

**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-технологічний факультет**

**Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту**

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»  
на тему: «Обґрунтування конструктивних параметрів робочого органу  
сівалки для нульової технології сівби»

Виконав: здобувач вищої освіти за  
освітньо-професійною програмою  
Технології і засоби механізації  
сільськогосподарського виробництва  
спеціальності 208 Агроінженерія  
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 1  
Бережний Олександр Юрійович  
Керівник: Шейченко В. О.  
Рецензент: Горбенко О. В.

**Полтава – 2022 року**

## ВСТУП

При вирощуванні сільськогосподарських культур істотне зниження експлуатаційних витрат можливе при впровадженні енерго-ресурсозберігаючих технологій, однією з різновидів яких є нульова технологія. При нульовій технології експлуатаційні витрати при вирощуванні зернових культур знижуються до 40% в порівнянні з класичною технологією [1, 2]. Однак це відбувається в основному за рахунок зменшення кількості операцій – виключаються такі енергоємні технологічні операції з обробки ґрунту як оранка, боронування і культивуація. Якщо при класичній технології підготовка ґрунту під посів здійснюється декількома технологічними операціями, то при нульовій – безпосередньо в процесі посіву. Тому при нульовій технології підготовки ґрунту і створення сприятливих умови для зростання і розвитку висіяного насіння необхідно звернути підвищену увагу. А це можливо тільки за рахунок вдосконалення конструктивно-технологічних параметрів робочих органів сівалок.

Слід зазначити, що наявність рослинних залишків, стерні, підвищена твердість і в'язкість ґрунту перед посівом істотно впливають на процеси кришення ґрунту, утворення насінневого ложа, розподілу, закриття і ущільнення насіння, які необхідно враховувати при розробці та вдосконаленні робочих органів сівалок.

Вирішення такого завдання вимагає обґрунтування конструктивно-технологічної схеми робочого органу, розгляду процесу його взаємодії з ґрунтом і дослідження впливу конструктивних параметрів на якість посіву. У зв'язку з цим підвищення ефективності прямого посіву зернових культур при дослідженні параметрів сошника є актуальним завданням.

**Мета роботи.** Підвищення ефективності сівалки для прямого посіву зернових шляхом вдосконалення конструктивних параметрів посівної секції.

**Об'єкт дослідження.** Технологічний процес взаємодії робочих органів сівалки з ґрунтом.

**Предмет дослідження.** Закономірності взаємодії робочих органів сівалки з ґрунтом, зміни агротехнічних і енергетичних показників роботи в залежності від її конструктивних параметрів.

**Методика досліджень.** Теоретичні дослідження виконані з використанням положень і методів механіки суцільних середовищ і класичної механіки. Експериментальні дослідження в лабораторних і польових умовах виконані з використанням стандартних методик із застосуванням методів планування експерименту.

Теоретична і практична значущість досліджень полягає в розробці методик обґрунтування конструктивних параметрів посівної секції, що складається з декількох робочих органів, а також в розробці математичних моделей їх взаємодії з ґрунтом і процесу формування насінневого ложа.

Запропоновано конструктивну схему посівної секції для прямого посіву зернових культур, що забезпечує формування насінневого ложа, посів насіння у вологий шар ґрунту, їх закриття шаром ґрунту необхідної товщини, та його ущільнення.

## РОЗДІЛ 1

### СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 1.1. Аналіз технологій вирощування сільськогосподарських культур

В залежності від ґрунтово-кліматичних умов і біологічних особливостей сільськогосподарської культури в даний час використовуються наступні три технології обробітку зернових культур [1, 2, 3]:

- традиційна (відвальна) технологія;
- мінімальна (безвідвальна) технологія;
- нульова технологія.

Традиційна технологія вирощування сільськогосподарських культур передбачає щорічну або періодичну осінню оранку ґрунту з оборотом пласта і весняну передпосівну підготовку ґрунту.

Методи відвальної оранки безперервно удосконалюються (гладка, дрібна, з ґрунтопоглибленням), незмінним залишається тільки принцип роботи плужного корпусу – відвалювання і оборот пласта у відкриту сусідню борозну.

З агрономічної точки зору переміщення верхнього більш родючого шару на місце нижнього створює сприятливі умови для зростання і розвитку сільськогосподарських рослин. Одночасно відбувається забивання рослинних і пожнивних залишків, стерні та насіння бур'янів на глибину оранки, де відбувається їх поступове розкладання. Подальшому знищенню бур'янів і розпушенню ґрунту сприяють також весняні обробітки ґрунту, спрямовані до того ж на створення насінневого ложа для насіння. Отримана при цьому структура ґрунту дозволяє використовувати при посіві більш легкі конструкції сошників і їх кріплення до рами сівалки, до того ж утворене насіннєве ложе не вимагає додаткових зусиль для його створення. Основне завдання полягає в забезпеченні контакту насіння з ґрунтом, що

забезпечується, в основному, додатковою операцією – коткуванням посівів. Всі ці операції збільшують кількість проходів машинно-тракторних агрегатів по полю і впливи робочих органів на ґрунт, що призводить, з одного боку до ущільнення, з іншого – до ерозії ґрунту.

У табл. 1.1 представлені основні переваги та недоліки технологій обробітку зернових культур з технічної точки зору з аналізу літературних джерел [1-8].

Таблиця 1.1 Порівняльний аналіз технологій вирощування сільськогосподарських культур

Технологія обробітку	Позитивні сторони	Негативні сторони
1	2	3
1. Традиційна (відвальна) технологія	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Якісна підготовка ґрунту під посів на різноманітних фонах та типах ґрунтів.</li> <li>2. Зароблення поживних решток, знищення бур'янів, личинок шкідників та хвороб сільськогосподарських культур механічним шляхом без застосування гербіцидів.</li> <li>3. Простота конструкцій та низька металоємність робочих органів сівалок.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Висока енергоємність обробки ґрунту (до 50-80 кВт / м) і мала продуктивність знарядь.</li> <li>2. Ущільнення dna борозни.</li> <li>3. Незадовільна злитість і вирівняність поверхні ріллі.</li> <li>4. Велика кількість проходів знарядь і впливів робочих органів і рушіїв на ґрунт.</li> <li>5. Ущільнення нижніх горизонтів ґрунту.</li> <li>6. Ризик виникнення дефляції і ерозії ґрунту.</li> </ol>
2. Мінімальна технологія: а) з основним обробітком ґрунту; б) з передпосівним обробітком ґрунту; в) прями́й посів без попереднього обробітку ґрунту.	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Скорочення кількості проходів знарядь, впливів робочих органів і рушіїв на ґрунт.</li> <li>2. Попередня підготовка ґрунту і насінневого ложа.</li> <li>3. Знищення бур'янів механічним шляхом.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Забивання робочих органів рослинними і поживними залишками.</li> <li>2. Збільшується кількість обробок гербіцидами для знищення бур'янів.</li> <li>3. Підвищений знос робочих органів культиваторів і сівалок.</li> <li>4. Підвищене навантаження на робочі органи, які взаємодіють з ґрунтом</li> </ol>

1	2	3
3. Нульова технологія	1. Відсутність проходів знарядь і вплив робочих органів і рушіїв на ґрунт. 2. Скорочення експлуатаційних витрат (до 50%) при обробленні культури. 3. Скорочення водної та вітрової ерозії ґрунту. 4. Підвищення родючості ґрунту природним шляхом.	1. Велика кількість обробок хімічними засобами захисту рослин від бур'янів, шкідників і хвороб. 2. Велика кількість рослинних залишків і подрібненої соломи на поверхні. 3. Необхідність подрібнення і рівномірного розподілу соломи по поверхні поля. 4. Високе навантаження на робочі органи, які взаємодіють з ґрунтом. 5. Повільне прогрівання ґрунту через закритість поверхні поля мульчею.

Мінімальна технологія, на відміну від традиційної, дозволяє забезпечити зменшення кількості проходів знарядь по полю і механічного впливу ґрунтообробних машин на ґрунт і ущільнюючої дії їх ходових систем. Необхідно розрізняти три види мінімальної технології [9-12]:

- з основною обробкою ґрунту;
- з передпосівною обробкою ґрунту;
- прямий посів без попередньої обробки ґрунту.

Характерною особливістю мінімальної технології з основною обробкою ґрунту є заміна відвальної оранки безвідвальною обробкою ґрунту (обробка глибокородзпущувачами, чизельними плугами і культиваторами та ін.). В цьому випадку в обов'язковому порядку здійснюється весняна передпосівна підготовка ґрунту, що дозволяє використовувати сівалки традиційної технології.

Особливість мінімальної технології з передпосівною обробкою ґрунту полягає в повній відмові від осінньої обробки ґрунту за рахунок весняної підготовки ґрунту культиваторами, дисковими боронами або комбінованими

знаряддями. В цьому випадку для посіву можуть використовуватися традиційні сівалки.

При прямому посіві без обробки ґрунту операції по підготовці ґрунту не здійснюються, тому використовуються спеціальні стерньові сівалки, так звані сівалки прямого посіву. Робочими органами таких сівалок є лапові сошники, що дозволяють провести одночасно суцільну обробку і подрібнення ґрунту, підрізання бур'янів, підготовку насінневого ложа, розподіл насіння і його закриття шаром ґрунту. Прямий посів може здійснюватися і комбінованими машинами, що складаються з культиваторної і посівної частин на загальній рамі або закріплених один за одним.

Застосування мінімальної технології дозволяє знизити експлуатаційні витрати в порівнянні з традиційною до 40% [12].

Основною проблемою мінімальної технології, яку необхідно враховувати при розробці і проектуванні сівалок, є наявність пожнивних і рослинних залишків на поверхні поля, що приводить до забивання сошників, опорних коліс і прикочуючих котків.

Нульова технологія передбачає також прямий посів насіння в ґрунт, без будь-якої попередньої механічної обробки [13]. Відмінною особливістю нульової технології від мінімальної з прямим посівом є відсутність суцільного розпушування ґрунту [13]. Знищення бур'янів при цьому здійснюється хімічним шляхом обприскуванням гербіцидами до посіву і в період вегетації.

Для створення мульчуючого шару з рослинних залишків під час збирання солома подрібнюється і розкидається по поверхні поля. З агрономічної точки зору утворилася при цьому мульча поступово розкладаючись, перетворюється в живильне середовище для рослин. З технічної точки зору рослинні залишки разом з ґрунтом забивають стійки робочих органів, ріжучі кромки сошників, прикочуючі котки і утворену борозну, що веде до порушень технологічного процесу висіву.

При цьому підвищується нерівномірність висіву по глибині, зменшується задана глибина посіву через виглиблення сошників, порушується процес закриття насіння ґрунтом і ущільнення посівних борозен. Особливо ці процеси проявляються у вологих суглинистих і глинистих ґрунтах. Наявність мульчуючого покриву на поверхні поля з одного боку знижує випаровування вологи з ґрунту, але з іншого боку перешкоджає прогріванню ґрунту, що розтягує початок посіву [14, 15].

Таким чином, застосування нульової технології при вирощуванні сільськогосподарських культур дозволить значно знизити виробничі витрати, кількість проходів знарядь по полю і впливу робочих органів на ґрунт. Однак існуючі сівалки для цього не застосовуються. При розробці та вдосконаленні сівалок для прямого посіву зернових культур необхідно враховувати наявність рослинних залишків на поверхні і у верхньому шарі ґрунту, а також їх високий опір деформації.

## **1.2. Аналіз основних вимог до технології прямого посіву**

Сьогодні багато агротехнічних вимог, що висуваються до посіву за традиційною технологією, повинні дотримуватися і при прямому посіві.

До посіву зернових культур за традиційною технологією висуваються такі основні агротехнічні вимоги [16, 17]:

1. Сівбу слід проводити в строки, оптимальні для даної культури в даному районі.
2. Відповідно до встановленої норми висіву сівалки повинні рівномірно розподіляти насіння по площі в рядах, закладати їх у вологий шар ґрунту на задану глибину і одночасно вносити при сівбі добрива до встановленої норми.
3. Відхилення від заданої норми висіву насіння не повинно перевищувати  $\pm 3$ , а норми висіву мінеральних добрив  $\pm 10\%$ .

4. Середня нерівномірність висіву насіння в рядках не повинно перевищувати  $\pm 3$ , зернобобових  $\pm 4$ , а трав  $\pm 8\%$ .

5. Пошкодження насіння при сівбі зернових культур робочими органами посівних машин не повинно перевищувати  $0,3\%$ , зернобобових –  $1\%$ , кукурудзи –  $1,5\%$ .

6. Насіння повинно бути рівномірно розподілене по всій площі в рядках і закладене на оптимальну глибину.

7. Глибина загортання насіння не повинна відхилятися більш ніж на  $\pm 15\%$ , що приблизно складає для зернових колосових  $\pm 1$  см, кукурудзи  $\pm 2$  см.

8. Під час сівби повинні бути строго витримані ширина основних і стикових міжрядь, а також прямолінійність рядків.

9. При сівбі не допускаються огріхи і перекриття, а також на поверхні поля незакладене насіння.

Додатково для нульової технології повинні виставлятися такі агротехнічні вимоги:

- рівномірний розподіл рослинних залишків на поверхні ґрунту в процесі збирання;
- при посіві рослинні залишки не повинні проникати в насінневе ложе;
- після посіву рослинні залишки повинні рівномірно покривати ґрунт;
- посів необхідно проводити під деяким кутом (близько  $30^\circ$ ) по відношенню до раніше вирощуваної культури.

Особливості нульової технології висувають і певні вимоги до сівалок. Деякі автори представляють вимоги до сівалок в наступному вигляді, вказуючи, що ці вимоги повинні виконуватися в ідеалі [17,18]:

1. Сошники сівалок повинні формувати профіль насінневого ложа, що сприяє збереженню вологи і кращому проростанню насіння. Насінневе ложе повинно забезпечити захист зерна від висихання (в посушливих ґрунтах) і кисневого голодування (у вологих ґрунтах).

2. При створенні борозен сошники не повинні перемішувати землю, втягуючи всередину рослинні залишки, слід уникати вдавлення (захоплення)

рослинності в канавку. Правильно сформована борозенка повинна зберігати необхідний рівень вологості.

3. Сівалка і сошники не повинні при роботі забиватися рослинними залишками.

4. Сошники повинні охороняти насіння від контакту з рослинними залишками.

5. Сошники не повинні переущільнювати ґрунт.

6. Кожен сошник повинен сам закривати насінневе ложе без використання додаткових пристосувань.

7. Кожен сошник повинен ефективно розділяти зерно і добрива так, щоб вони не контактували один з одним (для виключення токсичного ефекту).

8. Кожен сошник повинен максимально забезпечувати копіювання поверхні ґрунту і рівномірний посів при зміні профілю поверхні.

10. Повинен забезпечуватися постійний кут входження в ґрунт для забезпечення постійної глибини посіву при русі по нерівномірного рельєфу.

11. Як можна більше функцій сівалки повинні самоналаштуватися в залежності від зносу і зміни стану ґрунту. При переході від одного стану ґрунту і рослинності до іншого регулювання повинні бути мінімальними.

Агротехнічні вимоги і вимоги до сівалок прямого посіву за нульовою технологією повинні враховуватися при розробці та вдосконаленні посівних машин і їх робочих органів.

Особливі вимоги при посіві пред'являються до формування насінневого ложа. Обробітком ґрунту повинні бути створені умови з оптимальним поєднанням необхідних для нормального проростання насіння факторів: води, кисню і тепла. Наявність в ґрунті доступних води і повітря є найважливішою умовою дружньої появи сходів. З іншого боку, ці чинники антагоністичні і залежать від щільності ґрунту: пухкий ґрунт містить більше повітря і менше утримує вологу, щільний – навпаки.

Агрономічні дослідження свідчать про те, що найкраще поєднання зазначених чинників досягається лише при розташуванні насіння в ґрунті на межі двох шарів – нижнього (вологого) щільного і верхнього пухкого. У нижній шар ґрунту проникають коріння рослини, в ньому добре розвинені капіляри, і рослини забезпечуються вологою, не залежно від створених після посіву погодних умов. Верхній мульчуючий шар захищає щільне ложе від випаровування вологи і осушення, через нього відбувається повітрообмін і надходження тепла. Дослідженнями встановлено, що межа щільного вологого і пухкого шарів повинна знаходитися на глибині залягання вузла кушніння, у злаків – 1...4 см. Для цього шар ґрунту, розташований нижче глибини загортання насіння, повинен бути ущільнений. В ущільненому шарі в найкоротші терміни відновлюється капілярна система, в результаті чого забезпечується підведення вологи до висіяних насінин [19].

При нульовій технології затягується процес прогрівання і дозрівання ґрунту, в зв'язку з чим, посів починається набагато пізніше в порівнянні з традиційною технологією. Дозрівання ґрунту відбувається на 2...3 тижні пізніше. У посушливих умовах за цей час вологість ґрунту в верхніх шарах за рахунок випаровування знижується. При посіві на необхідну глибину насіння, наприклад 3...5 см для зернових злакових культур, вони потрапляють в сухий ґрунт, що негативно позначається в їх проростанні, відповідно і в врожайності. А при збільшенні глибини висіву витрачається більше енергії проростання насіння для виходу листя на поверхню.

На підставі вищевикладеного можна сформулювати основні вимоги до технологічного процесу і робочих органів формування насінневого ложа, які необхідно враховувати при розробці конструкцій сошників для нульової технології:

- посівна борозенка повинна створюватися з щільним дном, оскільки воно передбачає підведення вологи по капілярах до висіяних насінин;
- повинен забезпечуватися контакт насіння з вологим дном насінневої борозенки, що визначає швидкість їх набухання і проростання;

- вологий щільний ґрунт з насінням повинен бути закритий шаром пухкого ґрунту, що знижує випаровування вологи;
- конструкція сошника повинна забезпечувати потрапляння насіння у вологий шар ґрунту, при цьому воно повинно закриватися вологим пухким шаром ґрунту, необхідної для проростання товщини;
- конструкція сівалки повинна забезпечувати рівномірне розміщення насіння по площі поля, закладення їх на однакову глибину, строго необхідну норму висіву, проведення сівби в найкращі агротехнічні терміни стосовно ґрунтово-кліматичних умов.

### **1.3. Аналіз конструкційних особливостей сівалок прямого посіву**

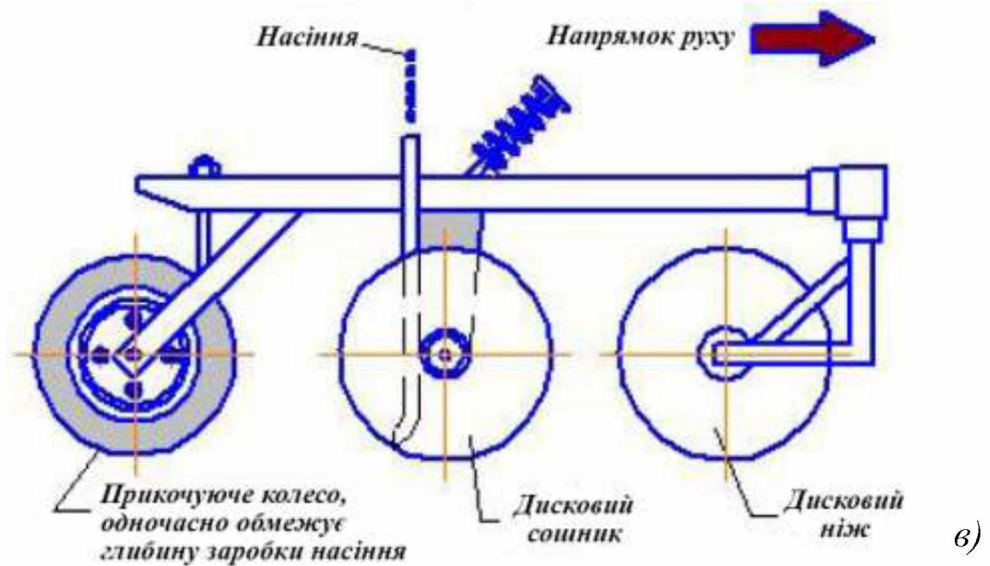
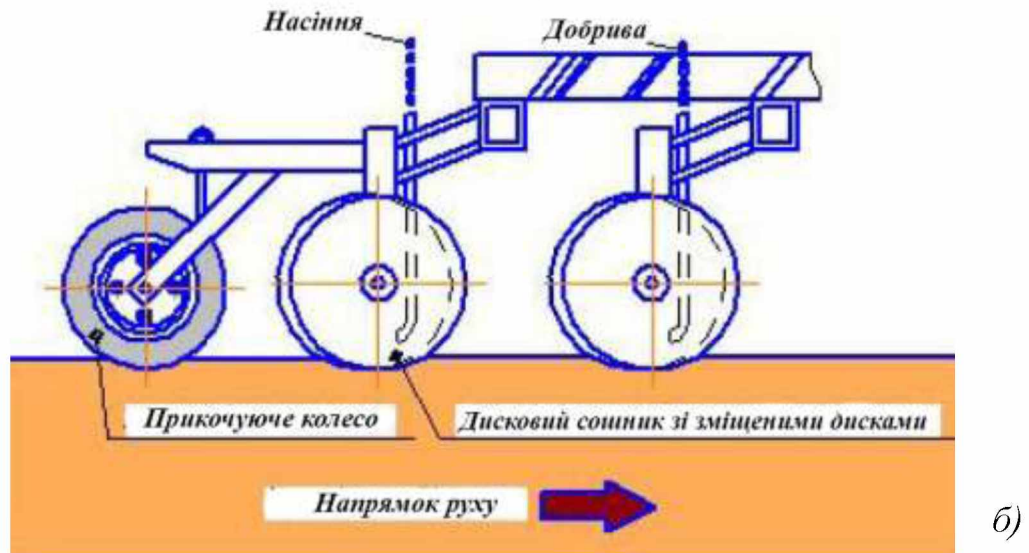
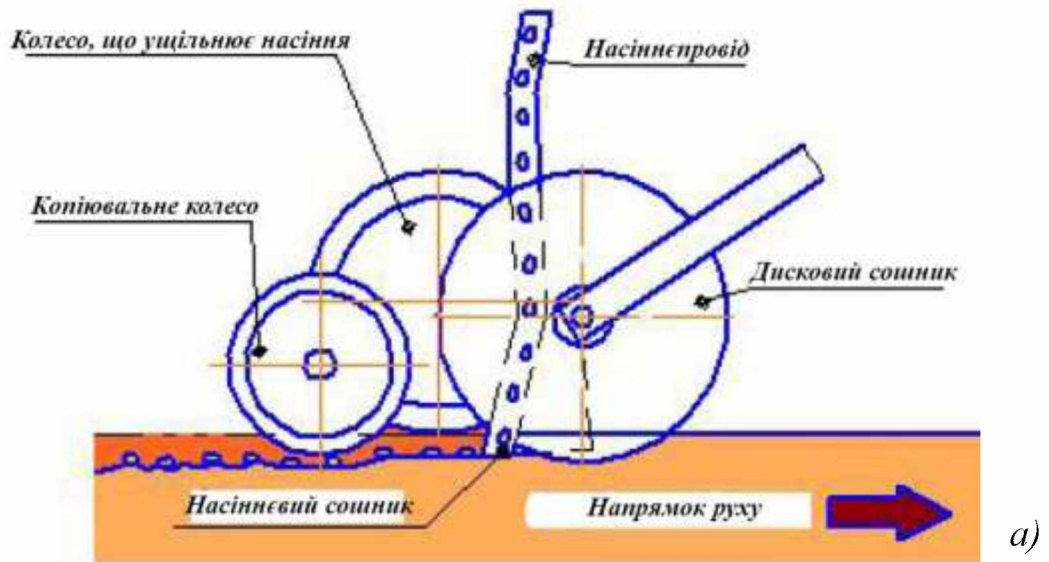
При нульовій технології єдиним робочим органом, що безпосередньо взаємодіє з ґрунтом, є сошник. Тому до них при прямому посіві висуваються серйозні вимоги.

При технології прямого посіву в залежності від кліматичних і ґрунтових умов використовуються стерньові сівалки з різними видами сошників – дисковими, лаповими, анкерними, комбінованими.

Найбільшого поширення на практиці отримали дискові сошники.

Дискові сошники при взаємодії з ґрунтом утворюють в ній V-подібні щілини. Вони можуть бути одно-, дво-, і трьохдискові (рис. 1.1 а, б, в).

Основними перевагами дискових сошників є менший тяговий опір через перехід частини сил тертя ковзання в тертя кочення при вільному обертанні дисків. Крім цього за рахунок реактивного обертання дисків відбувається їх самоочищення, тому вони менше забиваються навіть при підвищеній вологості ґрунту і великій кількості пожнивних залишків. Дискові сошники надають мінімальний рихлячий вплив на ґрунт, що сприяє кращому збереженню ґрунтової вологи.



а) однодисковий сошник, б) дводисковий сошник з сошником для роздільного внесення добрив, в) трьохдисковий сошник

Рисунок 1.1 – Конструктивні схеми дискових сошників прямого посіву

До недоліків дискових сошників можна віднести недостатнє ущільнення дна борозни і осипання пухкого ґрунту в простір між дисками, що не дозволяє утворювати насінневе ложе.

На пухких і вологих ґрунтах, дискові ножі і дводискові сошники часто не перерізають стерню і соломку, а вдавлюють їх у посівні борозенки, в зв'язку з чим, частина насіння укладається не на дно борозни, а на рослинні залишки, в результаті чого порушується контакт насіння з ґрунтом, що призводить до зниження польової схожості насіння, рідкості сходів і, в кінцевому підсумку, зниження врожайності [18]. Крім того, дискові ножі і сошники таких сівалок погано заглиблюються в ґрунт, особливо при його високій твердості і щільності.

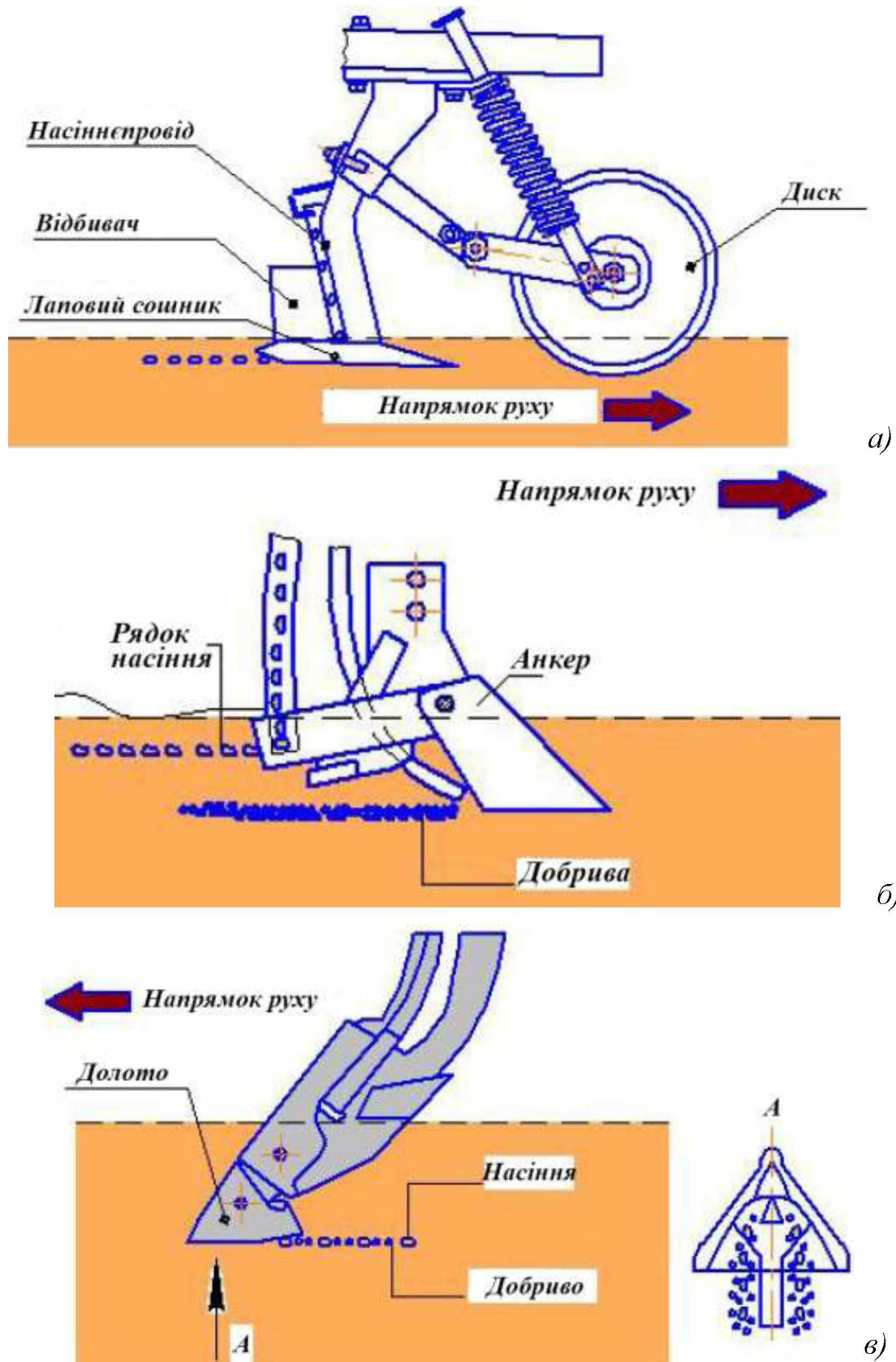
Дискові сошники використовуються в сівалках і посівних комплексах John Deere, Bourgault, Morris Never Pin, Kuhn та ін.

Лапові сошники (рис. 1.2, а) широко застосовуються при мінімальній технології, де проводиться суцільне розпушування ґрунту і формування насінневого ложа. При деякій зміні їх конструкції – зменшенні ширини захвату вони використовуються і для нульової технології (рис. 1.2 б, в).

До переваг лапових сошників можна віднести формування ущільненого насінневого ложа і підрізання бур'янів в зоні обробки. До недоліків можна віднести вивертання вологих шарів ґрунту на поверхню і широку зону деформації сошника. Збільшення зони деформації ґрунту сошниками такого типу зменшує можливості їх використання в технологіях прямого посіву.

З усього різноманіття сівалок з лаповими сошниками для нульового посіву можуть використовуватися тільки посівні комплекси Bourgault, обладнані вузькими лаповими сошниками типу «Stealth» (рис. 1.2, б)

У деяких сівалок для прямого посіву утворення посівних борозен і висів насіння в них здійснюються робочими органами анкерного типу (рис. 1.3), з обробленням та подальшим ущільненням ґрунту прикочуючими котками.



а) комбінований лаповий сошник, б) сошник сівалки Horsh, в) сошник типу «Stealth» сівалок Bourgault

Рисунок 1.2 – Конструктивні схеми лапових сошників:

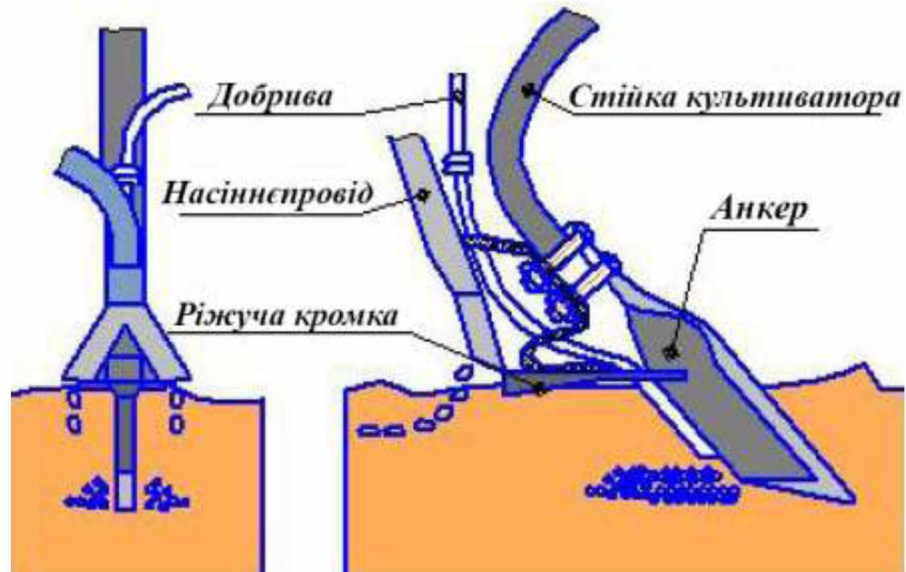


Рисунок 1.3 – Конструктивна схема анкерних сошників

Анкерні сошники інтенсивніше розпушують ґрунт, ніж дискові, що призводить до більш суттєвих втрат ґрунтової вологи при посіві, тому такі сівалки краще для умов з більш високим зволоженням. При наявності великої кількості рослинних залишків анкерні сошники схильні до забивання ґрунтово-рослинною масою, тому для підвищення прохідності на таких сівалках застосовується багаторядна розстановка робочих органів, що супроводжується зростанням габаритів сівалки. Однак для заглиблення анкерних сошників не потрібно настільки значне вертикальне навантаження, як для дискових, тому сівалки такого виду мають більш низьку в 1,5...2 рази питому металоемність, ніж машини з дисковими робочими органами. До переваг анкерних сошників відноситься також формування ущільненого насінневого ложа за вимогами агротехніки.

Аналіз конструкцій сошників, що застосовуються для прямого посіву сільськогосподарських культур дозволяє встановити, що жоден тип сошників повністю не задовольняє агротехнічним вимогам і вимогам щодо формування насінневого ложа. Найбільш бажаними можуть бути комбіновані конструкції сошників, що поєднують в собі переваги кожного типу.

## **Висновки, мета і завдання досліджень**

Проведений аналіз конструкцій і наукових досліджень показав, що існуючі конструкції сошників і пропонувані технічні рішення щодо їх вдосконалення не в повній мірі задовольняють агротехнічним вимогам, що висуваються до посіву. До того ж при обґрунтуванні конструктивних параметрів сошників не враховуються процеси формування насінневого ложа. При нульовій технології посіву зернових культур по необробленому полю необхідно поєднувати за один прохід знаряддя кілька технологічних операцій: розпушування ґрунту, підготовка насінневого ложа, укладання насіння, закриття насіння шаром ґрунту і коткування.

Для обґрунтування параметрів сошника необхідно розробити узагальнені математичні моделі процесів його роботи з урахуванням процесу формування насінневого ложа і фізико-механічних властивостей ґрунту.

На підставі проведеного аналізу стану питання і для досягнення поставленої мети в даній роботі необхідно вирішити наступні завдання досліджень:

1. Обґрунтувати конструктивну схему і параметри комбінованої посівної секції для посіву насіння зернових культур за нульовою технологією.
2. Обґрунтувати процес формування насінневого ложа.
3. Провести лабораторні та лабораторно-польові дослідження комбінованої сівалки і обґрунтувати її конструктивні параметри.
4. Визначити техніко-економічну ефективність застосування рекомендованих розробок.

## РОЗДІЛ 2

## МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

## 2.1. Методика планування багатofактного експерименту

На підставі технічної інформації, були обрані основні рівні факторів і інтервали їх варіювання для експериментів (табл. 2.1).

Таблиця 2.1 – Рівні варіювання факторів

№	Фактор	Розмірність	Кодовані значення	Рівні		Інтервал
				нижній	основний	
1	Швидкість руху	м/с	$X_1$	1,5	2,6	1,1
2	Глибина обробки	м	$X_2$	0,10	0,15	0,05
3	Кут кришення	град.	$X_3$	55	70	15
4	Кут зсуву	град.	$X_4$	20	30	10

Чотирьох-факторний експеримент включає всі комбінації рівнів варіювання факторів.

Розрахунок числа факторів в цьому випадку зроблений по формулі:

$$N_0 = 2^k = 16, \quad (2.1)$$

де  $N_0$  – число дослідів, 2 – число рівнів,  $k$  – число факторів.

У кодованих змінних для чотирьох-факторного експерименту план буде виглядати так (табл. 2.2).

Таблиця 2.2 – Матриця планування

№ дослідів	Фактори			
	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_4$
1	2	3	4	5
1	+	+	+	+
2	–	+	+	+
3	+	–	+	+
4	–	–	+	+
5	+	+	–	+
6	–	+	–	+
7	+	–	–	+
8	–	–	–	+

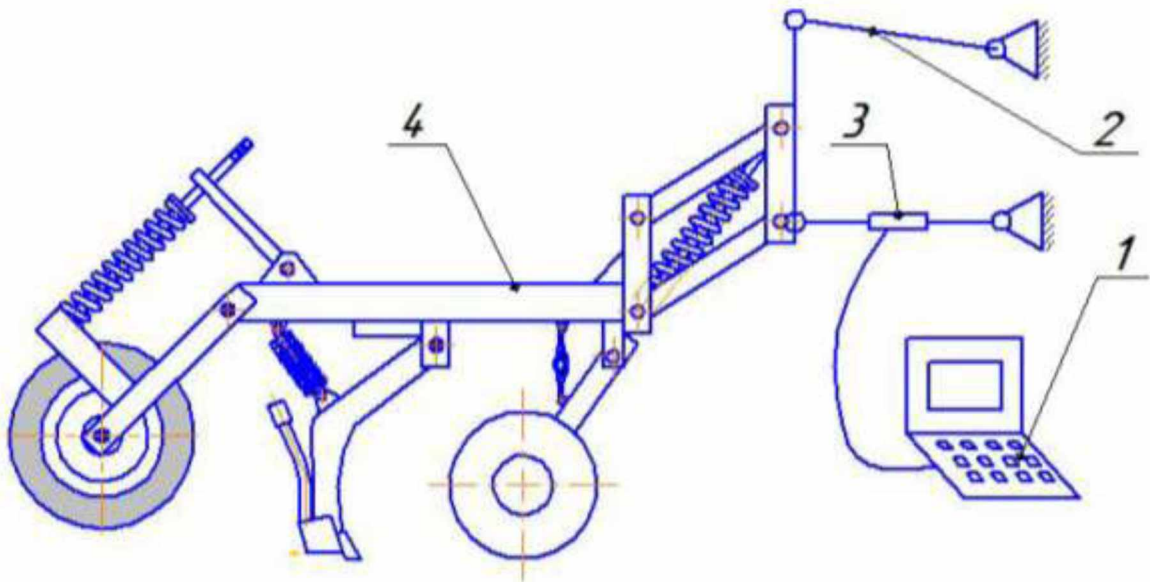
1	2	3	4	5
9	+	+	+	-
10	-	+	+	-
11	+	-	+	-
12	-	-	+	-
13	+	+	-	-
14	-	+	-	-
15	+	-	-	-
16	-	-	-	-

Тут  $X_1$  – швидкість руху, км/год.;  $X_2$  – глибина обробки, м;  $X_3$  – кут кришення, град.;  $X_4$  – кут розвору крил, град.

Вихідним параметром в комп'ютерних експериментах був тяговий опір робочих органів.

## 2.2. Методика проведення лабораторних досліджень

Для попереднього обґрунтування основних конструктивних параметрів була представлена установка посівної секції (рис. 2.1).



1 – аналогово-цифровий перетворювач; 2 – трьохточкова навіска приводного візка ґрунтового каналу; 3 – тензодатчики; 4 – посівна секція

Рисунок 2.1 – Схема експериментальної посівної секції

Експериментальна посівна секція кріпиться через паралелограмний механізм до трьохточкового навісного пристрою приводного візка ґрунтового каналу. В нижніх тягах навісного пристрою встановлені тензоланки, що дозволяють реєструвати зусилля до 3 т.

Для вивчення впливу основних конструктивних параметрів на енергетичні та агротехнічні показники експериментальна посівна секція дозволяла змінювати:

- глибину ходу сошника в ґрунті за рахунок зміни положення диска з ребордами щодо сошника гвинтовим механізмом;
- швидкість руху посівної секції;
- відстань між диском і сошником по ходу руху шляхом переміщення кріплення сошника уздовж рами посівної секції.

У ґрунтовому каналі структура ґрунту сильно змінюється, стає однорідною і її фізико-механічні властивості відрізняються від реальних умов. Однорідність властивостей ґрунту дозволяє проводити фізичне моделювання. У зв'язку з цим було прийнято рішення вивчати на ґрунтовому каналі вплив основних параметрів секції тільки на тяговий опір секції, тобто провести енергетичну оцінку, а агротехнічну оцінку посівної секції провести в польових умовах.

Для проведення лабораторних експериментів в якості вхідних параметрів на основі вивчення апріорної інформації були прийняті наступні фактори:

- швидкість руху посівної секції  $V_{nc}$ ;
- глибина ходу сошника  $a_2$ ;
- відстань між диском і сошником  $l_1$ ;

В якості вихідного параметра було прийнято тяговий опір посівної секції  $R_{nc}$ , Н.

На основі обробки результатів математичного моделювання технологічного процесу були обрані основні керовані чинники та інтервали їх варіювання для лабораторних експериментів (табл. 2.3).

Таблиця 2.3 – Основні чинники і рівні їх варіювання

№	Фактор	Розмірність	Позначення	Рівні		Інтервал
				нижній	основний	
1	Швидкість руху	м/с	$V_{nc}$	1	3,0	0,5
2	Глибина ходу сошника	м	$a_2$	0,08	0,10	0,01
3	Відстань між диском і сошником	мм	$l_1$	570	770	100

Експерименти реалізовувалися за планами однофакторного експерименту шляхом послідовного перебору всіх факторів.

Для реєстрації та обробки експериментальних даних нами використаний вимірювальний комплекс МІС-400D.

Для забезпечення максимальної точності результатів вимірювань було проведено ряд заходів, що дозволяють знизити похибку тензометричних вимірів: багаторазове тарування тензорезисторів тими каналами комплексу МІС-400D, з якими датчики повинні бути скомутовані під час досліду, обов'язкове балансування мостів тензорезисторів перед проведенням дослідів, багаторазове проведення дослідів і т.п.

### 2.3. Методика проведення польових експериментів

На рис. 2.2 показана схема експериментальної установки для дослідження посівної секції в польових умовах. Конструкція експериментальної установки крім параметрів лабораторної установки ґрунтового каналу дозволяє змінювати такі конструктивні і технологічні параметри:

- висоту закриття насіння ґрунтом шляхом зміни положення прикочуючого котка щодо сошника пружинно-гвинтовим механізмом;
- вертикальне зусилля на сошник за рахунок зміни стиснення пружини паралелограмного механізму;
- зусилля на прикочуючий коток за рахунок зміни стиснення пружини.



Рисунок 2.2 – Експериментальна установка для дослідження посівної секції в польових умовах

Таким чином, розроблена установка посівної секції дозволяла досліджувати в польових умовах такі конструктивні і технологічні параметри:

- швидкість руху агрегату посівної секції  $V_{nc}$ , м/с;
- глибина ходу анкерного сошника  $a_2$ , см;
- відстань між диском і анкерним сошником  $l_1$ , мм;
- наявність і відсутність дискового ножа;
- стиснення пружини паралелограмного механізму  $h_{np}$  (мм), що дозволяє змінювати вертикальне зусилля на анкерний сошник;
- стиснення пружини адресного прикочуючого котка  $h_{прк}$  (мм), що дозволяє змінювати вертикальне зусилля на коток.

У польових умовах вивчалися наступні агротехнічні та енергетичні показники:

- тяговий опір посівної секції зі встановленим попереду сошника диском  $R_{nc}$ , Н;
- тяговий опір посівної секції без диска  $R_c$ , Н;

- твердість дна борозни (насінневого ложа) після проходу анкерного сошника  $P_{nl}$ , МПа;
- щільність дна борозни (насінневого ложа) після проходу анкерного сошника  $\rho_{nl}$ , г/см<sup>3</sup>;
- щільність ґрунту після проходу адресного прикочуючого котка  $\rho_{nk}$ , г/см<sup>3</sup>.

Перед проведенням експериментів були визначені характеристики умов випробувань (табл. 2.4).

Таблиця 2.4 – Характеристика умов випробувань ділянки при польових випробуваннях

Тип ґрунту та призначення по механічному складу	Чорнозем типовий карбонатний, середньосуглинистий механічний склад
Рельєф	Рівний
Мікрорельєф	Середньовиражений
Кількість стерні, шт./м <sup>2</sup>	490
Попередник	Яра пшениця
Вологість ґрунту, %	17,1...21,5
Середня вологість ґрунту, %	19,3
Середня твердість ґрунту, МПа	0,64
Щільність ґрунту, г/см <sup>3</sup>	1,4

Тип, механічний склад ґрунту, рельєф і мікрорельєф визначалися по карті поля. Кількість стерні визначалася методом ручного підрахунку кількості стерні в різних випадкових ділянках експериментальної ділянки поля.

## Висновки

1. Розроблено методику проведення лабораторних досліджень з визначення тягового опору експериментальної посівної секції на ґрунтовому каналі. Для лабораторних експериментів в якості основних факторів обрані швидкість руху, глибина обробки, відстань між диском і сошником, а в якості вихідного параметра – тяговий опір.

2. Представлено схему експериментального зразка посівної секції з можливістю зміни конструктивних і технологічних параметрів для обґрунтування їх раціональних параметрів. Розроблено методику проведення лабораторно-польових експериментів. В якості основних факторів для експериментів обрані швидкість руху агрегату, глибина ходу сошника, наявність і відсутність дискового ножа; стиснення пружини сошника, стиснення пружини, а в якості вихідних параметрів – тяговий опір посівної секції, твердість і щільність дна борозни і щільність ґрунту після проходу котка.

## РОЗДІЛ 3

### РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

#### 3.1. Теоретичне обґрунтування конструктивної схеми посівної секції

Згідно із запропонованою технологічною схемою основні робочі органи посівної секції, які взаємодіють з ґрунтом, розташовуються послідовно один за одним. Для якісного виконання технологічного процесу необхідно обґрунтувати конструктивні параметри секції та робочих органів. При цьому необхідно усунути забивання ґрунту і рослинних залишків між робочими органами, забезпечити формування насінневого ложа, рівномірний розподіл насіння по дну борозни, закриття їх вологим ґрунтом та прикочування.

Для усунення забивання ґрунту і рослинних залишків між робочими органами секції зони деформації ґрунту кожного з них не повинні перетинатися один з одним. Деформація в ґрунті під дією робочого органу з кутом кришення  $\alpha$  поширюється під кутом [20].

$$\Theta = \alpha + \varphi, \quad (3.1)$$

де  $\alpha$  – кут установки долота анкерного сошника, град. ;

$\varphi$  – кут внутрішнього тертя ґрунту, град.

Для обґрунтування відстані між робочими органами прийmemo і позначимо наявні параметри згідно з розрахунковою схемою (рис. 3.1).

Відстань між центром турбодиска і носком долота анкерного сошника визначається наступним чином:

$$L_1 = l_1 + l_2, \quad (3.2)$$

де  $l_1$  – відстань між носком долота анкерного сошника і диском, мм;

$l_2$  – відстань від центру диска до зони деформації ґрунту сошником, мм.

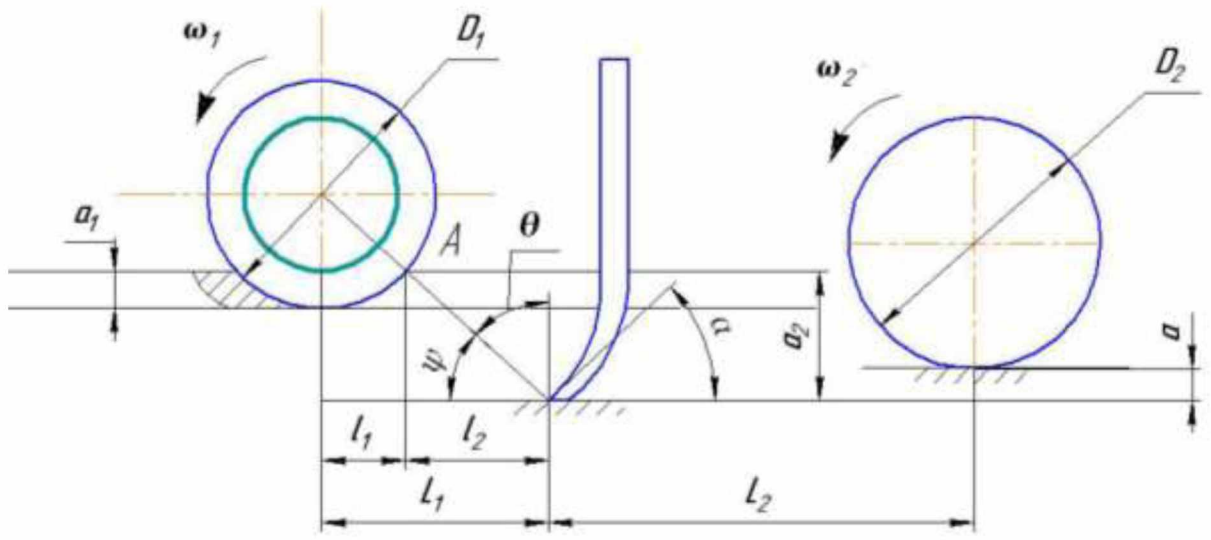


Рисунок 3.1 – Розрахункова схема обґрунтування відстані між робочими органами

Відстань між носком долота анкерного сошника і диском:

$$l_2 = a_2 \cdot \operatorname{tg} \theta, \quad (3.3)$$

де  $a_2$  – глибина ходу анкерного сошника, мм;

$\theta$  – кут поширення деформації в ґрунті (кут поширення випереджає тріщини).

Тоді з урахуванням формули (3.1):

$$l_2 = a_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (3.4)$$

Для зменшення металоємності конструкції необхідно домогтися, щоб лінія розвитку тріщини на поверхні ґрунту (точка А, рис. 3.1) дійшла до леза диска. При такому розташуванні робочих органів дана лінія буде проходити через центр диска. Тоді відстань  $l_1$ , визначиться як половина хорди диска з кутом обхвату  $2\theta$ , тобто:

$$l_1 = R_1 \sin \theta, \quad (3.5)$$

где  $R_1$  – радіус диска, мм.

У відповідності до формули (3.1):

$$l_1 = R_1 \sin(\alpha + \varphi), \quad (3.6)$$

Діаметр диску  $D_1$  вибирається у відповідності заданій глибині обробки по залежності [21]:

$$D_1 = k \cdot a_1, \quad (3.7)$$

де  $k$  – коефіцієнт пропорційності;

$a_1$  – глибина ходу диска, мм;

Тоді відстань:

$$l_1 = \frac{1}{2} k \cdot a_1 \cdot \sin(\alpha + \varphi), \quad (3.8)$$

У відповідності до формул (3.4) та розрахункової схеми (рис. 3.1) відстань між диском та анкерним сошником:

$$L_1 = \frac{1}{2} k \cdot a_1 \cdot \sin(\alpha + \varphi) + a_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi). \quad (3.9)$$

Оптимальна глибина висіву насіння  $a_2 = 8...12$  см. Глибину ходу диска умовно приймемо рівну половині глибини ходу анкерного сошника  $a_1 = 1/2 a_2$ , так як, велика глибина сприятиме збільшенню тягового опору, а менша – недостатньому прорізуванню щілини в ґрунті. Діаметр диска відповідно до формули (3.7) при  $k = 6...8$  [22] повинен бути в межах 240...480 мм. Для прийнятих конструктивних параметрів диска, анкерного сошника і глибини ходу диска і анкерного сошника відстань між робочими органами повинна бути 500...800 мм.

Даний параметр є попереднім і потребує подальшого уточнення в лабораторних і польових умовах, тому що не враховує наявність рослинних і кореневих залишків на поверхні поля і в ґрунті.

### **3.2. Результати теоретичних досліджень по обґрунтуванню параметрів посівної секції**

У даній роботі досліджувалися наступні технологічні параметри посівної секції:

- швидкість руху секції  $V$ , глибина ходу диска  $a_1$  і анкерного сошника  $a_2$ , а також конструктивний параметр сошника – кут постановки долота на дно борозни (кут кришення)  $\alpha$ , тому що на основі апріорної інформації ці фактори були визначені як найбільш значущі.

В експериментах досліджувалася також енергоємність технологічного процесу окремо для кожного робочого органу – диска і сошника.

У табл. 3.1 представлені результати експериментів по визначенню тягового опору диска в залежності від швидкості руху і глибини ходу.

Таблиця 3.1 – Тяговий опір диска

Швидкість руху диска $V$ , м/с	Тяговий опір диска, $R_d$ , Н		
	при глибині ходу, см		
	6	8	10
0,5	9,69	12,58	17,50
1	10,99	13,47	22,47
1,5	12,89	19,74	29,29
2	16,36	23,14	39,06
2,5	27,50	31,65	47,64
Середнє значення $R_{dcp}$	15,49	20,12	31,20
Дисперсія	51,41	60,82	149,901
Середнє квадратичне відхилення	7,17	7,80	12,24

На рис. 3.2 представлені залежності тягового опору диска від швидкості руху при різній глибині ходу в'язкості ґрунтового середовища 100 Па·с, що відповідає вологості 18,1% чорноземного ґрунту середньосуглинистого механічного складу.

У табл. 3.2 представлено тяговий опір анкерного сошника з кутом кришення  $\alpha = 60^\circ$  в залежності від швидкості руху  $V$  і глибини ходу  $a_2$ , а на рис. 3.3 – графічна інтерпретація цих залежностей.

Властивості ґрунтового середовища, як і в попередньому досліді.

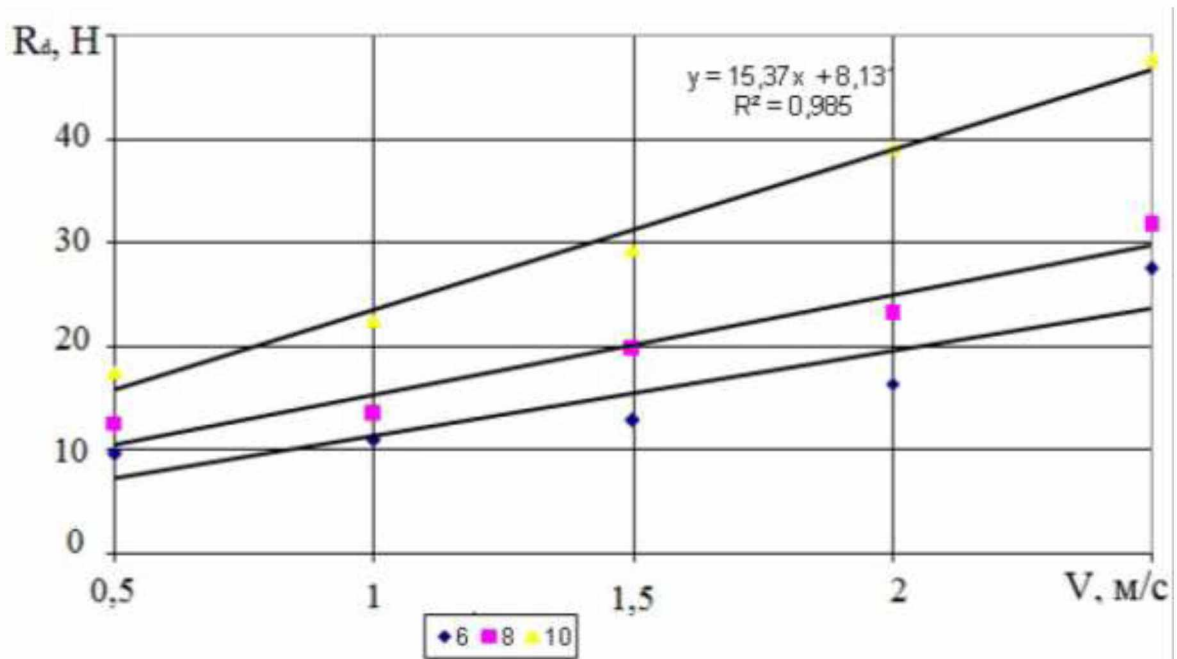


Рисунок 3.2 – Залежності тягового опору диска  $R_d$  від швидкості руху  $V$  при різній глибині ходу  $a_1$

Таблиця 3.2 – Тяговий опір анкерного сошника

Швидкість руху сошника $V$ , м/с	Тяговий опір анкерного сошника, $R_c$ , Н		
	при глибині ходу $a_2$ , см		
	6	8	10
0,5	28,61	38,25	47,25
1	34,15	43,08	49,14
1,5	39,82	45,99	60,2
2	56,08	61,89	84,18
2,5	74,92	85,45	116,3
Середнє значення $R_{ср}$	46,72	54,93	71,41
Дисперсія	354,11	369,62	845,88
Середнє квадратичне відхилення	18,82	19,23	29,08

З отриманих залежностей видно, що зі збільшенням швидкості руху і глибини ходу робочих органів тягові опори, як диска, так і сошника збільшуються. Зі збільшенням глибини обробки залежність від тягового опору від швидкості підвищується. Особливо сильно вплив швидкості на тяговий опір у пасивного робочого органу – сошника.

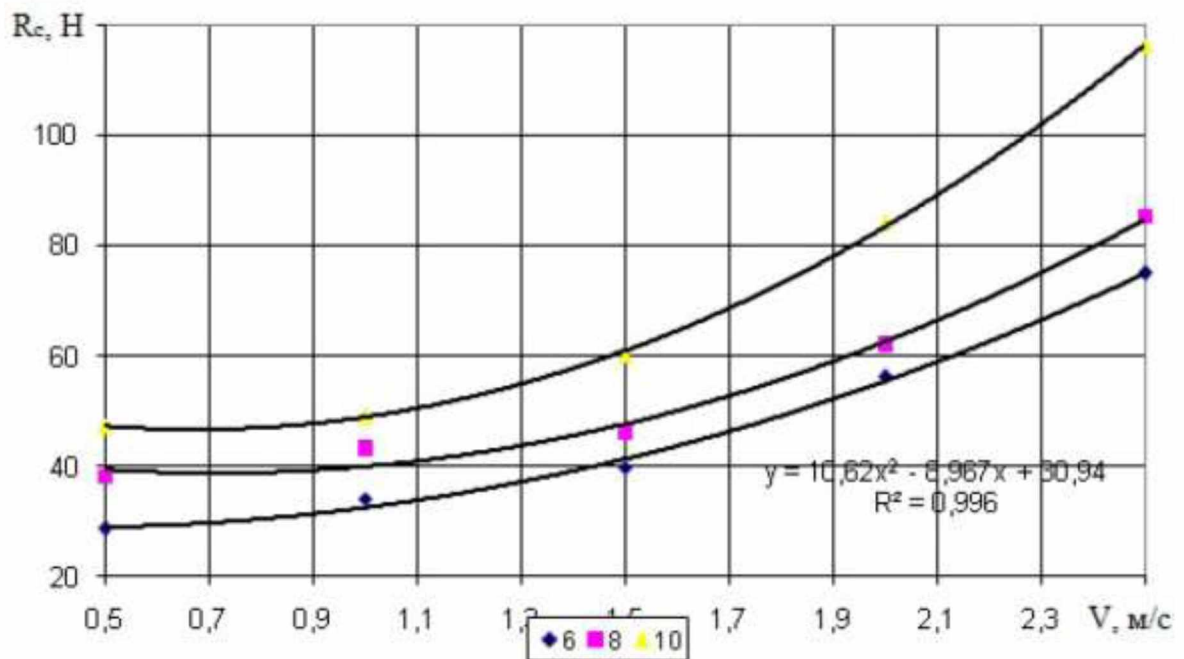


Рисунок 3.3 – Залежність тягового опору анкерного сошника  $R_c$  від швидкості руху  $V$  при різній глибині ходу  $a_2$  (кут кришення  $\alpha = 60^\circ$ )

Так при глибині ходу анкерного сошника середньоквадратичне відхилення результатів при глибині обробки  $a_2 = 6$  см становить 18,82 м/с, а при  $a_2 = 10$  см – 29,08 м/с.

### 3.3. Результати лабораторних досліджень

Дана установка дозволяє змінювати відстань між диском і анкерним сошником.

На ґрунтовому каналі були проведені експерименти по вивченню впливу на тяговий опір секції даного параметра [23].

У табл. 3.3 представлені результати енергетичної оцінки експериментальної посівної секції при поєднанні його конструктивних і технологічних параметрів – швидкості руху  $V$ , глибини ходу сошника  $a_2$  і відстані  $l_1$  від носка долота до диска.

На рисунках 3.4 і 3.5 представлені графіки залежності тягового опору від відстані між робочими органами при різних швидкостях руху і глибині ходу сошника.

Таблиця 3.3 – Результати енергетичної оцінки посівної секції

Швидкість руху $V$ , м/с	Глибина ходу сошника $a_2$ , см	Тяговий опір посівної секції $R$ , Н				
		при відстані $l_1$ від носка долота до диска				
		45	55	65	75	85
0,87	8	280,1	211,3	156,8	154	150,1
1,1		303,2	249,5	177,1	178,5	176,5
1,3		355,6	315,8	190,0	185,6	187,5
2,1		412,5	361,2	235,7	241,5	238,9
2,5		494,8	428,4	325,4	316,5	321,4
0,87	10	429,4	339,7	226,1	220,9	222,6
1,1		470,5	380,5	241,4	243,7	241,5
1,3		515,5	435,7	309,5	313,2	311,5
2,1		566,3	488,5	354,2	349,7	322,6
2,5		598,9	511,4	360,7	357,4	339,8

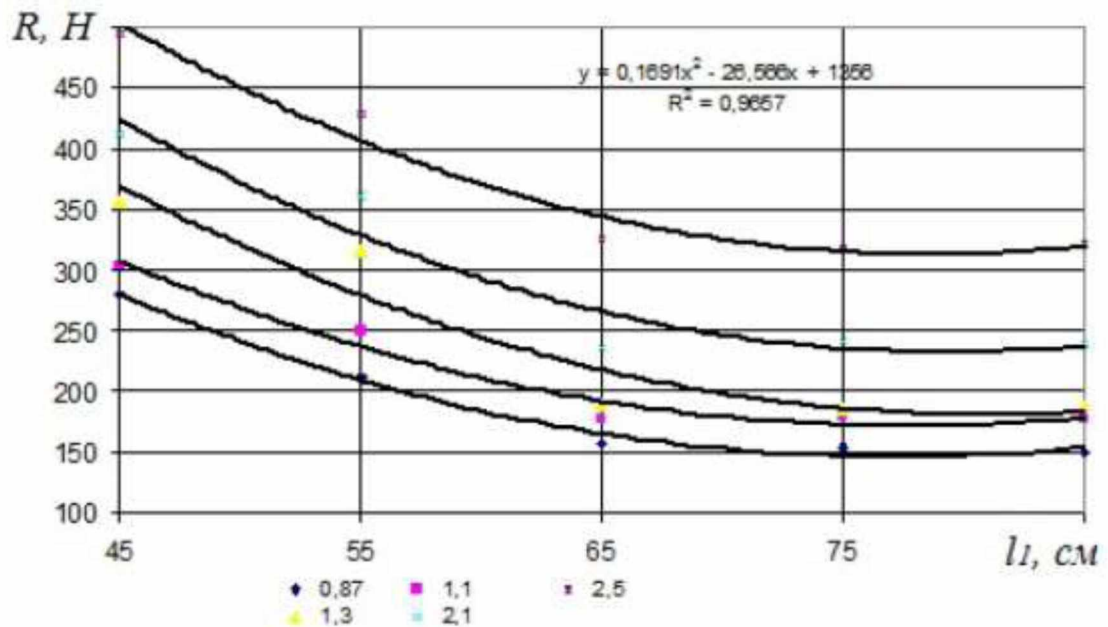


Рисунок 3.4 – Залежність тягового опору  $R$  посівної секції від відстані  $l_1$  між диском і сошником при різних швидкостях руху  $V$  (глибина ходу сошника  $a_2 = 8$  см)

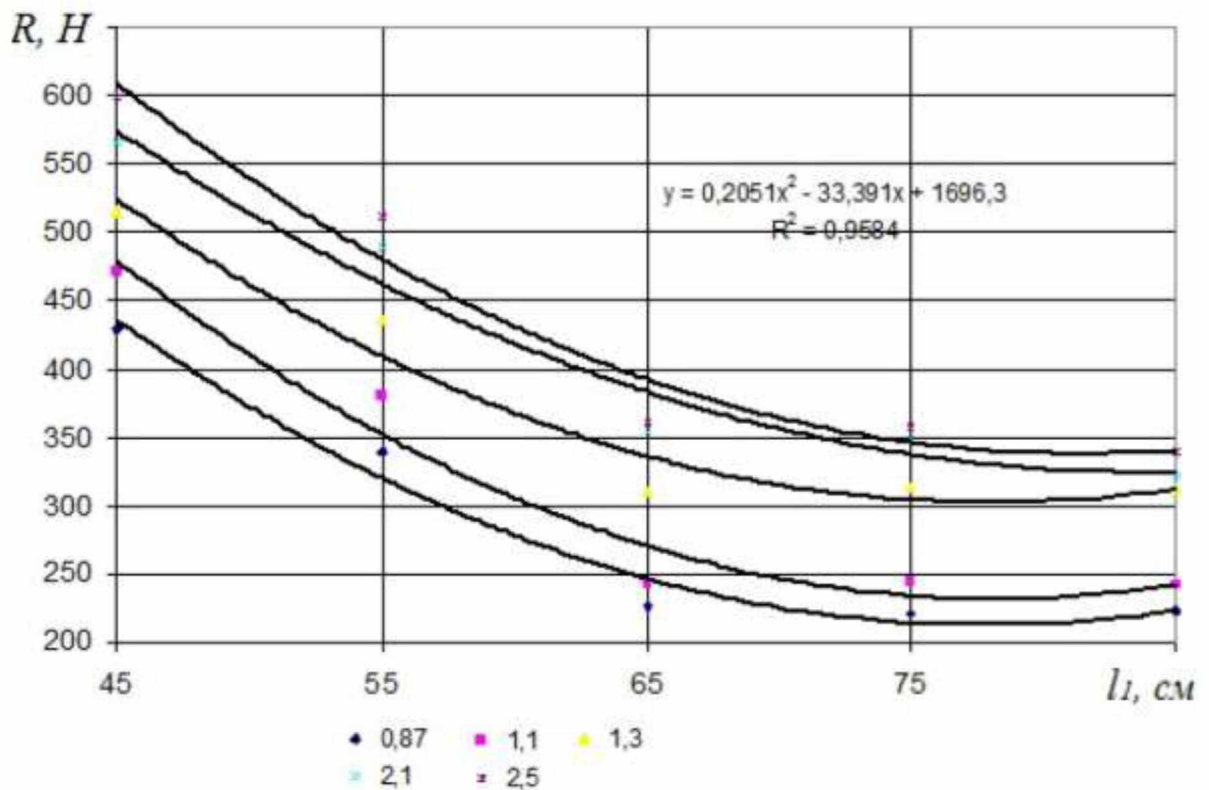


Рисунок 3.5 – Залежність тягового опору  $R$  посівної секції від відстані  $l_1$  між диском і сошником при різних швидкостях руху  $V$  (глибина ходу сошника  $a_2 = 10$  см)

З представлених графіків видно, що тяговий опір посівної секції зі зменшенням відстані між робочими органами збільшується.

Це пояснюється тим, що при зближенні робочих органів зона деформації ґрунту анкерним сошником поширюється до диска і відбувається нагромадження грудок між ними. При збільшенні відстані між робочими органами понад 65 см тяговий опір істотно не змінюється і набуває постійні значення. У зв'язку з цим, найбільш доцільним з точки зору зниження енергоємності процесу є відстань між диском і анкерним сошником  $l_1 = 65$  см. Подальше збільшення відстані не доцільно, так як буде збільшуватися металоємність конструкції, що в свою чергу призведе до збільшення тягового опору.

### 3.4. Результати лабораторно-польових експериментів

Нами були проведені спеціальні експерименти в лабораторно-польових умовах при роботі посівної секції з диском і без диска при різній глибині ходу анкерного сошника і швидкості руху агрегату. Результати експериментів представлені в табл. 3.4.

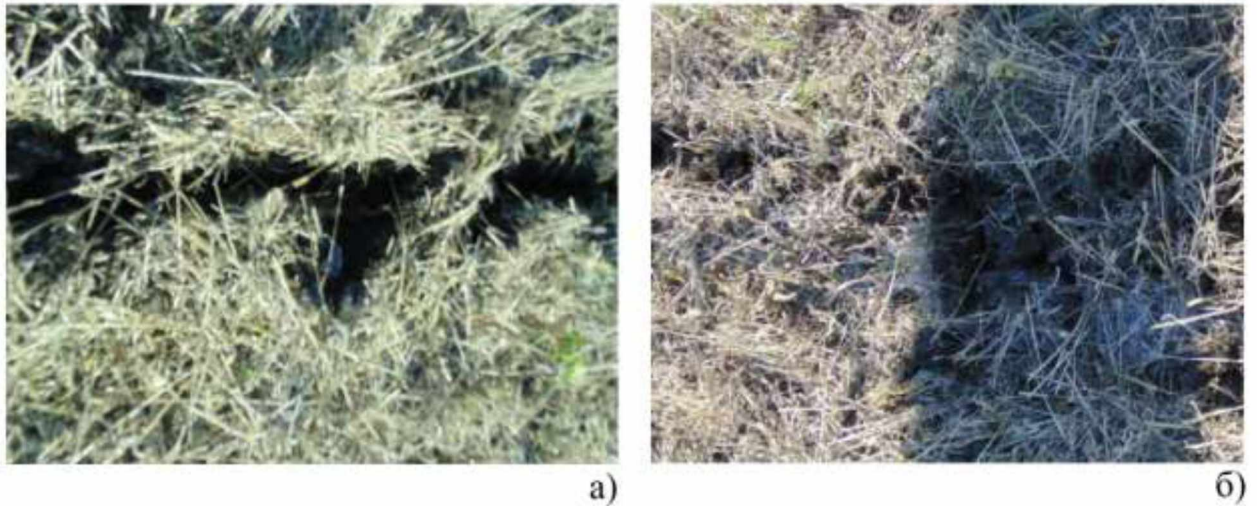
Таблиця 3.4 – Тяговий опір посівної секції в залежності від швидкості руху

Швидкість руху $V$ , м/с	Тяговий опір секції $R$ , Н				Різниця опору, %	
	Глибина ходу сошника $a_1 = 8$ см		Глибина ходу сошника $a_1 = 10$ см			
	без диска	з диском	без диска	з диском	$a_1 = 8$ см	$a_1 = 10$ см
0,5	493,2	482,2	501,9	490,0	2,02	2,4
1,2	561,8	492,2	590,9	503,8	12,3	14,9
1,5	599,2	499,3	632,11	519,37	16,4	17,8
2,2	690,1	513,9	703,8	547,63	25,5	22,2
2,5	763,2	553,6	780,9	604,1	27,5	22,7
Середнє значення	621,5	508,4	641,9	532,9	16,74	16,0

Результати показують, що при установці диска тяговий опір посівної секції знижується незалежно від глибини ходу сошника. Причому, зі збільшенням швидкості руху процентне співвідношення зниження тягового опору збільшується. На швидкості 0,5 м/с при використанні диска тяговий опір посівної секції нижче, ніж без диска на 2,02...2,4%, а на при збільшенні швидкості до 2,5 м/с на 22,7...27,5 %.

Зниження загального тягового опору секції при використанні диска пояснюється тим, що диск, встановлений попереду анкерного сошника, попередньо розрізає і кришить смугу ґрунту. При цьому частина опору сил тертя ковзання ґрунту об робочу поверхню перерозподіляється в тертя кочення диска. Анкерний сошник, при цьому, рухається вже по утвореній в ґрунті щілині, що, в свою чергу, значно знижує обсяг ґрунту, що піддається

стисненню, відповідно і тяговий опір анкерного сошника та секції в цілому. Про зниження обсягу деформованого ґрунту при використанні диска свідчать фотографії профілю поверхні поля після проходу знарядь (рис. 3.6).



а) без диска; б) з диском

Рисунок 3.6 – Профіль поверхні поля після проходу посівної секції

В експериментах вивчався вплив на процес формування насінневого ложа основних конструктивно-технологічних параметрів посівної секції – швидкості руху агрегату  $V$ , м/с, глибини посіву (глибина ходу анкерного сошника)  $a$ , см.

У табл. 3.5 представлені результати обробки вимірювань твердості ґрунту після проходу анкерного сошника при різних швидкостях руху і глибині ходу анкерного сошника.

Таблиця 3.5 – Твердість дна борозни (насінневого ложа) після проходу анкерного сошника, МПа

Глибина ходу сошника $a_1$ , см	Твердість дна борозни $P$ , МПа					Середнє значення $P_{cp}$ , МПа
	при швидкості руху $V$ , м/с					
	0,5	1,2	1,5	2,2	2,5	
6	0,55	0,49	0,47	0,46	0,46	0,49
8	0,61	0,58	0,57	0,56	0,53	0,57
10	0,69	0,66	0,61	0,61	0,6	0,63

На рис. 3.7 представлена графічна залежність тягового опору від швидкості руху посівної секції при різній глибині ходу сошника.

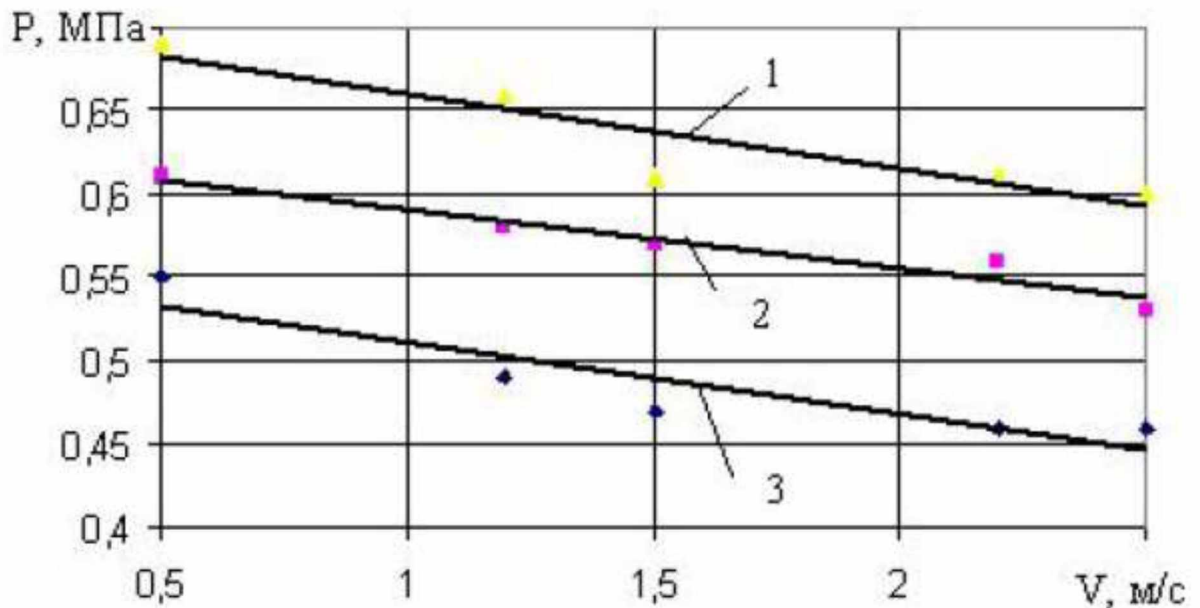


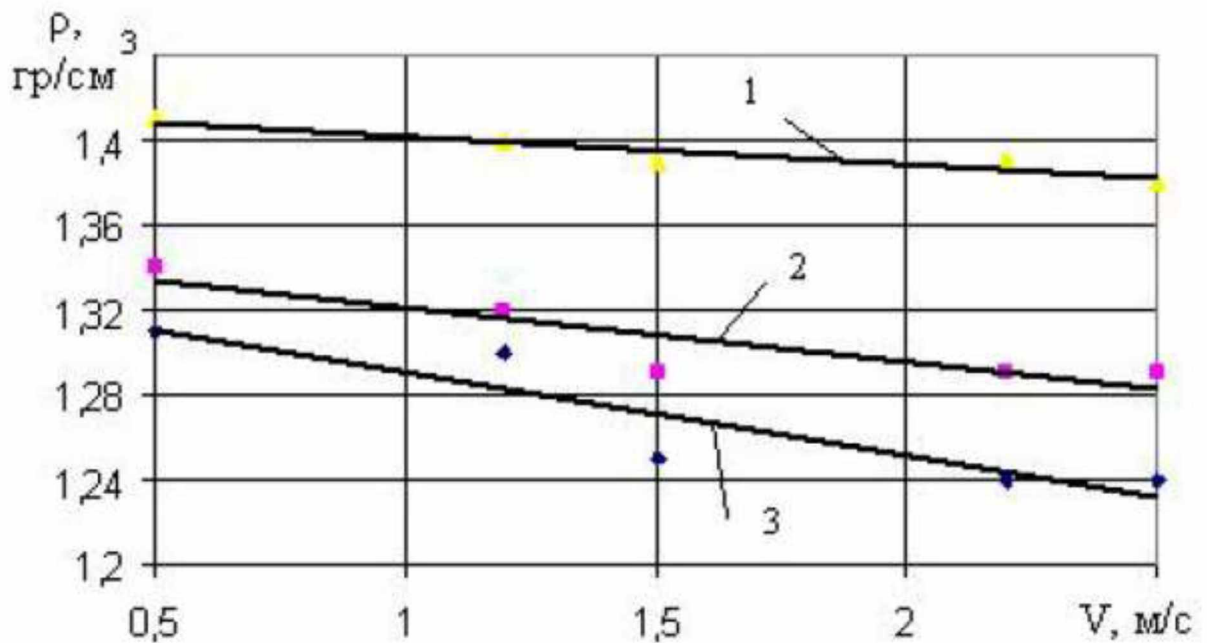
Рисунок 3.7 – Залежність твердості дна борозни (насінневого ложа) від швидкості

З графіка залежності видно, що зі збільшенням швидкості агрегату  $V$  твердість ґрунту на дні борозни знижується, а зі збільшенням глибини ходу  $a_1$  сошника – зростає.

На рис. 3.8 представлена графічна залежність щільності ґрунту дна борозни в залежності від швидкості руху при різній глибині ходу сошника.

З графіка залежності видно, що зі збільшенням швидкості щільність насінневого ложа знижується, а зі збільшенням глибини ходу сошника – збільшується.

Відповідно до агрономічних вимог щільність насінневого ложа повинна бути 1,1...1,55 г/см<sup>3</sup>. Щільність ґрунту насінневого ложа після проходу розробленої конструкції зміниться в межах 1,2...1,41 г/см<sup>3</sup>, що відповідає вимогам. Конструкція адресного прикочуючого котка забезпечує необхідну щільність ґрунту над насінням в межах 0,95...1,1 г/см<sup>3</sup> при робочих швидкостях руху агрегату вище 5,4 км/год.



при глибині посіву 6 см – 1; 8 см – 2; 10 см – 3

Рисунок 3.8 – Залежність щільності дна борозни (насінневого ложа)  $\rho$  після проходу анкерного сошника від швидкості руху  $V$

### Висновки

1. Результати показують, що тяговий опір анкерного сошника в 2...3 рази вище диска. При куті постановки долота на дно борозни 58...62° анкерний сошник має мінімальне тягове опір посівної секції у всьому діапазоні вологості ґрунтового середовища і швидкості руху. Анкерний сошник дозволяє формувати ущільнене насінневе ложе, щільність ґрунту при цьому на 5-10% більше щільності ґрунту до обробки.

2. На основі експериментів встановлено відстань між анкерним сошником і диском  $l_2 = 65$  см, при якому тяговий опір посівної секції мінімальний.

3. Наявність диска перед анкерним сошником знижує тяговий опір посівної секції до 27,5% і підвищує рівномірність ходу сошника на 25%. Розроблена конструкція посівної секції дозволяє забезпечувати формування посівного ложа щільністю ґрунту дна борозни 1,2...1,41 г/см<sup>3</sup> і щільністю ґрунту над насінням в межах 0,95...1,1 г/см<sup>3</sup>, що відповідає поставленим

вимогам. У всьому діапазоні робочих швидкостей при роботі з диском рівномірність ходу сошника складає 8...11%, що відповідає агротехнічним вимогам. Найбільш рівномірний хід сошника по глибині спостерігається при роботі з диском на швидкостях руху 1,5...2 м/с.

## РОЗДІЛ 4

### РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

#### 4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий плив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища» Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;

- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворюючих функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколого-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці перед-проектних, проектних та інших матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;

– державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво [31].

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

## **4.2. Охорона праці**

Охорона праці в нашій країні охоплює заходи по подальшому полегшенні умов праці на основі механізації важких і шкідливих виробничих процесів, широкому впровадженню сучасних засобів охорони праці, усуненню причин, що породжують травматизм і професійні захворювання робітників. Вона тісно пов'язана з умовами праці.

Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях в умовах сільського виробництва – важливе завдання, вирішення якого забезпечить нормальні умови праці працівниками сільського господарства. Це заходи по подальшому поліпшенню і оздоровленню умов праці, широкому впровадженню сучасних засобів безпеки, усуненню причин, що породжують травматизм, створенню на виробництві необхідних гігієнічних і санітарно-побутових умов.

Кожна людина і, безперечно, людина з вищою освітою повинна усвідомлювати важливість питань уникнення ризиків у житті та праці.

Україна в освітньому плані приєдналася до Європейської програми навчання з ризиків FORM-OSE [32]. Безпека життя та праці сьогодні формується як меганаука, без якої людство приречене на значні втрати.

Умови праці – це складне об'єктивне суспільне явище, що формується в процесі трудової діяльності під впливом взаємопов'язаних факторів соціально-економічного характеру, які впливають на здоров'я, працездатність людини, на її відношення до праці та ступінь задоволення від неї, на ефективність праці та інші економічні результати виробництва. Вони характеризуються оціночними показниками мікроклімату, наявністю в робочій зоні шкідливих та небезпечних виробничих факторів, психофізичним та естетичними елементами діяльності працівників господарства.

Охорона життя та здоров'я громадян у процесі їх трудової діяльності, створення безпечних та нешкідливих умов праці є одним з найважливіших державних завдань. Успішне вирішення цього завдання значною мірою залежить від належної підготовки фахівців усіх освітньо-кваліфікаційних рівнів з питань охорони праці.

З часу виникнення людської цивілізації кожна людина дбала про власну безпеку та безпеку своїх близьких так само, як і людству доводилось дбати про безпеку свого існування. Людська цивілізація досягає все більшої могутності, а проблема безпеки її існування стає все більш гострою. Актуальність проблеми охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях в світі значно зросла на початку третього тисячоліття. Сьогодні ця проблема стала пріоритетною для світової цивілізації.

При нанесенні покриттів на робочі поверхні робітник має справу з різноманітними пристроями та обладнанням.

Основними технічними засобами охорони праці в цьому випадку є захисні пристрої.

Для запобігання захоплення, удару робочими механізмами всі види передач різних верстатів і установок, які використовуються при відновленні

гільз і нанесенні покриттів повинні мати огорожувальні пристрої - кожухи, щити, екрани, козирки, планки, бар'єри (суцільні та сітчасті).

Крім того застосовують: блокувальні пристрої (механічні, електронні, електричні, пневматичні, гідравлічні), пристрої, до яких відносяться системи захисту від ураження електричним струмом, пристрої сигналізації.

Для безпеки експлуатації при нормальному режимі роботи електроустановок необхідно забезпечити захисне заземлення.

При виявленні нагріву третьових деталей, появі гару або диму верстат потрібно негайно зупинити і приступити до гасіння пожежі наявними засобами, викликати пожежну команду. Двигун, що загорівся, або електропроводку необхідно гасити сухим піском або вогнегасником (вуглекислотним або порошковим). При значному поширенні пожежі, коли його не можна ліквідувати наявними на ділянці засобами, робітники будуть евакуюватися через заздалегідь передбачену необхідну кількість дверей.

Запропоновано пристосування для нанесення покриттів на поверхні зношених деталей. Характерною особливістю є використання різноманітних хімічних речовин.

Робота з такими речовинами створює небезпеку отруєнь, опіків та професійних захворювань. Вдихання шкідливих речовин призводить до ураження верхніх дихальних шляхів і загальнотоксичного впливу. Попадання кислот і лугів на шкіру може викликати подразнення або опік. Тому необхідно працювати в спеціальній захисній формі.

Поряд з хімічними небезпечними і шкідливими факторами технологічний процес характеризується і фізичними факторами: шумом, вібрацією, запиленістю та ін.

Щоб захистити працюючих від запиленості, шуму і вібрації потрібно встановити в приміщенні вентиляцію, кондиціонери, звукоізолюючі кожухи, екрани, стіни, перетинки, які виготовляють із щільного матеріалу.

Також для працівників повинні проводитись всі потрібні інструктажі і навчання з охорони праці, повинен бути журнал з проведення інструктажів, з відповідними замітками.

### **Висновки щодо підвищення стану охорони праці**

У розділі охорони праці дипломного проекту представлений аналіз загальних питань охорони праці, розглянуто основні шкідливі фактори, що виникають в під час технологічного процесу та їх вплив на організм людини, запропоновано заходи для забезпечення нормальних умов праці:

- 1) для забезпечення безпеки обладнання запропоновані захисні і огорожувальні пристрої;
- 2) для виключення ураження електричним струмом необхідно застосування заземлюючих пристроїв;
- 3) для захисту від небезпечних хімічних речовин – використання спеціального захисного одягу;
- 4) для зменшення запиленості – використання вентиляції, для зменшення шуму і вібрацій – звукоізолюючі засоби;

### **4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок**

Аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень свідчить про те, що використання розробленої експериментальної сівалки при посіві зернових з рекомендованими конструктивними параметрами і рекомендованими режимами роботи дозволяє підвищити якість посіву.

За основу порівняння були результати агротехнічної оцінки за якісними показниками роботи і вимірі зростання врожайності зернових культур з досліджень вчених. Економічні розрахунки були виконані згідно з наявними методиками розрахунку [28].

Для удосконаленої сівалки СТС-2 розрахуємо витрати на виготовлення, придбання необхідних деталей і виробів та експлуатаційні витрати на посів.

Визначаємо експлуатаційні витрати на одиницю роботи за цінами 2018 року:

$$Z_e = Z + A + P + G, \quad (4.1)$$

де  $Z$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн.;

$A$  – амортизаційні відрахування машини, грн.;

$P$  – витрати ремонтних робіт, грн./га;

$G$  – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн.

Визначаємо витрати за доданком експлуатаційних витрат.

Заробітна плата розраховується за формулою:

$$Z = \frac{K_D \cdot T_C}{W_{\text{ч}} \cdot T_{\text{СМ}}}, \quad (4.2)$$

де  $K_D$  – коефіцієнт додаткової оплати,  $K_D = 1,03$ ;

$T_C$  – тарифна ставка по середньому розряду,  $T_C = 55,9$  грн./год.;

$W_{\text{ч}}$  – годинна продуктивність машини, га / год,  $W_{\text{ч}} = 12,2$  га/год;

$T_{\text{СМ}}$  – коефіцієнт використаного часу зміни,  $T_{\text{СМ}} = 0,85$ .

Заробітна плата на пропонованому агрегаті МТЗ-80 + СТС-2:

$$Z_{\text{ум}} = \frac{1,03 \cdot 55,9}{12,2 \cdot 0,85} = 5,6 \text{ грн / га.}$$

Балансова вартість СТС-2 (2004 року випуску)  $B_c = 310000$  грн.

Вартість капітальних вкладень в проповану машину СТС-2:

$$B_{\text{ум}} = C_{\text{од}} + C_{\text{нд}} + C_{\text{сб}} + C_{\text{он}}, \quad (4.3)$$

де  $C_{\text{од}}$  – вартість виготовлення оригінальних деталей (рами посівних секцій, чистики, елементи паралелограмного пружинного механізмів і т.д.), грн.;

$C_{\text{нд}}$  – вартість покупних деталей, виробів за прејскурантом, грн.;

$C_{\text{сб}}$  – заробітна плата робітників зайнятих на складанні, грн.;

$C_{\text{он}}$  – загальновиробничі накладні витрати на реконструкцію, грн.

Вартість виготовлення оригінальних деталей визначаємо з виразу:

$$C_{od} = C_{np.n} + C_M, \quad (4.4)$$

де  $C_{np.n}$  – заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн.;

$C_M$  – вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей, грн.

Повна заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей розраховується за формулою:

$$C_{np.n} = C_{np} + C_d + C_{соц}, \quad (4.5)$$

де  $C_{np}$  – заробітна плата робітників, зайнятих на виготовленні оригінальних деталей, грн.;

$C_d$  – додаткова заробітна плата, грн.;

$C_{соц}$  – нарахування по соціальному страхуванню, грн.

Заробітна плата робітників зайнятих на виготовленні оригінальних деталей визначається за формулою:

$$C_{np} = t_1 \cdot C_{ч} \cdot K_t \cdot n, \quad (4.6)$$

де  $t_1$  – середня трудомісткість на виготовлення окремих оригінальних виробів, чол. годину,  $t_1 = 3,5$  люд.·год.;

Сюди входять роботи з виготовлення рам, роботи по виготовленню елементів паралелограмної підвіски і пружинного механізму, адресного прикочуючого котка та токарні роботи.

$C_{ч} = 55,9$  грн. – годинна ставка робітників по середньому розряду, грн.;

$K_t$  – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату до основної заробітної плати,  $K_t = 1,20$ ;

$n$  – кількість деталей, шт.,  $n = 279$ .

$$C_{np} = 3,5 \cdot 55,9 \cdot 1,2 \cdot 279 = 65500,4 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{д1} = (5...12) \cdot C_{np.n} / 100, \quad (4.7)$$

$$C_{д1} = 10 \cdot 65500,4 / 100 = 6550,04 \text{ грн.,}$$

Звідси повна заробітна плата на виготовлення одиниці деталі складе:

$$C_{np} = 65500,4 + 6550,04 + 965,48 = 73015,92 \text{ грн.}$$

Вартість матеріалу заготовок для виготовлення оригінальних деталей:

$$C_M = 36,5 \cdot 540 = 19710 \text{ грн.}$$

$$C_{од} = 73015,92 + 19710 = 92725,92 \text{ грн.}$$

Ціни покупних виробів і деталей (кріплення, підшипники, анкерні сошники, пружин і. т.д.) за прейскурантом за 2018 р становлять  $C_{ПД} = 26640$  грн.

Ціни покупних виробів і деталей (кріплення, підшипники, анкерні сошники, пружин і. Т.д.) за прейскурантом за 2018 р становлять СПД = 26640 грн.

Заробітну плату робочих, зайнятих на складанні конструкції розраховуємо по формулі:

$$C_{СБП} = C_{сб} + C_{дсб} + C_{соц}, \quad (4.8)$$

$$C_{СБ} = t_{СБ} \cdot C_{ч} \cdot k_t, \quad (4.9)$$

де  $t_{сб}$  – нормативна трудомісткість на складання конструкції, люд.-год.;

$$t_{СБ} = K_C \cdot \sum t_{сб}, \quad (4.9)$$

де  $K_C$  – коефіцієнт, що враховує співвідношення між повним і оперативним часом збирання, приймаємо  $K_C = 1,08$ ;

$t_{СБ}$  – трудомісткість складання складових частин конструкції, люд.-год.

Сюди входять роботи по збірці посівних секцій, а також монтаж посівних секцій на загальну раму двосівалкового агрегату. Приймаємо  $t_{СБ} = 24$  люд.-год.

$$t_{СБ} = 1,08 \cdot 24 = 25,92 \text{ люд.} - \text{год.},$$

$$C_{СБ} = 25,92 \cdot 55,9 \cdot 1,20 = 1738,7 \text{ грн.}$$

Додаткова заробітна плата:

$$C_{Д.СБ} = (5...12) \cdot C_{СБ} / 100, \quad (4.10)$$

$$C_{Д.СБ} = 10 \cdot 1738,7 / 100 = 173,9 \text{ грн.}$$

$$C_{ОП} = 74954,14 \cdot 65 / 100 = 48720,19 \text{ грн.}$$

Тоді вартість пропонованої конструкції сівалки з урахуванням вартості рами існуючої конструкції  $C_p = 310000$  грн. складе:

$$B_{yc} = 92725,92 + 26640 + 48720,19 + 310000 = 478086,11 \text{ грн.}$$

Амортизаційні відрахування на одиницю оброблюваної площі

$$A = \frac{B \cdot H}{100 \cdot T_{CP}}, \quad (4.11)$$

де  $H = 12\%$  – загальна норма відрахувань;

$T_{CP}$  – річна середня напрацювання машини.

Річне напрацювання двосівалкового агрегату складе 300...350 га, приймаємо  $T_{CP} = 325$  га.

Для пропонованого агрегату:

$$A = \frac{478086,11 \cdot 12}{100 \cdot 325} = 176,52 \text{ грн.}$$

Визначаємо витрати на ремонтні роботи. Загальна норма відрахувань  $H = 18\%$ .

$$P = \frac{478086,11 \cdot 18}{100 \cdot 325} = 264,78 \text{ грн.}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів:

$$G = K \cdot G_T, \quad (4.12)$$

де  $K$  – витрата палива на одиницю роботи,  $K = 4,3$  кг / га;

$G_T$  – комплексна вартість, приймаємо  $G_T = 26,2$  грн. / кг.

$$G = 4,3 \cdot 26,2 = 112,66 \text{ грн./га.}$$

Експлуатаційні витрати при використанні на посіві:

$$З = 176,52 + 112,66 = 289,18 \text{ грн./га.}$$

Для розрахунку економічного ефекту від використання на посіві двосівалкового агрегату приймаємо річне напрацювання  $S = 325$  га.

Капіталовкладення на удосконалення двосівалкового агрегату становить:

$$K = B_{ydoc} - B; \quad (4.13)$$

$$K = 478086,11 - 310000 = 168086,11 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від впровадження удосконаленої сівалки розраховуємо виходячи від прибавки врожаю. Надбавка врожаю складе 0,3...0,72 ц / га. При готовому напрацюванні 325 га річний економічний ефект складе:

$$E = S \cdot P_{BP} \cdot C, \quad (4.14)$$

де  $S$  – річна напрацювання,  $S = 325$  га;

$P_{BP}$  – надбавка врожаю,  $P_{BP} = 0,04$  т / га;

$C$  – вартість 1 т зерна,  $C = 12000$  грн./т.

Тоді річний економічний ефект на одну сівалку складе:

$$E = 325 \cdot 0,04 \cdot 12000 = 156000 \text{ грн.}$$

Термін окупності капіталовкладень складе:

$$O = \frac{K}{E}, \quad (4.15)$$

$$O = \frac{168086,11}{156000} = 1 \text{ рік.}$$

Таким чином, термін окупності капіталовкладень по удосконаленню сівалки складе 1 рік.

## Висновки

1. Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонована технологія нульового обробітку ґрунту при сівбі із застосуванням сівалки з прикочуючим котком є безпечною для навколишнього середовища.

2. Виконано аналіз умов виникнення і розвитку травм і аварій, для їх усунення запропоновані наступні заходи: встановлення захисних щитків, блокуючих приладів, заземлення при роботі з металообробними верстатами, використання спецодягу для приготування технологічних розчинів, проведення регулярних інструктажів з техніки безпеки.

3. Річний економічний ефект від впровадження удосконаленої сівалки розраховано виходячи від прибавки врожаю на 0,3...0,72 ц/га. При готовому напрацюванні 325 га річний економічний ефект складе 156 тис. грн. Термін окупності капіталовкладень по удосконаленню сівалки складе 1 рік.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено конструктивну схему секції для посіву насіння зернових культур за нульовою технологією, що складається з диска, анкерного сошника та адресного прикочуючого котка, що дозволяє закладати насіння в нижні вологі шари ґрунту, закривати їх шаром ґрунту необхідної товщини і прикочувати.

2. Отримані теоретичні залежності дозволили обґрунтувати основні конструктивні та технологічні параметри посівної секції – глибина ходу дискового ножа 4 ... 6 см, глибина ходу анкерного сошника 8 ... 12 см, діаметр дискового ножа 240 ... 480 мм, відстань між дисковим ножом і сошником 500 ... 800 мм, діаметр прикочуючого котка 450 мм, ширина обідка катка 25 мм.

3. Встановлено, що мінімальний тяговий опір посівної секції виникає при куті постановки долота на дно борозни  $58 \dots 62^\circ$ , при таких параметрах сошник дозволяє формувати дно борозни щільністю ґрунту на 5 ... 10% більше ніж до обробки.

4. Розроблена конструкція посівної секції дозволяє забезпечувати формування насінневого ложа щільністю ґрунту дна борозни  $1,2 \dots 1,41 \text{ г/см}^3$  і щільністю ґрунту над насінням в межах  $0,95 \dots 1,1 \text{ г/см}^3$ , що відповідає поставленим вимогам.