

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ  
МЕДИЦИНИ ТА БІОТЕХНОЛОГІЙ ІМЕНІ С.З. ГЖИЦЬКОГО  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

на тему: **«Розроблення конструкції дискового сошника пневматичної  
універсальної сівалки СПУ-3 з барабанним спрямовувачем насіння»**

Виконав: студент групи Маш-42сп

Спеціальності 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

Олег БАЛАНДЮК  
(Ім'я та прізвище)

Керівник: Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
(Ім'я та прізвище)

Дубляни 2025

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ  
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ  
ТЕХНОЛОГІЙ  
КАФЕДРА МАШИНОБУДУВАННЯ**

Освітній ступінь «Бакалавр»

Спеціальність 133 «Галузеве машинобудування»  
(шифр і назва)

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Зав. кафедри машинобудування

\_\_\_\_\_  
(підпис)

д.т.н., професор Власовець В.М.

“        ”        \_\_\_\_\_ 2024 р.

**З А В Д А Н Н Я**

на кваліфікаційну роботу студенту

БАЛАНДЮКУ Олегу Ігоровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: «Розроблення конструкції дискового сошника пневматичної універсальної сівалки СПУ-3 з барабанним спрямовувачем насіння»

Керівник роботи: Березовецький Сергій Андрійович, к.т.н., доцент  
Затверджена наказом по університету від 25.02.2025 року № 123/к-с

2. Строк здачі студентом закінченої роботи 10.06.2025 року

3. Вихідні дані: довідкова література, інтернет джерела, технічні характеристики сівалок та їх робочих органів, зокрема, сошників; патенти на корисні моделі та винаходи; літературні джерела за тематикою дискових сошників сівалок; методики розрахунку та проектування дискових сошників сівалок; методики визначення економічної ефективності конструктивного удосконалення вузлів та деталей.

4. Перелік питань, які необхідно розробити:

1. Аналіз об'єкта проектування.

2. Технологічна частина.

3. Конструктивна частина.

4. Охорона праці.

5. Економічна оцінка роботи.

Висновки і пропозиції;

Бібліографічний список.

5. Перелік ілюстраційного матеріалу  
Графічні матеріали до кваліфікаційної роботи виконати у вигляді презентації в середовищі Microsoft PowerPoint обсягом 10-12 слайдів.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ  | Прізвище, ініціали та посада консультанта                                                            | Підпис, дата   |                  | Відмітка про виконання |
|---------|------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------|------------------|------------------------|
|         |                                                                                                      | завдання видав | завдання прийняв |                        |
| 1,2,3,5 | Березовецький С.А. к.т.н.,<br>доцент кафедри<br>машинобудування                                      |                |                  |                        |
| 4       | Городецький І.М., к.т.н.,<br>доцент кафедри фізики,<br>інженерної механіки та<br>безпеки виробництва |                |                  |                        |

7. Дата видачі завдання: 26.02.2025

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| Поз. № | Назва етапів кваліфікаційної роботи                                                                              | Термін виконання етапів роботи | Відмітка про виконання |
|--------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|------------------------|
| 1.     | <i>Виконання розділу: «Аналіз об'єкта проектування»</i>                                                          | 26.02.2025-14.03.2025          |                        |
| 2.     | <i>Виконання другого розділу: «Технологічна частина»</i>                                                         | 17.03.2025-28.03.2025          |                        |
| 3.     | <i>Виконання третього розділу: «Конструктивна частина»</i>                                                       | 31.03.2025-11.04.2025          |                        |
| 4.     | <i>Виконання розділу: «Охорона праці»</i>                                                                        | 14.04.2025-25.04.2025          |                        |
| 5.     | <i>Виконання розділу: «Економічна частина»</i>                                                                   | 28.05.2025-09.05.2025          |                        |
| 6.     | <i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та графічної частини. Завершення роботи в цілому</i> | 12.05.2025-10.06.2025          |                        |

Студент \_\_\_\_\_ Олег БАЛАНДЮК  
 (підпис)

Керівник роботи \_\_\_\_\_ Сергій БЕРЕЗОВЕЦЬКИЙ  
 (підпис)

**Баландюк О.І.** «Розроблення конструкції дискового сошника пневматичної універсальної сівалки СПУ-3 з барабанним спрямовувачем насіння» / Кваліфікаційна робота. Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій ім. С.З. Гжицького, 2025. 52 с.

У кваліфікаційній роботі розглянуто питання модернізації пневматичної універсальної сівалки СПУ-3 шляхом розробки нової конструкції дискового сошника з барабанним спрямовувачем насіння. Основною метою дослідження є підвищення точності висіву, зниження енергозатрат та забезпечення стабільної роботи сівалки в умовах наявності рослинних решток і нерівностей ґрунту. Проведено технічний аналіз існуючих конструкцій сівалок, здійснено огляд патентних рішень, виконано розрахунки технологічних параметрів модернізованого робочого органа.

Запропонована конструкція поєднує в собі функції висіву та загортання, що сприяє раціональному використанню зони живлення рослин. У роботі обґрунтовано конструктивні особливості, принцип дії і переваги нової моделі сошника порівняно з анкерними аналогами. Проведено техніко-економічну оцінку проекту, яка підтвердила доцільність впровадження розробки на практиці. Розрахований річний економічний ефект становить 16 954 грн при строку окупності 1,06 року. Враховано питання охорони праці та захисту навколишнього середовища, які свідчать про безпечність і екологічну ефективність удосконалення.

Результати роботи можуть бути використані для модернізації зернових сівалок у виробничих умовах аграрних підприємств та наукових досліджень у сфері сільськогосподарського машинобудування.

## ЗМІСТ

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| ВСТУП.....                                                             | 6  |
| 1 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ДЛЯ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР .....                      | 8  |
| 1.1 Типи сівалок, які застосовуються для висіву зернових культур ..... | 8  |
| 1.2 Конструкції та типи сошників пневматичних сівалок .....            | 10 |
| 1.3. Будова і принцип роботи пневматичної сівалки СПУ .....            | 12 |
| Висновки за першим розділом.....                                       | 23 |
| 2. ТЕОРЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ СІВАЛКИ.....                                  | 24 |
| 2.1. Розрахунок висівного апарата пневматичної сівалки .....           | 24 |
| 2.2. Розрахунок дискового сошника сівалки СПУ-3 .....                  | 26 |
| 3. УДОСКОНАЛЕННЯ СОШНИКА СІВАЛКИ СПУ-3 .....                           | 28 |
| 3.1. Обґрунтування удосконалення вузла .....                           | 28 |
| 3.2. Принцип роботи удосконаленого сошника .....                       | 29 |
| 3.3. Розрахунок технологічних параметрів дискового сошника .....       | 31 |
| Висновки за третім розділом.....                                       | 35 |
| 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ .....                              | 36 |
| 4.1. Охорона праці .....                                               | 36 |
| 4.2. Охорона навколишнього середовища .....                            | 39 |
| Висновки за четвертим розділом.....                                    | 40 |
| 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ СІВАЛКИ.....                | 42 |
| 5.1. Економічна ефективність проекту.....                              | 42 |
| 5.2. Експлуатаційні витрати. ....                                      | 43 |
| 5.3. Основна і додаткова заробітна плата. ....                         | 43 |
| 5.4. Амортизаційні відрахування. ....                                  | 43 |
| 5.5. Витрати на ПММ.....                                               | 44 |
| 5.6. Витрати на ТО, ТР, зберігання.....                                | 44 |
| Висновки до розділу 5 .....                                            | 48 |
| ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ .....                                           | 50 |
| БІБЛОГРАФІЧНИЙ СПИСОК .....                                            | 51 |

## ВСТУП

Сільськогосподарське машинобудування є однією з основних галузей, що забезпечує технічну базу для розвитку аграрного виробництва, сприяє підвищенню продуктивності та зменшенню енергозатрат під час виконання технологічних операцій. Від початку розвитку механізованого землеробства однією з основних інженерних задач було досягнення рівномірного висіву насіння як за глибиною, так і за відстанню між насінинами в рядку. Із впровадженням нових технологій та зростанням вимог до точності обробітку, виникла необхідність у модернізації висівної техніки.

Посів є однією з базових операцій у сільськогосподарському виробничому циклі, і його результативність значною мірою визначає рівень врожайності. Невідповідність глибини, щільності або схеми розміщення насіння у ґрунті може зумовити нерівномірні сходи, зниження продуктивності та нераціональне використання ресурсів. Для забезпечення високої точності посіву необхідна надійна та досконала конструкція технічних засобів, насамперед сівалок і їх робочих органів.

Сівалка СПУ-3, яка широко використовується в сільському господарстві, характеризується високою ремонтпридатністю та надійністю, однак має низку конструктивних обмежень. Зокрема, при роботі на полях з великою кількістю рослинних решток спостерігається зниження рівномірності висіву, що зумовлено недосконалістю конструкції сошників. Для вирішення цієї інженерної задачі необхідно модернізувати висівний механізм шляхом розробки нового сошника з барабанним спрямовувачем насіння, що дозволить підвищити точність розподілу насіння в рядку.

Метою цієї кваліфікаційної роботи є конструкторське вдосконалення сівалки СПУ-3 шляхом розробки інноваційної конструкції сошника. Робочий орган, зокрема сошник, відіграє важливу роль у формуванні посівного ложа та забезпеченні стабільності технологічного процесу. Основним завданням є

підвищення ефективності процесу висіву, покращення якості технологічної операції та зниження витрат паливно-енергетичних ресурсів.

У межах дослідження буде проведено технічний аналіз існуючої конструкції сівалки СПУ-3, виявлено її недоліки, сформульовано технічні вимоги до нового сошника, а також виконано технічне проєктування та обґрунтування запропонованого рішення. Передбачається також аналіз економічної доцільності впровадження розробки у виробництво.

Очікується, що результати розробки матимуть практичне значення для підприємств сільськогосподарського машинобудування, дозволять підвищити технічний рівень сівалок, оптимізувати процес висіву та сприяти ефективному використанню техніки у польових умовах.

## 1 АНАЛІЗ ЗАСОБІВ ДЛЯ СІВБИ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

### 1.1 Типи сівалок, які застосовуються для висіву зернових культур

Сівба - один із головних технологічних етапів вирощування зернових культур. Від якості її виконання залежить не лише густота посіву, а й рівномірність сходів, стійкість до посухи, ефективність удобрення та, зрештою, врожайність. Забезпечити стабільно високу якість цього процесу покликані сучасні засоби механізації - зернові сівалки [1].

На сьогодні у сільськогосподарському виробництві найпоширенішими є такі типи сівалок (табл. 1.1):

- Механічні сівалки – працюють за допомогою висівного апарата механічного типу (котушковий, шестеренчастий або шторковий), як приклад: СЗ-3,6 - вітчизняна сівалка, розрахована на звичайні умови посіву без добрив [5].
- Пневматичні сівалки – використовують повітряний потік для транспортування насіння до сошників. Вони забезпечують більш рівномірний розподіл насіння та кращу точність норм висіву, наприклад, СПУ-3 - сівалка, що забезпечує норму висіву від 0,4 до 460 кг/га при міжрядді 125 мм [7-9].
- Комбіновані сівалки – дозволяють одночасно здійснювати посів та внесення мінеральних добрив, наприклад, *Horsch Pronto 6 DC* (Німеччина) - універсальна сівалка з системою *TurboDisc* і високошвидкісним посівом [1, 3].
- Сівалки для прямого посіву (*no-till*) – забезпечують сівбу без попереднього обробітку ґрунту, зберігаючи його структуру та вологість, наприклад, *Vaderstad Seed Hawk* або *Great Plains Spartan* [1, 6].

Таблиця 1.1 - Порівняння характеристик вітчизняних і зарубіжних зразків

| Показник               | СПУ-3                   | <i>Horsch Pronto</i><br>6 DC | <i>Vaderstad Rapid</i><br>A400S |
|------------------------|-------------------------|------------------------------|---------------------------------|
| Тип                    | Пневматична             | Пневматична<br>комбінована   | Пневматична                     |
| Робоча ширина, м       | 3,0                     | 6,0                          | 4,0                             |
| Продуктивність, га/год | 2,7–3,6                 | до 9,0                       | 4,5–6,0                         |
| Ширина міжрядь, мм     | 125                     | 150                          | 125                             |
| Норма висіву, кг/га    | 0,4–460                 | 2–380                        | 2–300                           |
| Місткість бункера, л   | 500                     | 3500                         | 3100                            |
| Тип сошника            | Анкерний                | Дисковий<br><i>TurboDisc</i> | Дисковий<br><i>System Disc</i>  |
| Агрегаткування         | Трактори<br>80–100 к.с. | 150–200 к.с.                 | 140–160 к.с.                    |

Порівняльний аналіз засобів для сівби зернових показав, що:

- Вітчизняні моделі (типу СПУ-3) мають просту та надійну конструкцію, доступні в обслуговуванні, але поступаються закордонним аналогам за рівнем автоматизації, місткістю бункерів та продуктивністю [7, 8].
- Сівалки *Horsch* і *Vaderstad* мають високу продуктивність, точність посіву, мінімальне пошкодження насіння та здатність працювати за умов *no-till*, однак їх вартість і енерговитрати вищі [6].
- Перспективним напрямком розвитку є модернізація вітчизняних сівалок шляхом інтеграції електроприводів, комп'ютеризованих систем контролю, секційного вимкнення рядів та варіативного висіву на основі карт-завдань.

Отже, вибір конкретного типу сівалки повинен враховувати технологію землеробства, розміри полів, потужність наявної техніки та економічну доцільність придбання або модернізації машин [2, 10].

## 1.2 Конструкції та типи сошників пневматичних сівалок

Сошники - це важливі робочі органи пневматичних сівалок, які утворюють посівну борозну, вкладають насіння на задану глибину і забезпечують його часткове загортання. Їх конструкція визначає якість формування борозенки, точність глибини загортання, рівномірність розміщення насіння в ґрунті, а також адаптацію сівалки до різних умов - від класичного обробітку до технологій *no-till* [1, 6].

Серед пневматичних сівалок застосовуються кілька основних типів сошників (рис. 1.1), які відрізняються за конструкцією, принципом дії, умовами застосування та технологічною ефективністю [11].

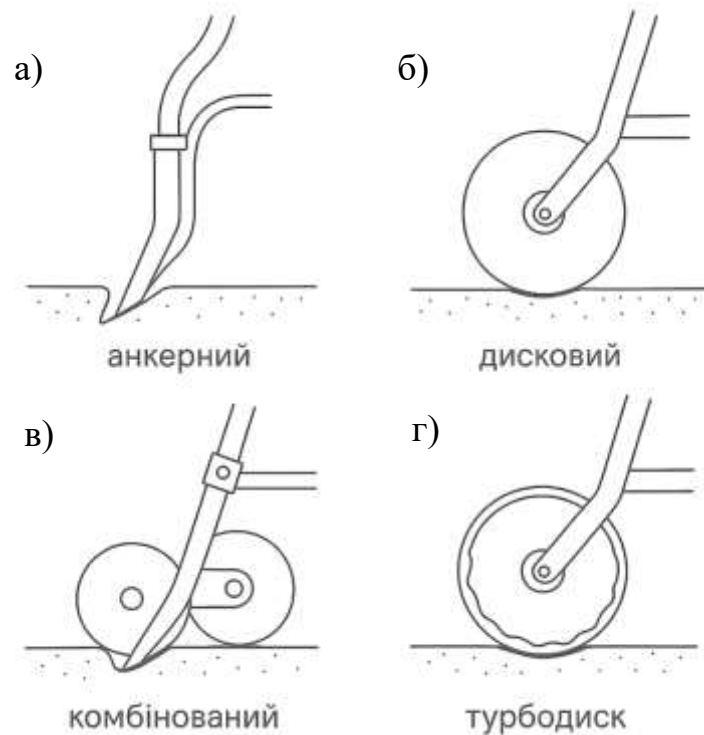


Рис. 1.1 - Типи сошників пневматичних сівалок

Анкерні (лапчасті) сошники (рис. 1.1, а) - традиційний тип, який має лемішоподібну форму. Вони утворюють вузьку борозенку, в яку спрямовується насіння. Такі сошники забезпечують стабільну глибину загортання та добру роботу на легких і середніх ґрунтах. До їх переваг належать простота конструкції, невибагливість до обслуговування та ефективне загортання при

сухому ґрунті. Проте анкерні сошники ущільнюють дно борозни, мають підвищене енергоспоживання і схильні до забивання при великій кількості рослинних решток. Вони встановлюються, зокрема, на сівалках СПУ-3 та СЗП-3.6 [10, 11].

Дискові сошники (рис. 1.1, б) мають форму одного або двох дисків, які прорізають ґрунт під кутом, формуючи борозну. Насіння потрапляє в простір між дисками або за одним із них. Однодискові сошники є компактними та ефективними на важких ґрунтах, однак потребують точного налаштування. Дводискові сошники забезпечують більш стабільну глибину і краще загортають насіння, особливо у вологому середовищі. Перевагою дискових сошників є їх ефективність на високих швидкостях, мінімальне порушення структури ґрунту та хороша робота в умовах наявності пожнивних решток. Їх активно використовують у таких сівалках, як *Horsch Pronto*, *Amazone Cirrus*, *Vaderstad Rapid* [10, 11].

Комбіновані сошники (рис. 1.1, в) поєднують переваги дискових і анкерних. Вони можуть мати диск для розрізання ґрунту і анкерний наконечник для формування борозни. Таке поєднання забезпечує точне формування борозни, стабільну глибину загортання та зниження енергоспоживання порівняно з анкерними. Водночас ці сошники є дорожчими та складнішими у регулюванні. Вони використовуються у модернізованих сівалках, наприклад, *Elvorti Vega*.

Турбодиски (*TurboDisc*) (рис. 1.1, г) - сучасні модифіковані дискові сошники з хвилястими краями. Вони створюють вузьку, добре структуровану борозну з мінімальним порушенням ґрунту. Турбодиски забезпечують стабільну глибину посіву, мають високу зносостійкість та добре працюють на високих швидкостях. Недоліком є висока вартість і вимогливість до точного налаштування. Вони застосовуються в сівалках *Horsch Pronto* та *Horsch Focus*.

Ножові сошники (щілинні) (рис. 1.2) створюють вузьку щілину в ґрунті для посіву. Вони забезпечують мінімальне порушення ґрунту, зменшують втрати вологи і підходять для висіву дрібного насіння або газонних трав. Проте

при сухому ґрунті їх ефективність знижується через недостатнє загортання. Такі сошники рідко використовуються у звичайних пневматичних сівалках, але є ефективними у вузькорядних агрегатах [7, 8].

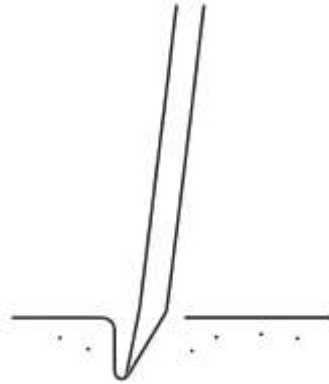


Рис. 1.2 - Ножовий (щілинний) сошник

Таким чином, вибір типу сошників для пневматичної сівалки повинен ґрунтуватися на агротехнічних умовах поля, типі культури, способі обробітку ґрунту та вимогах до точності висіву. Сучасні моделі сівалок часто дозволяють швидко змінювати або регулювати типи сошників відповідно до умов роботи, що забезпечує універсальність і адаптивність техніки [10, 11].

### **1.3. Будова і принцип роботи пневматичної сівалки СПУ**

Пневматичні універсальні сівалки моделей СПУ-3, СПУ-3Д, СПУ-3ДЦ, СПУ-3ДЦТ, СПУ-3Л, СПУ-4, СПУ-4Д, СПУ-4ДЦ, СПУ-4ДЦТ, СПУ-4Л призначені для висіву більшості зернових, зернобобових і трав'яних культур, зокрема пшениці, жита, ячменю, вівса, гороху, люпину, конюшини, ріпаку, моркви тощо, на ґрунтах, підготовлених із внесенням мінеральних або органічних добрив. Вони забезпечують високу точність висіву [7, 8].

Ці сівалки вирізняються простотою обслуговування, легко переналагоджуються для різних типів культур, а для їх експлуатації достатньо одного тракториста. Агрегатуються з тракторами тягового класу 1,4 [7, 8].

Таблиця 1.2 - Технічні характеристики сівалок пневматичних універсальних (СПУ) [7, 8]

|                                                 | МАРКА СІВАЛКИ |           |           |           |           |           |
|-------------------------------------------------|---------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|                                                 | СПУ-3         | СПУ-3Д    | СПУ-3Л    | СПУ-4     | СПУ-4Д    | СПУ-4Л    |
| Робоча ширина захвату, м                        | 3             | 3         | 3         | 4         | 4         | 4         |
| Конструкція сошника                             | анкер         | диск      | лляний    | анкер     | диск      | лляний    |
| Робоча швидкість, км/год                        | 9-12          | 5-12      | 9-12      | 9-12      | 5-12      | 9-12      |
| Об'єм бункерів, л                               | 500           | 500       | 500       | 500       | 500       | 500       |
| Норми висіву, кг/га                             | 0,4 - 460     | 0,4 - 460 | 0,4 - 460 | 0,4 - 460 | 0,4 - 460 | 0,4 - 460 |
| Кількість рядків                                | 24            | 24        | 48        | 32        | 32        | 64        |
| Ширина міжрядь (стандартна), мм                 | 125           | 125       | 62        | 125       | 125       | 62        |
| Глибина висадки насіння, мм                     | 20 - 50       | 20 - 70   | 20 - 50   | 20 - 50   | 20 - 70   | 20 - 50   |
| Вага без загрузки, кг                           | 655           | 760       | 600       | 755       | 910       | 900       |
| Продуктивність, га/год                          | 2,7 - 3,6     | 2,7 - 3,6 | 2,7 - 3,6 | 3,6 - 4,7 | 3,6 - 4,7 | 3,6 - 4,7 |
| Габаритні розміри в транспортному положенні, мм |               |           |           |           |           |           |
| - довжина                                       | 2140          | 2140      | 2140      | 2140      | 2140      | 2140      |
| - ширина                                        | 3000          | 3000      | 3000      | 3000      | 3000      | 3000      |
| - висота                                        | 1960          | 1960      | 1960      | 2150      | 2150      | 2150      |
| Агрегатується з трактором                       | 1,4           | 1,4       | 1,4       | 1,4       | 1,4       | 1,4       |

Сівалка СПУ - це навісна машина, конструктивно виконана на основі рами, до якої приєднані: два опорні колеса (одне з них, ліве — привідне), сошниковий брус із сошниками та загортачами, пристрої для розпушування слідів коліс трактора, пневматична централізована система висіву, механізм приводу висівного апарата, два слідовказівники з механізмом керування, привід вентилятора з карданним валом, система перекриття насіннепроводів, система контролю рівня насіння, підніжка, кронштейн габаритних вогнів та підставка.

Універсальні пневматичні сівалки оснащені пневматичними висівними апаратами, які забезпечують висів насіння різних культур і фракцій з мінімальним рівнем травмування, що є перевагою порівняно з механічними аналогами. Окрім цього, сівалки здатні одночасно із висівом насіння вносити мінеральні добрива стрічковим способом на задану глибину [7, 8].

Для реалізації рядкового способу сівби з одночасним внесенням добрив промисловістю розроблено універсальну пневматичну сівалку СПУ-3. Ця модель оптимально підходить для роботи на полях з обмеженими розмірами та може ефективно функціонувати на більшості типів ґрунтів, за винятком гірських, за умови, що кут нахилу поля не перевищує  $8^{\circ}$ .

Сівалка здатна забезпечувати точний однозерновий висів із нормою від 2 до 43 насінин на погонний метр. Використання пневматичних висівних апаратів дозволяє знизити ступінь травмування насіння у 10 разів у порівнянні з механічними аналогами. Гребінчастий скидач надлишкових насінин гарантує якісне формування посіву за однозерновим принципом [7, 8].

У конструкції бункера передбачено зрушувач, який запобігає зависанню насіння, а на висівній пластині встановлено мішалку для рівномірного подавання. Для швидкого очищення зернової камери передбачені спеціальні розвантажувальні дверцята. Внесення мінеральних добрив здійснюється через додаткові сошники, розміщені збоку від рядка, що мінімізує їх шкідливий вплив на проростання насіння.

Передача обертального моменту у висівному механізмі реалізована через двоконтурний редуктор із прямим приводом від шестигранних валів, що забезпечує високий рівень надійності. Усі вали змонтовані на підшипниках, що підвищує довговічність конструкції. Опорно-приводні колеса встановлені в одній площині із сошниками, завдяки чому досягається точне копіювання рельєфу поля секціями сівалки разом із рамою.

Створення розрідження в системі вакууму забезпечує вентилятор, який отримує привід через пасову передачу від вала відбору потужності трактора.

Центральний дозатор є основним елементом висівної системи. Завдяки шестерні дозуючого пристрою насіння подається в чітко визначеній кількості. Краї шестерні захищені гумовим ущільнювачем 2А та нейлоною щіткою 2Б, що запобігає пошкодженню насіннєвого матеріалу та його висипанню під час вібрацій машини. Регулювання норми висіву здійснюється плавно й точно шляхом переміщення заслінок секційної котушки 2 дозатора [7-9].

Насіння, дозоване пристроєм, надходить в інжектор 3, де захоплюється потоком повітря від вентилятора 1, транспортується вгору до розподільника 4, де рівномірно перемішується в трубопроводі й подається до сошників. Змінити міжряддя можна за допомогою розподільника 5.

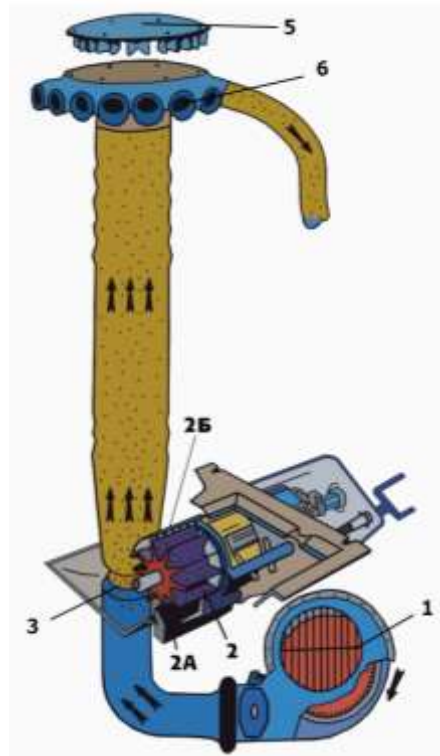


Рис. 1.3 - Центральний дозатор пневматичної сівалки СПУ-3

Пневматична сівалка СПУ-3 (рис. 1.4) є універсальною навісною сільськогосподарською машиною, призначеною для рядкового посіву насіння зернових, бобових, олійних культур, а також дрібнонасінневих трав. Завдяки пневматичному способу транспортування насіння та централізованій подачі вона забезпечує рівномірний розподіл посівного матеріалу з високою точністю, що суттєво впливає на рівномірність сходів і майбутню врожайність. Сівалка агрегатується з тракторами тягового класу 1,4 (наприклад, МТЗ-80/82) і має ширину захвату 3 метри, що дозволяє працювати з продуктивністю до 3,6 га/год [7, 8].

Оснoву конструкції сівалки становить зварна рама, на якій встановлені всі основні елементи: насіннєвий бункер, вентилятор, висівні апарати, розподільники, система пневмотранспорту, сошники та вузли навішування.

Бункер об'ємом 500 літрів служить для зберігання і подачі насіння. У деяких модифікаціях конструкцією передбачено окреме внесення добрив. Висівний апарат сівалки шторкового або катушкового типу дозовано подає насіння до повітряної магістралі. Частота обертання апарата регулюється за допомогою змінних зірочок або варіатора, що дозволяє змінювати норму висіву в широкому діапазоні - від 0,4 до 460 кг/га [7, 8].

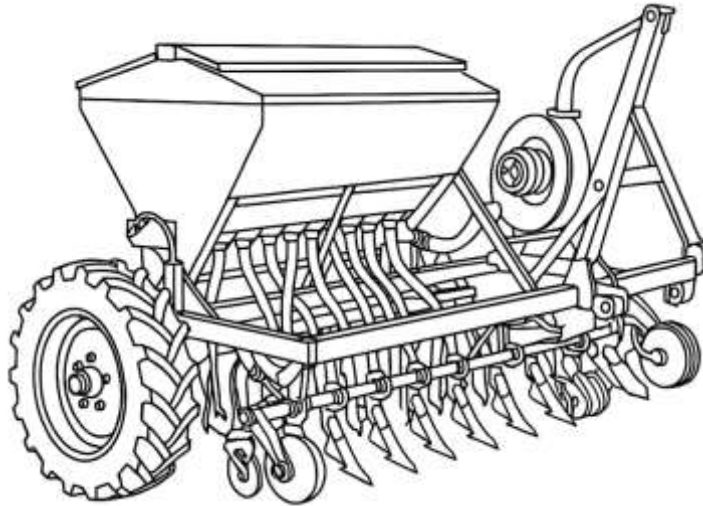


Рис. 1.4 - Пневматична сівалка СПУ-3

Привід вентилятора пневмосистеми здійснюється від валу відбору потужності трактора (1000 об/хв). Вентилятор створює стабільний потік повітря, який захоплює насіння після дозування і транспортує його до центрального розподільника. Далі розподільник рівномірно розподіляє насіння по насіннєпроводах на всі робочі рядки. Кількість рядків - 24, з міжряддям 125 мм [7, 8].

На кінцях насіннєпроводів розташовані анкерні сошники, які формують борозну і закладають у неї насіння на глибину 20–50 мм. Анкерні сошники забезпечують стабільну роботу навіть на важких ґрунтах, добре утримують глибину і менш чутливі до наявності пожнивних решток. У деяких версіях сівалки застосовуються додаткові прикочувальні котки, які ущільнюють ґрунт над борозною, покращуючи контакт насіння з вологою.

Процес роботи сівалки відбувається наступним чином: завантажене в бункер насіння за допомогою висівного апарата подається в інжектор (рис. 1.5),

де захоплюється потоком повітря і направляється через систему трубопроводів до розподільника. Звідти насіння подається до кожного сошника, який формує борозенку і вкладає насіння на задану глибину. Загортання борозни відбувається частково завдяки сошнику, частково - під дією ґрунту або додаткових елементів прикочування [1, 7, 8].

Сівалка СПУ-3 відзначається рядом переваг: точне дозування насіння, висока рівномірність посіву навіть на нерівному рельєфі, простота обслуговування, універсальність щодо висіву різних культур. Сучасні модифікації цієї сівалки дозволяють працювати на підвищених швидкостях (до 12 км/год), а також мають можливість оснащення системою перекриття рядків для формування технологічних колій або ведення посіву за *GPS*-навігацією.

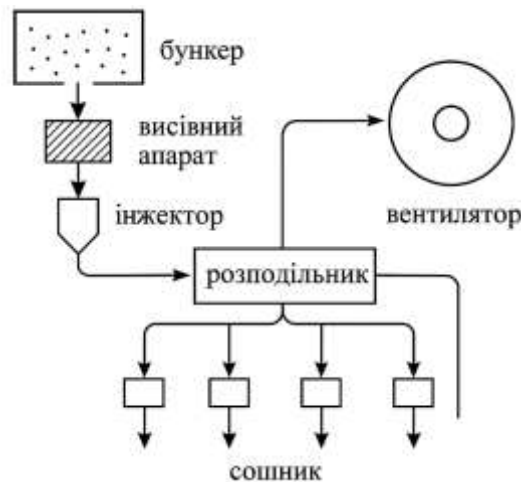


Рис. 1.5 – Принципова схема руху насіння в пневмосистемі сівалки СПУ

Слід зазначити, що за якістю виконання посівних операцій закордонні сівалки лише незначно перевершують вітчизняні аналоги. Їх основною відмінністю є застосування сучасних конструкційних матеріалів і висока точність виготовлення деталей. У виробництві таких машин використовують лиття в кокіль, спеціалізовані профілі, елементи з металокераміки, поліамідних матеріалів і високоякісних порошкових сталей.

У більшості іноземних сівалок реалізовано груповий привід висівних апаратів, при якому від одного привідного колеса приводиться в дію кілька висівних секцій - зазвичай половина від загальної кількості (що характерно для

3-, 6-, 8- і 12-рядних машин). Водночас на деяких моделях, зокрема сівалках типу «*Hatzenbichler*» (рис. 1.6), зберігається індивідуальний привід висівного апарата, що реалізується через задній прокочувальний коток [1].

Груповий привід забезпечує спрощення налаштувань сівалки на необхідну норму висіву, тоді як індивідуальний привід знижує ризик зміни дозування та порушення рівномірності посіву, які можуть виникати при пробуксовуванні приводних коліс.



Рис. 1.6 – Пневматична сівалка точного висіву «*Hatzenbichler*»

Привід туковисівних апаратів у цих сівалках (рис. 1.6) реалізується за допомогою спеціального привідного колеса, оснащеного ґрунтозачепами. Це технічне рішення дозволяє значно зменшити ризик пробуксовування колеса, забезпечуючи стабільність та точність дозування добрив [1].

Більшість сучасних просапних сівалок, незалежно від наявності додаткових пристосувань, здатні реалізовувати різні способи сівби: широкорядний, пунктирний та гніздовий. Однією з основних класифікаційних характеристик просапних сівалок є принцип дозування насіння.

На сьогодні найпоширенішими є пневматичні просапні сівалки [9]. Вони обладнані висівними апаратами, які у своїй роботі застосовують пневматичні

системи - як на основі створення розрідження, так і з використанням надлишкового тиску - для точного і стабільного подавання насіння в ґрунт.



Рис. 1.7 – Навісна просапна сівалка «Ozdoken» VPHE-DG8

Навісна просапна сівалка *Ozdoken VPHE-DG8* виробництва Туреччини має ширину захвату 5,6 м та оснащена вісьмома висівними секціями з міжряддям 700 мм. На сівалці встановлено індивідуальні насіннєві бункери об'ємом 40 л кожен (8×40 л) та чотири бункери для мінеральних добрив по 200 л (4×200 л). Діапазон глибини загортання насіння становить від 10 до 100 мм. Загальна маса машини - 1890 кг. Сівалка забезпечує точний висів із застосуванням пневматичних висівних апаратів та підходить для роботи в різних польових умовах.

Для порівняння, сівалка *MONOSEM NG 8* (рис. 1.8) французького виробництва також має ширину захвату 5,6 м та міжряддя 70 см. Вона призначена для точного висіву насіння різних розмірів і форм. Робоча швидкість сівалки коливається в межах 4,5–9 км/год, що дозволяє забезпечити високу продуктивність при збереженні точності висіву.



Рис. 1.8 - Просапна сівалка *MONOSEM NG 8*

Ємність бункера для насіння становить  $8 \times 52$  л, а для мінеральних добрив -  $4 \times 175$  л, що забезпечує тривалий робочий цикл без необхідності частого дозавантаження. Висівний диск виготовлений із нержавіючої сталі, що гарантує зносостійкість і довговічність в умовах інтенсивної експлуатації. Сам корпус висівного апарата виконано з алюмінію, що зменшує вагу конструкції, водночас забезпечуючи її високу міцність та стійкість до корозії. Така комбінація матеріалів підвищує загальну надійність посівної секції та її стабільність у роботі [1, 5].



Рис. 1.9 - Сівалка точного висіву *JOHN DEERE 1785*

Патент на корисну модель №53582 «Сошник сівалки» [12]

Представлена корисна модель належить до галузі сільськогосподарського машинобудування, зокрема до конструкцій робочих органів сівалок.

Метою винаходу є зменшення металоємності конструкції зернових сівалок. Завдання вирішується шляхом поєднання функцій загортального і висівного органів в одному вузлі, що реалізується через комбінацію сошника для висіву трав'яного насіння та дискового сошника для посіву зернових культур у рядки. Крім того, передбачено можливість регулювання глибини загортання насіння трав за допомогою зміни нахилу корпусу сошника через перестановку штанги в отворах повідця.

Конструкція запропонованого сошника (рис. 1.10) включає: корпус 1, змонтований на скобі 2, скобу 2, шарнірно з'єднану з повідцями 3, повідці 3, закріплені на кронштейнах 4 задніх дискових сошників 5, лійку 6 для насіннепроводу висівного апарата трав, розміщену в задній частині корпусу 1, регульовану штангу 7, що встановлюється в отвори 8 повідців для зміни кута нахилу корпусу сошника.

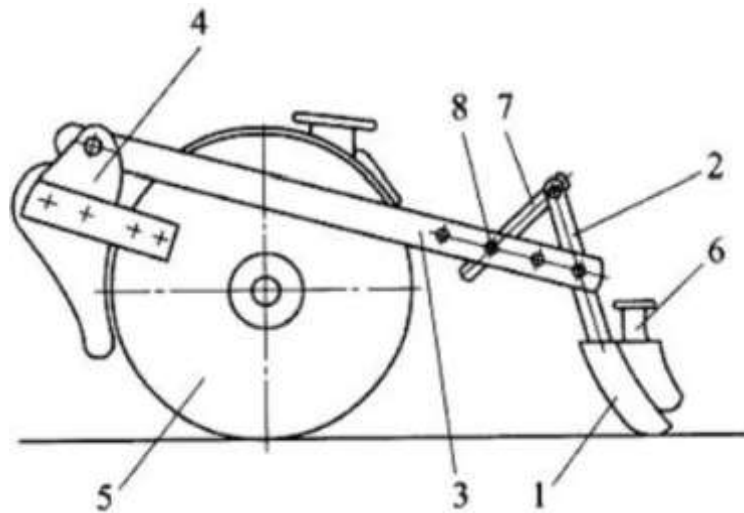


Рис. 1.10 – Дисковий сошник сівалки (Патент №53582) [12]

Принцип роботи сошника такий. Під час руху сівалки дискові сошники 5 формують борозни для висіву зернових культур. Сошники 1, що встановлені позаду, загортають ці борозни, одночасно здійснюючи висів насіння трав через лійку 6. У разі використання сівалки лише для висіву зернових, сошники 1

виконують функцію загортачів. Регулювання глибини ходу здійснюється зміною довжини штанги 7 та її положення в отворах 8.

Основними перевагами запропонованої конструкції порівняно з серійними аналогами є: зниження загальної металоємності сівалки; зменшення номенклатури запасних частин завдяки уніфікації конструктивних елементів [12].

Патент на корисну модель №94776 «Посівний комплекс» [12]

Представлена корисна модель належить до галузі агротехніки, а саме до конструкцій посівних комплексів, призначених для висіву зернових, просапних та технічних культур в умовах підвищеного забруднення робочого середовища.

Метою розробки є підвищення надійності, довговічності та ремонтпридатності посівного комплексу шляхом зниження трудомісткості його технічного обслуговування. Це досягається завдяки застосуванню самозмащувальних полімерних композиційних матеріалів у вузлах тертя, що усуває потребу в регулярному мастилі та обслуговуванні.

Основним технічним завданням є вдосконалення конструкції універсального дисково-анкерного сошника (рис. 1.11, а, б) шляхом заміни традиційних металевих втулок у рухомих з'єднаннях на елементи, виготовлені з самозмащувальних полімерних матеріалів. Це стосується, зокрема: втулок нижнього паралелограма механізму; елементів системи безпеки сошника; напрямного маркера; втулок важелів прикочувальних коліс.

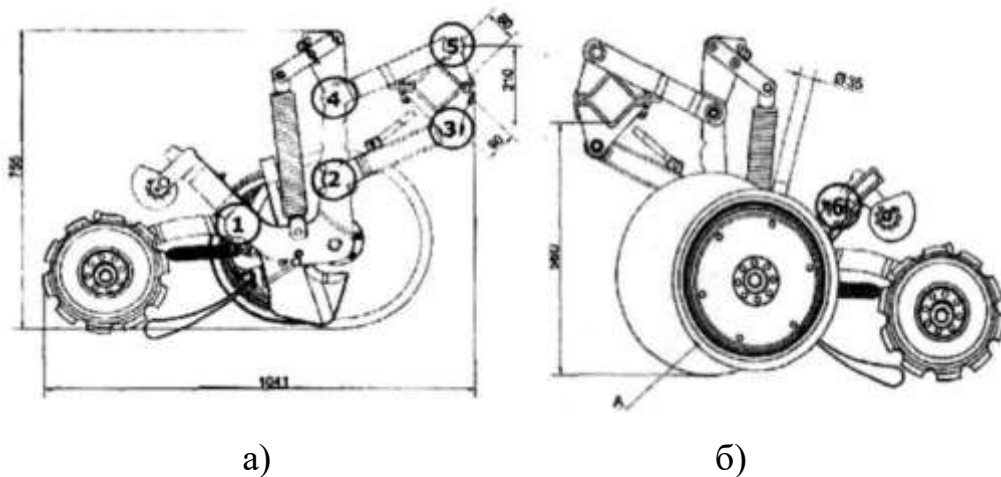


Рис. 1.11 - Посівний комплекс (Патент №94776) [12]

«Універсальний дисково-анкерний сошник, який відрізняється тим, що такі рухомі з'єднання сошника, як втулки нижнього паралелограма, напрямного маркера, системи безпеки сошника, втулки важелів прикочуючих коліс не обслуговуються і виконані із самозмащувальних полімерних композиційних матеріал» [12].

### **Висновки за першим розділом**

Сучасні механізовані засоби для висіву зернових культур забезпечують високі показники якості роботи за умови дотримання оптимальних експлуатаційних параметрів. Проте досягнення максимальної продуктивності можливе лише за умови конструктивного вдосконалення машин або агрегатів, з урахуванням специфіки агротехнічного фону.

Проведений аналіз патентної документації на конструкції зернових сівалок свідчить про основні тенденції розвитку їхніх робочих органів. Серед ключових напрямків слід відзначити: покращення агротехнічних показників роботи в ускладнених умовах, підвищення загальної надійності механізмів при виконанні технологічного процесу, а також розширення функціональної універсальності та адаптивності зерновисівних машин до різних типів культур і умов поля.

## 2. ТЕОРЕТИЧНІ РОЗРАХУНКИ СІВАЛКИ

### 2.1. Розрахунок висівного апарата пневматичної сівалки

Пневматичні сівалки широко використовуються в сучасному землеробстві завдяки високій точності висіву та можливості адаптації до різних умов. Ключовим вузлом такої машини є висівний апарат, від характеристик якого залежить рівномірність розподілу насіння, дотримання заданої норми висіву та якість виконання агротехнічних вимог. Нижче подано розрахунок висівного апарата для пунктирного висіву зернових культур [4, 7].

Для розрахунку приймаються наступні значення:

Ширина міжряддя,  $b = 150 \text{ мм} = 0,15 \text{ м}$

Робоча швидкість руху агрегату,  $v = 8 \text{ км/год} = 2,22 \text{ м/с}$ ;

Норма висіву,  $N = 5 \text{ насінин/м}$ ;

Кількість отворів на висівному диску,  $z = 8$ ;

Кількість рядків,  $n_p = 8$ .

#### Розрахунок частоти обертання висівного диска

Частота обертання диска повинна забезпечити проходження кожного з 8 отворів через зону захоплення насіння з частотою, яка відповідає необхідній нормі висіву [4]:

$$n = \frac{v}{b \cdot z}$$

$$n = \frac{2,22}{0,15 \cdot 8} = \frac{2,22}{1,2} = 1,85 \text{ об/с} = 111 \text{ об/хв}$$

Отже, для забезпечення норми 5 насінин на 1 м, диск із 8 отворами повинен обертатися зі швидкістю приблизно 111 об/хв.

#### Продуктивність висівного апарата

Продуктивність одного апарата визначається як кількість насінин, що висіваються за одиницю часу:

$$Q = z \cdot n = 8 \cdot 1,85 = 14,8 \text{ насінин/с}$$

Загальна продуктивність пневматичної сівалки з 8 рядками:

$$Q_{\text{заг}} = Q \cdot n_p = 14,8 \cdot 8 = 118,4 \text{ насінин/с.}$$

**Дискретність висіву (відстань між насінинами)**

Для контролю точності пунктирного висіву важливо оцінити теоретичну довжину ділянки на одну насінину:

$$L = \frac{v}{z \cdot n} = \frac{2,22}{8 \cdot 1,85} = \frac{2,22}{14,8} \approx 0,15 \text{ м}$$

Отже, насіння висівається з інтервалом приблизно 15 см, що відповідає агротехнічним нормам пунктирного посіву.

### Розрахунок параметрів пневматичної системи

Для функціонування пневматичного висівного апарата потрібне створення стабільного розрідження в зоні відбору насіння:

- Орієнтовне розрідження:  $\Delta P = 4\text{--}6 \text{ кПа}$ ;
- Середня витрата повітря на один висівний апарат:  $q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$ ;
- Для всієї сівалки (8 рядів):

$$Q_{\text{нов}} = 8 \cdot 15 = 120 \text{ м}^3/\text{год} = 0,033 \text{ м}^3/\text{с}$$

Отже, пневматична система повинна забезпечити розрідження не менше 5 кПа з витратою повітря близько  $0,033 \text{ м}^3/\text{с}$ , що досягається використанням осьового вентилятора з приводом від ВВП трактора. На рис. 2.1. наведена схема висівного апарата пневматичної сівалки, що демонструє послідовність руху насіння від бункера до сошника.



Рис. 2.1 - Схема висівного апарата пневматичної сівалки

Виконаний розрахунок свідчить, що за умов: ширини міжряддя 15 см, робочої швидкості 8 км/год, норми висіву 5 насінин/м та диска з 8 отворами, оптимальна частота обертання висівного диска становить 111 об/хв. Це дозволяє отримати крок висіву 15 см при стабільному функціонуванні пневмосистеми, що забезпечує високу якість пунктирного посіву.

## 2.2. Розрахунок дискового сошника сівалки СПУ-3

Дискові сошники є одним з найпоширеніших типів робочих органів у пневматичних сівалках, зокрема таких як СПУ-3. Вони забезпечують якісне прорізання борозни навіть у важких ґрунтових умовах і сприяють точному укладанню насіння на задану глибину [4, 7].

Мета розрахунку - визначити основні геометричні та силові параметри дискового сошника, які забезпечують стабільну роботу на заданій глибині з мінімальним опором.

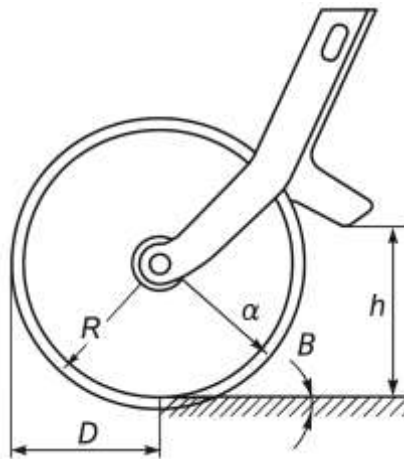


Рис. 2.2 - Схема до розрахунку дискового сошника пневматичної сівалки

Глибина загортання насіння,  $h = 60 \text{ мм} = 0,06 \text{ м}$ ;

Діаметр диска сошника,  $D = 400 \text{ мм}$ ;

Кут встановлення диска до вертикалі,  $\alpha = 7^\circ$ ;

Ширина захвату сошника (утворювана щілина),  $b = 20 \text{ мм}$ ;

Швидкість руху агрегату,  $v = 2,2 \text{ м/с}$ ;

Кут входження диска в ґрунт,  $\beta = 20^\circ$ ;

Середня щільність ґрунту,  $\rho = 1300 \text{ кг/м}^3$ ;

Коефіцієнт тертя металу об ґрунт,  $f = 0,45$ .

Визначення глибини занурення по геометрії диска

Розрахуємо довжину дуги диска, яка заходить у ґрунт при глибині загортання:

$$l = \sqrt{R^2 - (R - h)^2}$$

$$\text{де } R = \frac{D}{2} = 0,2 \text{ м}$$

$$l = \sqrt{0,2^2 - (0,2 - 0,06)^2} = \sqrt{0,04 - 0,0196} = \sqrt{0,0204} \approx 0,143 \text{ м}$$

Отже, контактна довжина дуги з ґрунтом становить 14,3 см.

Сила опору дискового сошника визначається за формулою:

$$P = k \cdot b \cdot h,$$

де  $k$  - питомий опір ґрунту, приймаємо для середньої структури  $k = 25000 \text{ Н/м}^2$ ;

$$P = 25000 \cdot 0,02 \cdot 0,06 = 30 \text{ Н.}$$

Отже, на один сошник СПУ-3 опір ґрунту становить приблизно 30 Н. Для 8 сошників - 240 Н.

Для занурення сошника на задану глибину, необхідно прикласти вертикальну силу  $P_v$ . Визначимо її за формулою [4]:

$$P_v = \frac{P}{\sin(\beta)} = \frac{30}{\sin(20^\circ)} \approx \frac{30}{0,342} \approx 87,7 \text{ Н}$$

Для стабільного прорізання борозни диск встановлюється під кутом до вертикалі: при куті  $\alpha=7^\circ$ , диск забезпечує необхідне самозаглиблення без надмірного зсуву ґрунту; такий кут зменшує поперечне зміщення насіння та забезпечує надійне втримання на заданій траєкторії.

Проведений розрахунок дискового сошника сівалки СПУ-3 показує, що за діаметра диска 400 мм, куті установки  $7^\circ$ , робочій глибині 60 мм та ширині щілини 20 мм, заглиблення забезпечується зусиллям близько 88 Н на один сошник. Опір руху становить близько 30 Н, що є прийнятним значенням для навісної сівалки. Обрані параметри дозволяють ефективно прорізати борозну та укласти насіння на постійну глибину незалежно від структури ґрунту [7].

### 3. УДОСКОНАЛЕННЯ СОШНИКА СІВАЛКИ СПУ-3

#### 3.1. Обґрунтування удосконалення вузла

У результаті проведеного технічного та патентного аналізу конструкцій сучасних технічних засобів для висіву зернових культур встановлено, що з метою забезпечення високих агротехнічних показників у складних польових умовах найбільш ефективним рішенням є застосування дискових сошників.

З огляду на це, запропоновано конструктивне вдосконалення серійної пневматичної сівалки СПУ-3 шляхом заміни анкерних сошників на дискові. Основною метою модернізації є підвищення точності висіву, зменшення енергозатрат та забезпечення адаптації до ускладненого фону (залишки стерні, бур'янів тощо).

До переваг дискового сошника відноситься [7, 8]:

- співпадіння точки регулювання глибини та точки висіву, що дозволяє підвищити точність закладання насіння за умов копіювання рельєфу;
- можливість роботи на полях із мінімальною передпосівною підготовкою, у тому числі на засмічених рослинними рештками площах;
- зменшений тяговий опір, порівняно з анкерними сошниками, що знижує навантаження на енергетичний засіб і сприяє зменшенню витрат палива;
- менше забруднення висівного апарату, оскільки він розташований вище, що зменшує потрапляння ґрунту, пилу та рослинних залишків у робочі зони;
- можливість роботи на підвищених швидкостях - до 12 км/год, а в окремих моделях - до 15 км/год без втрати точності посіву;
- встановлення притискного пристрою, який покращує контакт насіння з ґрунтом, що позитивно впливає на рівномірність сходів.

Таким чином, модернізація сівалки СПУ-3 шляхом встановлення дискового сошника з барабанним спрямовувачем насіння дозволяє не лише підвищити ефективність і якість висіву, а й значно розширити сферу застосування машини за рахунок адаптації до різних умов експлуатації [9].

Запропонована конструкція дискового сошника передбачає інтеграцію висівного апарата безпосередньо на основу диска. Конструктивно сошник включає в себе вісь із внутрішнім шнеком, що сполучається через повідець із сошниковим брусом, зубчастий диск і барабанний напрямник. Барабан складається з набору кілець та лопат, що формують периферійні камери.

### **3.2. Принцип роботи удосконаленого сошника**

Працює вдосконалений однодисковий сошник наступним чином: під час руху агрегату сошник, закріплений на сошниковому брусі 1 через поводок 2, опускається в ґрунт. Обертаючись навколо своєї осі 3, зубчастий диск 4 прорізає верхній шар ґрунту, створюючи посівну борозну.

Рис. 3.1 – Запропонована конструкція дискового сошника пневматичної універсальної сівалки СПУ-3 з барабанним спрямовувачем насіння: 1 - Сошниковий брус; 2 - Поводок (кріплення); 3 - Вісь із внутрішнім шнеком; 4 - Зубчастий диск; 5 - Барабанний спрямовувач; 6 - Кільця барабана; 7 - Лопатки барабана; 8 - Кріпильні елементи (болти, гайки); 9 - Патрубок подачі насіння; 10 - Підшипниковий вузол.

Насіння надходить із насінневого бункера через патрубок подачі 9 у внутрішню порожнину осі, де за допомогою шнека 3 переміщується до барабанного напрямника 5. В барабані насіння потрапляє у периферійні камери, утворені кільцями 6 та лопатками 7.

Під дією обертання диска насіння рівномірно виводиться з периферійних камер барабана, забезпечуючи чітке та впорядковане його розміщення у борозні. Завдяки цьому досягається оптимальна відстань між насінням по довжині борозни, що сприяє раціональному використанню зони живлення рослин і підвищенню врожайності культури.

Підшипниковий вузол 10 забезпечує стабільну роботу конструкції та зменшує зношення рухомих деталей, гарантуючи тривалу експлуатацію сошника в умовах польових робіт.

Застосування вдосконаленої конструкції дискових сошників має суттєві переваги порівняно з анкерними сошниками, які використовуються на пневматичній універсальній сівалці СПУ-3. Вони створюють значно менший опір під час роботи, що дозволяє використовувати трактори меншої потужності та знижувати витрати палива. Дискові сошники ефективно працюють навіть при підвищеній вологості ґрунту, не забиваючись землею чи рослинними рештками. Завдяки своїй конструкції вони мінімально порушують структуру ґрунту, формуючи чітку та стабільну борозну для рівномірного висіву насіння. Крім того, дискові сошники добре працюють на високих швидкостях, забезпечуючи високу продуктивність посівних робіт [9].

Анкерні сошники, натомість, характеризуються певними недоліками. Вони створюють більший опір руху, що потребує потужнішої техніки та збільшує витрати палива. Під час роботи у вологих умовах або при наявності пожнивних решток анкерні сошники часто забиваються, що негативно впливає на якість та продуктивність сівби. Вони порушують структуру ґрунту, створюючи широку і нерівну борозну, що призводить до нерівномірного загортання насіння. Крім того, анкерні сошники менш ефективні на високих

швидкостях, а також швидше зношуються через постійний опір ґрунту, що вимагає частішого обслуговування [2, 7, 11].

Таким чином, використання дискових сошників є більш доцільним та ефективним рішенням для сучасних умов землеробства.

### 3.3. Розрахунок технологічних параметрів дискового сошника

«Робота сошників містить три фази: утворення борозенки; розміщення в ній насіння; часткова або повна заробка насіння в ґрунт. Форма і розміри борозенки, яку виконують сошники, залежать переважно від кута входження сошника у ґрунт і від положення обертових дисків у дводискового сошника і параметрів клина, який утворюють наральник анкерного чи килевидного сошників» [13].

Розглянуто дію сил, що виникають при роботі сошника з різною геометрією кута входження в ґрунт. У випадку, коли кут входження  $\alpha$  є гострим (див. рис. 3.2, а), переміщення частинок ґрунту вздовж поверхні сошника можливе лише за умови, що сила тертя, яка утримує частинку, не перевищує тангенціальну складову нормального зусилля. Це записується у вигляді:

$$N_T \geq F \quad (3.1)$$

де  $N_T$  - тангенціальна складова реакції ґрунту,

$F$  - сила тертя, що перешкоджає руху частинки.

Вираз (3.1) трансформується до аналітичної умови:

$$N \times \tan\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \geq N \times \tan \varphi \quad (3.2)$$

де  $N$  - нормальна реакція ґрунту до поверхні сошника,

$\varphi$  - кут внутрішнього тертя ґрунту.

Звідси отримуємо граничну умову для кута входження сошника:

$$\frac{\pi}{2} - \alpha \geq \varphi \Rightarrow \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \varphi \quad (3.3)$$

а)

б)

Рис. 3.2 - Схема дії сошника на ґрунт: а - з гострим кутом входження; б - з тупим кутом входження

За такого значення кута ґрунтові частинки переміщуються вгору по лобовій поверхні сошника. Хоча це сприяє розпушенню ґрунту, одночасно відбувається заглиблення сошника з формуванням нерівномірного, хвилястого мікрорельєфу дна борозни. Такий ефект є небажаним з агротехнічної точки зору, тому фактичне значення кута входження сошника в ґрунт доцільно приймати більшим за те, що визначено лише з умови переміщення частинок.

Якщо кут входження у ґрунт  $\alpha$  тупий, то отримуємо наступну умову

$$N \times \tan(\alpha - \pi/2) \geq N \times \tan \varphi \quad (3.4)$$

або

$$\alpha - \frac{\pi}{2} \geq \varphi \Rightarrow \alpha \geq \varphi + \pi/2 \quad (3.5)$$

«У другому випадку рух ґрунтової частинки по сошнику буде відбуватись за виконання умови. Аналізуючи це рівняння, можна зробити висновок, про те, що частинки ґрунту будуть підніматись сошником, а сам сошник буде прагнути вийти з ґрунту, що також не бажано» [9]. Отже, оптимальним буде значення кута, яке буде визначатись межами:

$$\frac{\pi}{2} - \varphi \leq \alpha \leq \frac{\pi}{2} + \varphi \quad (3.6)$$

Враховуючи кут тертя чорнозему по металу, встановлено, що  $59^\circ \geq \alpha \geq 121^\circ$ .

«Розміщення насіння в борозенці залежить не тільки від глибини ходу сошника, але й від характеру осипання ґрунту. Для покращення рівномірності

розподілу насіння за глибиною у сошниках використовують пластини відбивачі» [13].

Оскільки дисковий ніж є симетричним робочим органом, дії елементарних сил опору з боку ґрунту можна звести до однієї рівнодійної сили  $R$ , яка прикладена приблизно в центрі дуги контакту леза ножа і проходить через вісь обертання диска.

Складова  $R_x$  рівнодійної сили є тяговим опором дискового ножа та створює момент, який сприяє його обертанню. Водночас складова  $R_z$  діє у вертикальному напрямку, намагаючись виштовхнути диск із ґрунту, й утворює момент, що протидіє обертанню.

За зміни питомого опору ґрунту в діапазоні від 40 до 80 кПа, сила  $R_x$  для стандартного універсального диска змінюється в межах від 0,7 до 2,2 кН. При цьому вертикальна складова визначається залежністю:

$$R_z = 1,2 \cdot R_x$$

Рис. 3.3 - Схема сил, що діють на плоский диск під час роботи

Для того щоб ніж перерізував стебла, розташовані на поверхні поля, а не протягував їх, необхідно, щоб кут защемлення  $\delta$  був менше  $\varphi_1 + \varphi_2$ , де  $\varphi_1$  - кут тертя стебла об лезо; а  $\varphi_2$  - кут тертя стебла об ґрунт.

Якщо диск забивається стеблами рослин, необхідно зменшити глибину його ходу або поставити ніж більшого діаметра. Застосування вирізних ножів виключає таке явище і зменшує силу  $R_x$  на 18...25%. Досліди показали, що  $R_x$  залежить від показника кінематичного режиму леза ножа:

$$\lambda = \frac{\omega r}{V_M} \quad (3.7)$$

де  $\omega$  - кутова швидкість,

$r$  - радіус диска,

$V_M$  - швидкість руху машини.

Чим більше значення  $\lambda$ , тим менше складова  $R_x$  рівнодійної сили. За збільшення показника кінематичного режиму леза ножа  $\lambda$  від 0 до 1 значення  $R_x$  зменшується у 2,5 рази. Числові значення  $\lambda$  залежать від конструкції дискового ножа та стану ґрунту:

$\lambda = 1,02-1,098$  для ножів з рівним лезом;

$\lambda = 1,08-1,31$  – для рифлених;

$\lambda = 1,045-1,165$  – для вирізних дисків.

Установка дискових ножів перед кожним сошником дозволяє не лише знизити загальний тяговий опір на 3,8...6,5%, але й суттєво покращити якість формування борозенки, ефективність загортання насіння та підвищити стійкість руху сошників у ґрунті. З огляду на це, деякі зарубіжні виробники сівалок оснащують кожен сошник окремим дисковим ножем.

Висота точки дотику дискових сошників

$$h = r \times (1 - \cos \alpha_2) = 200 \times (1 - \cos 14^\circ) = 392 \text{ мм} \quad (3.8)$$

Показник кінематичного режиму леза сошника

$$\lambda = \frac{\omega r}{V_M} = \frac{16,5 \times 0,175}{2,77} = 1,04 \quad (3.9)$$

Вихідні дані для тягового розрахунку дискового сошника:

Тяговий опір дискового сошника –  $P=80 \text{ Н}$ ;

Сила тяжіння сошника з повідком –  $G=150 \text{ Н}$ ;

Тиск пружини штанги –  $G=40 \text{ Н}$ ;

Кут нахилу до горизонталі повідка у робочому положенні сошника -  $\delta=10^\circ$ .

Рівнодіючу сил опору ґрунту визначимо з виразу:

$$\begin{aligned} R &= \sqrt{P^2 \cos^2 \delta + (G + G_1 - P \sin \delta)^2} = \\ &= \sqrt{80^2 \cos^2 10^\circ + (150 + 40 - 80 \times \sin 10^\circ)^2} = 245 \text{ Н} \end{aligned} \quad (3.10)$$

Рівнодійна сила опору ґрунту, що діє на сошник, прикладена в певній точці  $O_1$ , положення якої визначається глибиною заглиблення диска. Ця сила спрямована під кутом  $\alpha$  до горизонтальної площини та відображає сумарну дію усіх елементарних сил опору ґрунту на робочі поверхні сошника. Значення кута  $\alpha$  залежить від типу ґрунту, форми сошника та умов виконання технологічного процесу [13]:

$$\tan \alpha = \frac{G+G_1-P \sin \delta}{P \cos \delta} = \frac{150+40-80 \sin 10}{80 \cos 10} = 3,47 \quad (3.11)$$

### Висновки за третім розділом

Застосування модернізованого сошника в конструкції сівалки СПУ-3 забезпечує підвищення надійності та якості виконання технологічного процесу сівби. Удосконалена конструкція сприяє зменшенню витрат часу на виконання посівних робіт і зниженню витрати пального.

Проведені розрахунки дозволили обґрунтувати значення рівнодійної сили опору руху сошника в ґрунті та визначити її напрямок, який залежить від геометричних параметрів сошника, зокрема кута його входження в ґрунт.

## 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ ДОВКІЛЛЯ

### 4.1. Охорона праці

Охорона праці та захист довкілля є важливими аспектами будь-якої діяльності, включаючи промисловість та сільське господарство. Ці аспекти спрямовані на забезпечення безпеки та здоров'я працівників, а також на мінімізацію негативного аналізу спостереження за навколишнім середовищем.

Сільське господарство, отримане сектором економіки, має значний вплив на довкілля. Використання пестицидів, а також викиди шкідливих речовин впливають на навколишнє середовище, воду і повітря, а також на здоров'я людей і тварин. Крім того, харчова діяльність може бути пов'язана з небезпеками для працівників, пов'язаних із використанням сільськогосподарської техніки, отруєнням або іншими професійними ризиками.

У світлі таких проблем сільськогосподарські підприємства повинні мінімізувати негативний вплив своєї діяльності на навколишнє середовище та створювати безпечні умови роботи для своїх співробітників [14, 15].

*Оцінка ризиків:* Перед початком роботи необхідно провести аналіз робочої зони та визначити потенційні ризики. Зверніть увагу на наявність нерівної поверхні, кабелі лінії електропередач, ями та фактори, які можуть спричинити ризик для працівників.

*Використання захисного спорядження:* Працівники, захоплені посівом, мають бути оснащені відповідними захисними засобами.

*Навчання та інструктаж:* Працівники повинні бути навчені правилам безпеки та процесуальним діям, які здійснюються з посівом.

Правильне використання сільськогосподарського устаткування. Встановити, що обладнання знаходиться у справному стані, правильно встановлене та безпечне для використання [14, 15].

*Екстрені ситуації та перша допомога:* Працівники повинні бути навчені базовим навичкам першої допомоги та процедур, знати заходи у разі

виникнення небезпечних ситуацій. Поруч із місцем роботи повинні бути легко доступні аптеки та телефони для виклику екстрених служб.

Загальні вимоги безпеки при експлуатації сільськогосподарських машин для сівби:

1. Не дозволяється експлуатація машин та обладнання яке несправне.
2. Допущені до роботи сівалки повинні мати:
  - захисні огороження деталей приводних передач;
  - надійна фіксація маркерів в транспортному положенні;
  - надійно закріплені та справні шланги та циліндри гідравлічної системи машини.
3. Завантаження сівалок, насіннєвого матеріалу та добрив має бути механізоване. Ручне завантаження дозволяється лише після повної зупинки двигуна та висівного агрегату.
4. При русі агрегату тукові і насіннєві ящики повинні бути щільно закриті.
5. Забороняється рух заднім ходом і робити круті повороти при заглиблених робочих органів.
6. «Перед початком руху агрегату, ввімкненням валу відбору потужності трактора або гідросистеми необхідно подати сигнал, виконувати необхідні дії можна після того як впевнишся що це нікому не загрожує» [14].
7. Машина повинна бути забезпечена засобами для очищення робочих органів.
8. Забороняється чистити і регулювати агрегати та техніку, яка рухома або нерухома при працюючому двигуні
9. «Заглиблення робочих органів виконується тільки на ходу агрегату. Керувати робочими органами необхідно робити тільки з кабіни трактора» [15].
10. Під час роботи з трактором не дозволяється піднімати начіпну машину з увімкненим карданним валом або включати карданний вал, коли машина знаходиться в транспортному положенні.

11. Ніколи не залишайте техніку без нагляду при працюючому двигуні трактора. При зупинці на тривалий час необхідно опустити робочий орган і вимкнути двигун.

12. У аварійних випадках негайно зупиніть машину, зменшіть швидкість гальмуванням і вимкніть двигун трактора.

13. Причіплювати або приєднувати машину або обладнання до трактора дозволяється лише двом особам. Працівник, який керує зчепленням, не повинен заважати трактору і стояти на шляху його руху. Підключати тяговий пристрій необхідно тільки при повній зупинці трактора і вимкненій трансмісії.

14. В процесі роботи необхідно періодично перевіряти надійність кріплення навіски і роботи робочих органів причіпної машини.

15. Після зупинки агрегату необхідно перевести маркер у транспортне положення.

16. Заправляти машину, регулювати, очищати, замінювати робочі органи, необхідно тільки при опущених органах та при вимкненому двигуні трактора.

17. Робітник повинен носити захисний одяг та використовувати засоби індивідуального захисту під час виконання робіт [15].

18. Після закінчення роботи насіння і добриво що залишилось в банках потрібно убрати.

19. На полях і дорогах, де проходять лінії електропередач, працювати і проїждати можна лише коли від найвищої точки транспортного засобу, до проводу не менше: при 1...154 кВ - 4 метри, 154...500 кВ - 9 метрів [14].

20. При виявленні вибухонебезпечних предметів необхідно негайно припинити всі роботи на ділянці, позначити межі ділянки попереджувальними знаками, організувати охорону та негайно повідомити МНС [14].

21. Під час сівби забороняється:

- наявність людей на можливому шляху руху навісних машин або маркерів при повороті тягачів;

- під час роботи агрегату одночасно обслуговувати дві і більше сівалок одним працівником;

- злазити або підніматись на машину поки вона рухається;
- знаходитись на навісній сівалці під час руху;
- під час руху, сидіти на насінневих ящиках, очищати руками робочі органи.

## **4.2. Охорона навколишнього середовища**

У сучасних умовах інтенсифікації аграрного виробництва питання охорони навколишнього середовища займає особливе місце при розробці та впровадженні нової або модернізованої сільськогосподарської техніки. Одним із шляхів досягнення сталого розвитку сільського господарства є впровадження конструктивних рішень, що дозволяють знизити навантаження на природне середовище при збереженні або підвищенні продуктивності технічних засобів.

У рамках даної кваліфікаційної роботи було запропоновано модернізацію сівалки СПУ-3 шляхом встановлення вдосконаленого дискового сошника, що дозволяє зменшити тяговий опір, покращити якість формування посівного ложа та підвищити рівномірність загортання насіння. Такі зміни позитивно впливають не лише на продуктивність роботи, але й сприяють зменшенню впливу на ґрунтове середовище [14, 15].

Основні екологічні переваги модернізованої конструкції:

Зменшення ущільнення ґрунту. Завдяки меншому тяговому опору та зниженому тиску на поверхню поля, дисковий сошник сприяє збереженню структури ґрунту. Це дозволяє уникнути глибоких колій, покращити водопроникність та повітрообмін у ґрунті, що є важливим фактором для збереження його родючості.

Зменшення споживання пального. Удосконалення робочого органу зменшує витрати палива на гектар, що призводить до зниження об'ємів викидів  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$  та сажі, які утворюються при роботі дизельного двигуна трактора.

Підвищення точності висіву. Рівномірне загортання насіння сприяє рівномірному проростанню культур, що дозволяє оптимізувати використання добрив та засобів захисту рослин у подальших технологічних операціях, зменшуючи тим самим їхній вплив на екосистему [14, 15].

Зменшення забруднення технічного обладнання. Завдяки зміні розміщення висівного апарату (вищий монтаж) зменшується контакт з пилом і рослинними рештками, що знижує ризик втрат мастильних матеріалів через витоки або недостатнє технічне обслуговування, а також зменшує потребу в частому митті техніки хімічними речовинами.

Можливість роботи на мінімально оброблених полях. Це дозволяє скоротити кількість проходів техніки по полю, а отже - зменшити викиди в атмосферу, споживання ресурсів та навантаження на ґрунт.

Рекомендації з охорони довкілля під час експлуатації агрегату [14, 15]:

- Використовувати тільки сертифіковані мастильні матеріали та паливо згідно з вимогами екологічної безпеки.
- Здійснювати регулярне технічне обслуговування двигуна трактора для запобігання надмірним викидам шкідливих речовин.
- Уникати роботи на перезволожених або надто ущільнених ґрунтах, щоб не погіршувати агрофізичні властивості ґрунтового шару.
- Забезпечити відповідальне поводження з відходами ПММ, фільтрами та використаними запчастинами згідно з чинними екологічними нормами.

### **Висновки за четвертим розділом**

1. Як показує аналіз умов експлуатації модернізованої машини, проведена модернізація не погіршила умов праці механізатора і додаткових специфічних мироприємств по охороні праці не потрібно.

2. Проведена модернізація не погіршила стану охорони навколишнього середовища.

3. Запропоноване технічне рішення - модернізація сошника сівалки СПУ-3 дозволяє не лише підвищити ефективність посіву, а й зменшити екологічне навантаження на довкілля. Зниження витрат палива, збереження структури ґрунту та оптимізація технологічного процесу вказують на екологічну доцільність впровадження удосконаленої конструкції в агровиробництво.

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВДОСКОНАЛЕНОЇ СІВАЛКИ

### 5.1. Економічна ефективність проекту

Розрахунки техніко-економічних показників серійної і модернізованої машини: сівалка СПУ-3 + трактор МТЗ-82. Головна відмінність агрегатів – за рахунок модернізації сошника сівалка має більшу швидкість. Це підвищує використання коефіцієнта робочого часу зміни і, як наслідок, продуктивність агрегату [16].

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.5.1.

Таблиця 5.1 - Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

| № | Показник                           | Розмірність | Технологічна машина |               |
|---|------------------------------------|-------------|---------------------|---------------|
|   |                                    |             | Серійна             | Модернізована |
| 1 | Річний обсяг роботи                | га          | 350                 | 350           |
| 2 | Продуктивність                     | га/год      | 3,6                 | 5,4           |
| 3 | Витрати ПММ                        | кг/га       | 2,9                 | 2,5           |
| 4 | Вартість:                          | грн         |                     |               |
|   | - Трактора                         |             | 1200000             | 1200000       |
|   | - Сівалки                          |             | 258000              | 276000        |
|   | - Всього                           |             | 1458000             | 1476000       |
| 5 | Кількість обслуговуючого персоналу |             | 1                   | 1             |

Відповідно з виданим на кваліфікаційну роботу завданням:

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

$$K_{\text{нг}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{350}{3,6} = 97,2 \text{ год} \quad (5.1)$$

Проект

$$K_{\text{нг}} = \frac{W_{\text{сез}}}{W_{\text{год}}} = \frac{350}{5,4} = 64,8 \text{ год} \quad (5.2)$$

Витрати праці:

Базовий

$$B_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot n = 97,2 \cdot 1 = 97,2 \text{ год} \quad (5.3)$$

Проект

$$B_{\Pi} = K_{\Pi} \cdot n = 64,8 \cdot 1 = 64,8 \text{ год}, \quad (5.4)$$

де  $n = 1$  - кількість обслуговуючого персоналу.

## 5.2. Експлуатаційні витрати.

«Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегату» [16].

## 5.3. Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{\text{год}}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (5.5)$$

де  $C_T$  - тарифна ставка, грн/год;

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

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

Базовий

$$\Pi = \frac{95}{3,6} \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 43,5 \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

Проект

$$\Pi = \frac{95}{5,4} \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 29,0 \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

## 5.4. Амортизаційні відрахування.

Норма амортизації для трактора – 15%, сівалки – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора – 1120 год;

- сівалки – 450 год

Базовий

$$A_{TP} = \frac{1200000 \cdot 15}{100 \cdot 1120 \cdot 3,6} = 44,64 \text{ грн/га} \quad (5.8)$$

$$A_M = \frac{258000 \cdot 15}{100 \cdot 450 \cdot 3,6} = 23,8 \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

Проект

$$A_{TP} = \frac{1200000 \cdot 15}{100 \cdot 1120 \cdot 5,4} = 29,76 \text{ грн/га} \quad (5.10)$$

$$A_M = \frac{276000 \cdot 15}{100 \cdot 450 \cdot 5,4} = 17,03 \text{ грн/га} \quad (5.11)$$

Всього:

$$A_{\Sigma} = 44,64 + 23,8 = 68,44 \text{ грн/га} \quad (5.12)$$

$$A_{\Sigma} = 29,76 + 17,03 = 46,79 \text{ грн/га} \quad (5.13)$$

## 5.5. Витрати на ПММ

Базовий

$$V_{ПММ} = Ц_{ПММ} \cdot V_{ПММ} = 60 \cdot 2,9 = 174,0 \text{ грн/га} \quad (5.14)$$

Проект

$$V_{ПММ} = 60 \cdot 2,5 = 150,0 \text{ грн/га} \quad (5.15)$$

## 5.6. Витрати на ТО, ТР, зберігання

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

-  $\alpha_{ТО} = 11\%$  - норма відрахувань на ТО;

-  $\alpha_3 = 0,2\%$  - норма відрахувань на зберігання;

-  $\alpha_{ТР} = 8\%$  - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{TO} + \alpha_z + \alpha_{TP})}{100 \cdot K_{HT} \cdot W_{ГОД}} \cdot K, \quad (5.16)$$

де  $B_B$  – балансова вартість, грн;

$K$  – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Трактор:

Базовий

$$B_{TP} = \frac{1200000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 97,2 \cdot 3,6} = 658,43 \text{ грн/га} \quad (5.17)$$

Проект

$$B_{TP} = \frac{1200000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 64,8 \cdot 5,4} = 658,43 \text{ грн/га} \quad (5.18)$$

Сівалка:

Базовий

$$B_M = \frac{258000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 97,2 \cdot 3,6} = 60,45 \text{ грн/га} \quad (5.19)$$

Проект

$$B_M = \frac{276000 \cdot (8 + 0,2)}{100 \cdot 64,8 \cdot 5,4} = 64,6 \text{ грн/га} \quad (5.20)$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{TP} + B_M = 658,43 + 60,45 = 719 \text{ грн/га} \quad (5.21)$$

$$B = 658,43 + 64,6 = 723 \text{ грн/га} \quad (5.22)$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 43,5 + 68,44 + 174 + 719 = 1004,94 \text{ грн/га} \quad (5.23)$$

Проект

$$E_B = 29,0 + 46,79 + 150 + 723 = 948,79 \text{ грн/га} \quad (5.24)$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEЗ} = 1004,94 \cdot 350 = 351729 \text{ грн} \quad (5.25)$$

Проект

$$E_{\Sigma} = 948,79 \cdot 350 = 332076,5 \text{ грн} \quad (5.26)$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Трактор:

Базовий

$$K_B = \frac{B_{\delta}}{W_{CE3}} = \frac{1200000}{350} = 3428,57 \text{ грн/га} \quad (5.27)$$

Проект

$$K_B = \frac{1200000}{350} = 3428,57 \text{ грн/га} \quad (5.28)$$

Сівалка:

Базовий

$$K_B = \frac{258000}{350} = 737,14 \text{ грн/га} \quad (5.29)$$

Проект

$$K_B = \frac{276000}{350} = 788,57 \text{ грн/га} \quad (5.30)$$

Всього:

Базовий

$$K_B = 3428,57 + 737,14 = 4165,71 \text{ грн/га} \quad (5.31)$$

Проект

$$K_B = 3428,57 + 788,57 = 4217,14 \text{ грн/га} \quad (5.32)$$

Приведені витрати на 1 га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B \quad (5.33)$$

Базовий

$$П_B = 1004,94 + 0,15 \cdot 4165,71 = 1629,8 \text{ грн/га} \quad (5.34)$$

Проект

$$П_B = 948,79 + 0,15 \cdot 4217,14 = 1581,4 \text{ грн/га} \quad (5.35)$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{CE3} = 1629,8 \cdot 350 = 570430 \text{ грн} \quad (5.36)$$

Проект

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{CE3} = 1581,4 \cdot 350 = 553476 \text{ грн} \quad (5.37)$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 570430 - 553476 = 16954 \text{ грн} \quad (5.38)$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат

$$N = \frac{258000 - 276000}{16954} = 1,06 \text{ року.} \quad (5.39)$$

Висновки.

1. Після розрахунків отримуємо, що модернізована машина має добру ефективність тому можна рекомендувати модифікацію у впровадження.
2. При завантаженні в 350 га передбачений річний економічний коефіцієнт становить 16954 грн.

Таблиця 5.2 - Економічна ефективність проекту

## **Висновки до розділу 5**

Проведений техніко-економічний аналіз засвідчив, що модернізована сівалка СПУ-3М у складі з трактором МТЗ-82 демонструє вищу продуктивність у порівнянні з базовим варіантом. Продуктивність зросла з 3,6 до 5,4 га/год, що скоротило витрати часу на виконання робіт на 33,3%.

Завдяки зменшенню норми витрати пального з 2,9 до 2,5 кг/га вдалося досягти зниження витрат на паливо-мастильні матеріали, що безпосередньо вплинуло на зниження експлуатаційних витрат.

Приведені витрати на 1 га зменшились з 1629,8 грн до 1581,4 грн, а загальні витрати на увесь обсяг робіт (350 га) - на 16 954 грн, що свідчить про економічну доцільність впровадження конструктивних змін.

Розрахований строк окупності додаткових капіталовкладень становить лише 1,06 року, що підтверджує високу інвестиційну привабливість запропонованої модернізації.

Рекомендується впровадити модернізований варіант сівалки СПУ-3М у виробничі умови аграрних підприємств з метою підвищення ефективності сівби та зменшення експлуатаційних витрат.

Доцільно розширити сферу застосування вдосконаленого сошника для інших моделей сівалок, що працюють у подібних технологічних умовах.

З метою подальшої оптимізації витрат рекомендується провести додаткове дослідження з впровадження енергоощадних технологій та електронних систем контролю висіву.

Результати техніко-економічної оцінки доцільно використовувати як основу для типових розрахунків при плануванні оновлення парку посівної техніки на підприємствах.

## ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

У ході виконання роботи проведено аналіз сучасних конструкцій сівалок, а також здійснено патентний огляд технічних рішень у цій галузі. Було досліджено технічні особливості та виявлено недоліки серійної сівалки СПУ-3. За результатами аналізу розроблено та запропоновано нову конструкцію сошника, що орієнтована на підвищення якості висіву та ефективності роботи машини в цілому.

Виконано розрахунок технологічних параметрів та проведено порівняльну оцінку економічної ефективності вдосконаленої сівалки відносно серійної моделі. Запропонована конструкція сошника дозволяє суттєво покращити якість формування борозни, забезпечити більш рівномірне загортання насіння, зменшити енергозатрати на виконання посівних робіт. Це безпосередньо впливає на підвищення продуктивності праці та загальну економічну ефективність функціонування сільськогосподарських підприємств.

Пропозиції:

- Провести натурні випробування нового сошника з метою перевірки його експлуатаційних характеристик у реальних польових умовах;
- Продовжити роботи над удосконаленням конструкції сошника з урахуванням результатів практичного тестування;
- Адаптувати розроблений сошник для різних типів ґрунтів та моделей сівалок;
- Оснастити сівалку сучасними електронними системами контролю та регулювання висіву для забезпечення ще вищої точності технологічного процесу.

## БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Сисолін П.В., Погорілий Л.В. Грунтообробні і посівні машини: історія, машинобудування, конструювання. К.: Фенікс, 2005. 264 с.
2. Сало В.М., Лузан О.Р. Вибір напрямів вдосконалення сошників сівалок прямого посіву зернових культур // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2010. Вип. 40, ч. II. С. 271–275.
3. Кукса Л. Ресурсо- й енергоощадні технології обробітку ґрунту та сівби зернових культур // Пропозиція. 2008. № 4. С. 118–125.
4. Адамчук В. В., Булгаков В. М., Головач І. В., Ігнат'єв Є. І. Теорія коливального руху в ґрунті дискового сошника зубчастого типу зернової сівалки прямої сівби. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2022. Вип. 15. С. 11–23. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/mesg\\_2022\\_15\\_3](http://nbuv.gov.ua/UJRN/mesg_2022_15_3)
5. Механічні сівалки – PÖTTINGER Landtechnik GmbH. – [Електронний ресурс]. - Режим доступу: [https://www.poettinger.at/download/prospekte/21398/0/POETTINGER\\_232.uk.1215.pdf](https://www.poettinger.at/download/prospekte/21398/0/POETTINGER_232.uk.1215.pdf)
6. Вибір сівалки для ноу-тіл (no-till) – Zerno.org.ua. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: [https://www.zerno.org.ua/index.php?Itemid=104&catid=14&id=250&option=com\\_content&view=article](https://www.zerno.org.ua/index.php?Itemid=104&catid=14&id=250&option=com_content&view=article)
7. Погорілий Л. В., Кузьмін В. І., Сало В. М. Сівалки пневматичні універсальні СПУ-3, СПУ-4: конструкція, експлуатація, вдосконалення. Харків : Техніка, 2012. 148 с.
8. Гринько А. І., Савчук Р. В. Аналіз експлуатаційних параметрів пневматичної сівалки СПУ-3 в умовах Лісостепу України. Вісник ХНТУСГ імені П. Василенка. 2019. № 201. С. 132–137.
9. Дерев'янка С. М. Пневматичні сівалки в умовах сучасного агровиробництва. АгроСвіт. 2020. № 22. С. 28–33.
10. Поради експерта: як правильно вибрати сошник для сівалки? – Agravery.com. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу:

<https://agravery.com/uk/posts/show/poradi-eksperta-ak-pravilno-vibrati-sosnik-dla-sivalki>

11. Основні типи сошників для прямої сівби зернових культур – Agro-business.com.ua. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/1242-osnovni-typy-soshnykiv-dlia-priamoi-sivby-zernovykh-kultur.html>

12. База патентів України, веб-сайт [URL:https://uapatents.com/](https://uapatents.com/)

13. Основи теорії сошників, веб-сайт [URL:https://helpiks.org/4-100027.html](https://helpiks.org/4-100027.html)

14. Пістун І.П., Березовецький А.П., Березовецький С.А. Охорона праці в галузі сільського господарства (тваринництво, птахівництво): навч. посіб. Суми: Університетська книга, 2018. 503 с.  
[URL:https://caravela.com.ua/index.php?product\\_id=831&route=product%2Fproduct](https://caravela.com.ua/index.php?product_id=831&route=product%2Fproduct)

15. Пістун І. П., Березовецький С.А. Охорона праці в галузі сільського господарства (рослинництво): навч. посіб. Суми: ВТД «Університетська книга», 2009. 368 с. [URL:https://e-tk.lntu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=6887&utm\\_source=chatgpt.com](https://e-tk.lntu.edu.ua/mod/resource/view.php?id=6887&utm_source=chatgpt.com)

16. Ковальов В. В. Економіка сільськогосподарського виробництва: навч. посіб. К.: Центр учбової літератури, 2010. 320 с.