

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
Факультет інженерних технологій та професійної освіти  
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2026 р.  
Зав. кафедри д.т.н., професор  
(науковий ступінь, вчене звання)  
Володимир ДІДУР  
(підпис) (ініціали, прізвище)

**Кваліфікаційна робота (дипломний проект)**  
перший (бакалаврський)  
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Удосконалення конструкції сошника зернової сівалки для посіву з одночасним внесенням добрив нижче рівня висіяного насіння»

Виконав: студент 3 курсу, групи 33к-ім  
освітньої програми бакалавра  
спеціальності 208 «Агроінженерія»  
Погрібний Дмитро Олександрович  
(прізвище та ініціали)  
Керівник к.е.н., доцент Кутковецька Т.О.  
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                               |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                                                    | 3  |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ.....                                                                                          | 4  |
| 1.1. Аналіз зернових сівалок для посіву зернових культур та пошарового<br>внесення добрив.....                                                | 4  |
| 1.2. Огляд конструкцій сошників для висіву насіння і внесення добрив<br>нижче його рівня.....                                                 | 6  |
| Висновки по розділу.....                                                                                                                      | 9  |
| РОЗДІЛ 2. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ.....                                                                                                   | 11 |
| 2.1. Опис конструктивно-технологічної схеми сошника для підґрунтового<br>смугового посіву з внесенням добрив нижче рівня висіяного насіння... | 11 |
| 2.2. Технологічна схема експериментальної сівалки.....                                                                                        | 16 |
| 2.3. Обґрунтування основних параметрів комбінованого сошника.....                                                                             | 17 |
| Висновки по розділу.....                                                                                                                      | 21 |
| РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                                                                                                  | 22 |
| 3.1. Організація охорони праці у господарстві.....                                                                                            | 22 |
| 3.2. Заходи з охорони праці під час роботи із зерною сівалкою.....                                                                            | 23 |
| Висновки по розділу.....                                                                                                                      | 24 |
| РОЗДІЛ 4. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ.....                                                                                              | 25 |
| Висновки по розділу.....                                                                                                                      | 27 |
| Загальні висновки.....                                                                                                                        | 28 |
| Список використаних джерел.....                                                                                                               | 29 |

## ВСТУП

У технології вирощування зернових культур однією із важливих технологічних операцій є висів насіння й одним із головних факторів якісного висіву є закладання насіння на встановлену глибину. За агротехнічними вимогами глибина висіву насіння становить 6-8 см. В разі порушення даних вимог знижується урожайність культури.

В сучасному вирощуванні культур все більшого значення набувають нові комбіновані посівні машини та ресурсозберігаючі технології посіву.

Сучасні зернові сівалки з одночасним внесенням добрив – це високотехнологічні посівні комплекси, які за один прохід виконують підготовку ґрунту, сівбу та внесення добрив. Вони забезпечують ідеальну глибину, правильне дозування та стимулюють швидкий розвиток рослин. Це є критично важливим для отримання високого врожаю в нашій країні.

Тому, дане наукове дослідження є актуальним, що полягає в розробці конструкції сошника для підґрунтового смугового посіву з внесенням добрив нижче рівня висіяного насіння.

## РОЗДІЛ 1

### АНАЛІЗ СТАНУ ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ

#### **1.1. Аналіз зернових сівалок для посіву зернових культур та пошарового внесення добрив.**

Для вибору оптимальної зернової сівалки необхідно аналізувати техніку за трьома ключовими критеріями: тип висівного апарату, конструкція сошника та технологія обробітку ґрунту. Сучасний ринок пропонує технічні рішення від класичних механічних агрегатів до широкозахватних пневматичних комплексів [5, 7].

##### **1. Аналіз за типом висівної системи.**

а) Механічні сівалки. Принцип роботи: насіння потрапляє до сошника під власною вагою через котушковий апарат. Переваги: проста конструкція, низька ціна, не потребують потужної гідравліки трактора. Недоліки: обмежена швидкість роботи (до 9-11 км/год), невеликий об'єм бункера, менша точність на нерівному рельєфі. Українські виробники таких посівних машин Elvorti серії СЗ, Great Plains (серії Solid Stand).

б) Пневматичні сівалки та комплекси. Принцип роботи: насіння транспортується до сошників потоком повітря, який створює вентилятор з гідроприводом. Переваги: висока швидкість (до 15 км/год), велика ширина захвату (від 6 до 12+ метрів), точне дозування через електронні системи. Недоліки: висока вартість, велика вага, вищі вимоги до потужності та гідросистеми трактора. Популярні моделі: Pöttinger Terrasem, Horsch Pronto, Väderstad Rapid / Spirit.

##### **2. Аналіз за типом сошників (робочого органу).**

Конструкція сошника визначає, наскільки якісно сівалка витримує глибину заробляння насіння:

а) Анкерні (наральникові) сошники найкраще працюють на легких, добре підготовлених та очищених від рослинних решток ґрунтах. Добре формують щільне насіннєве ложе, що покращує капілярний підйом вологи.

б) Дводискові сошники найбільш універсальний варіант для сучасного землеробства. Легко прорізають пожнивні рештки, не забиваються, точно тримають глибину завдяки притискним коліщаткам (копірам).

в) Однодискові сошники (монодиски) застосовуються переважно в сівалках прямого посіву (No-Till). Мають максимальний тиск на ґрунт, розрізають найтовстіший шар мульчі або сидератів із мінімальним порушенням структури поля.

3. Класифікація сівалок під технології обробітку ґрунту наведена в таблиці 1.1 [14].

Таблиця 1.1 – Класифікація сівалок під технології обробітку ґрунту

| Технологія             | Вимоги до сівалки                                                                           | Рекомендовані класи техніки/бренди                 |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------|
| Традиційна (Оранка)    | Легкі дискові або анкерні сівалки. Додаткова підготовка ґрунту перед посівом не потрібна.   | Elvorti C3-4.0 / 5.4, Vogel&Noot, Kuhn Sitera      |
| Мінімальна (Mini-Till) | Посівні комплекси з попередньою дисковою або лаповою секцією для фінішного обробітку.       | Horsch Pronto DC, Pöttinger Terrasem, Bednar Omega |
| Нульова (No-Till)      | Важкі сівалки з високим тиском на сошник (до 200-250 кг) та розрізними дисками (колтерами). | Great Plains CPH, Siva Nova, John Deere 1590       |

Пошарове внесення добрив за допомогою сучасних зернових сівалок – це передова агротехнологічна практика, яка передбачає розподіл поживних речовин на різну глибину ґрунтового профілю під час одного проходу.

Такий підхід дозволяє оптимізувати живлення рослин на різних етапах розвитку: від проростання насіння до глибокого їх вкорінення. Даний метод має ряд переваг таких, як: захист від «опіків» коріння, ефективність у посушливий період, економічний ефект – загальну норму мінеральних добрив можна знизити на 25-50% без втрати урожайності.

## **1.2. Огляд конструкцій сошників для висіву насіння і внесення добрив нижче його рівня.**

Сошники призначені для утворення борозни та укладання на її дно насіння і його заробляння.

Конструкція сошника для висіву насіння та одночасного внесення добрив нижче його рівня є ключовим елементом технології локального живлення. Головне завдання такої конструкції – розділити потоки насіння та добрив по вертикалі, створивши між ними захисний прошарок ґрунту (зазвичай 2-5 см), щоб уникнути сольового опіку молодого коріння.

Нижче наведено детальний огляд основних конструктивних рішень, які використовуються в сучасних посівних комплексах [17].

1. Дводискові сошники із зміщеними дисками та внутрішнім тукопроводом (Рис. 1.1).

Найбільш поширена конструкція на універсальних посівних комплексах високої точності.



Рисунок 1.1 – Дводисковий сошник із зміщеними дисками та внутрішнім тукопроводом

Конструкція складається з двох дисків встановлених під кутом один до одного з невеликим зміщенням (один диск трохи попереду іншого для кращого прорізання ґрунту). Всередині корпусу сошника розміщено два окремі канали:

передній (глибший) для добрив та задній (вищий) для насіння. Принцип роботи полягає в наступному: передній край дисків прорізає глибоку канавку, куди падає тукопровід. Потім, коли сівалка рухається вперед, ґрунт частково осипається, утворюючи ложе для насіння, куди з другого каналу випадає зерно. Найпоширеніші виробники – це Väderstad (система сошників на комплексах Rapid закладає добрива глибше між рядками), Pöttinger Terrasem.

2. Лапові сошники з розсікачами та дворівневим розподілом (Double-shoot) (Рис. 1.2).

Цей тип конструкції частіше використовується на пневматичних комплексах, призначених для роботи по мінімальному (Mini-Till) або традиційному обробітку ґрунту.



Рисунок 1.2 – Лапові сошники з розсікачами та дворівневим розподілом

Основою конструкції є культиваторна лапа (стрільчаста або долотоподібна). З тильного боку лапи закріплений спеціальний розподільчий блок (наконечник) із двома вертикально рознесеними вихідними отворами. Принцип роботи такий: носок лапи підрізає ґрунт і формує глибоке ложе. Через нижній отвір тукопроводу добрива закладаються на максимальну глибину ходу лапи. Потім спеціальний дефлектор присипає добрива шаром землі, а через верхній отвір (на 3-5 см вище) укладається насіння широкою смугою або двома рядочками. Сучасні виробники:

Horsch (сошники PPF – Localized Fertilizer Placement на комплексах Pronto або лапи Duet на комплексах Tiger/Sertis), Bourgault (система SDA).

### 3. Комбіновані: окремий туковий ніж + висівний сошник (Рис. 1.3).

Ця схема є класичною для важких сівалок прямого посіву (No-Till) та просапних сівалок, але активно застосовується і в зернових комплексах.



Рисунок 1.3 – Комбінований сошник

Конструктивно це два окремі робочі органи, встановлені послідовно на одній рамі або паралелограмній підвісці. Попереду йде важкий однодисковий ніж (колтер) або анкер для добрив, а за ним із невеликим зміщенням убік і вгору слідує стандартний дводисковий висівний сошник. Принцип роботи: передній ніж розрізає рослинні рештки та прорізає глибоку щілину (наприклад, на 10 см), закладаючи туди гранули чи рідкі добрива. Посівний сошник, що йде слідом, формує насіннєве ложе на глибині 4-5 см збоку від лінії внесення добрив (технологія «5x5 см» – на 5 см глибше і на 5 см вбік від насіння). Найбільші виробники Great Plains, John Deere (серії широкозахватних комплексів), Bednar Omega (де тукові диски інтегровані перед основною висівною секцією).

### 4. Монодискові сошники з подвійним виходом (Single Disc Double-Shoot) (Рис. 1.4).

Сучасне рішення для мінімального порушення структури ґрунту (No-Till та Strip-Till).



Рисунок 1.4 – Монодисковий сошник з подвійним виходом  
Single Disc Double-Shoot

В конструкцію входить один великий диск встановлений під нахилом до вертикалі та напрямку руху. До тильного боку диска прикріплений складний черевик, який має два окремі виходи на різній висоті. Принцип роботи наступний: диск прорізає один похилий розріз у ґрунті. У найглибшу точку розрізу (на самому дні) падають добрива. Вище по схилу цього ж розрізу черевик формує уступ (полицю), на яку укладається насіння. Ґрунт закривається, і коріння рослини згодом росте вниз безпосередньо в зону добрив. Виробники: John Deere (сошник ProSeries/90-а серія), Siva Nova (українські сівалки No-Till з аналогічним типом сошника).

Сошник є найважливішим робочим органом будь-якої сівалки, оскільки саме він безпосередньо взаємодіє з ґрунтом і формує середовище для майбутньої рослини. Навіть найкраща електронна система дозування насіння втрачає сенс, якщо сошник не зможе правильно укласти це насіння в землю.

### **Висновки по розділу**

Таким чином, ми здійснили огляд зернових сівалок та їх основних конструктивних складових для пошарового висіву насіння і внесення добрив

нижче його рівня. Таке виконання технологічної операції дозволяє значно збільшити урожайність культур.

Із розглянутих конструкцій сошників визначено, що вони є найважливішим робочим органом у посівних машинах. На сьогодні є багато провідних виробників, які виготовляють такі робочі органи. Проте, враховуючи постійне оновлення модельного ряду посівних машин, удосконалення конструкцій сошників для посіву зернових культур із внесенням добрив нижче рівня висіяного насіння є актуальним завданням.

## РОЗДІЛ 2

### ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

**2.1. Опис конструктивно-технологічної схеми сошника для підґрунтового смугового посіву з внесенням добрив нижче рівня висіяного насіння.**

Пропонована конструкція підвіски, яка використовується в сівалках має конструкцію, що включає двохповідковий механізм, який жорстко закріплений із сошником (Рис. 2.1) [7].

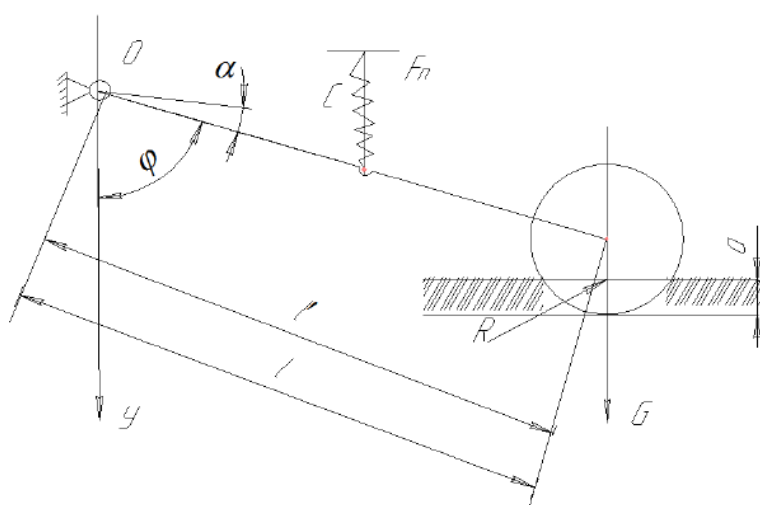


Рисунок 2.1 – Схема двохповідкової (радіальної) підвіски

Заглиблення відбувається із застосуванням навантаження або пружини. При роботі сівалки виникають коливання сошника через нерівномірну щільність і нерівність поверхні поля. Для оцінки роботи сошника під дією зазначених перешкод складемо диференціальні рівняння руху системи, розглянувши спрощену схему, в якій сила опору ґрунту та зусилля заглиблювальної пружини, спрямовані перпендикулярно повідку [8].

$$\alpha'' + \omega^2 \alpha = \frac{(R - P_0)l' - G \sin \alpha_0 l_1}{I} - \frac{\Delta R l'}{I}, \quad (2.1)$$

де

$$\omega_c^2 = \frac{C l^2 + G \cos \alpha_0 l_1}{I}, \quad (2.2)$$

де,  $I$  – момент інерції маси сошника відносно точки  $O$ ;  $P_0$  – сила попереднього стиснення пружини:

$$\Delta R = R - P_0 = \frac{G \sin \alpha_0 l_1}{l'} , \quad (2.3)$$

У встановленому режимі:

$$R = P_0 + \frac{G \sin \alpha_0 l_1}{l'} , \quad (2.4)$$

Прийmemo, що різниця діючих сил змінюється згідно із законом одиничного поштовху з ординатою  $\Delta P$ . Тоді розв'язання рівняння (2.1) за нульових початкових умов [11]:

$$a = \frac{\Delta R l'}{C l'^2 + G l_1 a_0} (1 - \cos \omega_c t) , \quad (2.5)$$

Максимальне значення кута відхилення:

$$a_{max} = \frac{2 \Delta R}{C l + G \frac{l_1}{l'} \cos \alpha_0} , \quad (2.6)$$

Найбільше переміщення центру тяжіння сошника:

$$y_{max} = \frac{2 \Delta R}{C \frac{l'}{l_1} + \frac{G}{l'} \cos \alpha_0} , \quad (2.7)$$

Аналіз отриманих виразів показує, що стійкість ходу сошника підвищується (зменшується  $y_{max}$ ) із збільшенням жорсткості пружини та її ваги; попередній стиск пружини  $P_0$  зменшує надлишкову силу  $\Delta R$ , а отже і виглиблення сошника; чим довший поводок тим вища стійкість ходу сошника.

При значному збільшенні  $l'$  можна припустити  $l' = l = l_1$ . Тоді рівняння набувають вигляду:

$$a = \frac{\Delta R (1 - \cos \omega_c t)}{C l^2 + G l \cos \alpha_0} , \quad (2.8)$$

$$a_{max} = \frac{2 \Delta R}{C l + G \cos \alpha_0} , \quad (2.9)$$

$$y_{max} = \frac{2 \Delta R}{C + \frac{G}{l} \cos \alpha_0} , \quad (2.10)$$

що відповідає руху сошника з чотирьохповідковою (паралелограмною) підвіскою. Розглянувши систему, яка показана на рис. 2.2, отримаємо диференціальне рівняння:

$$Mla'' + Cl_a + G\sin(a_0 + a) = R - P_0, \quad (2.11)$$

Розв'язання рівняння дає такі ж значення  $a$ ,  $a_{\max}$  і  $y_{\max}$  як у виразах (2.8), (2.9), та (2.10):

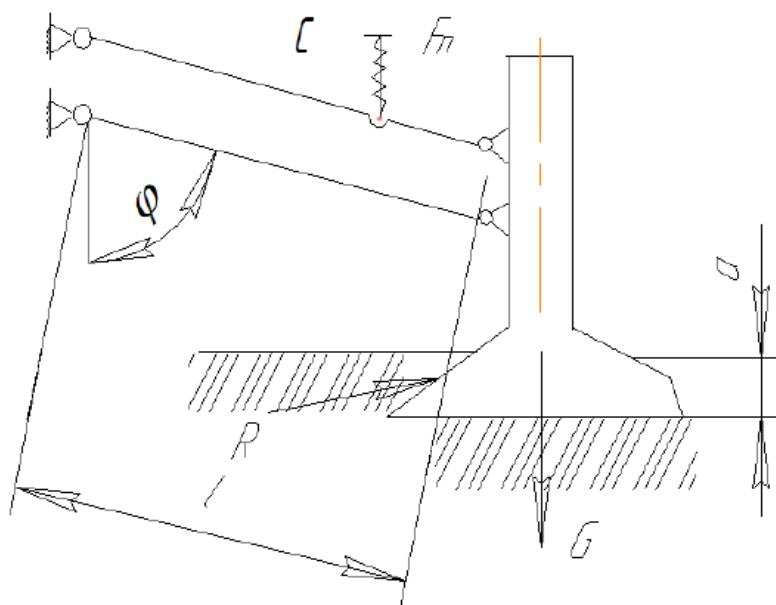


Рисунок 2.2 – Схема чотирьох повідкової (паралелограмної) підвіски

Таким чином, підвіска паралелограмного типу забезпечує більш високу стійкість глибини ходу сошника. Крім того, вона дозволяє йому переміщатися з незмінним кутом атаки, що особливо важливо для сошників з подовженими повідками [10].

При наїзді на нерівності ґрунту підвіска повинна давати можливість сошнику відхилитися від прямолінійного руху та описати траєкторію, еквідистантну профілю нерівності. Отже, необхідно щоб система мала невисоку стійкість (невелику жорсткість пружини, вагу сошника та попереднє стиснення пружини), що суперечить вимогам викладеним вище.

Без спеціальних заходів одна й та ж сама підвіска не зможе одночасно відповідати обом вимогам. Так, якщо за умовами стійкості прямолінійного руху вибрати жорстку пружину з великим попереднім стисненням ( $P_0 > R_{\max}$ , де  $R_{\max}$  –

максимальна дія сошника на ґрунт), то сошник надмірно заглиблюватиметься. Такий недолік можна усунути лише шляхом встановлення спеціального пристрою.

В даний час все більшого поширення набуває ґрунтово-розкидний посів, який дозволяє поєднати передпосівний обробіток ґрунту з посівом, покращити рівномірність забезпечення рослин живленням та вологою, скоротити терміни посівної кампанії й витрати праці. Ефективність ґрунтово-розкидного посіву полягає у підвищенні не тільки урожайності зернових культур на 10-20% за рахунок покращення умов розвитку рослин, а й протиерозійної стійкості посівів [3]. Тому, нами проведені дослідження щодо розробки конструкції сошника для способу посіву насіння та внесення добрив нижче рівня посіву насіння (Рис. 2.3) [4].

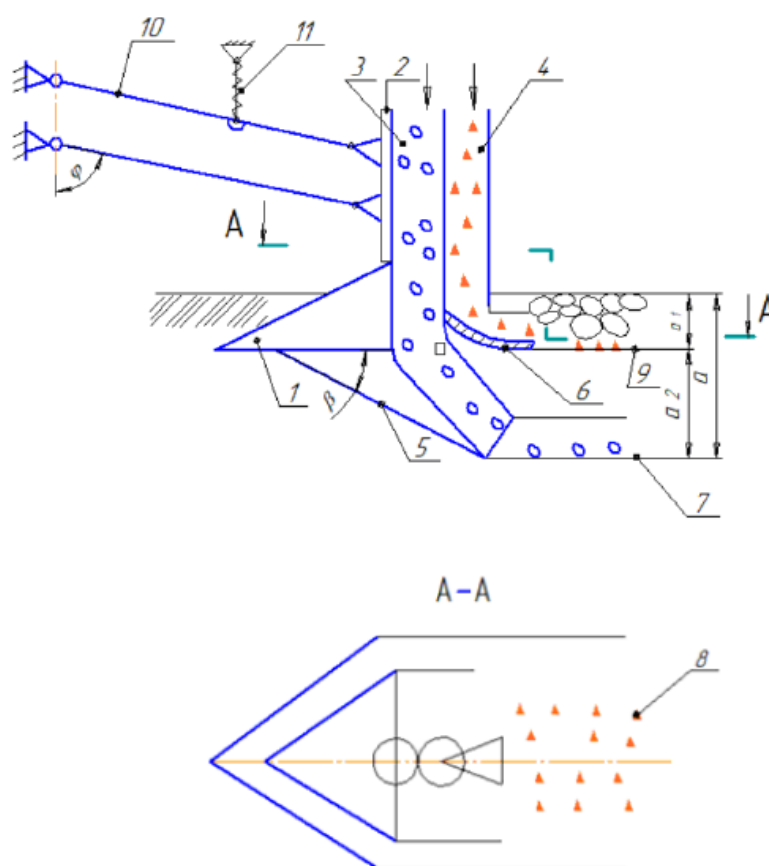


Рисунок 2.3 – Комбінований сошник:

1 – лапа стрілочаста; 2 – стійка; 3 – туконапрямник; 4 – направник насіння; 5 – ніж туконапрямника; 6 – скатна пластина; 7 – шар внесення добрив; 8 – насіння; 9 – шар посіву насіння; 10 – повідець паралелограмного механізму; 11 – пружина.

Лаповий сошник містить стрілчасту лапу 1 прикріплену до стійки 2, туконапрямник 3, напрямник насіння 4, ніж туконапрямника 5, скатну пластину 6. Ніж туконапрямника має форму клина, підрізає шар ґрунту, утворює ложе для добрива розташованого нижче рівня насіння. У підлаповому просторі туконапрямник встановлений так, щоб добрива можна розташовувати нижче шару посіву насіння.

При русі комбінованого сошника сівалки-культиватора для посіву насіння зернових культур стрілчаста лапа 1 із стійкою 2, насіннепроводом 3 і розподільником насіння 4 заглиблюється на глибину 6...8 см, де відбувається розпушування ґрунту та підрізання бур'янів. При цьому із бункера посівного агрегату по насіннепроводах 4 на цю ж глибину подається насіння зернових, яке рівномірно за допомогою розподільника насіння 6 висівається по всій ширині захвату стрілчастої лапи 9, тим самим забезпечується площа живлення рослин, близька до оптимальної. В цей же час із другого відділення бункера через тукопроводи 3 добрива надходять до ножа-туконапрямника 5 і через отвір висипаються в утворену борозну нижче рівня насіння. Стійкість руху комбінованого сошника по глибині загортання насіння залежить від кута відхилення повідця сошника, від значень висоти підвісу паралелограмного механізму навішування та довжини повідців.

Глибину закладення насіння регулюють гвинтовим механізмом і гідроциліндром шляхом переміщення рами відносно опорно-копіюючих коліс посівного агрегату. Конструкція пропонованого комбінованого сошника для посіву насіння зернових культур дозволяє значно збільшити рівномірність загортання насіння по глибині, створити їм найбільш оптимальні умови для зростання, що дозволяє підвищити урожайність.

Отже, пропонована розробка конструктивно-технологічної схеми комбінованого сошника дає можливість поздовжньої стійкості його ходу по глибині.

## 2.2. Технологічна схема експериментальної сівалки.

Нова пропонована зернова сівалка СЗП-3,6А-02Б (Рис. 2.4) з розробленими сошниками призначена для підгрунтового смугового посіву зернових культур з одночасним внесенням мінеральних добрив нижче рівня висіяного насіння та прикочуванням засіяної смуги. Дана посівна машина включає такі основні змінні складальні одиниці: сошники експериментальні, повідці у вигляді паралелограма механізму, прикочувальні котки по сліду сошників. Сошник – стрілочаста лапа 1 служить для розпушування ґрунту, підготовки насінневого ложа на глибину 6 см та внесення добрив нижче рівня насіння на 3 см.

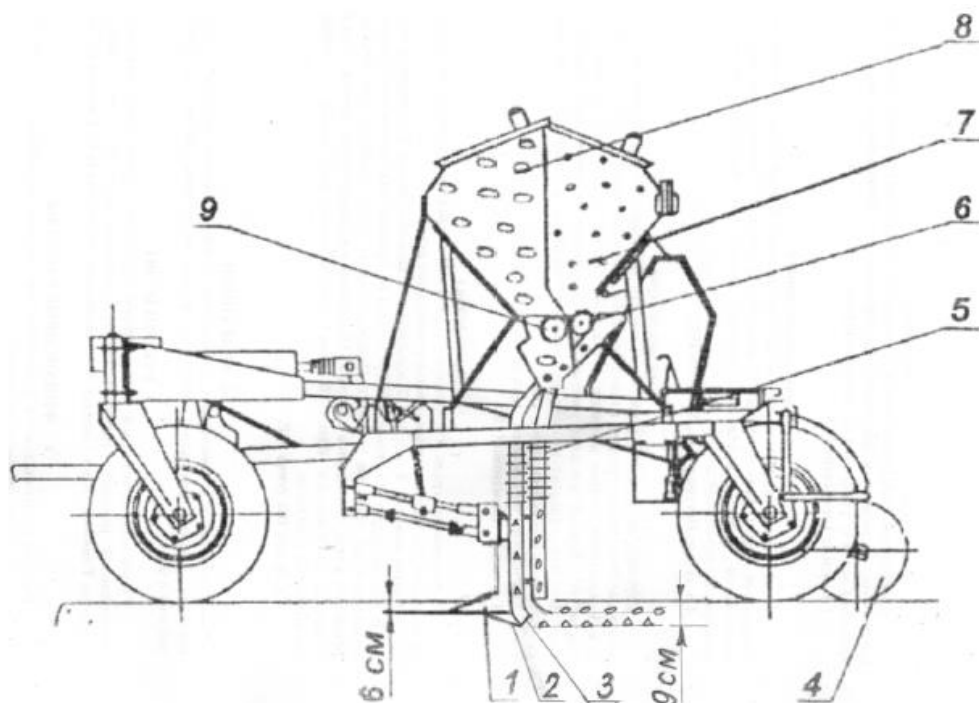


Рисунок 2.4 – Технологічна схема роботи зернової сівалки СЗП-3,6А-02Б з розробленими сошниками:

- 1 – сошник-лапа зі стійкою; 2 – клин-ніж туконапрямника; 3 – туконапрямник;  
4 – прикочувальний коток; 5 – насіннеспровід; 6 – туковий висівний апарат;  
7 – тукове відділення бункера; 8 – зернове відділення бункера; 9 – зерновий висівний апарат.

Технічна характеристика: ширина захвату (робоча) – 3,6 м; міжряддя – 45 см; ширина лапи – 27 см; смуга висіву насіння –  $18 \pm 2$  см; число сошників – 8; прикочувальних котків – 8; висівних апаратів – 16 (8+8); глибина закладення насіння –  $6 \pm 1$  см; глибина внесення добрив –  $9 \pm 1$  см.

### 2.3. Обґрунтування основних параметрів комбінованого сошника.

Математичні розрахунки експериментальних даних показують різницю результатів досліджень так, як мають місце впливові факторів, фізична роль яких у розвитку явища незрозуміла. Тому, за рекомендаціями [1], ми здійснили математичні розрахунки, що дозволяють дати числову оцінку ступеня взаємного зв'язку між явищами, розкрити закономірність аналізованих функціональних зв'язків та взаємодій, допомагаючи виділити фізичну картину досліджуваних явищ та зв'язків.

Криволінійні залежності (гіперболу, параболу тощо) прийнято оцінювати кореляційного відношенням. Чим більше значення кореляційного відношення, тим більший кореляційний зв'язок. Якщо воно дорівнює нулю – зв'язок відсутній, якщо одиниці – то повний кореляційний зв'язок між явищами. Кореляційне відношення визначається через відношення між групової дисперсії до загальної дисперсії.

$$\eta = \sigma_{\text{мг } \partial} / \sigma_{\text{об } \partial}, \quad (2.12)$$

де  $\sigma_{\text{мг } \partial}$  – міжгрупова дисперсія, яка показує частинні середні значення одного параметра, що визначаються для кожного інтервалу із середнім значенням іншого параметра;  $\sigma_{\text{об } \partial}$  – загальна дисперсія, яка відображає середні значення одного параметра, обумовлені для кожного інтервалу із середнім значенням іншого параметра.

Аналіз проводився з врахуванням оцінки зв'язку на основі кореляційного відношення (шкала Чеддока) [1].

Для вивчення впливу швидкості посівного агрегату на рівномірність розподілу насіння по глибині, швидкість агрегату змінювали в інтервалі від 1,5 до 3 м/с. Глибину закладення насіння визначали по етіольованій частині рослин після появи не менше 75 % сходів по всій ширині захвату у двох проходах сівалки.

Кореляційний зв'язок між величиною показника нерівномірності загортання насіння по глибині ( $\eta$ ) та швидкістю агрегату ( $V$ , м/с) виражається рівнянням параболічної функції (Рис. 2.5):

$$y = -0,19x^2 + 0,937x - 0,3875 \text{ при } R^2 = 0,8682 \quad (2.13)$$

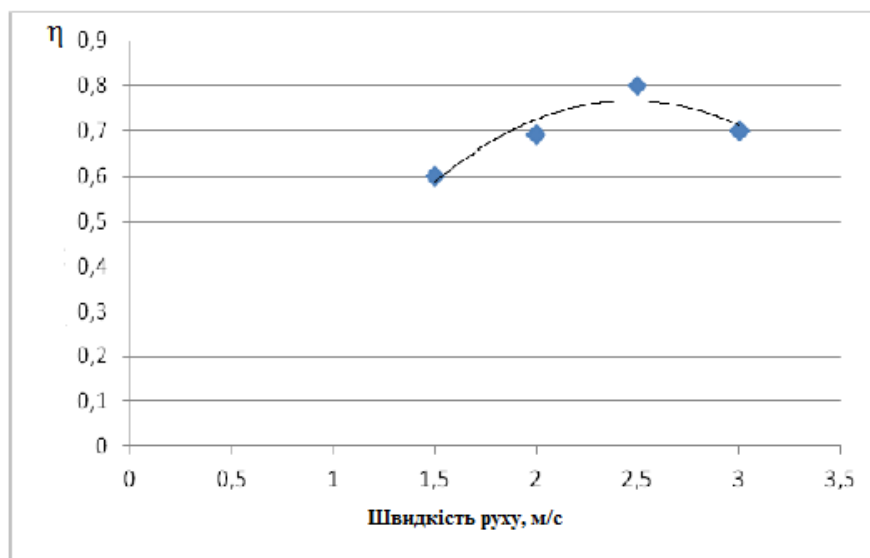


Рисунок 2.5 – Залежність нерівномірності закладення насіння ( $\eta$ ) від швидкості руху агрегату ( $V$ , м/с)

З аналізу отриманої залежності можна зробити висновок, що кореляційне відношення становить  $\eta=0,8$ , характер зв'язку сильний. Значить, швидкість агрегату значно впливає на рівномірність закладення насіння зернових культур за глибиною. Оптимальним значенням швидкості агрегату можна вважати інтервал значень від 2,25 до 2,5 м/с, подальше збільшення швидкості призводить до різкого збільшення нерівномірності закладення насіння по глибині.

Кореляційний зв'язок між величиною показника нерівномірності закладення насіння по глибині ( $\eta$ ) та зусилля, створюваного пружиною ( $F$ , Н) виражається рівнянням параболічної функції (Рис. 2.6):

$$y = -0,0001x^2 + 0,0715x - 7,714 \text{ при } R^2 = 0,9905 \quad (2.14)$$

Рациональними зусиллями, створюваного пружиною згідно за даними досліджень можна вважати інтервал значень від 200 до 240 Н. Підвищення зусилля пружиною веде до заглиблення сошника, що викликає значні коливання

сошника у вертикальній площині, отже, зростає нерівномірність закладення насіння по глибині.

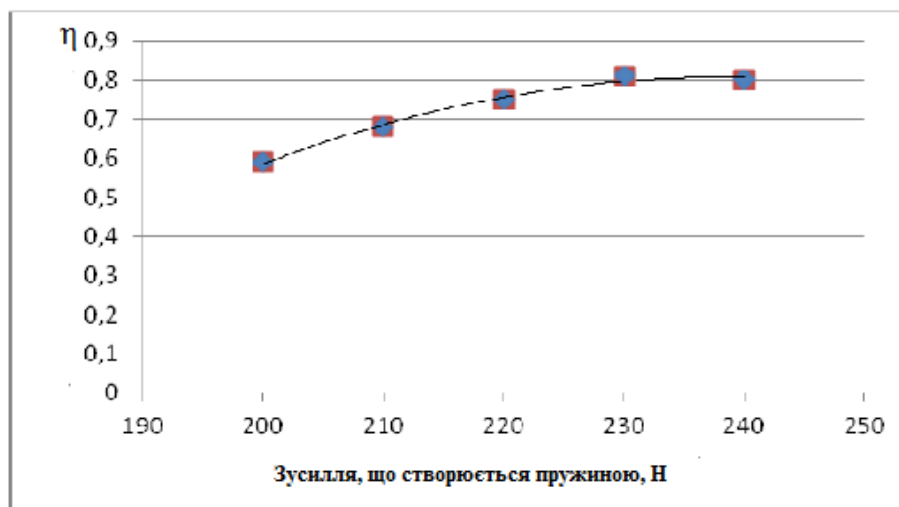


Рисунок 2.6 – Залежність нерівномірності закладення насіння (η) від зусилля, створюваного пружиною (F, Н)

Кореляційний зв'язок між величиною показника нерівномірності закладення насіння по глибині (η) та кутом клина туконапрявника (β, град.) виражається рівнянням параболічної функції (Рис. 2.7):

$$y = -0,0004x^2 + 0,0256x + 0,4 \text{ при } R^2 = 0,8492 \quad (2.15)$$

Оптимальним значенням кута клина туконапрявника можна вважати інтервал значень від 28 до 35 градусів

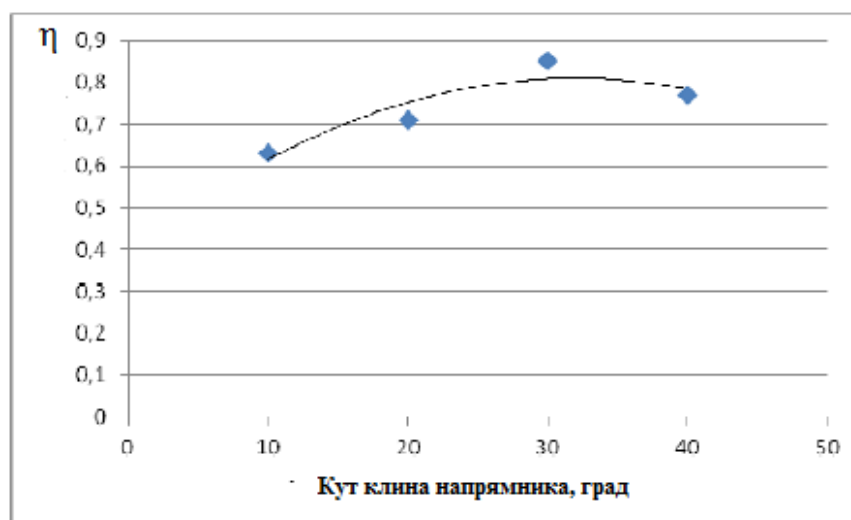


Рисунок 2.7 – Залежність нерівномірності закладення насіння (η) від кута клина туконаправника (β, град)

Ефективність сівалки-культиватора оцінювалася дослідним шляхом. Вологість ґрунту 20 %, щільність 0,95 МПа, норма висіву насіння 4,3-4,5 млн. шт. на 1 га. Якість розподілу насіння за площею живлення та глибиною закладення оцінювали за [3]. Узагальнення даних по глибині закладення насіння, отриманого в результаті випробувань, показує переваги експериментального сошника. Для сошника сівалки СЗП-3,6А-02Б середня глибина закладення насіння  $X_{\text{заг}}$  становить 0,0726 м при середньоквадратичному відхиленні  $\sigma_{\text{заг}} = \pm 0,00648$  м коефіцієнт варіації  $V = 15,2$  %. У експериментального ж сошника при  $X_{\text{заг}} = 0,0673$  м середньоквадратичне відхилення  $\sigma_{\text{заг}}$  становить  $\pm 0,00447$  м, а коефіцієнт варіації  $V = 12\%$ .

Вважаючи закон розподілу насіння по глибині закладення нормальним, знаходимо, що у шарі ґрунту товщиною 10 мм сошник сівалки СЗП-3,6-02Б укладає лише 56,4 % насіння на глибині від 0,0676 до 0,0776 м, а експериментальний сошник – 82,6% на глибині від 0,0623 до 0,0723 м. Аналізуючи отримані дані за правилом «трьох сигм», також приходимо до висновку на користь експериментального сошника: майже 100% насіння сошник сівалки СЗП-3,6А-02Б укладає у шарі 0,0688 м на глибині 0,0532-0,072 м, а експериментальний сошник – у шарі 0,0568 м на глибині 0,0539-0,0607 м.

Дані розподілу насіння наочно показані на Рис. 2.8.

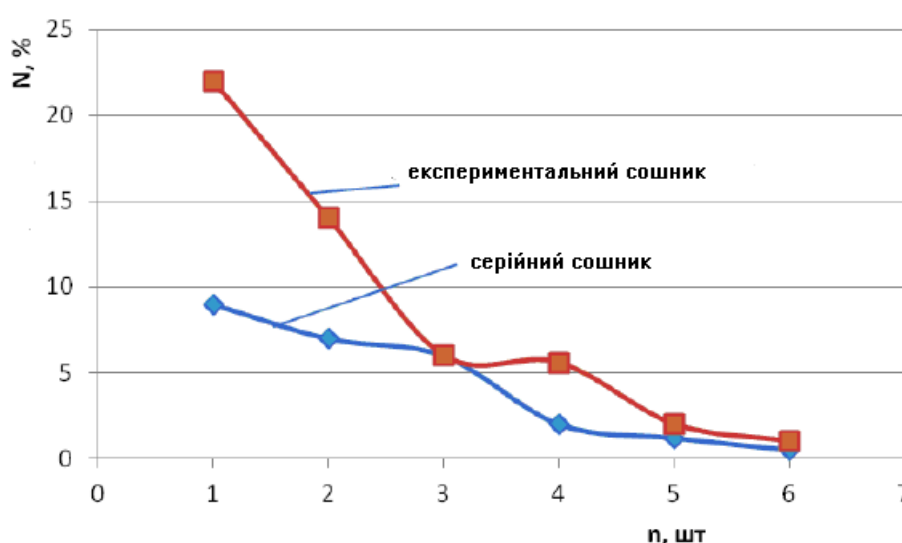


Рисунок 2.8 – Відсотковий вміст  $N$  квадратів  $0,05 \times 0,05$  м залежно від числа  $n$  насіння у квадраті

За змістом квадратів  $0,05 \times 0,05$  м із середнім розрахунковим числом рослин експериментальний сошник у 2,88 рази перевищує серійний сошник сівалки СЗП-3,6А-02Б. Наявність вільних квадратів  $0,05 \times 0,05$  м у експериментального сошника у 1,33 рази менше, ніж у серійного. Це пов'язано з наявністю скатної пластини – розсіювача у експериментального сошника.

Поліпшення якості глибини загортання насіння та рівномірності розподілу їх за площею живлення на легких супіщаних ґрунтах досягаються експериментальним сошником.

Проведено аналіз науково-дослідних робіт [10] показує, що в конструкції багатьох зернових сівалок передбачено висів насіння з одночасним внесенням добрив. Недоліком цього способу є безпосередній контакт насіння з гранулами добрив, який призводить до небажаних хімічних впливів між ними та конкуренції щодо використання ґрунтової вологи. Тому, найбільш сприятливим є роздільний спосіб, тобто шар добрив розташовується нижче рівня висіяного насіння [3]. Це дозволяє корінням рослин розвиватися в напрямку джерела живлення та повніше засвоювати мінеральні речовини.

Відомо, що на урожайність зернових культур впливають в основному волога та поживні речовини в ґрунті. Низька польова схожість зернових пояснюється тим, що посівний шар ґрунту часто перебуває у висушеному стані та для отримання сходів необхідно збільшити глибину загортання насіння до 6-8 см (до вологого шару) [3].

### **Висновки по розділу**

Таким чином, із виконаних досліджень щодо стійкості руху комбінованого сошника з паралелограмною навіскою можна стверджувати, що дану конструкцію навішування сошника можна застосовувати до зернових сівалок. Тому, що паралелограмний механізм добре копіює нерівності мікрорельєфу, що цим самим дає можливість для стійкості ходу сошника по глибині закладення насіння.

## РОЗДІЛ 3

### ОХОРОНА ПРАЦІ

#### 3.1. Організація охорони праці у господарстві.

Норми і правила охорони праці на виробництві – це система законодавчих актів, соціально-економічних, організаційних, технічних й санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності працівників у процесі трудової діяльності.

В Україні головним документом є Закон України «Про охорону праці» [6]. Він визначає права працівників, обов'язки роботодавця, а також встановлює вимоги щодо фінансування охорони праці (не менше 0,5% від фонду оплати праці за попередній рік). Загальні трудові відносини також регулюються Кодексом законів про працю України (КЗпП).

Нормативно-правові акти. Система управління охороною праці спирається на нормативно-правові акти, які поділяються на:

- Міжгалузеві: діють для всіх підприємств незалежно від форми власності (наприклад, правила безпеки під час експлуатації електроустановок, пожежної безпеки).

- Галузеві: розроблені під специфіку конкретного виробництва (будівництво, сільське господарство, металургія).

Відповідно до законодавства, кожен працівник має право відмовитися від дорученої роботи, якщо створилася ситуація, небезпечна для його життя чи здоров'я, або для людей, які його оточують. Працівник не несе відповідальності за відмову працювати в таких умовах. Також за працівником зберігається право на пільги та компенсації за роботу у важких або небезпечних умовах.

Керівник підприємства несе пряму відповідальність за створення безпечних умов праці для всіх працюючих.

### **3.2. Заходи з охорони праці під час роботи із зерною сівалкою.**

Заходи з охорони праці при роботі із зерною сівалкою спрямовані на запобігання травмуванню рухомими частинами механізмів, витоками гідравлічної рідини, падінню з висоти та отруєнню посівним матеріалом [6].

При експлуатації сільськогосподарських машин (тракторів, їх причепів і змінних причіпних агрегатів, систем складових частин й окремих технічних вузлів) потрібно дотримуватися вимог технічної документації з експлуатації машин.

Деталі сільськогосподарських тракторів і агрегатів, які рухаються в процесі роботи, обертаються й можуть становити небезпеку, повинні бути загороджені захисними кожухами, що убезпечують працівників від травм.

Основні вимоги безпеки під час роботи із зерновими сівалками:

- До роботи допускаються особи, які пройшли інструктаж з охорони праці, медогляд та мають посвідчення на право керування трактором.

- Переконалися у справності сівалки, надійності кріплення вузлів, роботі гальмівної системи та гідравліки.

- Перевірити наявність огорожень на ланцюгових, пасових та карданних передачах.

- Заборонено працювати з відсутніми або пошкодженими щитками.

- Переконалися, що ухил поля не перевищує 8 градусів.

- Завантажувати сівалку можна лише при повністю зупиненому агрегаті та вимкненому двигуні трактора.

- Категорично заборонено перебування людей на рамі сівалки, підніжках або між трактором і сівалкою під час руху.

- У разі високої запиленості або при роботі з протруєним насінням обов'язково використовувати респіратори, захисні окуляри та рукавички.

### **Висновки по розділу**

Таким чином, в даному розділі наведені основні правила техніки безпеки під час роботи із зерною сівалкою. Працівники мають їх дотримуватися так, як це запобігає виникненню травм на робочому місці.

## РОЗДІЛ 4

### ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ПРОЕКТУ

Економічна ефективність визначалася за методикою [15], порівнянням пропонованої розробки із серійною сівалкою з врахуванням трудових та прямих витрат на 1 га засіяної площі. Вихідні дані для розрахунків наведено в табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Дані розрахунків економічної ефективності сівалки

| Показники                                                      | Серійна сівалка  | Сівалка з експериментальними сошниками |
|----------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------|
| Робоча ширина захвату, м                                       | 3,6              | 3,6                                    |
| Середня робоча швидкість, км/год.                              | 7                | 7                                      |
| Коефіцієнт використання часу зміни                             | 0,7              | 0,7                                    |
| Час зміни, год.                                                | 7                | 7                                      |
| Балансова вартість:<br>трактор<br>сівалка                      | 386640<br>216000 | 386640<br>216000                       |
| Норми щорічних амортизаційних відрахувань по машині            | 12,0             | 12,0                                   |
| Норми відрахувань на ремонт та технічне обслуговування сівалка | 70,71            | 84                                     |
| Питома витрата палива, кг/га                                   | 3,2              | 3,2                                    |
| Термін служби машини                                           | 8                | 8                                      |

Прямі експлуатаційні витрати коштів, що припадають на виконання одиниці напрацювання:

$$Z_{\text{експ}} = Z_{\text{оп}} + Z_{\text{пмм}} + Z_{\text{р}} + A_{\text{а}} + I_{\text{в}}, \quad (4.1)$$

де  $Z_{\text{оп}}$  – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу грн.;  $Z_{\text{пмм}}$  – витрати на оплату паливо-мастильних матеріалів, грн.;  $Z_{\text{р}}$  – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн.;  $A_{\text{а}}$  – амортизаційні відрахування, грн.;  $I_{\text{в}}$  – витрати на допоміжні технологічні матеріали, грн.

Продуктивність техніки за 1 год. експлуатаційного часу  $W_{\text{ек}}$ :

$$W_{\text{ек}} = W_{\text{о}} \left( \frac{1}{K_{\text{зм}}} + \frac{1}{K_{\text{г}}} - 1 \right); \quad (4.2)$$

де  $W_0$  – продуктивність техніки за 1 год. основного часу за контрольних змін, од. напрацювань;  $K_{зм}$  – коефіцієнт використання змінного часу технікою за період контрольних змін;  $K_T$  – коефіцієнт готовності техніки за оперативним часом.

Річний фактичний обсяг роботи нової техніки з врахуванням агротехнічних термінів:

$$F' = W_{ек} \cdot n_{агр} \cdot t_T, \quad (4.3)$$

де  $n_{агр}$  – агротехнічний термін виконання роботи, днів;  $t_T$  – можливий час роботи техніки за добу, год.

Термін окупності капіталовкладень під час виконання річного об'єму роботи  $S_k$ .

$$S_k = \frac{F_n N_m}{W_n \cdot E_{р.роб}} \left( \frac{B_n}{R_{ен}} + \frac{B_m}{R_m} n_c \right); \quad (4.4)$$

де  $W_n$  – продуктивність нового енергозасобу;  $B_n$  – ціна нової сільгоспмашини;  $R_{ен}$  – амортизаційний ресурс нового енергозасобу, год.;  $R_m$  – амортизаційний ресурс нової сільгоспмашини, год.

Результати розрахунків економічної оцінки наведені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 – Показники економічної оцінки

| Показники                                             | Серійна сівалка | Сівалка з експериментальними сошниками |
|-------------------------------------------------------|-----------------|----------------------------------------|
| Продуктивність МТА за 1 год. змінного часу            | 4,2             | 4,2                                    |
| Питома витрата моторного палива                       | 3,2             | 3,2                                    |
| Сукупні витрати коштів, всього у тому числі:          |                 |                                        |
| - витрати на оплату праці, грн./га;                   | 153,68          | 153,68                                 |
| - витрати на ПММ;                                     | 203,35          | 203,35                                 |
| - витрати на ремонт, технічне обслуговування грн./га; | 225,21          | 225,21                                 |
| - амортизаційні відрахування грн./га                  | 356,40          | 356,40                                 |
| Річна економія сукупних витрат коштів,                | -               | 71706,60                               |
| Зниження собівартості виконання роботи, %             | -               | 49                                     |
| Термін окупності капіталовкладень, років              | -               | 1                                      |

Показники таблиці 4.2 показують ефективність від впровадження пропонованої розробки оскільки річний економічний ефект від впровадження зернової сівалки з удосконаленими сошниками при нормативному річному завантаженні складає 71706,60 грн.

### **Висновки по розділу**

Отже, із розрахунків економічної ефективності модернізованої зернової сівалки видно, що її виробництво є доцільним та економічно вигідним. Так, як річний економічний ефект дорівнює 71706,60 грн. Термін окупності капіталовкладень складає один рік.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Отже, за результатами досліджень проведених в дипломному проекті можна зробити наступні загальні висновки:

1) Із проведеного огляду зернових сівалок для пошарового висіву насіння зернових культур і внесення добрив нижче його рівня, та їх основних робочих органів – конструкції сошників, ми визначили, що не всі сівалки здійснюють рівномірний розподіл насіння по глибині посіву. Тому, нами було запропоновано нову конструкцію сошника, який забезпечує стійкість руху у вертикальній площині й одночасно покращує рівномірність закладення насіння по глибині.

2) Наведено конструктивну схему модернізованої сівалки з удосконаленою конструкцією сошника. В результаті досліджень визначено ефективність нової зернової сівалки при посіві зернових культур. При цьому визначено, що польова схожість підвищується за рахунок кращого засвоєння добрив та призводить до скорочення терміну появи схожості насіння на 2-3 дні. В інтервалі глибини загортання насіння 0,06-0,07 м розміщено 87 % загальної кількості насіння. Заробляння серійним сошником становить 75 %. Таким чином, пропонований сошник забезпечує збільшення врожаю на 13-15%.

3) В розділі охорони праці приведені основні заходи з охорони праці загалом в господарствах та окремо під час роботи із зерновою сівалкою. Дотримання нормативно-правових заходів та правил з охорони праці при роботі із сільськогосподарськими машинами дає можливість уникнути аварій і травм на виробництві.

4) Виконано техніко-економічну оцінку розробки, що показує ефективність впровадження та використання нового технічного рішення. Так, річний економічний ефект дорівнює 71706,60 грн., термін окупності капіталовкладень складає один рік.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Алдошин М.В. Аналіз технологічних процесів у рослинництві. *Техніка у сільському господарстві*. 2008. № 1. С.34–36.
2. Боков Д.В. Визначення щільності ґрунту на дні борозни, утвореної сошником. *Техніка в сільському господарстві*. 2004. № 5. С. 31.
3. Демчук Є.В. Визначення якості розподілу насіння зернових культур двох стрічковим сошником. *Трактори та сільськогосподарські машини*. 2013. № 5. С. 41–42.
4. Демчук О.В. Порівняльний аналіз агротехнічних характеристик посівних комплексів, обладнаних лаповими сошниками. *Електронний науково-методичний журнал*. 2016. №3(6). 20–25.
5. Дмитренко А.І. Несучі і технологічні системи для побудови сільськогосподарських агрегатів. *Трактори та сільгоспмашини*. 2017. № 5. С. 19–31.
6. Закон України «Про охорону праці». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>. (Дата звернення: 02.02.2025).
7. Зиміна О.Г. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів комбінованого сошника. *Збірник наукових праць*. 2015. Вип. 11. С. 44–47.
8. Зиміна О.Г. Обґрунтування раціональних параметрів сошника для посіву зернових культур із внесенням добрив нижче рівня насіння. *Збірник наукових праць*. 2021. № 3 (59). С. 106–115.
9. Пушка О.С., Войтік А.В., Ковальчук Ю.О. Інструктивно-методичні матеріали до виконання дипломних проектів студентами спеціальності 208 «Агроінженерія» першого освітнього рівня (бакалаврського). Умань : УНУС, 2020. 27 с.
10. Родимцев С.А. Дослідження паралелограмного механізму підвіски лапового сошника. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2006. № 7. С. 11–13.

11. Сергєєв Ю.А. Силовий аналіз руху комбінованого сошника. Збірник наукових праць серії. 2017. Вип. 13. С. 25–30.
12. Сівалки фірми Amazone. URL: <https://amazone.net/ua>. (Дата звернення: 14.03.2026).
13. Сівалки фірми Horsch. URL: <https://www.horsch.com/ua/sivalki-tochnogo-vysivu>. (Дата звернення: 14.03.2026).
14. Сівалки фірми John Deere. URL: <https://www.deere.ua/uk-ua>. (Дата звернення: 14.03.2026).
15. Техніка сільськогосподарська. Методи економічної оцінки. ГОСТ 23728-88, ГОСТ 23730-88.
16. Herfaty T.V., Roye S. Combined effects of moisture content prior compactive effect and final quantity on soil crust strength. J. Soil Sci. 1998. v.29. T.2. P. 67–73.
17. Schoen H. und andere. Die Landwirtschaft: Lehrbuch fuer Landwirtschaftsschulen. Bd.3. *Landtechnik, Bauwesen. Muenchen*: BLVVerl.- Ges., 1998. 576 S.