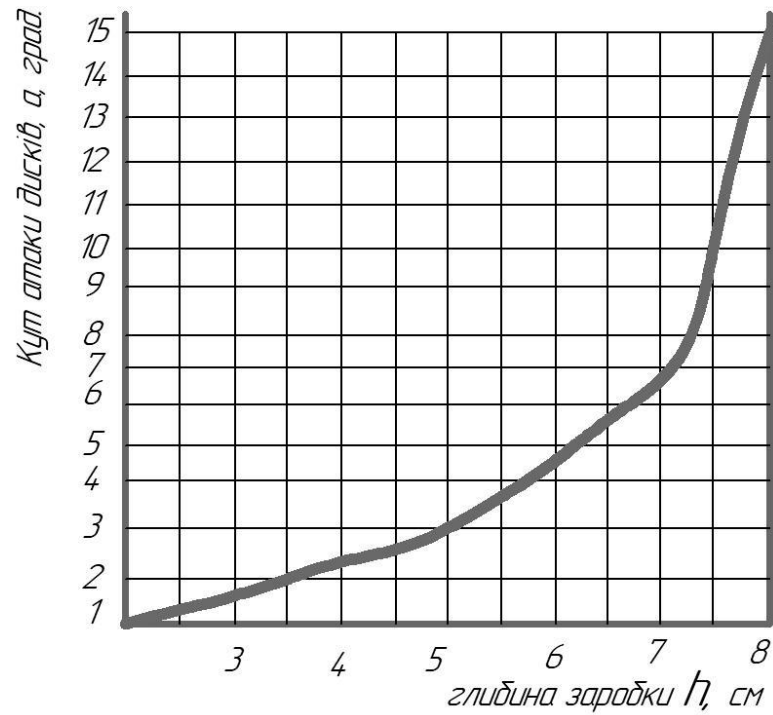


Рис. 2.1. Графічна залежність глибини закладання ( $h$ ) від кута атаки ( $\alpha$ )  
 Енергозатрати ( $P$ ) від швидкості ( $V$ ) рис. 2.2:

По осі  $x$ : швидкість (1...5 м/с).

По осі  $y$ : потужність ( $P$ ) у Вт.

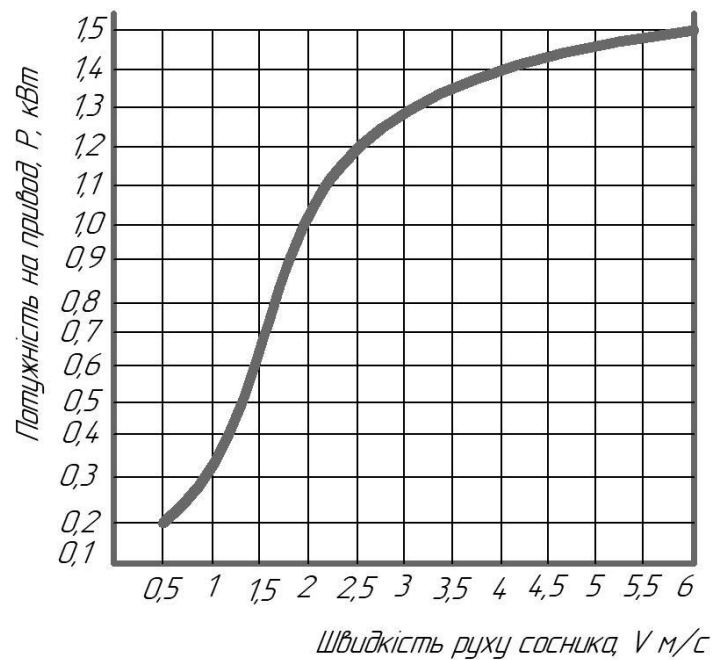


Рис. 2.2. Залежність енергозатрат ( $P$ ) від швидкості ( $V$ ) руху сошника

На представлених графіках можна побачити:

Залежність глибини закладання насіння ( $h$ ) від кута атаки ( $\alpha$ ):

Графік демонструє (рис. 2.1.), як глибина збільшується з ростом кута атаки від  $5^\circ$  до  $15^\circ$ .

Залежність енергозатрат ( $P$ ) від швидкості ( $V$ ) рис.2.2.:

Показано, як потужність лінійно зростає в межах  $1,0 \dots 1,1$  м/с, а при збільшенні швидкості роботи сошника в межах від  $1,5$  до  $5$  м/с затрати енергії приводу носять оптимальний характер. Глибина сівби становить:  $30\text{--}70$  мм. Потужність: зростає від  $0,28$  кВт до  $1,0$  кВт на сошник у залежності від збільшення глибини.

2.3 Кінематичний розрахунок прорізного диска. Обґрунтування кута нахилу загортача

Оскільки в загальному випадку клин виконує дві функції: руйнування ґрунтового шару і його переміщення. То під час руйнування використовується принципова особливість клина, заснована на тому, що, докладаючи порівняно невелику рушійну силу  $T$ , можна розвинути велику нормальну силу тиску клина на пласт, яка призводить до зминання і сколювання його елементів. Як видно із силового трикутника (рис. 2.3.,2.4.), рівна їй за величиною, але протилежна за напрямком сила реакції пласта[16]

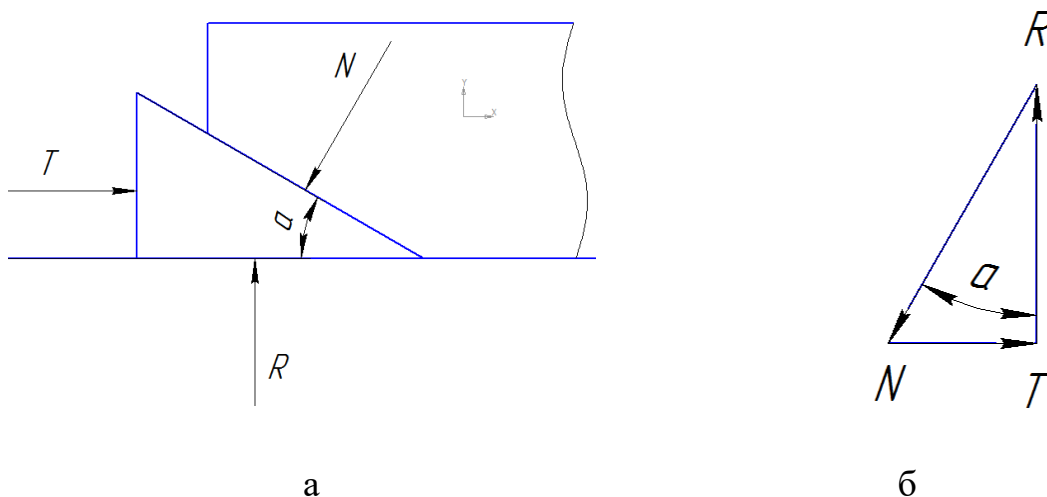


Рис. 2.3. Взаємодія пласта і клина (а); силовий трикутник (б)

$$N = \frac{T}{\sin \alpha} \quad (2.7)$$

де  $\alpha$  – кут нахилу робочої грані клина.

Неважко порахувати, що за  $\alpha = 15^\circ$ , наприклад,  $N \approx 4T$  [15]

Великий вплив на характер взаємодії клина з ґрунтом має також кут  $\alpha$  нахилу робочої грані до горизонту. Щоб переконатися в цьому, розглянемо клин ABC, занурений у ґрунт, який рухається зліва направо (рис. 2.4). Нормальну силу  $N$ , яка діє на ґрунтову частку (агрегат)  $m$  з боку робочої грані клина, розкладемо на дві складові  $N_v$  та  $N_T$ , які діють відповідно в напрямі руху клина  $v$  та вздовж його робочої грані AB. Крім нормального тиску  $N$ , на частинку  $m$  діє сила тертя  $F$ .

Сили  $N$  і  $F$  дають результуючу силу  $R$ , відхилену від нормалі на кут тертя  $\varphi$ . При цьому залежно від кута  $\alpha$  можливі два режими роботи клина: ґрунт ковзає вздовж робочої поверхні (леміш, плоскоріжуча лапа культиватора тощо); ґрунт переміщується разом із робочою поверхнею, згужуючись перед нею (диск, розпушувальна лапа культиватора тощо). [15]

Зрозуміло, що рух частинки  $m$  уздовж робочої грані прорізного диска виявиться можливим, якщо дотична, складова нормального тиску  $N_T$ , стане більшою за максимальну силу тертя ґрунту по робочій поверхні клина, тобто: [15]

$$N_T > F_{\max}. \text{ Но } N_T = N \times \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha), \text{ а } N_{\max} = N \times \operatorname{tg}\varphi,$$

де  $\varphi$  – кут тертя ґрунту об робочу поверхню клина.

Отже умова матиме вигляд: [17]

$$N \times \operatorname{tg}(\pi/2 - \alpha) > N \times \operatorname{tg}\varphi \text{ або } (\pi/2 - \alpha) > \varphi \quad (2.8)$$

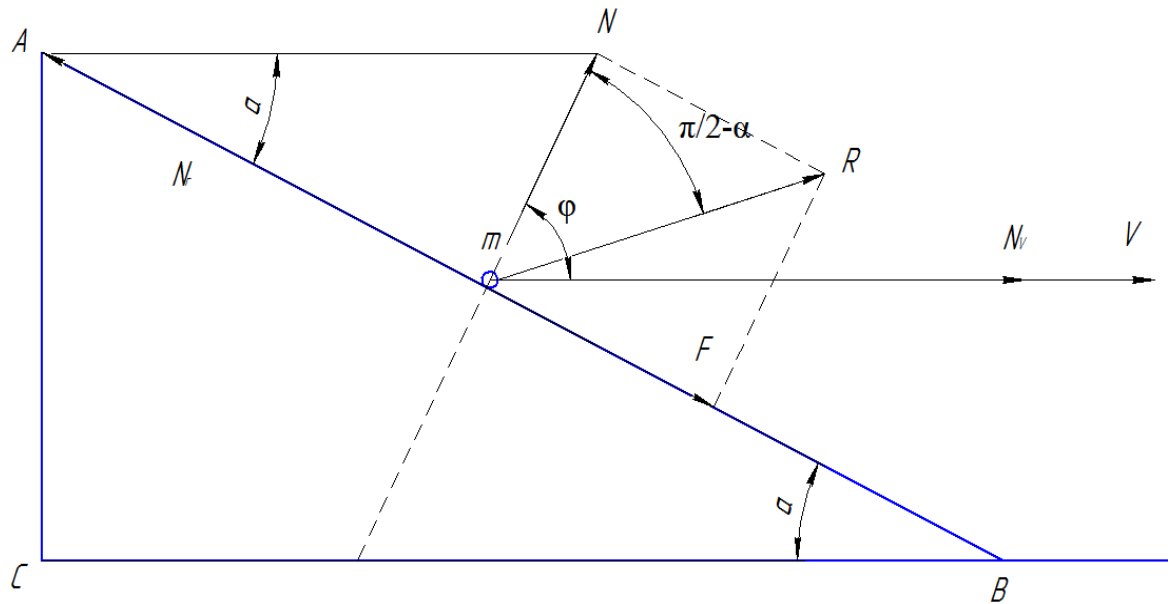


Рис. 2.4. Сили, що діють на ґрунтову частинку, яка стикається з диском при заданій глибині обробітку

Оскільки кут між напрямком нормалі  $N$  до робочої поверхні і напрямком швидкості її руху  $V$  є одним із найважливіших параметрів робочого органу будь-якої ґрунтообробної машини, то його слід позначити окремим символом, наприклад  $\xi$ . Тоді умова ковзання матеріалу по робочій поверхні спроститься і матиме вигляд: [15]

$$\xi > \varphi \quad (2.9)$$

де  $\xi = \pi/2 - \alpha$ .

Якщо ж  $\xi < \varphi$ , то сили  $NT$  і  $F$  взаємно врівноважуються, ковзання ґрунту вздовж робочої грані клина не спостерігається, а напрямок руху частинки  $m$  збігається з напрямком руху клина  $V$ , оскільки єдиною рушійною силою буде сила  $NV$ . У цьому випадку кожна частинка переміщається разом із клином у напрямку його руху, клин штовхає перед собою всю масу ґрунту, що знаходиться перед ним, який вивантажується перед ним.

$$\alpha < \pi/2 - \varphi \quad (2.10)$$

Кут  $\alpha$  суттєво впливає і на опір ґрунту руху клина (рис. 2.5), як бачимо, у міру збільшення кута  $\alpha$  горизонтальна складова сили опору ґрунту  $R_x$  зростає, а вертикальна  $R_z$  зменшується. Сила  $R_x$  характеризує енерговитрати на технологічний процес, а сила  $R_z$  - заглиблення клина в ґрунт. Із графіків видно, що мінімальні енерговитрати і хороша заглиблюваність спостерігаються за малих значень кута  $\alpha$ .

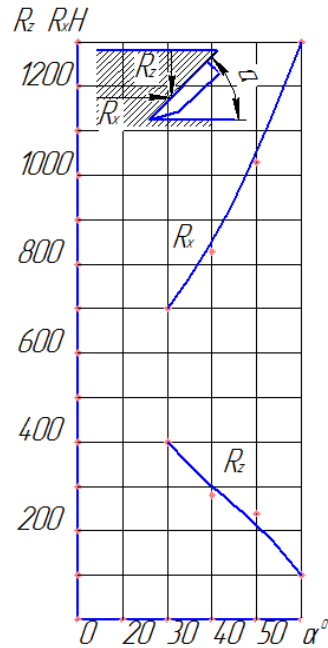


Рис. 2.5. Зміни складових  $R_x$  і  $R_z$  опору ґрунту диска залежно від кута подрібнення  $\alpha$  (за даними ННЦ ІМЕСГ суглинок вологістю 24%, глибина обробітку 16 см, ширина захвату 50 мм).

Нормальним кутом атаки диска (відігнутого профілю) на добре подрібненому ґрунті має становити  $45^\circ$  [4]. З малюнка видно, що за такого кута атаки загортач матиме невелику за значенням силу  $R_z$ , яка не буде створювати додаткових енерговитрат, але достатню для притиснення ґрунту до крайки згортача і звалювання її в міжряддя. І невелику силу  $R_x$  за умови забезпечення оптимальних розмірів загортача (рис. 2.6.).

Висновки до розділу 2.

У роботі було модернізовано посівну секцію сівалки точної сівби технічних культур. Замість стандартного пружинно-пальцевого загортача запропоновано встановити клиноподібний котковий загортач, закріпленим до рами сошникової групи секції та перфорований диск для прорізання решток, а також згортача пара при роботі на полях після збирання великостеблових культур, таких як кукурудза соняшник. У борознах створюється сприятливі умови, відбувається більш повне затримання вологи, що сприяє кращому розвитку культур в умовах посухи.

Така конструкція дає змогу закласти на 15 % більше насіння, що висівається. Що підвищує польову схожість насіння і в зв'язку з цим скорочує на 10...15 % норму висіву культур. Зменшує на 6 % тяговий опір сівалки. Всі перераховані вище особливості є важливою основою підвищення врожайності сільськогосподарських культур на 15...20%.

Отримано графічні залежності потужності на привід (**P**) від швидкості (**V**) руху сошника, де показано, як потужність лінійно зростає в межах 1,0...1, м/с, а при збільшенні швидкості роботи сошника в межах від 1,5 до 5 м/с затрати енергії приводу носять оптимальний характер. Глибина сівби становить: 30–70 мм. Потужність: зростає від 0,28 кВт до 1,0 кВт на сошник у залежності від збільшення глибини.

Встановлено оптимальний кут атаки, що забезпечує прорізання стерні і зменшує зусилля на сошник, який становить  $\alpha=7^\circ$  до  $15^\circ$  для легких ґрунтів:  $7...10^\circ$ , щільних  $10...15^\circ$ . Кут між дисками сошника ( $\beta$ ), що забезпечує формування стабільного ложа для насіння повинен становити  $\beta=8^\circ$  до  $12^\circ$ .

## 4. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ЗАПРОПОНОВАНИХ РІШЕНЬ

### 3.1. Опис компоновки сошникової групи висівної секції

Сучасні посівні рядкові машини для точної сівби обладнуються різними видами посівних секцій, що забезпечують дозування добрив, насіння та укладання їх на задану глибину заробки. Кожен виробник має прийняти рішення, згідно агротехніки вирощування та ґрунтово-кліматичних умов, виду культур, яку комплектацію посівного агрегату придбати. Це зовсім не легке завдання, оскільки, умови сівби змінюються, застосовані технології видозмінюються в сторону зменшення енергетичних витрат. Тому обирати потрібно ретельно, зваживши всі фактори та з врахуванням майбутніх можливих змін технологічних процесів та засобів реалізації.

Виробниками пропонується широкий спектр комплектацій посівних машин, одного і того ж типу. Тому варто мати в наявності те, що потрібно для забезпечення агротехнології.

Нами проведено аналіз та обґрунтування уніфікованого складу посівних робочих органів, сошникової групи, оскільки, саме вона забезпечує реалізацію технологічного процесу сівби в заданих умовах.

На (рис. 3.1., а, б,) представлено посівні секції рядкових сівалок та посівних комплексів для точної пунктирної сівби технічних та бобових культур, що мають змінні робочі органи та широкий діапазон регулювань їхніх параметрів. Зокрема, установка прорізних дисків різного діаметру та профілю, прикочуючих котків зі змінним кутом розвалу чи розміру, згортаючі робочі органи для сівби по полях після збирання кукурудзи чи соняшника, регулювання притискного зусилля пневмо чи гідравлічним способом. Але основним є сошник, що має володіти широкою уніфікацією роботи при застосуванні сучасних технології, такі як No-till, Strip-till та

Mulch-till, та вимагають адаптації конструкцій до конкретних умов, включаючи густину стерні, вологість ґрунту та тип насіння тощо.



а)

б)



Рис. 3.1. Загальний вид секцій Max Emerge XP(а), та Pro Series XP

Привід від ВВП. Вакуумна система норми внесення. Пневматична притискна система. Посилена пружинна притискна система. Баки 56 л 106 л . Бак для інсектицидів (не використовується з баками 106 л) . Насінневі ємкості 56 л і 106 л використовуються із ЗЗР.

Висівні секції Max Emerge XP (рис. 3.1 а), можливо застосовувати з пневматичною притискною системою, на сівалці 1790 встановлюється висівна секція Pro Series XP (рис. 3.1.б). Зручний доступ до висівного диска . Зручний у налаштуваннях подвійний сепаратор . Доступно міні розширення бункера, тобто, бункер можна збільшувати.

Система дозування насіння CCS PRO-SERIES XP™ Vacuum Meters (рис. 3.2.), дозволяє змінювати норму висіву технологічного матеріалу в широкому діапазоні



при сівбі дрібнонасінного матеріалу при нормі 2...4 кг/га до бобових при нормі 130...150 кг/га.

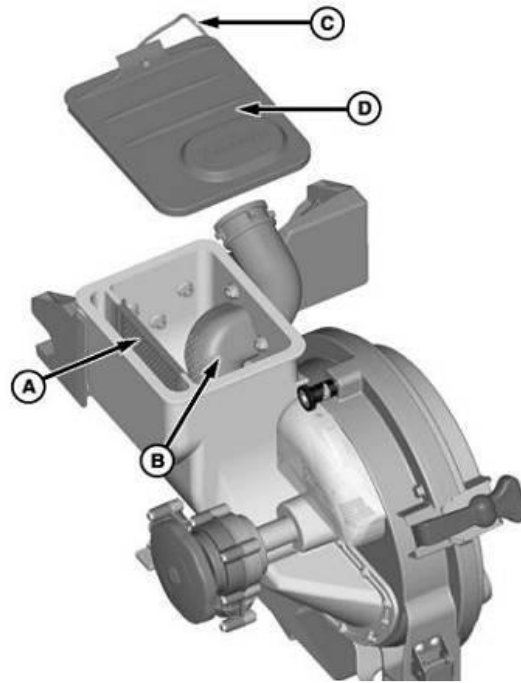


Рис. 3.2. Система дозування насіння CCS PRO-SERIES XP™ Vacuum Meters  
 А - захищений дільник; В - труба завантаження; С – обмежувач; О – кришка.

### 3.2. Результати ефективності застосування

Провівши дослідження сучасних пневматичних комплексів, запропоновано обладнати сівалок для стерньової сівби, прорізних дисків різного діаметру та профілю, прикочуючих котків зі змінним кутом розвалу чи розміру, згортаючі робочі органи для сівби по полях після збирання кукурудзи чи соняшника, регулювання притискного зусилля пневмо чи гідравлічним способом. (рис. 3.3.). А також з додатково встановленими прикочуючими ущільнюючими котками, що забезпечують тиск на ґрунт до 900 Н/м, які встановлюються на відстані 229 мм. Стандартно з кутом розвалу 17° має ширину захвату 254 або 280 мм, а також комплект робочих органів до них для сівби на площах з товстим шаром рослинних реток після збирання кукурудзи (рис. 3.4.) та (рис. 3.5.).



Рис. 3.3. Сошникова група секції сівалки із запропонованим загортачем



Рис. 3.4. Запропонована сонникова група сівалки з прорізним диском та прогортачем рослинних та поживних решток

Ці засоби реалізації дозволили отримати наступні результати якості сівби, що представлені на фото (рис.3.5.)



Рис. 3.5. Результати сівби при Strip-till (смуговий обробіток) по агрофону 3, поле після збирання кукурудзи на зерно

*Фото отримані автором*

Даний тип посівних машин має активне гідравлічне довантаження та досить просту систему довантаження.(рис. 3.6.)

- В машинах з міжряддям 19 см 102-181 кг на сошник.
- В машинах з міжряддям 25.4 см 102-204 кг на сошник.

Також забезпечує гідравлічне блокування дводискових сошників при сівбі по нерівномірно розподілених пожнивних рештках, таких як солома та стеблові частини кукурудзи та інших технічних культур ( рис. 3.).конструкція рами посівних машин повинна забезпечувати рівномірне копіювання поверхні поля, особливо при досить значній ширині захвату до 18 м, а також механічне довантаження балансирами у поєднанні з плаваючою підвіскою сівалки, що теж покращує ефективність прорізання соломи та решток на поверхні поля (рис. 3.7.).



Рис. 3.6. Регулятор гідравлічного блокування та системи механічного довантаження сошників

Отримано графічну залежність нерівномірності прорізання стеблової частини на поверхні поля та посівного ложа та притискного зусилля при застосуванні різних типів дисків під різні культури (рис. 3.7.).

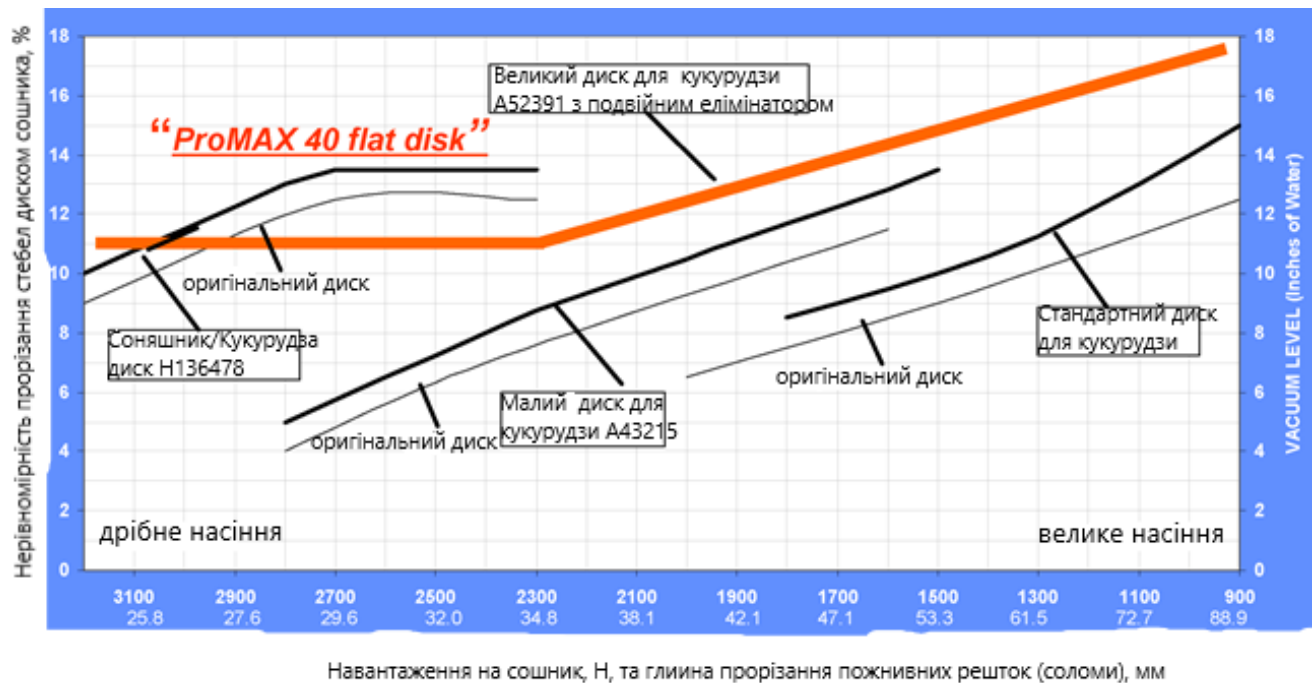


Рис. 3.7. Графічна залежність нерівномірності прорізання стеблової частини на поверхні поля та посівного ложа та притискного зусилля

Висновки до розділу 3. Дослідження виконувались на філії кафедри агропідприємства СТОВ «Старокотельнянське». Визначено, що зростання глибини прорізання перфорованих дисків від 30 ... 45 мм призводить до зростання врожайності кукурудзи на 5...10 %. Встановлено, що застосування ротаційних прогортачів решток в комбінації з пасивними стандартними дисковими сошниками діаметром 465 мм, при робочій швидкості руху 8,4 км/год, прорізання поверхневих пожнивних решток сягає до 100 % при врожайності стеблової маси (до 2,5 т/га) при встановленій глибині заробки 5 см.

Провівши дослідження сучасних пневматичних комплексів, запропоновано обладнати сівалки для стерньової сівби, прорізних дисків різного діаметру та профілю, прикочуючих котків зі змінним кутом розвалу чи розміру, згортаючі робочі органи для сівби по полях після збирання кукурудзи чи соняшника, регулювання притискного зусилля пневмо чи гідравлічним способом. А також з додатково встановленими прикочуючими ущільнюючими котками, що забезпечують тиск на ґрунт до 900 Н/м, які встановлюються на відстані 229 мм. Стандартно з кутом розвалу 17° має ширину захвату 254 або 280 мм, а також комплект робочих органів до них для сівби на площах з товстим шаром рослинних реток після збирання кукурудзи.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз засобів реалізації процесу сівби стерньових сівалок виявив широкий спектр конструктивних рішень та технологій, спрямованих на забезпечення ефективного посіву в умовах мінімального обробітку ґрунту. Дискові сошники продемонстрували високу ефективність у прорізанні стерні та забезпеченні стабільної роботи в умовах нульового та мінімального обробітку ґрунту. Параметри сошників, зокрема діаметр, кут атаки, товщина та відстань між робочими органами, мають вирішальне значення для забезпечення якісного закладання насіння.
2. У роботі було модернізовано посівну секцію сівалки точної сівби технічних культур. Замість стандартного пружинно-пальцевого загортача запропоновано встановити клиноподібний котковий загортач, закріпленим до рами сошникової групи секції та перфорований диск для прорізання решток, а також згортача пара при роботі на полях після збирання великостеблових технічних культур.
3. Дана конструкція дає змогу закласти на 15 % більше насіння, що висівається. Що підвищує польову схожість насіння і в зв'язку з цим скорочує на 10...15 % норму висіву культур. Отримано графічні залежності потужності на привід ( $P$ ) від швидкості ( $V$ ) руху сошника, при збільшенні швидкості роботи сошника в межах від 1,5 до 5 м/с затрати енергії приводу носять оптимальний характер. Глибина сівби становить: 30–70 мм. Потужність: зростає від 0,28 кВт до 1,0 кВт на сошник.
4. Встановлено оптимальний кут атаки, що забезпечує зниження зусилля на сошник, який становить  $\alpha=7^\circ\dots15^\circ$  для легких ґрунтів:  $7\dots10^\circ$ , щільних  $10\dots15^\circ$ . Кут сходження між дисками сошника ( $\beta$ ), повинен становити  $\beta=8^\circ$  до  $12^\circ$ .
5. Зростання глибини прорізання перфорованими дисками від 30...45 мм призводить до зростання врожайності кукурудзи на 5...10 %. Застосування ротаційних прогортачів решток в комбінації з пасивними стандартними дисковими сошниками діаметром 465 мм, при робочій швидкості руху 8,4 км/год, прорізання поверхневих пожнивних решток сягає до 100 % при врожайності стеблової маси (до 2,5 т/га) при встановленій глибині заробки 5 см.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. [Nielsen K, et al.](#) Sustained oscillations in glycolysis: an experimental and theoretical study of chaotic and complex periodic behavior and of quenching of simple oscillations. *Biophys Chem* (1998). 72 (1-2). P. 49-62.
2. Заєць М. Л. Результати дослідження впливу рівномірності розподілу поживних решток на глибину сівби та урожайність сільськогосподарських культур. *Конструювання, виробництво та експлуатація с.-г. машин*. 2021. Вип. 51. С. 36–46.
3. М. Л. Заєць Вплив параметрів дискових сошників на передавальну здатність прорізання поживних решток у системі нульового обробітку ґрунту ЦНТУ, м. Кропивницький, 2023. № 52, С.16-22. <http://zborniksgm.kntu.kr.ua>  
<https://doi.org/10.32515/2414-3820.2023.53.16-22>
4. Технологічні основи проектування і виготовлення посівних машин: монографія / Б.М. Гевко, О.Л. Лящук, Ю.Ф., Павельчук та ін . Тернопіль: Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2013. 238 с.
5. Спосіб визначення якості розподілу сипких матеріалів вздовж рядка / П.В. Сисолін, І.М. Осипов, І.П. Сисоліна : пат. 34019 Україна : МПК А01С 7/00. № u 2008 02025 ; заявл. 18.02.2008 ; опубл. 25.07.20008, Бюл. № 14.
6. Tebrügge, F. and A. Böhrnsen, 2000. Direktsaat. Beurteilung durch Landwirte und Experten in der EU und Nebraska. *Landtechnik*, 1: 17–19.
7. Linke, C., 2006. Entwicklung der Direktsaat. *Landtechnik*, 61: 312–313.
8. Šarauskis, E., Vaiciukevicius E., Romaneckas K., Sakalauskas A. and R. Baranauskaite, 2009. Economic and energetic evaluation of sustainable tillage and cereal sowing technologies in Lithuania. *Rural Development 2009, Proceedings*, 4 (1):280–285
9. Šarauskis, E., Godlinski F., Sakalauskas A., Schlegel M., Kanswohl N., Romaneckas K., Jasinskas A. and V. Pilipavičius, 2010. Effects of soil tillage and

- sowing systems on sugar beet production under the climatic conditions of Lithuania. *Landbauforschung Volkenrode*, 2 (60): 101–110.
10. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. К.: Урожай, 2001. 384 с.
  11. Хайліс Г.А. Коновалюк Д.М. Розрахунок робочих органів збиральних машин: Навч. посібник. – К.: НМК ВО, 1991. 199 с.
  12. Бойко А.І., Свірень М.О., Шмат С.І., Ножнов М.М. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. К., 2003. – 203 с.
  13. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. К.: Урожай, 1982. 312 с.
  14. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. - Т.1. - Ч.1. - Машини та знаряддя для обробітку ґрунту. – Харків: Око, 2001. 320 с.
  15. Комаристов В.Ю., Дунай М.Ф. Сільськогосподарські машини. К.: Вища школа, 1987. 248с.
  16. Goyal M.R., Verma D.K. (Eds.) *Engineering Interventions in Agricultural Processing*. Apple Academic Press, 2018. 377 p.
  17. Kutz M. (Ed.) *Handbook of Farm, Dairy and Food Machinery Engineering*. 3rd Edition. Academic Press, 2019. 779 p
  18. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки. Київ: НАУ, 1998. 28 с.