

**ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін**

## **КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

НА ТЕМУ:

**«ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЗНОШУВАННЯ І НАРОБІТКУ НА  
ВІДМОВУ ЗМІЦНЕНИХ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ  
СІВАЛОК»**

**Виконав:**

здобувач освітнього ступеня «Магістр»  
освітньо-професійної програми  
«Агроінженерія» спеціальності 208  
«Агроінженерія» денної форми навчання  
**СЛОБОДЯН Дмитро Юрійович**

**Керівник:**

канд. техн. наук, доцент  
**ДЕВІН Владлен В'ячеславович**

**Оцінка захисту:**

Національна шкала \_\_\_\_\_

Кількість балів \_\_\_\_\_

Шкала ECTS \_\_\_\_\_

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

**Допускається до захисту:**

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Гарант освітньо-професійної програми «Агроінженерія»  
спеціальності 208 «Агроінженерія», канд. техн. наук, доцент

\_\_\_\_\_

**ДУГАНЕЦЬ Василь Іванович**

м. Кам'янець-Подільський, 2025

## ЗМІСТ

	Стор
Завдання на виконання кваліфікаційної роботи.....	4
Анотація.....	5
Реферат.....	6
Перелік умовних скорочень, термінів, символів, позначень.....	7
ВСТУП.....	8
1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК.....	11
1.1 Агротехнічні особливості застосування посіву по мінімальному обробітку ґрунту.....	11
1.2 Аналіз конструкцій сошників для посіву по мінімальному обробітку...	18
1.3 Умови експлуатації сошників сівалок, які працюють по необробленому ґрунті.....	26
Висновки і завдання досліджень.....	29
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ І ЗНОШУВАННЯ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ.....	30
2.1 Дослідження зусиль, які діють на робочу частину наральникових сошників.....	30
2.2 Визначення тягового опору наральникового сошника.....	38
2.3 Вплив зміни параметрів при зношуванні сошника на стабільність його ходу по глибині.....	40
2.4 Обґрунтування параметрів зміцнення наральникових сошників.....	43
Висновки до другого розділу.....	48
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	49
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	49
3.2 Методика визначення параметрів зношування наральникових сошників.....	50
3.3 Методика досліджень причин пошкоджень та втрати роботоздатності наральникових сошників.....	54

3.4	Методика енергетичної оцінки ефективності роботи сошників.....	56
	Висновки до третього розділу.....	58
4	ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ І РОБОТОЗДАТНОСТІ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК .....	59
4.1	Порівняльні дослідження динаміки зношування серійних та зміцнених сошників.....	59
4.2	Визначення граничного зношування та довговічності сошників.....	63
4.3	Енергетичні дослідження роботи сошників.....	71
	Висновки до четвертого розділу.....	73
5	ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ...	74
5.1	Заходи по створенню безпечних і нешкідливих умов праці.....	74
5.2	Оцінка безпеки робочих місць на дільниці.....	74
5.3	Вимоги пожежної безпеки на дільниці.....	77
5.4	Захист навколишнього середовища.....	77
	Висновки до п'ятого розділу.....	79
6	РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ СОШНИКІВ.....	80
	Висновки до шостого розділу.....	85
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ.....	86
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	88

ЗАКЛАД ВИЩОЇ ОСВІТИ «ПОДІЛЬСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ»  
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ  
Кафедра технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін  
Освітній ступінь «Магістр»  
Спеціальність 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри,  
доцент \_\_\_\_\_ Василь ДУГАНЕЦЬ  
«\_\_\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р

**ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

Здобувачу СЛОБОДЯНУ Дмитру Юрійовичу

1. Тема роботи: «Обґрунтування параметрів зношування і наробітку на відмову зміщених наральникових сошників зернових сівалок»

2. Керівник роботи: ДЕВІН Владлен В'ячеславович, доцент

Затверджено наказом по закладу вищої освіти «Подільський державний університет» від «04» квітня 2025 року, № 355с

Строк подання здобувачем закінченої роботи «24» листопада 2025 р.

3. Вихідні дані до роботи:

1. Завдання на кваліфікаційну роботу
2. Науково-технічна література з ремонту зернових сівалок
3. Авторські свідоцтва і патенти на винаходи
4. Результати наукових досліджень

4. Зміст пояснювальної записки:

Вступ

1. Аналіз існуючих конструкцій та умови експлуатації сошників зернових сівалок
  2. Теоретичні дослідження взаємодії з ґрунтом і зношування наральникових сошників
  3. Програма і методика проведення досліджень
  4. Експериментальні дослідження довговічності і роботоздатності сошників зернових сівалок
  5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях
  6. Розрахунок економічної ефективності від впровадження експериментальних сошників  
Загальні висновки по роботі  
Список використаних джерел
- Додатки

5. Перелік ілюстративного матеріалу:

1. Тема кваліфікаційної роботи, прізвище доповідача та керівника, рік захисту
2. Актуальність теми роботи та проблема дослідження
3. Мета, об'єкт, предмет дослідження
4. Завдання роботи
5. Загальний вигляд сівалки моделей 5300 (5400) фірми „CASE”
6. Класифікація сошників
7. Процес посіву по технологіям мінімальної обробки поля сівалкою SD-4000 фірми „KUHН” (Франція)
8. Сошник посівного комплексу „Ногч-Агро-Союз”

9. Наральниковий сошник і його елементи
10. Схема зношування ріжучої кромки наральника з локальними ділянками зміцнення
11. Динаміка утворення виступаючих ділянок локально зміцненої ріжучої кромки наральника
12. Параметри вимірювання зношення наральникових сошників
13. Дослідні зразки наральників (наробіток 20га) для проведення енергетичної оцінки
14. Результати розрахунку річної економії та річного економічного ефекту від впровадження наральників
15. Загальні висновки по роботі

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Консультант з нормоконтролю	ДЕВІН В.В., доцент		

Дата видачі завдання «04» квітня 2025р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва розділів кваліфікаційної роботи	Строк виконання розділів роботи		Підпис керівника
		планово	фактично	
	Вступ	15.04.25	15.04.25	
1	Аналіз існуючих конструкцій та умови експлуатації сошників зернових сівалок	12.05.25	12.05.25	
2	Теоретичні дослідження взаємодії з ґрунтом і зношування наральникових сошників	05.06.25	05.06.25	
3	Програма і методика проведення досліджень	30.06.25	30.06.25	
4	Експериментальні дослідження довговічності і роботоздатності сошників зернових сівалок	18.09.25	18.09.25	
5	Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях	15.10.25	15.10.25	
6	Розрахунок економічної ефективності від впровадження експериментальних сошників	31.10.25	31.10.25	
	Загальні висновки по роботі	06.11.25	06.11.25	
	Список використаних джерел	18.11.25	18.11.25	
	Додатки	24.11.25	24.11.25	

Здобувач  
Керівник

Дмитро СЛОБОДЯН  
Владлен ДЕВІН

## АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі магістра представлено технічне рішення, щодо підвищення довговічності і ефективності роботи наральникових сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту. Позитивний результат досягається завдяки використанню керувального зношування з формуванням зубчастого леза при локальному дискретному зміцненні.

## THE SUMMARY

The master's qualification work presents a technical solution to increase the durability and efficiency of the seed drill coulters for minimum tillage technologies. A positive result is achieved through the use of controlled wear with the formation of a toothed blade with local discrete strengthening.

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра складається з пояснювальної записки, виконаної машинописним способом на 90 аркушах формату А4, яка вміщує 6 розділів, 6 таблиць, 28 рисунки, 22 найменування використаних джерел і презентаційного матеріалу на 15 аркушах.

Метою роботи є підвищення довговічності і ефективності роботи наральникових сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту.

У роботі розглянуті конструкції сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту. Перспективними напрямками підвищення довговічності наральникових сошників слід вважати конструктивно-технологічні, в поєднанні яких відкриваються перспективи управління процесом зношування.

Найбільш ефективне керування формою ріжучого леза наральникового сошника досягається при локальному електродуговому зміцненню електродом Т620 при верхньому нанесенні покриття трьома смугами з кроком 15 мм і шириною 10 мм.

Наробіток на відмову наральникових сошників визначається функціональною втратою їх роботоздатності, яка залежить від ступеня зношування робочих поверхонь і досягненням граничної глибини заробки насіння, обумовленою агротехнічними вимогами на культуру, що висівається.

Зубчаста форма леза сприяє концентрації напружень руйнування ґрунту, що приводить до зниження тягового зусилля переміщенню сошника на 16%.

Річний економічний ефект від впровадження результатів досліджень складає 418016,0 грн.

Ключові слова: НАРАЛЬНИКОВИЙ СОШНИК, ДОВГОВІЧНІСТЬ, ЗМІЦНЕННЯ, ВІДНОВЛЕННЯ, ПРОДУКТИВНІСТЬ.

ПЕРЕЛІК УМОВНИХ СКОРОЧЕНЬ,  
ТЕРМІНІВ, СИМВОЛІВ, ПОЗНАЧЕНЬ

Скорочення	Розшифровка скорочень
КРМ	Кваліфікаційна робота магістра
ЕК	Екзаменаційна комісія
ПЕОМ	Персональна електронно-обчислювальна машина
ДСТУ	Державний стандарт України
ККД	Коефіцієнт корисної дії
БФЕ	Багатофакторний експеримент

## ВСТУП

*Актуальність теми.* Посів за технологіями мінімального обробітку ґрунту набуває все більшого світового поширення. Це одна з самих сучасних ґрунтозахисних і енергозберігаючих технологій в рослинництві. Накопичений досвід впровадження прямого посіву вказує на те, що без втрат врожайності завдяки йому можна суттєво знизити енерговитрати на виконання польових робіт.

Проблема енергозбереження в рослинництві набуває особливу актуальність враховуючи, що вітчизняне сільське господарство до 5 разів більш енергоємне ніж в передових розвинутих аграрних країнах. Для реалізації посіву за технологіями мінімального обробітку ґрунтів у вітчизняній і зарубіжній практиці розроблено багато різних типів машин і їх комплексів, які об'єднують операції підготовки ґрунту і посіву. Кінцевою метою таких розробок є бажання комплексної механізації посіву зі скороченням кількості проходів техніки по полю до мінімальної. Як показує практика експлуатації довговічність таких сошників недостатня і не кратна загальному ресурсу сівалок, а зміцнення їх спеціальними спеченими твердими вставками суттєво підвищує вартість робочих органів і не завжди може бути реалізовано для сошників складної геометричної форми.

Вирішення проблеми забезпечення необхідної довговічності і ефективності роботи сошників в значній мірі стримується відсутністю необхідних наукових розробок по вивченню характерних особливостей зношування і пошуку економічно доцільних, доступних в реалізації на виробництві методів підвищення їх довговічності.

*Мета і завдання досліджень.* Метою роботи є підвищення довговічності і ефективності роботи наральникових сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні завдання:

1. Виявити причини пошкоджень і втрати роботоздатності наральниковими сошниками сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту.
2. Вишукати і обґрунтувати конструктивно-технологічні шляхи підвищення довговічності наральникових сошників.
3. Встановити граничні значення параметрів зношування і наробітку на відмову серійних і експериментальних зміцнених наральникових сошників.
4. Дослідити динаміку зношування серійних і зміцнених сошників та встановити порівняльні показники їх довговічності.
5. Дати техніко-економічну оцінку ефективності використання результатів досліджень.

*Об'єкт дослідження* - серійні і зміцнені наральникові сошники сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту.

*Предмет дослідження* - закономірності впливу матеріалів та параметрів зміцнення на довговічність і ефективність роботи сошників.

*Методи дослідження.* Теоретичні дослідження виконані на основі математичного моделювання процесу взаємодії робочих поверхонь сошників з оброблюваним ґрунтом. Експериментальні дослідження виконувалися на лабораторному і стендовому обладнанні, а також в польових умовах реальної експлуатації сівалок. Оцінка параметрів зношування проводилась графо-аналітичним методом аналізу зміни геометричної форми сошників.

*Практичне значення.* Практичне значення отриманих результатів роботи полягає в наступному:

- виявлений розподіл зусиль, що діють на наральниковий сошник і визначені шляхи формування таких його робочих поверхонь, які сприяють стабілізації ходу по глибині;

- досліджена закономірність зміни кута атаки елементів робочих поверхонь від величини заглиблення їх у ґрунт;

- аналітично обґрунтовані і експериментально підтвержені параметри зміцнення наральникових сошників, що підвищують довговічність і ефективність роботи.

*Впровадження результатів дослідження.* Результати роботи впроваджені в навчальний процес на кафедрі технічного сервісу і загальнотехнічних дисциплін по дослідженню зношування серійних і зміцнених сошників, а також при проведенні лабораторних робіт з дисципліни «Ремонт машин і обладнання».

*Особистий внесок здобувача вищої освіти.* Основні результати роботи отримані автором самостійно. Постановка проблеми і задач дослідження та їх аналіз виконаний автором спільно з керівником.

Особисто здобувачем встановлені закономірності зміни геометричних параметрів сошників при їх зношенні і обґрунтовано граничне значення параметру, який лімітує їх довговічність;

*Публікації.* За матеріалами роботи опубліковано 2 статті у збірниках матеріалів Всеукраїнської науково-практичної конференції студентів та молодих науковців ЗВО «ПДУ» і Житомирського агротехнічного фахового коледжу у 2025 році.

## 1 АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ КОНСТРУКЦІЙ ТА УМОВИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК

### 1.1 Агротехнічні особливості застосування посіву по мінімальному обробітку ґрунту

Однією із основних умов ефективного проведення технологічних операцій в рослинництві є енергозбереження. Встановлено, що біля 50% енергії при проведенні польових робіт витрачається на передпосівний обробіток ґрунту. Особливо великих затрат енергії потребує оранка, при виконанні якої відбувається відокремлення і рихлення пласта ґрунту.

Досягненнями останніх десятиріч в галузі ґрунтозахисних енергозберігаючих технологій [18], встановлено, що впровадження технологій мінімального обробітку, крім енергозбереження, сприяє підвищенню врожайності сільськогосподарських культур. Дослідженнями визначена можливість використання цих технологій в різних зонах України, де передбачається скорочення витрат мінеральних добрив, а також отримання економії пального в 2...4 рази.

Про неоднозначність впливу безполицевого обробітку ґрунту на його родючість вказано в роботі [18]. Позитивним в такій технології слід вважати проявлення ґрунтозахисних властивостей, зниження енерговитрат на проведення самого обробітку і забезпечення кращого водного режиму. В той же час при його проведенні спостерігається диференціація в родючості оброблюваного шару, ущільнення ґрунту і підвищення забур'яненості. Згідно результатів досліджень роботи вважається, що найкращим в сучасних умовах землеробства є проведення комбінованого обробітку, який поєднує полицевий і безполицевий в залежності від стану полів і природнокліматичних зон України.

Необхідність інтенсивного впровадження ресурсозберігаючих технологій додатково обумовлюється важким станом матеріально-технічної бази сільського господарства.

За останні 15 років енергоємність вітчизняного сільськогосподарського виробництва знизилась тільки на 15% [6], тоді як у Франції на 70%, США на 71%, у Великобританії на 72%, а у Японії на 78% [7].

На суттєві економічні переваги при застосуванні передпосівного мінімального обробітку або при нульовому обробітку вказано в дослідженні [6]. По даним цієї роботи його раціональне впровадження дозволяє заощадити до 35% палива і до 47% знизити затрати праці. При цьому звертається увага на те, що урожайність пшениці не знизилась навіть при повторях нульового обробітку. Деяке зниження врожаю (до 12%) спостерігалось тільки для ячменю.

Перші спроби посіву без попереднього обробітку ґрунту відносяться до 40...50 років минулого століття. Насамперед вони були апробовані в засушливих районах Канади, США і Австралії. Ця технологія виникла як необхідність ввести в рослинництво ґрунтозахисні засоби і запобігти руйнуючим діям природних факторів.

Основна ідея цієї технології полягає в зменшенні кількості проходів по полю, тобто інтегруванні польових робіт, бажанні виконувати весь їх комплекс за один прохід. Для цього почали створюватись і відповідні комбіновані машини [10, 17]. Відтоді сівалки прямого посіву знаходять все більше поширення. Про це говорить світовий досвід їх використання.

Закордонні фірми багато уваги приділяють випуску техніки для прямого посіву або посіву по мінімальному обробітку ґрунту. Сьогодні широко відомі сівалки SD6000 фірми „Kuhn-Huad” (Франція), „Gaspardo” (Італія), „John Deere” (США), „Amasone” (Німеччина) та інші, які укомплектовані механічними і пневматичними висіваючими апаратами, дисковими або наральниковими сошниками.

Вже існує багато фірм, які розробляють сівалки, що працюють за технологіями мінімального обробітку ґрунту. Так, фірма „Massey-Ferguson”

випускає сівалку MF-556 в 6 та 12 рядному варіанті, яка призначена для роботи по поживним решткам з шириною захвату від 1,1 до 9,0 м [11, 16].

Великий досвід в впровадженні систем нульового або мінімального обробітку ґрунту має канадська компанія „BOURGAULT”, якою розроблена гама посівних машин для ефективною реалізації цієї технології [17].

Відомі сівалки прямого посіву з нульовою підготовкою ґрунту фірми „КУН” (Франція), яка віддає перевагу системі тридискових сошників [16]. Сівалки мають високу (до 100 га/день) продуктивність при мінімальному впливі на структуру ґрунту.

Особливе місце в технологіях по мінімальному обробітку ґрунту займають спеціальні сівалки, оскільки посів і є тією фінішною операцією заради якої ведеться підготовка ґрунту.

Сівалки випускає ряд вітчизняних підприємств серед яких ведуче місце займає ПАТ «Ельворті» (м. Кропивницький). Спеціальні посівні машини для прямого посіву MB3-4,5 і „Меланія”, розроблено на ВАТ „Галещина машзавод”. Вони одночасно виконують передпосівну обробку ґрунту, внесення мінімальних добрив, смуговий або суцільний посів і прикочування.

Посівний комплекс „Massey-Ferguson” включає сівалки MF-555, які можуть комплектуватися обладнанням для внесення мінеральних добрив і завдяки відповідній рамній конструкції мають можливість встановлення робочих органів для попереднього обробітку ґрунту [16].

Використання сівалки прямого посіву „Грейт-Плейнз” відкриває можливість обробітку до 3 тисяч гектарів за сезон [17]. Ще більшу продуктивність (до 9 тисяч) мають сівалки фірми „Flexi Coil” і „Bourgault” при ширині захвату 10...12 м. Тому пропонується більш масштабне впровадження в технологію посіву зернових на Україні сівалок прямого посіву. Вважається, що уже зараз доцільно їх використовувати на площах до 12 млн. га.

З цим завданням може справитись 2...3 тисячі високопродуктивних посівних агрегатів з шириною захвату 8..12 м. Загальний вигляд сівалки фірми „Flexi Coil” представлений на рис. 1.1.



Рисунок 1.1- Сівалка прямого посіву фірми „Flexi Coil”

Відомі сівалки фірми „CASE” (США) моделей 5300 і 5400 [20]. Для використання їх для нульового або прямого посіву вони комплектуються відповідним додатковим обладнанням. Ширина захвату складає 9-14м. Загальний вигляд сівалки представлений на рис. 1.2.



Рисунок 1.2 - Загальний вигляд сівалки моделей 5300 (5400) фірми „CASE”

Фірмою „HORSCH” (Німеччина) запропонована конструкція пневматичної культиватор-сівалки Concord. Це комбінований агрегат, який за один прохід веде підготовку ґрунту, посів і внесення добрив [20]. Впровадження такої технології сприяє зменшенню втрат вологи, а також рівномірному розподілу насіння при стрічковому їх висіві.

Вітчизняною промисловістю ПАТ «Ельворті» (м. Кропивницький) випускається зернотукотрав'яна сівалка СТС-2, а також аналогічні їй сівалки СТС-6 і СТС-12, які відрізняються кількістю висівних секцій. Ці машини призначені для рядового висіву трав і зернових культур при мінімальному або нульовому обробітку ґрунту по стерні [8]. Загальний вигляд сівалки представлений на рис. 1.3.

Сівалки вітчизняного виробництва по своїм експлуатаційним показникам нажаль дещо поступаються закордонним. Так, середній наробіток на відмову вітчизняних сівалок складає 35 га, що в 2,8 рази менше ніж у сівалки „Грейт-Плейнз” [6]. поступаються вітчизняні сівалки і по показникам якості виконання технологічного процесу.

Тільки завдяки використанню технології посіву без попереднього передпосівного обробітку ґрунту був встановлений посівним комплексом АТД-18,3 сумісного виробництва „АГРО-СОЮЗ” (Україна) і компанії „HORSCH” (Німеччина) рекорд середньої продуктивності (24,3 га/год) при витраті пального всього 3,8 л/га [19]. Загальний вигляд посівного комплексу на якому встановлено світовий рекорд представлений на рис. 1.4.

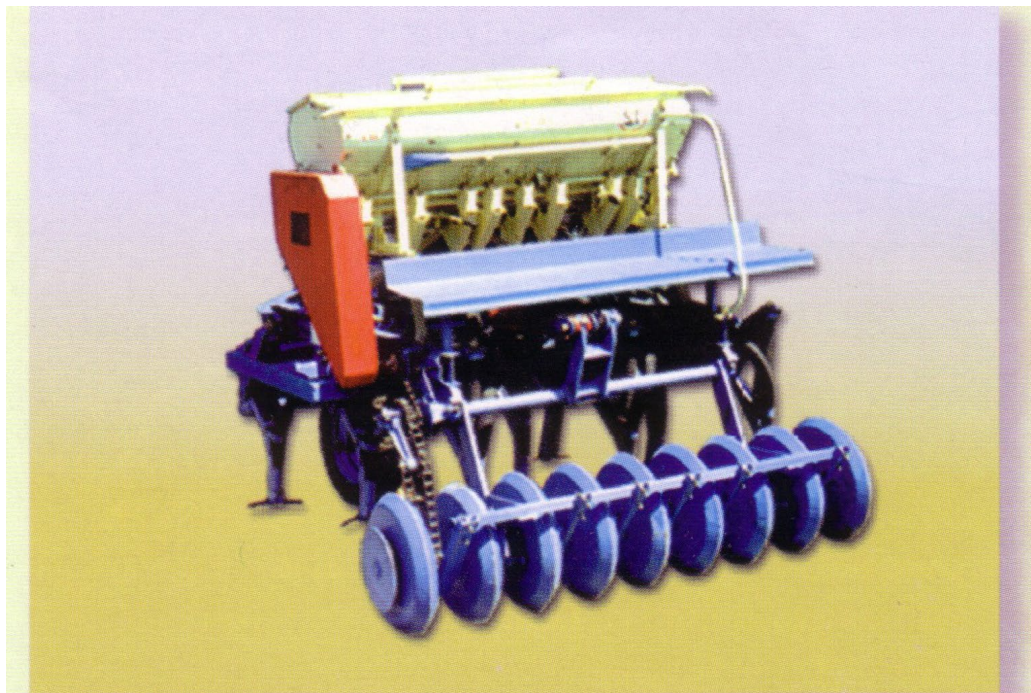


Рисунок 1.3 - Зернотукотрав'яна сівалка СТС-2



Рисунок 1.4 - Загальний вигляд посівного комплексу АТД-18.3 сумісного виробництва „HORSCH-АГРО-СОЮЗ” (Німеччина-Україна)

Порівняно з традиційною, технологія мінімального обробітку ґрунту дозволяє суттєво в 3...5 разів скоротити кількість мото-годин використання техніки. Найбільша ефективність нової технології проявляється на вирощуванні озимих культур.

На сьогодні ґрунтозахисна технологія мінімального обробітку набуває все більшого поширення особливо в південних районах України. Під цю технологію виробляються відповідні вітчизняні машини і закупляються закордонні. Вітчизняні заводи постійно нарощують випуск машин, які завдяки перевагам нової технології знаходять все більше використання в сільському господарстві. До таких машин насамперед слід віднести культиватори, дискові та пружні борони, різні комбіновані агрегати, якими поверхневий шар ґрунту обробляється на глибину 5...15см. Так, ВАТ „Галещіна машзавод” випускає цілий комплекс машин для удосконаленої технології посіву і пов’язаним з ним обробітком ґрунту. Ці машини за 1...2 проходи виконують всі роботи заміняючи багатоопераційний обробіток. При цьому не руйнується структура ґрунту, запобігається її ерозія, скорочуються строки ведення польових робіт, а також зберігається необхідна волога для проростання рослин.

Оскільки мінімізація обробітку ґрунту приводить до головної мети – зниженню собівартості продукції рослинництва без зменшення об’ємів виробництва, то подальший її розвиток пов’язується з переходом до „нульового” обробітку. В свою чергу „нульовий” обробіток передбачає виконання посіву в необроблений ґрунт, що потребує використання сівалок ще з більш удосконаленими і надійними робочими органами. При цьому мінімальний або „нульовий” обробіток не повинен порушувати природні закони існування і розвитку ґрунту, і сприяти його збереженню для підвищення врожайності культур при зменшенні енергетичних і трудових витрат на вирощування рослинних культур.

Приведений аналітичний огляд показує, що на сьогодні вже створені необхідні передумови для більш широкого впровадження в сільському господарстві технологій посіву по мінімальному, або „нульовому” обробітку ґрунту. Одним із основних стримуючих факторів на цьому шляху слід вважати відсутність відповідної доступної для селян високонадійної техніки, адаптованої до кліматичних умов України.

Другим не менш важливим фактором є те, що вирощування культур при мінімальному обробітку ґрунту при всіх своїх економічних перевагах потребує більш високої технологічної культури виконання польових робіт, необхідної кваліфікації спеціалістів і дотриманням своєчасного якісного проведення всіх необхідних операцій.

## 1.2 Аналіз конструкцій сошників для посіву по мінімальному обробітку

Посівна техніка в своєму розвитку постійно удосконалюється [12]. Історія появи перших сошників сягає в давнину. Однак цілеспрямоване широке їх використання почалось тільки при впровадженні механізованого посіву, тобто з появою перших висівних апаратів [10]. Від перших сошників вимагалось тільки спускувати ґрунт, а в подальшому і заробляти насінини в борозну на певну глибину.

Однак залишилась проблема створення більш універсального сошника, який зміг би працювати в умовах як важких ущільнених ґрунтів, так і в ґрунтах підвищеної вологості. В результаті пошуків такої конструкції в США в другій половині XX століття Стодартом був розроблений перший дисковий сошник. Паралельно з ними використовувались і полозовидні сошники.

Впровадження підґрунто-розкидного посіву визвало необхідність розробки спеціальних сошників у вигляді стрілчастої культиваторної лапи.

Таким чином, основні типи сошників були відомі уже сто років тому. Вони вдосконалювались, але суттєво мало в чому змінилися за останній час.

Для підвищення якості посіву в Європі знайшли застосування сошники з тупим кутом входу. Він міг добре працювати тільки по попередньо обробленому і розпушеному ґрунту. Відповідно, для необроблених ґрунтів високої щільності пропонувався сошник з гострим кутом входу (анкерний). Подальші роботи по його удосконаленню були пов'язані з забезпеченням стабільності ходу і підвищенню якості посіву. Для цього в конструкції вносились зміни направлені на забезпечення сталої глибини загортання насінин при мінімальних витратах на виконання технологічного процесу.

Підвищення якості посіву стало головним напрямком вдосконалення конструкцій наральникових сошників. Тут ставилась мета як найкращого розподілу насіння по площі і глибині поля. Продовжувалося вирішення питання універсальності конструкцій сошників для різних польових умов і видів висіваючого насіння. При цьому як у вітчизняній практиці, так і закордоном багато уваги приділяється вибору кута входження сошника в ґрунт. Тому запропоновані конструкції зі знімними носовими частинами для різних станів і попередніх ступенів обробки ґрунту [10].

Узагальнена класифікація сошників на основі досліджень представлена в роботі [9] (табл. 1.1).

Як вказується в роботі [24] наральникові сошники частково ввібрали в себе переваги анкерних і кілевидних, однак, не є на сьогодні оптимальними, виходячи з різних умов, які ставляться до виконання ними якісного посіву.

На полях зі стернею встановлюються легко змінні наральникові сошники різноманітної геометричної форми з шириною утвореної борозни від 3,8 до 15 см [18].

До сошника ставляться вимоги не тільки внесення насіння на необхідну глибину, але й створення умов для їхнього проростання. Останнє потребує ущільнення ґрунту в зоні внесення насіння. В цьому напрямку запропоновано багато конструктивних рішень від розробки комбінованих дискових і кілевидних сошників до встановлення різних додаткових пристроїв, які б ущільнювали ґрунт.

Багатофункціональність операцій посіву по необробленому або мінімально обробленому фону можна бачити на прикладі сівалки SD-4000 фірми „KUHН” (Франція) рис. 1.5.

Таблиця 1.1 - Класифікація сошників

Признаки класифікації	Типи сошників
Наральникові	анкерні; полосовидні; трубчасті; з плоским диском; зі сферичним диском з кутом входження 10°; з кутом входження 18°; з різновеликими дисками; з обмежувачими ребордами; з обмежувачими ребордами
По конструкції	Одnodискові Двohдискові Трьohдискові
По технологічному процесу висіву	Комбіновані з вільним падінням; з дільником насіння; з розподільником насіння; з вирівнювачем потоку; однорядкові; дворядкові; безрядкові; з прямим; з тупим; кочення;
По способу посіву	Диск – кіль; два диска – кіля;
По куту входження	
По технологічному принципу	



Рисунок 1.5 - Процес посіву по технологіям мінімальної обробки поля сівалкою SD-4000 фірми „KUNN” (Франція)

Подрібнення решток і попереднє формування борозен виконується дисковими сошниками з радіальними гофрами. Потім дводисковими сошниками безпосередньо формується ложе і виконується посів. В подальшому борозна ущільнюється прикочуючими катками і вирівнюється поверхня поля.

На велику різноманітність конструкцій заробляючих робочих органів вказується в роботі [16]. Конструктивні особливості сошників обумовлені виконанням технологічних процесів по підготовці ґрунту, формуванням борозни, ущільненням їх дна і розпушенням наднасінного шару для хорошої аерації. Перспективним вважається розробка і впровадження багатофункціональних спеціальних сошників, спроможних вести висів у невідготовлений ґрунт.

Особливий інтерес викликає розробка такого сошника, за допомогою якого можна було б виконувати посів без попередньої обробки ґрунту, тобто сумістивши операції посіву з передпосівною обробкою. Це відкриває можливість значно зменшити енерговитрати на польові роботи, скорочення строків їх виконання і кількості проходів техніки по полю. В закордонній практиці для цього знайшли застосування сівалки-культиватори [18]. Технологія посіву по стерньовому фоні направлена на зниження ерозійних процесів у ґрунті і знайшла розповсюдження насамперед в засушливих районах США, Австралії і Європі. Вона також застосовується на півдні України.

Конструктивно сівалки прямого посіву обладнуються дисковими і зубовими сошниками [13]. Робочі частини дисків можуть мати форму від гладкої до зубчастої і хвилястої. В залежності від цього вони в різному ступені перемішують і розрихлюють ґрунт.

Для реалізації посіву по стерні на сівалках АТ600 (Німеччина) застосовуються лапові або наральникові (сівалка-культиватор СТС-2, Україна) сошники. Прорізання борозни в складних умовах неораного поля виконується також гладкими дисковими, або дисковими з радіальними гофрами сошниками. В залежності від виду і стану ґрунту можуть використовуватись диски з різним периферійним профілем ріжучої частини.

Недоліками дводискових сошників слід вважати склеювання на вологих глинистих ґрунтах або забивання великою масою залишеної на полі соломи [13]. В таких умовах більш надійно працюють зубові робочі органи.

При наявності жорсткості соломи дискові сошники вдавлюють її в борозну, що погіршує контакт насіння, що висівається, з ґрунтом. Це знижує проростання рослин особливо при обмеженій вологості ґрунту.

Недоліком дискових сошників є також те, що їх заглиблення у ґрунт обумовлюється прикладеним навантаженням, яке повинно складати біля 2000Н на посівну секцію [13]. Для забезпечення такого зусилля сівалка повинна мати відповідну збільшену масу, що погіршує її загальнотехнічні характеристики.

Зубові сошники в залежності від форми по різному кришать і перемішують ґрунт. Завдяки цьому є можливість використання їх в різних умовах і на різних ґрунтах для формування необхідної борозни. Сошники наральникового типу знайшли використання на багатьох вітчизняних сівалках СЗС-9, СЗС-2,1, СЗС-2, СКП-2,1, СКП-6, СТС-2,1 [14].

При необхідності вони краще ніж дискові виконують операцію поверхневого кришення ґрунту. Загальний вигляд наральникового сошника сівалки СТС-2,1 (Україна) представлений на рис. 1.6.

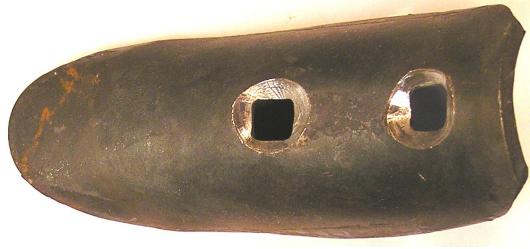


Рисунок 1.6 - Наральниковий сошник сівалки СТС-2,1 для технологій мінімального обробітку ґрунту

Використовуються сошники з долотоподібною носовою частиною, за допомогою якої не тільки прорізається шар стерні, але також ущільнюється шар ґрунту на дні борозни. Ряд удосконалень сошників, які спрямовані на підвищення рівномірності висіву уздовж рядка пов'язані з бажанням знизити швидкість скиду насінин до нульового значення. Для цього конструюються відповідні канали і додаткові направляючі елементи, які створюють умови компенсації швидкості руху сівалки при скиданні насінин у борозну.

Оригінальністю відрізняється конструкція сошника посівного комплексу „Норч-Агро-Союз”. За його допомогою можна вести посів без попереднього обробітку ґрунту. Він надає змогу одночасно з посівом вносити сипучі, рідкі або газоподібні добрива. Причому, добрива вносяться під посівний шар, виключаючи безпосередній контакт насінин з хімічними речовинами. Конструкція цього універсального сошника представлена на рис. 1.7.

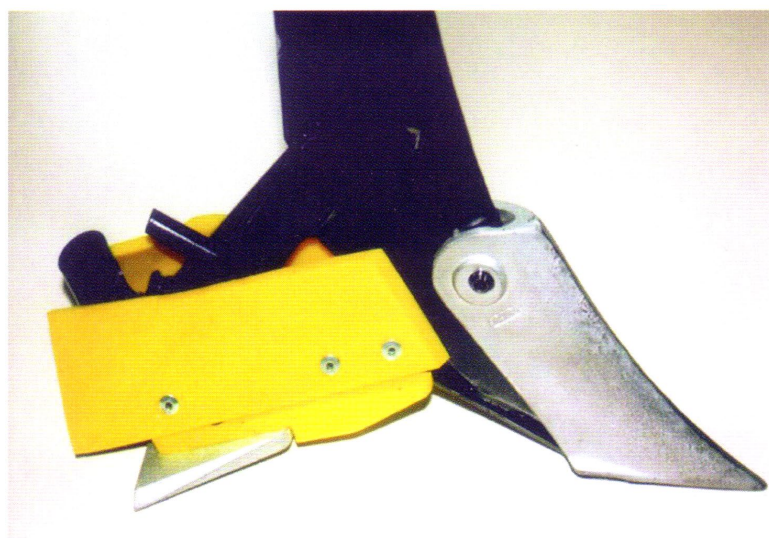


Рисунок 1.7 - Сошник посівного комплексу „Норч-Агро-Союз”

Наральник сошника розрізає ґрунт і кришить його для загортання насіння. За допомогою спеціального насоса і дозатора рідкі добрива дозованими порціями рівномірно подаються на необхідну глибину. Між горизонтом внесення добрив і насінневим горизонтом утворюється ущільнений шар ґрунту товщиною 2...3см.

Ряд досліджень присвячені вибору геометрії лобової частини наральникових сошників з метою зниження тягового опору переміщення і забезпечення необхідної укладки ґрунту в борозну.

Кут входження наральникового сошника суттєво впливає на його взаємодію з ґрунтом. Так, при гострих кутах краще відокремлюється ґрунт з борозни, а при тупих кутах ущільнюється її дно [13]. Кут входження впливає також і на рівномірність висіву по глибині борозни. Причому, згідно досліджень найкраща рівномірність досягається при кутах близьких до прямого.

На підвищення рівномірності висіву уздовж рядка спрямовані дослідження по аналізу кінематики руху насінин при виході з апарату [2], а також в моменти відділення насінин від сошника і спрямування їх на дно борозни.

Сошники для сівалок по мінімальному обробітку ґрунту мають специфіку умов експлуатації і свої конструктивні особливості. Їх аналіз представлений і зроблений акцент на доцільність використання дискових сошників.

Однак, дискові сошники переважно призначені для роботи на попередньо необроблених ґрунтах [6]. Оригінальна конструкція сошника запропонована фірмою „KUHН” (рис. 1.8.).

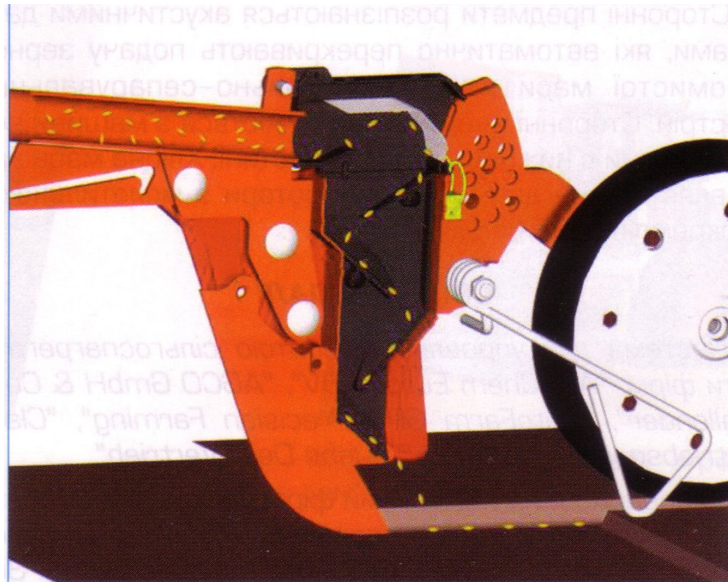


Рисунок 1.8 - Сошниковий робочий орган фірми „KUHN”

Основною конструктивною особливістю сошника є наявність в ньому змінного корпусу-лабіринту. Корпус може мінятися в залежності від розмірів зернин культури, що висівається. Сошник також має віддільник повітря, який дає змогу організувати два потоки, один з яких переносить зерна, а другий сприяє їх розподілу.

Внесені удосконалення підвищують точність розподілення насінин в рядку і по глибині, що приводить до зменшення норм висіву на 15%, а також дає більш рівномірний розвиток рослин.

Запропонована класифікація сошників, яка характеризує їх розвиток з різних напрямків удосконалення. Одним з основних принципів накладених в класифікацію є передній кут сошника – важливий конструктивний параметр, який визначає його призначення і роботоздатність в тих чи інших умовах посіву. Це питання вимагає проведення додаткових досліджень.

Із приведенного аналізу видно, що розробка сошника, який би задовольняв всім комплексним умовам для проростання насіння є досить непростим технічним завданням. Такий сошник повинен забезпечувати рівномірність висіву уздовж рядка на необхідну задану глибину і утворювати певну щільність ґрунту як над насінням, так і на дні борозни пошарово, не перемішуючи ґрунт.

Таким чином, незважаючи на відносну простоту конструктивних рішень, сошники сівалок є достатньо складними робочими органами, які призначені вирішувати цілий комплекс технологічних операцій по зануренню насінин в ґрунт і утворення для них сприятливих умов проростання.

Сошники сучасних сівалок повинні відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати рівномірність висіву по глибині поля (рівень залягання насінин);
- виконувати загортання насінин вологим ґрунтом;
- ущільнювати ґрунт в зоні залягання насінин;
- запобігати виносу вологих шарів ґрунту на поверхню поля;
- запобігати перемішуванню шарів ґрунту.

Проведений аналіз показує що, в роботах дуже мало уваги приділяється зміні параметрів сошників при їх зношенні і впливу цих параметрів на якість виконання посіву. В зв'язку з цим подальші дослідження доцільно спрямувати на вивчення впливу зношування робочої частини сошників на функціональну стабільність їх роботи.

### 1.3 Умови експлуатації сошників сівалок, які працюють по необробленому ґрунті

Відсутність передпосівного обробітку ґрунту ускладнює роботу робочих органів, які працюють в безпосередній взаємодії з ґрунтом. Такими робочими органами є сошники, конструктивні особливості яких розглянуті в розділі 1.2.

Умови експлуатації сошників сівалок, які працюють за технологіями без попереднього обробітку ґрунту наближають їх до експлуатації робочих органів ґрунтообробних машин, оскільки ґрунт попередньо не розпушений і має щільність як і перед оранкою. Однак, до робочих органів сівалок (сошників) в цьому випадку представляються більш складні вимоги, пов'язані з необхідністю якісно виконувати основну технологічну операцію по рівномірності розподілення насіння на площі і створенню сприятливих умов для проростання рослин.

Виконуючи всі ці вимоги, сошники сівалок працюють в безпосередньому контакті з ущільненим ґрунтом і, як показує досвід, при експлуатації достатньо інтенсивно зношуються.

Процес зношування робочих органів сільськогосподарських машин вивчався давно, але й досі деякі аспекти цього складного явища залишаються предметом наукових дискусій і досліджень. Проблема полягає в тому, що, по-перше, самі ґрунти як середовище взаємодії бувають різні, а, по-друге, і процеси контактної взаємодії поверхонь тертя з середовищем теж по-різному можуть відбуватися.

Суттєвий вплив на зношування поверхонь робочих органів, які працюють в ґрунті, здійснює швидкість переміщення часток ґрунту по поверхні і їх тиск на поверхню. Так, встановлено, що зі збільшенням швидкості, яка спостерігається при кутах атаки більших  $53^{\circ}$ , швидкість зношування також підвищується, а величина тиску на поверхню в умовах абразивного зношування пропорційна величині цього зношування. Це дало змогу в дослідженнях будувати епюри розподілу навантажень на робочу поверхню лемешів по величині зношування їх окремих ділянок [17]. Такі епюри тільки в деякому наближенні можуть характеризувати розподіл навантаження, оскільки на інтенсивність зношування впливають і інші фактори серед яких, як відмічалось вище, є швидкість відносного переміщення часток ґрунту по поверхням робочого органу.

Вважається, що самим неприємним абразивним видом зношування є такий, при якому відбувається мікрорізання поверхонь тертя. Тоді швидкість зношування може досягати до 1 мм/год. Для зниження такої інтенсивності зношування можливе застосування різних конструктивно-технологічних методів, які передбачають як оптимізацію конструктивних рішень робочих органів, так і застосування більш зносостійких матеріалів і методів зміцнення.

Незважаючи на існуючі різноманітні точки зору стосовно природи зношування матеріалів під дією твердих частинок і середовища в зоні тертя, перевага може належати тому чи іншому виду в залежності від особливостей стану і складу самого ґрунту. Але в більшості випадків, враховуючи невелику кількість або відсутність на поверхнях тертя подряпин, можна передбачити, що

домінуючим видом зношування може бути полідеформаційне втомлення в мікрооб'ємах поверхневого шару.

Встановлена нелінійна залежність зношування від вологості ґрунту [15]. Так, зменшення вологості з 26% до 10%, тобто в 2,6 рази, підвищує величину зношування в 6 разів. Таким чином, зношування сухими ґрунтами значно більше ніж вологими.

Аварійні пошкодження займають відносно невелику частку серед загальної кількості пошкоджень, які отримують сошники на більшості освоєних полів. Але для запобігання цим пошкодженням конструкціями посівних секцій передбачаються різні технічні рішення. Так, на деяких сівалках використовуються спеціальні амортизаційні пружини, які відхиляють робочий орган при зустрічі з перешкодами. Таку ж саму роль може відігравати підпружинення посівних секцій, призначене для кращого копіювання рельєфу поля. Інколи робочі органи встановлюються на s-подібних або інших стійках, здатних відхилитися при наїзді на перешкоди. Вказані методи захисту ускладнюють конструкцію і більш оправдані на кам'янистих або малоосвоєних полях.

В конструкціях сошників вітчизняних сівалок в основному використовуються середньовуглецеві марганцеві сталі типу сталь 65Г. При відповідному гартуванні вони поєднують в собі зносостійкість і ударну в'язкість, яка необхідна робочому органу при раптових динамічних навантаженнях.

Конструктивно наральникові сошники виконуються, як правило, легкоз'ємними. Це є елементом передбачення можливості швидкої заміни їх у випадку пошкоджень або переходу до використання інших більш ефективних робочих елементів для конкретних умов експлуатації. Так, фірма „HORSH” (Німеччина) випускає цілий ряд сошників обладнаних необхідними наральниками для кращої реалізації оптимальних умов посіву [16]. На рис.1.8 показаний сошник розроблений цією фірмою. З рисунку видно, що конструкція сошника має опорну стійку на якій змонтовані наральник і бокові леза.

## Висновки і завдання досліджень

1. Проведений аналіз особливостей прямого посіву, умов експлуатації робочих органів сівалок і конструктивних рішень сошників, які працюють в безпосередній взаємодії з ґрунтом показав, що їх довговічність недостатня для забезпечення необхідної надійності посівних машин і їх комплексів. Під дією ущільненого ґрунту і рештків рослин попереднього врожаю сошники інтенсивно зношуються, втрачають свої початкові геометричні параметри і не виконують в повній мірі агроформи до загортання насіння в ґрунт.

2. Для підвищення довговічності сошників можливо використання більш зносостійких матеріалів переважно у вигляді спеціальних вставок із твердих спечених сплавів, як це застосовується у закордонній практиці. Але впровадження таких сошників у практику сільськогосподарського виробництва пов'язане із суттєвими економічними витратами на дефіцитні матеріали і технологію зміцнення.

3. Нові перспективи у підвищенні довговічності наральникових сошників відкривають локальні методи нанесення зміцнюючих наплавок з метою формування при зношенні бажаних форм робочих поверхонь.

В зв'язку з викладеним, у даній роботі поставлені наступні завдання досліджень:

1. Виявити причини пошкоджень і втрати роботоздатності наральниковими сошниками сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту.

2. Обґрунтувати конструктивно-технологічні шляхи підвищення довговічності наральникових сошників.

3. Встановити граничні значення параметрів зношування і наробітку на відмову серійних і експериментальних зміцнених наральникових сошників.

4. Дослідити динаміку зношування серійних і зміцнених сошників та встановити порівняльні показники їх довговічності.

5. Дати техніко-економічну оцінку ефективності використання результатів досліджень.

## 2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВЗАЄМОДІЇ З ҐРУНТОМ

### І ЗНОШУВАННЯ НАРАЛЬНИКОВИХ СОШНИКІВ

#### 2.1 Дослідження зусиль, які діють на робочу частину наральникових сошників

Сошники наральникового типу знайшли застосування в сівалках, які працюють за технологіями мінімального обробітку ґрунту. Вони призначені для первинної підготовки поля, тобто розпушування ґрунту і нарізання в ґрунті борозни. Оскільки операція нарізання борозни виконується по необробленому полю, то перед наральниковими сошниками стоїть важка задача взаємодії не тільки з ущільненим ґрунтом, але також з рослинними рештками минулого врожаю. Таким чином, наральникові сошники сівалок для технологій мінімального обробітку або зовсім необробленого поля знаходяться в важких умовах взаємодії з ґрунтом і, як показує досвід їх експлуатації, набувають значного зношування.

Наральниковий сошник являє собою складну просторову конструкцію, яка має різно-орієнтовані поверхні (рис. 2.1).

Окремі елементи сошника виконують свої специфічні функції, однак в цілому сошник готує ґрунт для внесення насіння культури, що висівається. Руйнування ґрунту починається ріжучою кромкою. Потім пласт, що відділяється, переміщується по передній лобовій поверхні і її боковим розгалуженням.

В результаті зношування в нижній частині наральника утворюється додаткова тильна задня поверхня, орієнтована зустрічно напрямленню руху наральника в ґрунті. Це викликає виникнення небажаних зусиль виглиблення сошника з ґрунту. Але в той же час наральник тильною поверхнею додатково ущільнює дно борозни.

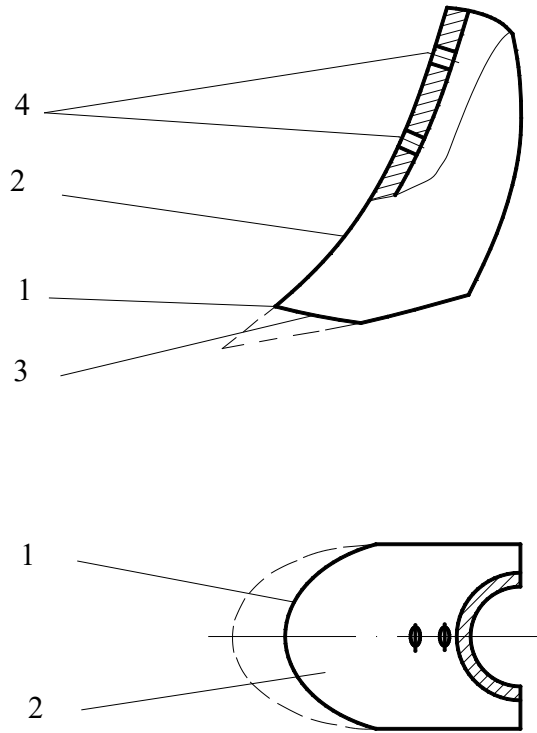


Рисунок 2.1 - Наральниковий сошник і його елементи:

- 1 – ріжуча кромка;
- 2 – лобова поверхня;
- 3 – тильна (задня) поверхня;
- 4 – місця кріплення сошника до стійки.

Таким чином, на сошнику, що працює, можна виділити три характерні ділянки: ріжучу кромку, лобову (передню) і тильну (задню) поверхні. Кожна з них вносить свій вклад в підготовку ґрунту до посіву.

Найбільші навантаження руйнування ґрунту приходяться на гостровиступаючу носову частину наральника і особливо на його ріжучу кромку. Вона першою зустрічає незруйнований пласт ґрунту і на неї, очевидно, діють максимальні зусилля.

Ріжуча кромка навіть нового наральника має кінцеві конструктивні розміри, які забезпечують його ефективну роботу і можливість якісного гартування без перепалювання при виготовленні. В початковій стадії експлуатації конструктивна форма ріжучої кромки швидко переходить в технологічну округлу, котра характерна для довготривалої роботи наральника. В подальшій експлуатації зношування робочих поверхонь наральника відбувається нерівномірно.

Враховуючи, що всі конструктивні елементи робочих поверхонь наральника працюють в ідентичних умовах, а сам серійний наральник виконаний з однорідного матеріалу – сталь 65Г, можна прийняти, що більшій величині зношення відповідає більше навантаження.

Аналітичне представлення епюри навантажень, що діють на лезо ріжучих елементів і адекватно описують їх розподіл запропонований [13].

Такий підхід відкрив можливість з достатньою для аналізу і розрахунків точністю проводити дослідження зусиль, що діють на елементи конструкцій робочих органів і обумовлюють їх зношення. В подальшому, виходячи з цього аналізу, відкриваються перспективи обґрунтованого вибору місць локального зміцнення деталей, а також матеріалів і технологій для найбільш ефективного підвищення роботоздатності. Найбільші величини зносу спостерігаються на ділянках, які прилягають до ріжучої кромки, з поступовим зменшенням по мірі віддалення від ріжучої кромки. Такі розподілення зносу по робочим поверхням наральникового сошника підтверджують гіпотезу приведену в роботі [17] по визначенню зусиль на лемешах, які працюють також як і наральникові сошники в умовах зношування необробленим ґрунтом.

Таким чином, аналіз зношування робочих сошників, виготовлених із монометалічного однорідного матеріалу, дають можливість побудови і аналітичного опису діючих навантажень.

Епюра напружень в різних проекціях сошника подана на рис. 2.2. Були приведені основні геометричні параметри сошника і ділянки, які піддаються найбільшому зношуванню.

Аналогічно з руйнуванням рослинної маси [13], але враховуючи, що ґрунт відрізняється в'язко-пластичними властивостями прийнято, що його руйнування відбувається в один акт під дією утворених наральником граничних напружень.

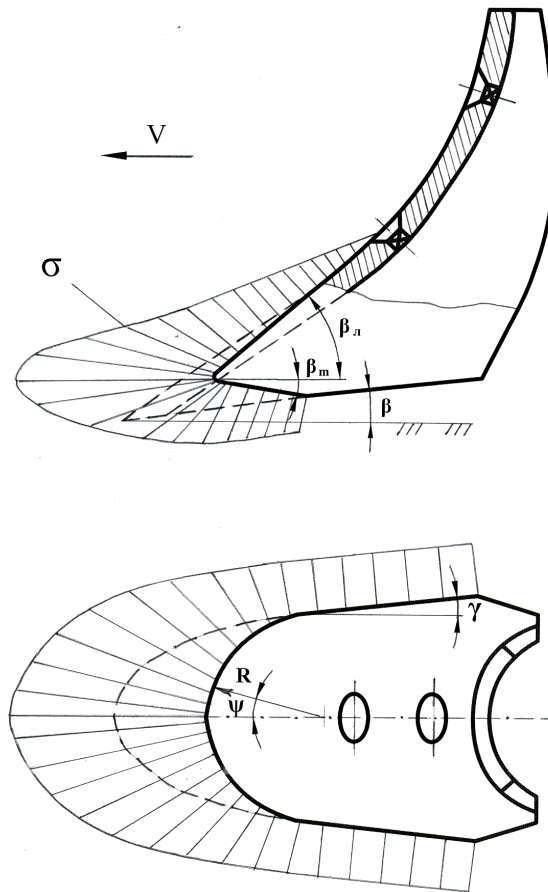


Рисунок 2.2 - Епюра напружень на сошник в процесі роботи

Аналогічно з руйнуванням рослинної маси [13], але враховуючи, що ґрунт відрізняється в'язко-пластичними властивостями прийнято, що його руйнування відбувається в один акт під дією утворених наральником граничних напружень.

Для аналізу зусиль, які діють на ріжучу кромку, виділено площадку (рис. 2.3), до якої прикладено елементарні зусилля. Для зручності побудови зусилля на рисунку представлені в виді реакцій площадки на дію ґрунту, що руйнується.

В загальному виді, форма ріжучої кромки в розрізі перпендикулярному до твірної леза представляється рівнянням другого порядку. Для спрощення рішення задачі і використання на практиці прийнятного засобу кількісної оцінки товщини ріжучої кромки вона в розрізі може бути описана частиною кола радіуса  $\rho$  (рис.2.3).

Тоді довжина дуги елементарної площадки буде дорівнювати:

$$dl = \rho \cdot d\xi, \quad (2.1)$$

де  $\rho$  - радіус закруглення ріжучої кромки при зносі;

$\xi$  - кут повороту радіуса закруглення ріжучої кромки.

Елементарне зусилля  $dP$  має направлення, яке співпадає з вектором швидкості руху сошника в ґрунті. Воно може бути розкладене на складові відповідно векторного рівняння

$$d\bar{P} = d\bar{N} + d\bar{F} + d\bar{T}, \quad (2.2)$$

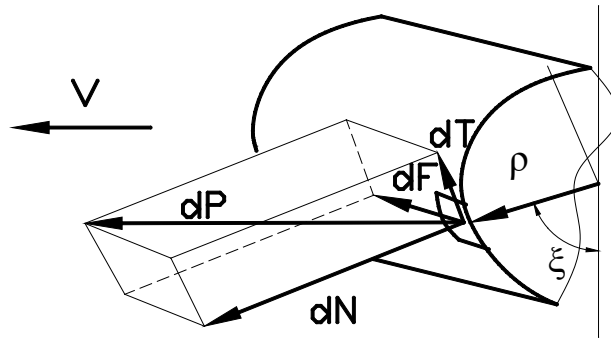


Рисунок 2.3 - Зусилля, які діють на елементарну площадку ріжучої кромки наральника

де  $d\bar{N}$  - нормальна складова елементарної сили від тиску ґрунту на елементарну площадку;

$d\bar{T}$  - тангенціальна складова елементарної сили (сила тертя перпендикулярна твірній леза);

$d\bar{F}$  - тангенціальна складова елементарної сили (сила тертя направлена уздовж твірної леза).

Напруження, які діють на ріжучу кромку по її периметру, розподілені нерівномірно (див. рис.2.2). На характер їх розподілення вказують експериментальні дані приведені в дослідженнях [13]. В загальному випадку епюра напружень залежить як від геометричних параметрів леза, так і від фізико-механічних властивостей матеріалів, які піддаються руйнуванню.

При цьому можуть бути використані різноманітні закони розподілення напружень, однак, як вказується в роботі [13], з достатньою для практичних цілей і теоретичного аналізу точністю може бути прийнятим синусоїдальний закон зміни напружень в залежності від центрального кута повороту радіуса  $\rho$ , який визначає товщину ріжучої кромки.

Таким чином, елементарне зусилля, яке діє на вільно розташовану елементарну площадку, що належить ріжучій кромці дорівнює

$$dP = \sigma \cdot dS, \quad (2.3)$$

де  $\sigma$  – напруження на елементарній площадці;

$dS$  – площа елементарної площадки.

Площа елементарної площадки визначається як добуток довжин елементарних дуг в вертикальній і горизонтальній площинах

$$dS = \rho \cdot d\xi \cdot R \cdot d\psi, \quad (2.4)$$

де  $R$  – радіус закруглення лобової поверхні наральникового сошника в горизонтальній площині;

$\psi$  - кут повороту радіусу  $R$  закруглення сошника в горизонтальній площині.

Із рис. 2.3 видно, що в вертикальній площині відповідно прийнятому закону, напруження на ріжучій кромці змінюються наступним чином:

$$\sigma_{\xi} = \sigma_0 \cdot \sin \xi. \quad (2.4)$$

де  $\sigma_0$  – граничне напруження руйнування ґрунту;

При цьому границею зміни кута повороту радіуса закруглення ріжучої кромки, яка визначає його товщину являються межі:

$$\pi - \beta_n \geq \xi \geq \beta_m, \quad (2.5)$$

де  $\beta_n$  - кут нахилу лобової поверхні;

$\beta_m$  - кут нахилу тильної поверхні.

Внаслідок того, що елементарна площадка ріжучої кромки змінює свою орієнтацію не тільки в вертикальній площині, але й в горизонтальній, напруження на ній також будуть змінюватися.

Враховуючи симетрію наральника в горизонтальній проекції і вибране розташування вісі проектування зусиль, яка співпадає з віссю симетрії, напруження на елементарній площадці буде дорівнювати

$$\sigma = \sigma_0 \cdot \sin \xi \cdot \cos \psi . \quad (2.6)$$

Кут повороту радіуса  $R$  закруглення сошника в горизонтальній площині змінюється в межах

$$\frac{\pi}{2} - \gamma \geq \psi \geq 0 , \quad (2.7)$$

де  $\gamma$  – кут нахилу бокової поверхні наральника в горизонтальній площині.

З урахуванням вище приведеного елементарне зусилля, яке діє на вільно розташовану елементарну площадку ріжучої кромки наральникового сошника, визначається рівнянням

$$dP = \sigma_0 \cdot \sin \xi \cdot \cos \psi \cdot \rho \cdot d\xi \cdot R \cdot d\psi . \quad (2.8)$$

Для аналізу зусиль, що діють на елементи конструкції наральника, які визначають їх експлуатаційні показники і надійність, важливе значення мають їх абсолютні величини. В загальному випадку, на будь-яку елементарну площадку робочих поверхонь сошника діють елементарні зусилля  $dP$ , котрі доцільно розкласти на три взаємно перпендикулярні складові.

Крім того, саме під дією цих сил відбувається зношення і втрата початкової геометрії наральника. Максимальному зношуванню під дією встановлених сил підлягає носок, переднім елементом якого є ріжуча кромка.

Відокремлена від моноліту частина ґрунту переміщується по лобовій передній поверхні сошника. В горизонтальній проекції ця поверхня має деякий розвиток. Задача лобової поверхні в роботі сошника полягає в підйомі і зсуву в сторони відділеної частини ґрунту. В результаті цього утворюється борозна для послідуєчого внесення насіння, що висівається.

Як видно із епюри напружень (див. рис. 2.2), на передню лобову поверхню наральника діють зусилля, які поступово знижуються по мірі зменшення глибини борозни.

По аналогії з ріжучою кромкою виділимо на передній лобовій поверхні елементарну площадку (рис. 2.4).

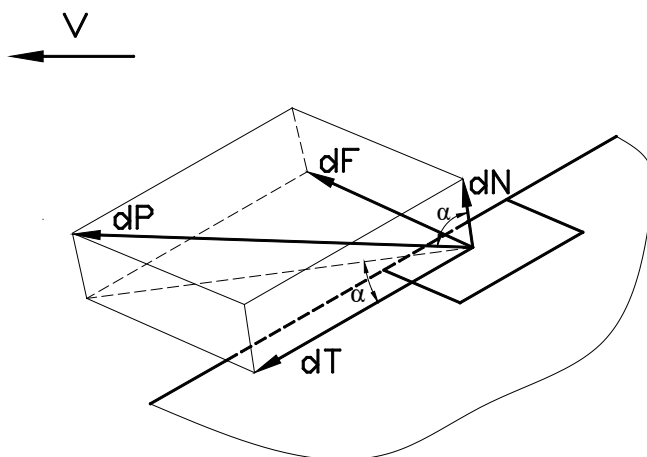


Рисунок 2.4 - Елементарна площадка лобової (передньої) поверхні сошника і зусилля, які прикладаються до неї

Елементарну силу  $dP$  розкладемо на три взаємно перпендикулярні напрямки: нормальний, тангенціальний і перпендикулярний до тангенціального в площині поверхні лобової поверхні наральника.

Потрібно відмітити, що на даній ділянці (до нижньої точки кріплення) лобова поверхня представляє собою циліндр. Зусилля уздовж твірної циліндра рівномірно лінійно спадає від максимального значення на межі, що граничить з ріжучою кромкою, до мінімального (нульового) в нижній точці кріплення наральника. Елементарну силу  $dP$  розкладемо на три взаємно перпендикулярні напрямки: нормальний, тангенціальний і перпендикулярний до тангенціального в площині поверхні лобової поверхні наральника.

Таким чином, проведеними дослідженнями встановлені функціональні залежності між зусиллями, які діють на робочі поверхні сошника і його геометричними параметрами. Отримані результати можна використовувати для визначення тягового опору наральникового сошника та для аналізу умов стійкості заглиблення при його переміщенні у ґрунті.

## 2.2 Визначення тягового опору наральникового сошника

В процесі роботи на робочі поверхні наральникового сошника діють різноманітні зусилля (див. рис.2.2). В результаті такої взаємодії з ґрунтом змінюється його стан і утворюється борозна, в яку направляється насіння, що висівається.

З позиції енергетичних затрат на виконання технологічної операції по утворенню борозни важливим є визначення загального тягового опору переміщенню сошника. Вектор направлення тягового опору сошника співпадає з направленням швидкості його переміщенню, а модуль визначається сумою:

$$P = P_p + P_l + P_m + P_\delta, \quad (2.9)$$

де  $P_p$  – опір на ріжучій кромці;

$P_l$  – опір лобовій поверхні;

$P_m$  – опір тильної (задньої) поверхні.

$P_\delta$  – опір бокових поверхонь розгалужень сошника.

Складові суми можна знайти виходячи із епюр навантаження робочих поверхонь (рис. 2.2). Однак слід зауважити, що бокові поверхні розширення в реальних конструкціях наральників мають незначні величини кутів  $\gamma$  відносно вектора швидкості  $V$ . Тобто на бокових поверхнях кут різання набагато перебільшує кут тертя  $\varphi$

$$90 - \gamma \gg \varphi, \quad (2.10)$$

що викликає ковзання ґрунту уздовж поверхні при малих навантаженнях, якими можна знехтувати.

Опір руху наральника від тильної поверхні визначається сумарною силою  $P_m$ , яка розраховується із рівняння (2.8)

$$P_m = \sigma_0 \cdot h \cdot \sin \beta_m \int_{l_m=0}^{l_m=c_m} \frac{c_m - \frac{n-1}{n} l_m}{c_m} dl_m. \quad (2.11)$$

Враховуючи, що розв'язком інтегралу є рівняння (2.8), можна записати

$$P_m = \sigma_0 \cdot h \cdot \sin \beta_m \frac{c_m}{2n} (n+1). \quad (2.12)$$

Таким чином, загальне зусилля опору руху наральникового сошника як сума складових (2.9), визначається рівнянням

$$P = \sigma_0 \cdot R \cdot \rho \cdot \cos \gamma (\cos \beta_l + \cos \beta_m) + \frac{1}{2} \sigma_0 \cdot \sin \beta_l \cdot R \cdot \cos \gamma \cdot c_l + \frac{1}{2} \sigma_0 \cdot h \cdot \sin \beta_m \cdot c_m \frac{n+1}{n} \quad (2.13)$$

Встановлено, що загальний тяговий опір руху включає три складових. Вклад кожної з них в загальне значення неоднаковий. Аналіз їх розподілу представляє науковий інтерес для пошуку шляхів зниження зусиль і підвищення довговічності сошників.

Для проведення аналізу співвідношень зусиль, діючих на окремі частини робочих поверхонь, в рівняння (2.13) в якості прикладу підставлені відповідні значення геометричних параметрів серійних сошників, які попрацювали деякий період (~10га) і мали відповідні зміни геометричної форми в результаті зношення. Параметри сошника після вказаного напрацювання становили:

- радіус закруглення лобової поверхні  $R=20\text{мм}$ ;
- радіус затуплення ріжучої кромки  $\rho=0,1\text{мм}$ ;
- кут нахилу лобової поверхні  $\beta_l=35^\circ$ ;
- кут нахилу тильної поверхні  $\beta_m=5^\circ$ ;
- довжина лобової поверхні  $c_l=20\text{мм}$ ;
- товщина наральника  $h=8\text{мм}$ ;
- довжина тильної поверхні  $c_m=20\text{мм}$ ;
- кратність зниження напружень на тильній поверхні  $n=1$ .

Підставляючи отримані дані в рівняння (2.49) при середньому граничному напруженні руйнування ґрунту  $\sigma_0=0,5 \text{ Н/мм}^2$  [12] отримані співставлення розподілу зусиль. Аналіз показує, що в основному на 65% зусилля опору обумовлюються взаємодією ґрунту з лобовою поверхнею сошника. Тобто основні енергетичні витрати йдуть не стільки на роз'єднання моноліту ґрунту ріжучою кромкою (2%), а в більшому ступені на підйом і рихлення його лобовою поверхнею. Приблизно в два рази менших зусиль (33%) витрачається на взаємодію тильної задньої поверхні сошника з ґрунтом.

Ця енергія іде на ущільнення ґрунту. Слід відмітити, що отримані значення розподілу тягових зусиль безумовно характеризують силовий вплив ґрунту на сошник, однак сам розподіл і співвідношення зусиль залежить від стану сошника і його геометричних параметрів.

Незважаючи на відносно незначне зусилля на ріжучій кромці порівняно з іншими робочими поверхнями вона, як показує досвід, зношується найбільш інтенсивно. Пояснити це для наральникового сошника можна тим, що процес зношування обумовлюється не силою, а тиском середовища ґрунту, який діє на поверхню тертя. І враховуючи, що площа ріжучої кромки незначна порівняно з лобовою поверхнею, тиск на ріжучу кромку на порядок більший чим на лобову поверхню, він і сприяє більш інтенсивному зношуванню.

### 2.3 Вплив зміни параметрів при зношуванні сошника на стабільність його ходу по глибині

Стабільність ходу сошника по глибині залежить від вертикальних складових зусиль, що діють на нього при переміщенні в ґрунті. Тільки довжина лобової (передньої) поверхні при зношуванні лінійно зменшується, внаслідок чого знижуються і зусилля заглиблення. Наскільки швидко відбувається цей процес залежить від інших параметрів, які входять в праву частину нерівності.

На рис. 2.5 представлений графік зміни зусилля заглиблення від робочої довжини лобової поверхні. Кут нахилу залежності визначається поєднанням міцнісних характеристик ґрунту  $\sigma_0$  і геометричних параметрів наральникового сошника: перш за все таких як кут нахилу лобової поверхні  $\beta_l$  і радіуса її закруглення  $R$ .

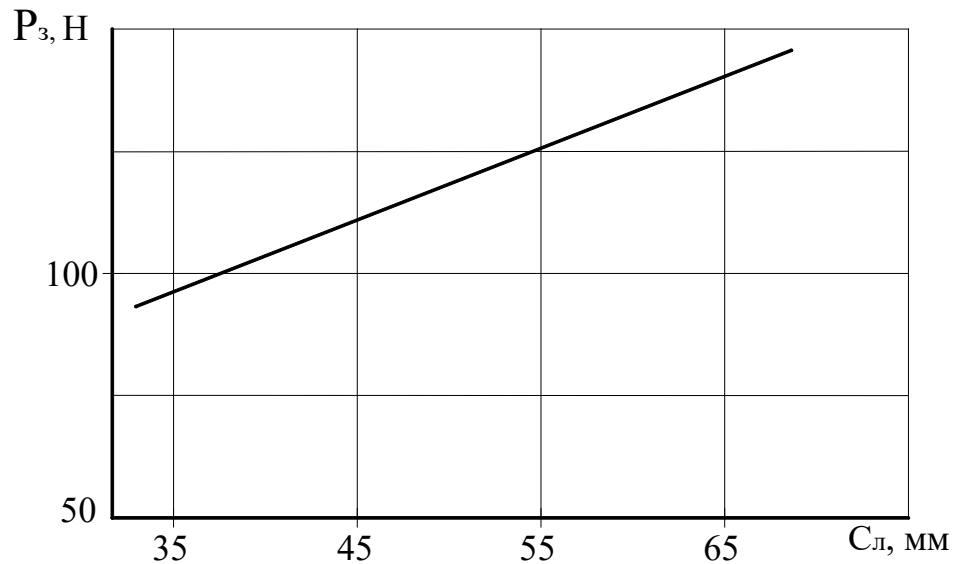


Рисунок 2.5 - Зміна заглиблюючої сили від довжини лобової передньої поверхні сошника ( $\sigma_0=0,5\text{Н/мм}^2$ ;  $\beta_l=35^\circ$ ;  $R=20\text{мм}$ ;  $\gamma=10^\circ$ )

На виглиблюючу силу  $P_B$  впливає більша кількість параметрів сошника, які змінюються в процесі його роботи і зношування. Саме як результат зношування наральника, з'являється тильна задня поверхня, котра характеризується довжиною  $s_m$  і кутом направленості по відношенню до вектора швидкості руху сошника  $\beta_m$ . Надає вплив також і відношення напружень на протилежних кінцях тильної поверхні, яке виражається кратністю  $n$ .

Вплив кожного із цих факторів представлено у вигляді графічних залежностей на рис. 2.6.

Отримані залежності показують, що при збільшенні довжини тильної поверхні і кута її орієнтації по відношенню до вектора швидкості руху сошника виглиблююча сила зростає. Причому збільшення довжини тильної поверхні в більшому ступені приводить до росту виглиблюючої сили, чим зростання кута  $\beta_m$ . В той же час відношення напружень на границі тильної поверхні з ріжучою кромкою до напружень на протилежному кінці тильної поверхні показують, що зі збільшенням цього відношення зусилля виглиблення зменшується.

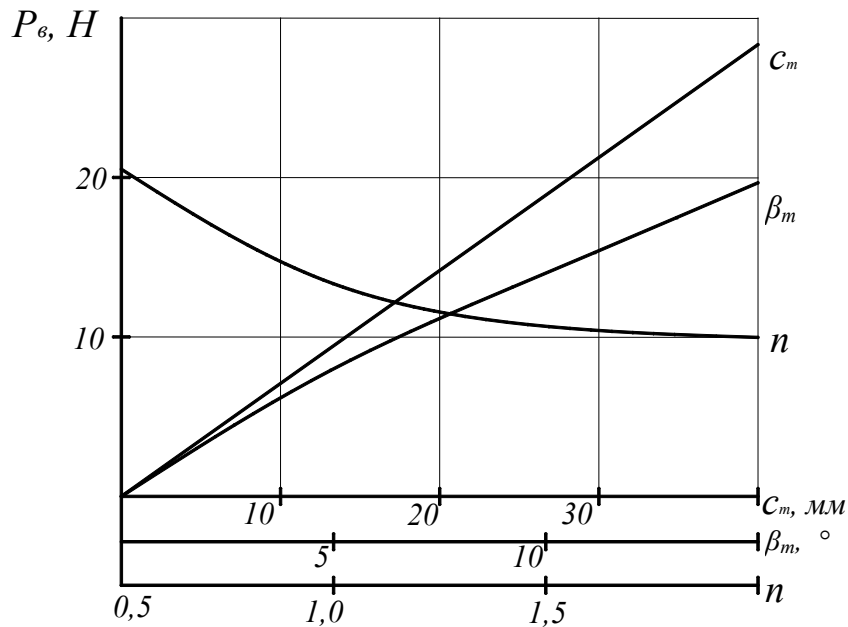


Рисунок 2.6 - Зміна виглиблюючої сили в залежності від зміни параметрів тильної (задньої) поверхні сошника при його зношуванні ( $h=8\text{мм}$ ;  $\sigma_0=0,5\text{Н/мм}^2$ )

Співставлення графіка заглиблюючої сили  $P_z$  (рис. 2.5) з графіками для виглиблюючої сили  $P_g$  (рис. 2.6) показують, що між цими зусиллями в основному зберігається різниця на користь заглиблюючої сили. Тобто на наральник діє деяка залишкова сила, яка заглиблює його в ґрунт. По мірі зношування наральника величина цієї сили постійно зменшується, що викликає зниження стійкості його ходу по глибині руху в ґрунті. Лише при самому несприятливому поєднанні параметрів тильної задньої поверхні можливе отримання близьких по величині значень заглиблюючої і виглиблюючої сил. В цьому малоімовірному випадку сошник при русі в ґрунті в вертикальній площині знаходиться практично в байдужій рівновазі, що, безумовно, негативно позначиться на стійкості його ходу.

Усунення цього недоліку можливо шляхом підвищення довговічності наральникового сошника і надання його ріжучій кромці такої форми, яка б сприяла утриманню від переміщень в вертикальному напрямку.

## 2.4 Обґрунтування параметрів зміцнення наральникових сошників

Точність висіву по глибині внесення насіння в ґрунт залежить від стабільності ходу сошників в вертикальній площині. Як встановлено вище, зусилля, які визначають стабільність ходу, залежать від співвідношення заглиблюючої і виглиблюючої сил. Із зношуванням сошників це відношення змінюється на користь виглиблюючої сили, що приводить до зниження рівномірності висіву по глибині.

Для утримання заданих характеристик посіву і підвищення довговічності сошників необхідно проведення зміцнення їх відповідальних робочих поверхонь, які швидко зношуються.

До параметрів зміцнення для такої складної просторової конструкції, якою є наральниковий сошник, відносяться зносостійкість матеріалу зміцнення, котра повинна бути вибрана з врахуванням зносостійких властивостей матеріалу основи, а також схема нанесення покриття, з її не лише зношувальними, але й геометричними характеристиками. Саме від поєднання цих параметрів залежить формування при зношуванні тих або інших геометричних форм і, як наслідок – роботоздатність робочих поверхонь наральників.

Робочу поверхню ріжучої кромки при локальному зміцненні можна представити у вигляді окремих ділянок, яким характерні різні зносостійкі властивості.

Зношування можна розглядати як деякий накопичувальний процес зміни первинної форми деталі. Предметно для ріжучої кромки наральника, як до найбільш зношеного елемента конструкції, можна запропонувати наступну схему зміни геометрії. При локальному зміцненні окремих ділянок (рис. 2.7) зношування відбувається нерівномірно.

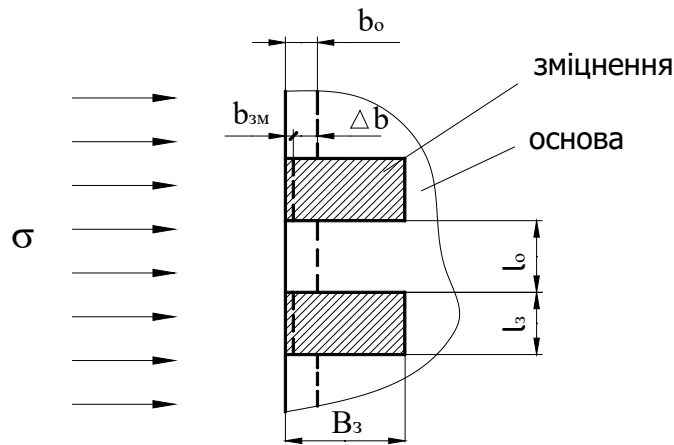


Рисунок 2.7 - Схема зношування ріжучої кромки наральника з локальними ділянками зміцнення

Припустимо, що в деякому проміжному стані в процесі зношування лезо наральника в плані представляє собою ступінчасту лінію (рис. 2.7, пунктир). Вона утворюється за деякий проміжок часу роботи  $t$ . Лінія ріжучої кромки переміститься в тіло деталі на зміцнених ділянках на величину  $b_{зм}$ , а на ділянках основи, де матеріал менш зносостійкий, на величину  $b_0$ . В наслідок різниці в зносостійкостях матеріалів, в процесі зношування утворюються виступаючі ділянки зміцнення  $\Delta b$ , величини яких по мірі зношування будуть збільшуватися

$$b_0 > b_{зм} \quad (2.14)$$

Величина виступу стає тим більша, чим вища зносостійкість матеріалу зміцнення і чим довше працює і зношується наральник. Виступаюча частина, яка представляє собою консоль, не може зростати нескінченно. Вона сформована із зносостійкого, але, як правило, крихкого матеріалу і під дією зусиль різання схильна до сколювання, а значить викришування зносостійкого локального шару. Таким чином, процес зростання виступаючих локальних ділянок зміцнення повинен бути регульованим і обмеженим граничною величиною виступу  $\Delta b_{гр}$ .

Зношування матеріалу основи може бути описано відомим рівнянням втрати маси матеріалу в залежності від часу, умов зношування і зносостійких властивостей матеріалу [14].

$$\Delta m = \sigma \cdot k_0 \cdot V \cdot \Delta t, \quad (2.15)$$

де  $\Delta m$  – втрата маси матеріалу;

$\sigma$  – напруження від зусиль, що діють на поверхню тертя;

$V$  – швидкість відносного переміщення середовища, що зношує по поверхні деталі;

$\Delta t$  – відрізок часу, за який відбувається зношування;

$k_0$  – коефіцієнт, який характеризує умови зношування і зносостійкі властивості матеріалу основи.

Прийнявши, що довжина ділянки основного шару дорівнює величині  $l_0$ , а його товщина (висота) –  $h_0$ , рівняння (2.15) можна записати у вигляді

$$j_0 \cdot h_0 \cdot l_0 \cdot \Delta b_0 = k_0 \cdot \sigma \cdot V \cdot \Delta t, \quad (2.16)$$

де  $j_0$  – питома маса (густина) матеріалу основи.

Переходячи від приростів до похідної

$$\lim_{\Delta t \rightarrow 0} \frac{\Delta b_0}{\Delta t} = \frac{db}{dt}, \quad (2.17)$$

запишемо

$$j_0 \cdot h_0 \cdot l_0 \cdot db_0 = k_0 \cdot \sigma \cdot V \cdot dt. \quad (2.18)$$

Або вирішуючи це диференціальне рівняння відносно змінних, що розділяються, після перетворень, маємо

$$b_0 = \frac{k_0 \cdot \sigma \cdot V}{j_0 \cdot h_0 \cdot l_0} t \quad (2.19)$$

Для встановлення принципів взаємозв'язків між параметрами зношення наральника і характеристиками протікання процесу проведемо якісний аналіз встановленої залежності. Якщо прийняти, що швидкість відносного переміщення ґрунту по поверхні наральника при терті дорівнює швидкості руху сівалки, то рівняння (2.19) можна переписати у вигляді:

$$b_0 = \frac{k_0 \cdot \sigma}{j_0 \cdot h_0 \cdot l_0} S_n \quad (2.20)$$

де  $S_n$  – шлях пройдений наральником при виконанні посіву.

Враховуючи, що шлях наральника дорівнює

$$S_n = V \cdot t = \frac{Q}{E}, \quad (2.21)$$

де  $Q$  – наробіток (площа поля, яка засівається за допомогою наральника);  $E$  – ширина захвату наральника, рівняння (2.20) представляється в кінцевому вигляді

$$b_0 = \frac{k_0 \cdot \sigma}{j_0 \cdot h_0 \cdot l_0 \cdot E} Q. \quad (2.22)$$

Тобто, при прийнятих допущеннях між зношенням у глибину деталі і наробітком наральника встановлено лінійний зв'язок. Графічно це представлено на рис. 2.8 (залежність 1). Кут нахилу прямої визначається експлуатаційними параметрами наральника і зносостійкими властивостями матеріалу основи.

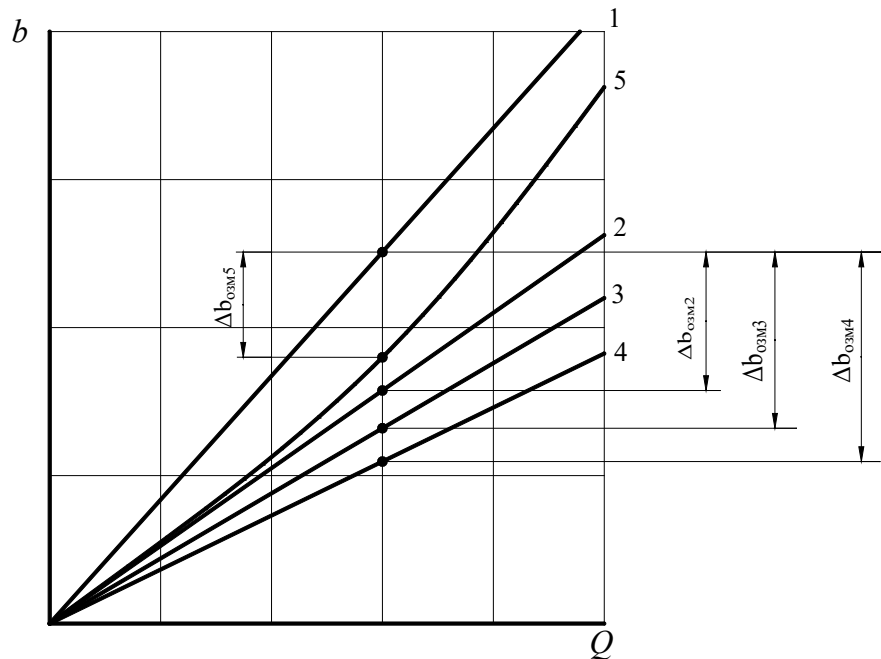


Рисунок 2.8 - Динаміка утворення виступаючих ділянок локально зміцненої ріжучої кромки наральника:

- 1 – матеріал основи;
- 2, 3, 4 – матеріал зміцнення різної зносостійкості і постійної товщини нанесеного шару;
- 5 – матеріал зміцнення змінної керованої товщини шару.

У випадку локального зміцнення окремих ділянок ріжучої кромки процес зношування описується так як і для матеріалу основи, з тою лише особливістю, що внаслідок більш зносостійких властивостей матеріалу зміцнення його зношування буде проходити повільніше і, як наслідок, лінійний знос також уповільниться (рис. 2.11, залежності 2, 3, 4). Причому, чим більш зносостійкий матеріал зміцнення, тим менший кут нахилу залежності відносно горизонтальної осі. Відповідно різниця у величинах зношення, яка формує виступаючу частину зуба зростає

$$\Delta b_{озм4} > \Delta b_{озм3} > \Delta b_{озм2}, \quad (2.23)$$

де

$$\begin{aligned} \Delta b_{озм4} &= b_o - b_{зм4}; \\ \Delta b_{озм3} &= b_o - b_{зм3}; \\ \Delta b_{озм2} &= b_o - b_{зм2}. \end{aligned} \quad (2.24)$$

Звертає на себе увагу ще й той факт, що зі збільшенням наробітку виступаюча частина наплавлення також постійно збільшується. Тобто, різниця  $\Delta b = b_o - b_i$  по мірі зношування зростає і є функцією наробітку  $\Delta b = f(Q)$ .

Для виключення сколу виступаючого зуба із твердого і крихкого матеріалу необхідно ввести можливість управління інтенсивністю зношування наплавлених ділянок, щоб стабілізувати величину виступаючого зуба.

Керувати зношуванням можна за рахунок зміни зносостійких властивостей матеріалу [5] або застосуванням спеціальної термічної обробки [15]. Але як перший, так і другий спосіб для практичної реалізації в даному випадку достатньо складний. Можлива спроба регулювати величину виступу так, щоб він не перевищував деяку кінцеву величину з врахуванням зносостійких властивостей наплавлю шляхом зміни товщини зміцнюючого шару.

## Висновки до другого розділу

Дослідженнями взаємодії наральникового сошника з ґрунтом і їх зношуванням в процесі роботи встановлено:

1. Зношування на робочих поверхнях розподіляється нерівномірно. Найбільш інтенсивно воно протікає на ріжучій кромці з поступовим зменшенням при переході її в передню лобову і задню тильну поверхні.

2. З достатньою для практичних цілей точністю інтенсивність зношення сошників, що працюють при взаємодії з ґрунтом, може бути прийнята пропорційною навантаженням, які діють на робочі поверхні.

3. Найбільший опір переміщенню сошника в ґрунті створює передня лобова поверхня, але найбільші напруження від зусиль виникають на ріжучій кромці, яка і має саму високу інтенсивність спрацювання.

4. Стабільність ходу сошника по глибині посівного шару ґрунту залежить від співвідношення вертикальних складових сил, що діють на передню і тильну робочі поверхні. По мірі зношення сошника зменшується не тільки глибина загортання насінин, але і стабільність ходу сошника.

## 3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

### 3.1 Програма експериментальних досліджень

Програма досліджень включає комплекс необхідних робіт по підтвердженню теоретичних положень і проведенню необхідних експериментів спрямованих на підвищення ефективності роботи і довговічності наральникових сошників. Передбачається виявлення впливу конструктивних змін сошників, матеріалу зміцнення і технології нанесення покриттів на динаміку спрацювання і довговічність наральникових робочих органів сівалок. В зв'язку з цим планується проведення лабораторних і польових досліджень в реальних умовах експлуатації.

При проведенні експериментальних робіт необхідно вивчити і встановити:

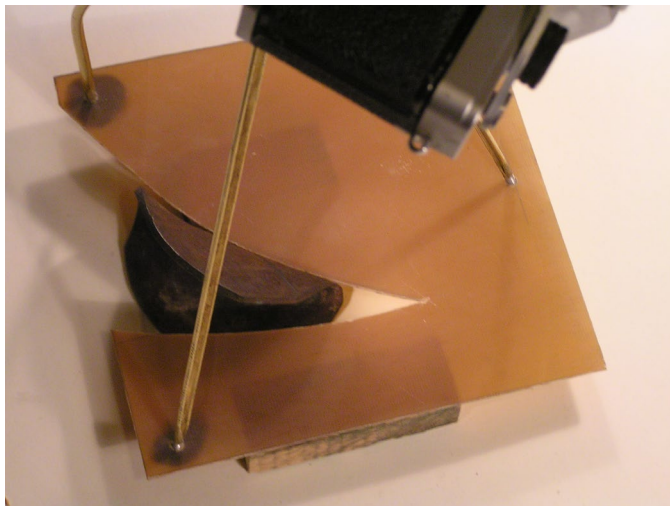
1. Характерні особливості зміни геометрії робочої частини наральників, які виготовлені із однорідного матеріалу без зміцнення робочих поверхонь.
2. Особливості зношування зміцнених експериментальних сошників при застосуванні різних по зносостійкості матеріалів основи і наплавленого шару.
3. Оцінити енергетичні і якісні показники роботи експериментальних сошників.
4. Дослідити ефективність стабілізації та керованості зношування зміцнених сошників.
5. Виявити ступінь підвищення довговічності сошників при нанесенні зміцнюючих наплавів або використанні відповідних технологій зміцнення.

При проведенні польових досліджень попередньо конкретизуються і фіксуються умови проведення дослідів, а також дається оцінка стану поверхневого шару ґрунту.

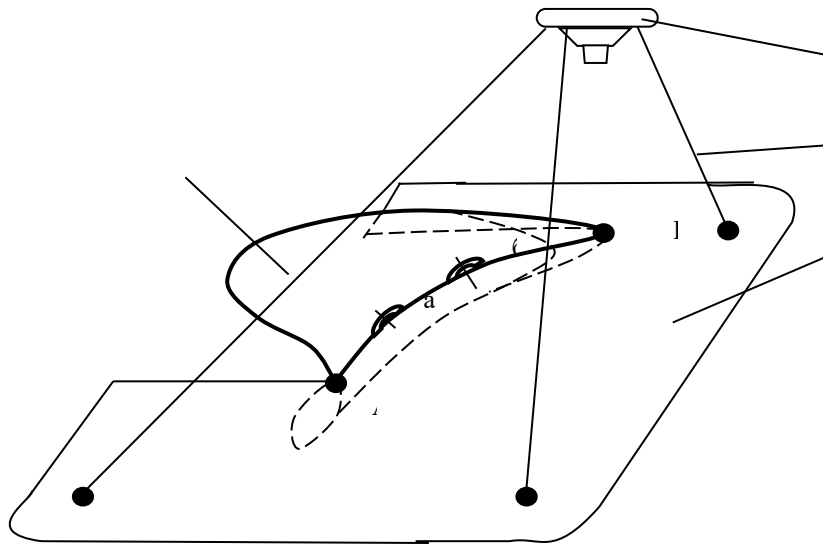
### 3.2 Методика визначення параметрів зношування наральникових сошників

Причини втрати роботоздатності наральникових сошників визначаються шляхом досліджень зміни їх геометричних параметрів при зношуванні і статистичним аналізом потоку відмов при аварійних пошкодженнях. Науковий і практичний інтерес представляють дослідження стану поверхонь тертя для виявлення виду зношування, а також вивчення деформування і руйнування деталей у випадках аварійних пошкоджень і відмов при зіткненні з твердими включеннями, які можливі в ґрунті.

Оцінка геометричних параметрів наральників можлива шляхом використання спеціально розробленого пристосування (рис.3.1). Пристосування представляє собою основу  $1$ , в якій вирізане дзеркальне відображення лобової поверхні нового (незношеного) наральника. Відображенням профілю є лінія А-Б. Наральник  $2$  базується по цій лінії з використанням фіксуючих точок  $a$  і  $b$ , які відповідають місцям його кріплення до стійки сошника. Таким чином, шаблон пристосування повинен щільно прилягати до лобової поверхні наральника, співпадати по точкам його кріплення і знаходитись в площині симетрії. Шаблон копіює лобову і задню поверхню нового (незношеного) сошника.



а)



б)

Рисунок 3.1 - Пристосування для визначення параметрів зношування  
наральника: а) загальний вигляд; б) схема;

- 1 – основа (шаблон);
- 2 – наральник;
- 3 – стійка;
- 4 – фотокамера.

Як правило поверхні зношування мають складну геометричну форму, кількісна оцінка якої завжди представляє суттєву складність [4]. В той же час, безпосередньо геометрія робочих органів визначає ефективність їх роботи. Тому раніше розроблені різноманітні вагові і об'ємні методи вимірювання зношування для таких цілей не можуть вважатись досконалими.

Для проведення досліджень використовується партія експериментальних наральників в кількості не менше 5 шт. кожного виду зміцнення. Це дозволить отримати достовірні середньостатистичні дані про характер і розподілення зношення на робочих поверхнях [5].

Вивчення динаміки зношування відбувається шляхом фіксації зміни профілів через кожні 3...6 га напрацювання окремим наральником.

Під час використання пристосування важливо кожен раз однозначно правильно орієнтувати шаблон відносно профіля сошника.

До основи пристосування змонтовані три стійки (3), на яких прикріплена фотокамера (4). За допомогою камери можна фіксувати профіль робочої частини наральника в різних стадіях його зношування. Причому на знімку можна зразу мати картину порівняння: профіль наральника до зношування (шаблон) і реальний профіль наральника який вимірюється (рис.3.2). Різниця між ними представляє епюру зношення, аналіз якої в подальшому використовується для визначення геометричних параметрів.

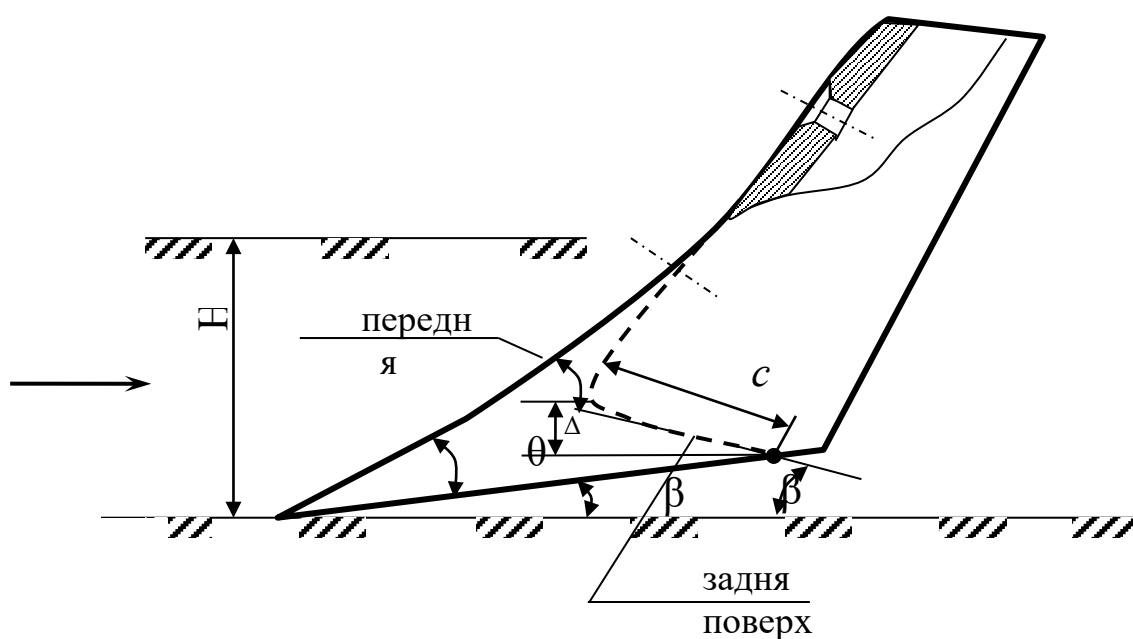


Рисунок 3.2 - Параметри вимірювання зношення наральникових сошників:

$\theta_0$  – початковий кут загострення;

$\theta$  – кут загострення;

$c_m$  – довжина задньої поверхні;

$\beta$  – кут встановлення наральника;

$\beta_m$  – кут нахилу задньої поверхні;

$H$  – глибина ходу сошника.

З метою отримання більш чіткого і контрастного зображення площина шаблона пофарбована в білий колір, а дно пристосування має чорний колір. Тоді зображення епюри зношування являє собою темні ділянки досліджуваного профілю.

Для аналізу розподілу зношення і кількісної оцінки величин параметрів отримані епюри за необхідністю можуть бути збільшені до 20 разів.

Такими параметрами, які кількісно характеризують знос наральника і впливають на його роботоздатність є глибина ходу сошника  $H$ , довжина задньої поверхні  $c_m$ , кут нахилу задньої поверхні  $\beta_m$  і кут загострення сошника  $\theta$  ( див. рис.3.2). Вони можуть бути визначені прямими вимірами вказаних параметрів на основі отриманих профілів нового і зношеного сошників.

Порівнюючи отримані дані з агро вимогами на проведення посівних робіт, встановлюється граничне значення зношування і вибраковочні параметри, по яким визначається наробіток на функціональну відмову сошників.

По отриманим зображенням представляється можливість побудови залежності зміни кута атаки ґрунтовою масою профілю сошника від глибини його ходу  $\alpha=f(H)$ . Це важлива залежність для визначення ефективності його роботи і якості виконання технологічного процесу сівби.

Побудови залежності  $\alpha=f(H)$  відкриває можливість отримання деяких параметрів розрахунковими методами. Так, зона ущільнення дна борозни по боковим сторонам наральникового сошника може бути визначена з рівняння:

$$\Delta H = c_m \cdot \sin \beta_m \quad (3.1)$$

Втрата глибини ходу сошника по найнижчим точкам задньої поверхні згідно побудов (рис.3.2) може бути визначена наступним чином

$$\Delta H_3 = c_Q \cdot \cos \beta, \quad (3.2)$$

де  $c_Q = c - c_{oc}$  - різниця між початковою довжиною задньої поверхні ( $c$ ) і залишку її довжини  $c_{oc}$  при зношуванні.

Так як глибина посіву визначається ходом середньої частини сошника в головній площині його симетрії (рис.3.2), то вона буде дорівнювати

$$H_Q = H - (\Delta H + \Delta H_3) \quad (3.3)$$

Або підставивши в рівняння (3.3) значення складових з рівнянь (3.1 і 3.2) отримаємо формулу для визначення глибини посіву з урахуванням ступеня зношення сошника

$$H_Q = H - [c_m \cdot \sin \beta_m + (c - c_{oc}) \cdot \cos \beta] \quad (3.4)$$

Складові формули такі як  $H$ ,  $c$  і  $\beta$  задаються параметрами сошникового робочого органу і умовами посіву. Інші складові  $c_m$ ,  $\beta_m$ ,  $c_{oc}$  визначаються в результаті вимірювань при аналізі зношування сошників.

Кут нахилу задньої поверхні можна розраховувати згідно формули:

$$\beta_m = 180^\circ - \alpha_m, \quad (3.5)$$

де  $\alpha_m$  – кут атаки задньої поверхні.

В порівнянні величин зношування зміцнених сошників і серійного - взятого за еталон, робиться висновок про можливе підвищення довговічності при нанесенні зносостійкого наплавлення чи використанні іншої технології зміцнення.

Матеріали і схеми нанесення покриттів зміцнення для проведення польових досліджень вибираються на підставі результатів теоретичних передумов. При цьому також враховуються особливості розподілу зносу для монометалічних серійних наральників. З метою створення конструкцій зміцнених робочих органів, які б зберігали геометричну роботоздатну форму на протязі довгого періоду експлуатації, матеріал зміцнення і схема розташування його ділянок розраховується згідно умов досягнення стабілізації геометричних параметрів.

### 3.3 Методика досліджень причин пошкоджень та втрати роботоздатності наральникових сошників

Причинами пошкоджень сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту, або прямого посіву можуть бути їх зношування або пошкодження при аварійних сутичках зі сторонніми предметами у ґрунті.

Аварійні пошкодження на полях України, які використовуються на протязі багатьох років не можуть вважатися типовими. Тому основним видом пошкоджень, яке має місце в реальному сільгоспвиробництві слід вважати зношування сошників.

Зношування відбувається під впливом контактної взаємодії сошників з ґрунтом. Ґрунт, як відомо, представляє собою складну субстанцію, яка може суттєво відрізнятися як за механічними властивостями, так і за хімічним та гранулометричним складами. В залежності від цього ґрунти розділяються на ряд

різноманітних видів. Але навіть в межах одного виду властивості ґрунтів, особливо фізико-механічні, сильно змінюються в залежності від щільності, вологості та інше.

На зношування робочих органів, які контактують з ґрунтом, суттєво впливає зміст твердих абразивних частинок і ступінь їх фіксації в самому ґрунті. Від цього залежить механіка контактної взаємодії частини з ґрунтом.

Для виявлення наслідків взаємодії ґрунту з наральником проводяться дослідження топографії поверхонь тертя (Х30). Аналіз проводиться на сошниках відпрацювавших свій ресурс і які мають значне зношення робочих поверхонь.

Аналіз стану поверхонь зношування полягає у виявленні дефектів поверхонь як мікроскопічних, так і макроскопічних. Типові поверхні зношування і пошкоджень фотографуються. По можливості дається кількісна оцінка ступеня пошкоджень (щільність дефектів). Особлива увага приділяється наявності подряпин, їх довжині і напрямку розташування.

По сукупності дефектів робиться висновок про домінуючий вид зношування, на підставі якого в подальшому вибираються перспективні матеріали для зміцнення сошників.

Для характерних ділянок зношування ведуться заміри мікротвердості матеріалу основи і зміцнення в перерізах спеціально приготовлених шліфів ділянок леза. Для цього використовується мікротвердомір ПМТ-3.

Оцінка стану профіля леза при зношенні для виявлення його параметрів і схильності до самозагострення проводиться за допомогою відомого метода зняття відбитків.

### 3.4 Методика енергетичної оцінки ефективності роботи сошників

Дослідження енергоємності процесу руйнування ґрунту сошниками проводяться в реальних умовах їх експлуатації. Для цього робиться вертикальний переріз ґрунту в який вводяться сошники, що досліджуються. Порівняльна оцінка проводиться для серійних і зміцнених сошників:

- серійний новий;
- серійний зношений до граничного стану;
- зміцнений із зубчастою формою робочих поверхонь.

Загальний вигляд зношеного серійного і одного зі зразків зміцненого наральникового сошника із зубчастою формою робочих поверхонь представлено на рис.3.3.

Енергетична оцінка виконується за допомогою приладу ВСВ-25 і розробленого до нього пристосування, загальний вигляд яких представлено на рис. 3.4.

Досліджуваний сошник 1 закріплюється на платформі 2 і за допомогою механізму подачі приладу ВСВ-25 підводиться до вертикального зрізу ґрунту. Попередньо прилад за допомогою спеціальних стержнів жорстко закріплюється до ґрунту.

При проведенні дослідження фіксуються два параметри: переміщення (заглиблення) сошника у ґрунт і зусилля, які виникають при цьому. Зусилля фіксуються індикатором приладу по показникам динамометричної ланки 3. Зіставляючи отримані дані з тарувальними значеннями зусиль визначаються їх величини. На підставі цього будуються залежності зміни зусиль від переміщення сошника  $P=f(S)$ . Досліди повторюються в кількості необхідній для отримання заданої точності (похибка не більше 15%). Кількість повторів встановлюється попередньою серією дослідів і статистичною їх обробкою з визначенням середньоарифметичних значень зусиль, середньоквадратичного їх відхилення і коефіцієнта варіації.



Рисунок 3.3 - Дослідні зразки наральників (наробіток 20га) для проведення енергетичної оцінки:  
а – серійний; б – зміцнений (зубчастої форми).

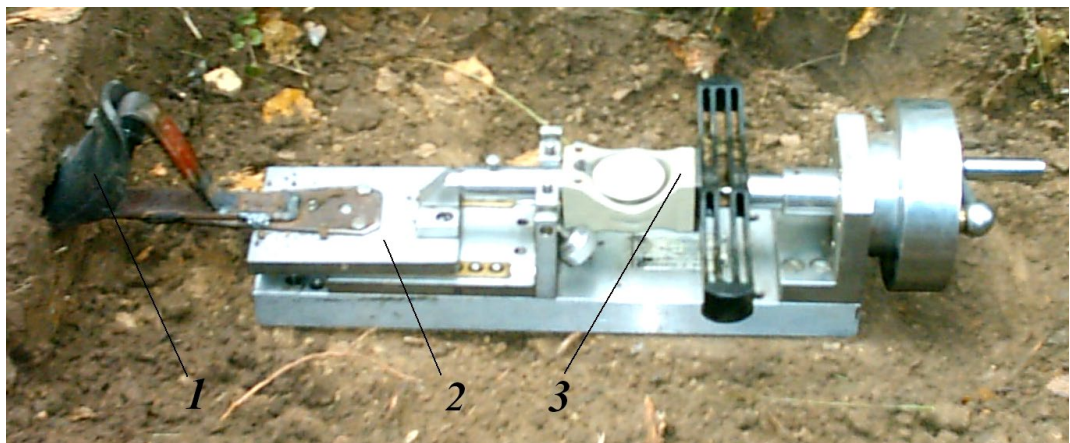


Рисунок 3.4 - Загальний вигляд приладу ВСВ-25 для енергетичної оцінки роботи наральникових сошників

Важливим показником роботи наральників є максимальне зусилля руйнування ґрунту, яке визначається при повному їх заглибленні. Співставлення цих зусиль для різних сошників (серійних і зміцнених) в різних стадіях їх зношення і формоутворення дає можливість виявлення енергетичних показників їх роботи.

#### Висновки до третього розділу

1. Розроблено методику визначення параметрів зношування наральникових сошників.
2. Розроблено методику досліджень причин пошкоджень та втрати роботоздатності наральникових сошників.
3. Розроблено методику енергетичної оцінки ефективності роботи сошників.
4. Розроблено методику польових випробувань експериментальних зміцнених наральників.
5. Розроблено методику визначення якості висіву за технологіями мінімального обробітку ґрунту.

## 4 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ І РОБОТОЗДАТНОСТІ СОШНИКІВ ЗЕРНОВИХ СІВАЛОК

### 4.1 Порівняльні дослідження динаміки зношування серійних та зміцнених сошників

Дослідження динаміки зношування, зміни форм і роботоздатності наральникових сошників проводились у Хмельницькій області при виконанні прямого посіву зернових культур у весняні і осінні періоди 2024-2025 років. Вологість ґрунту (чорнозему звичайного) складала 18% при середній твердості 5,6мПа. Глибина посіву (ходу сошника) встановлювалась згідно агрономогам 50мм, а швидкість руху сівалки дорівнювала  $V=7\text{км/год}$ .

Посівний агрегат складався з тягового засобу – трактора МТЗ-80 і сівалки прямого посіву СТС-2, на якій в 3 ряди встановлювались серійні і зміцнені наральникові сошники. Загальний вигляд посівного агрегату для проведення досліджень представлений на рис. 4.1.



Рисунок 4.1 - Посівний агрегат для проведення досліджень зі встановленими серійними і зміцненими сошниками

Наральниковий сошник має складну форму особливо передньої лобової поверхні, яка і обумовлює взаємодію робочого органу з ґрунтом що руйнується (рис. 4.2). Для загального аналізу ефективності роботи сошника, в тому числі і при зміні його геометричних параметрів, внаслідок зношування, достатньо розглянути динаміку зміни форми в проекції сошника на переріз головній площині симетрії.

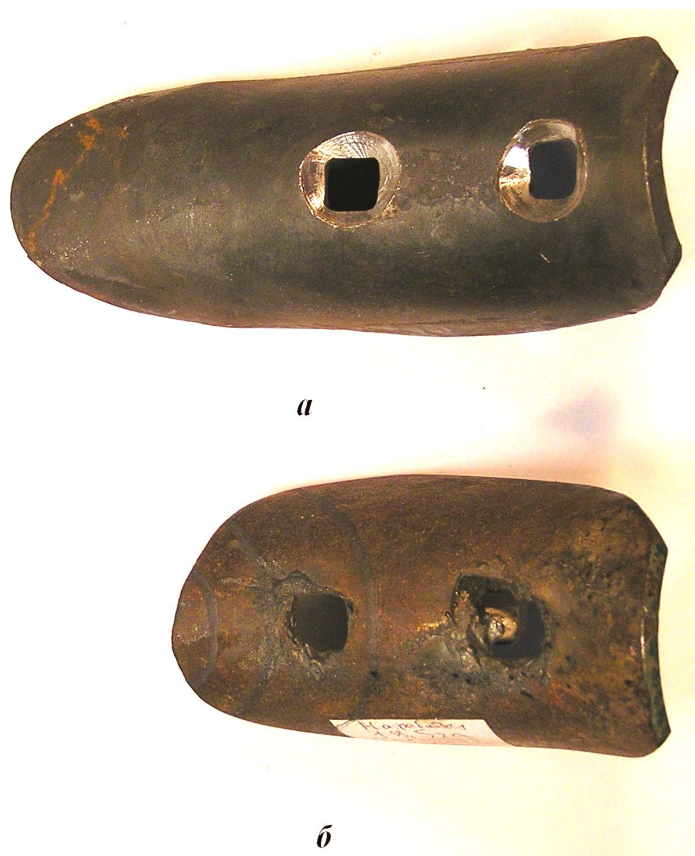


Рисунок 4.2 - Серійний наральник стерньової зернотукотрав'яної сівалки СТС-2:

а – новий; б – зношений (наробіток  $Q=18$ га).

Як встановлено при теоретичних дослідженнях, кількісно геометрія сошника може бути в достатній мірі описана наступними параметрами:

- кутом загострення –  $\theta$ ;
- довжиною задньої поверхні –  $c_m$ ;
- кутом нахилу задньої поверхні –  $\beta_m$ .

Зміна цих параметрів при зношенні сошника суттєво впливає на важливий технологічний параметр посіву - глибину загортання насінин у ґрунт  $H$ .

Початкова конструкція нового сошника вибрана таким чином, що забезпечує необхідне його заглиблення у ґрунт, а також переміщення з мінімальним тяговим опором при заданому ступені руйнування ґрунту. Це можливо при відповідному куті атаки  $\alpha$  робочої поверхні ґрунтом і зміні його в залежності від величини заглиблення  $H$ . Під кутом атаки розуміється кут між напрямком вектора швидкості переміщення сошника  $V$  і дотичної до розглядуваної точки його поверхні. Отримані дані характеризують реальну конструкцію сошника і показують перехід від закругленої його лобової поверхні до практично прямолінійної. Природно, що новий незношений загострений сошник не має кутів атаки близьких до  $90^0$  або які перевищують це значення. Його заглиблення  $H_n$  відповідає встановленій глибині ходу робочого органу.

В зв'язку з тим, що кут атаки складається з двох інших: кута загострення  $\theta$  і кута встановлення наральника  $\beta$ , то а кут встановлення є величиною сталою, то фактично отриманий графік (крива 1) відображає залежність зміни кута загострення від заглиблення поверхні сошника.

$$\alpha = \theta + \beta, \quad (4.1)$$

Тобто маємо функцію  $\theta=f(H)$  як головний і найбільш важливий параметр робочого органу, який суттєво впливає не тільки на тяговий опір, а і на ефективність руйнування поверхневого шару ґрунту. Проведеним дослідженням встановлено, що кут атаки нового сошника знаходиться у відносно невеликому діапазоні величин  $\alpha=48^0...35^0$ , які і обумовлюють позитивну дію заглиблюючої сили.

Аналіз зміни профілів серійного сошника в процесі роботи при зношуванні дозволив по результатам замірювань побудувати відповідні графіки. Динаміка зміни довжини задньої поверхні від наробітку показана на рис.4.3. Графік відображає нелінійність цього процесу. Причому з наростанням наробітку приріст довжини поверхні зменшується.

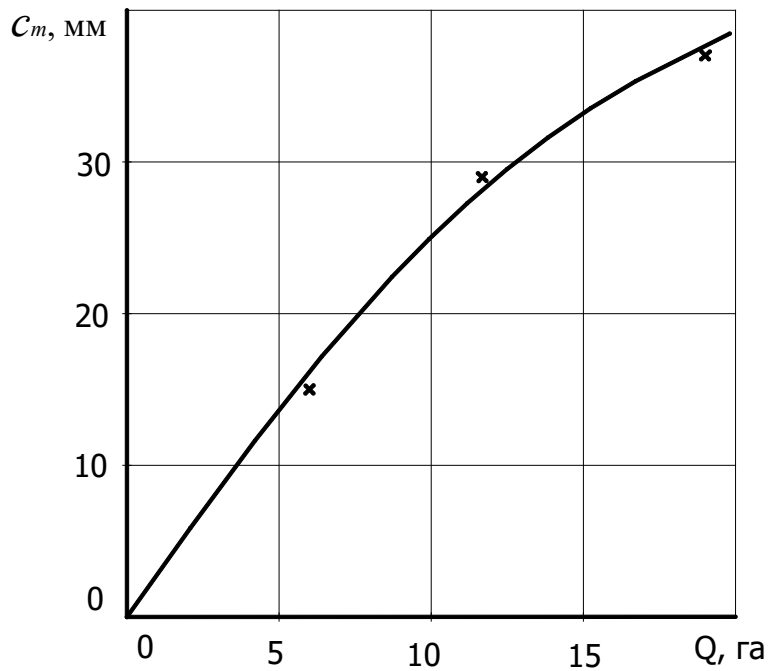


Рисунок 4.3 - Динаміка зміни довжини задньої поверхні сошника від наробітку

Кут нахилу задньої поверхні також зростає по мірі приросту наробітку (рис.4.4). В інтервалі малих наробітків  $Q=0\dots5$  га визначити кут нахилу не представляється можливим, оскільки важко встановити границю і відділити ріжучу кромку від задньої поверхні. Ця залежність має практично лінійний характер.

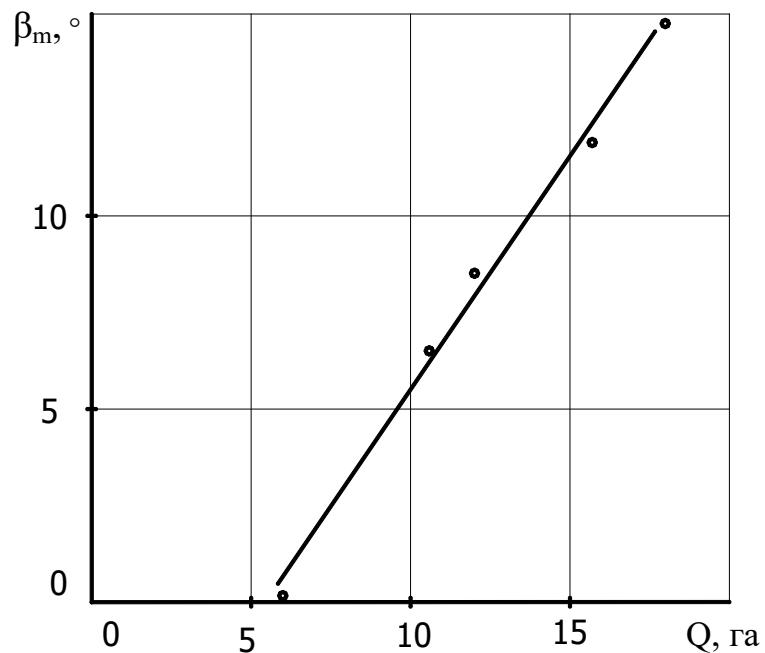


Рисунок 4.4 - Динаміка зміни кута нахилу задньої поверхні сошника від наробітку

В сукупності досліджені величини параметрів повністю характеризують задню поверхню і дають можливість оцінити негативний вплив виглиблюючого зусилля на роботу наральникового сошника.

Таким чином, наральниковий робочий орган, як і більшість ґрунтообробних знарядь, має складний рельєф зношування, обумовлений як чисто механічною абразивною формою спрацювання, так і окисно-механічною доповненою деформаційною дією при мікроударах поверхонь при зіткненні з твердими включеннями відносно невеликих розмірів.

#### 4.2 Визначення граничного зношування та довговічності сошників

Кількісна оцінка зміни геометричної форми наральника в процесі зношування зводиться до встановлення значень кута атаки, кута нахилу і довжини задньої поверхні при різних величинах напрацювань. Окремо і в комплексі ці параметри визначають працездатність і ефективність виконання процесу посіву.

Відхилення форми сошника від початкової, закладеної в його конструкцію, приводить до формування поступової функціональної відмови. При цьому постає питання про встановлення саме тих параметрів, граничні значення яких лімітують наробіток сошника на відмову.

Як показали попередні дослідження, на тяговий опір найбільший вплив має кут атаки. Збільшення довжини і кута нахилу тильної задньої поверхні приводить до зменшення зусиль заглиблення сошників. В комплексі під впливом цих параметрів, що залежать від ступеню спрацювання сошника, змінюється такий важливий показник посіву як глибина загортання насіння у ґрунт.

Залежності мають спадаючий характер з поступовим асимптотичним приближенням глибини посіву насіння до граничного його значення, обумовленого агротехнічними вимогами. Так, для зернових колосових культур мінімальна допустима глибина посіву повинна складати 30мм [12]. Вона і обумовлює граничне значення наробітку сошника до зняття його з експлуатації.






Всі варіанти зміцнення сошників незалежно від матеріалу і схеми нанесення покриттів привели до зниження інтенсивності їх спрацювання. Однак, при цьому отримані різні результати стосовно формування профілів і параметрів гостроти лез. Так, електродугове наплавлення електродом Т620 при верхньому нанесенні зміцнюючого шару (табл. 4.1, поз.1) показало, що товщина ріжучої кромки після наробітку  $Q=20$ га не перебільшує  $2\rho=1,2$  мм. При цьому очевидне формування стабільного відносно гострого леза, що вказує на наявність самозагострення другого роду.

Зміцнення цим же матеріалом, але при нижньому нанесенні зносостійкого шару (табл. 4.1, поз.2) знижує ефект самозагострення. Товщина леза при наробітку  $Q=20$ га дорівнює  $2\rho=1,35$  мм. Звертає увагу на себе те, що при нижній схемі нанесення зносостійкого матеріалу очевидна тенденція формування задньої тильної поверхні. Вона має округлу форму, переходячи плавно з матеріалу зміцнення до матеріалу основи.

Цей факт підтверджується і при нижньому зміцненні газополуменевим наплавленням зносостійкого гранульованого порошку ПГ-С1. Тильна поверхня профілю також має криволінійну плавну форму, більша частина якої повернена на зустріч руху і має негативний кут атаки. Це породжує реакцію вигиблення сошника з оброблюваного ґрунту. Отриманий результат ще раз переконливо свідчить про те, що самозагострення ефективніше проявляється коли зміцнюється поверхня, що менше зношується.

При зміцненні наплавленням ПГ-С1 стабілізація профіля лез менш ефективна (табл.4.1, поз. 3.4). Товщина ріжучої кромки в залежності від схеми нанесення покриття знаходиться в межах  $2\rho=1,55...1,65$  мм. Однак, як відмічалось, нижнє наплавлення призводить до появи тильної задньої поверхні в той час як верхня цього небажаного результату не дає.

Таблиця 4.1 - Формування профілів зміцнених лез наральників

Профіль леза	Технологія і матеріал зміцнення	Схема нанесення покриття	Твердість HRC	Товщина ріжучої кромки 2ρ, мм
 <p>1</p>	Електродугове наплавлення електродом Т620	верхнє	56	1,2
 <p>2</p>	Електродугове наплавлення електродом Т620	нижнє	56	1,35
 <p>3</p>	газополуменеве наплавлення ПГ-С1	нижнє	53	1,65
 <p>4</p>	газополуменеве наплавлення ПГ-С1	верхнє	53	1,55
 <p>5</p>	серійний сошник сталь 65Г	—	52	1,0

Таким чином, дослідженнями встановлено, що більш ефективною для формування роботоздатного профілю є наплавлення зносостійким шаром при верхньому його нанесенні. Менше зношування лез при вищій їх гостроті досягається електродуговим наплавленням електродами Т-620.

Результати досліджень твердості матеріалу основи і шару зміцнення представлені в табл. 4.2.

Таблиця 4.2 - Твердість матеріалів в зоні сплавлення

Матеріал леза наральника	Твердість наплаву, HRC	Твердість матеріалу основи, HRC
1. Сталь 65Г		33, 35, 29, 34
2. Наплавлення електродом Т620	55, 59, 52, 57	

З отриманих даних очевидно, що найбільшу твердість має матеріал наплаву. Середнє його значення складає 56 HRC. Матеріал основи має середню твердість 33HRC. Отримані дані твердості зміцнюючого шару та матеріалу основи наральника вказують на сприятливі умови формування роботоздатних профілів лез при домінуючому абразивному зношенні оброблюваним ґрунтом.

Додатковою перевагою такого зміцнення є його технологічність реалізації на простому обладнанні заводів-виробників посівної техніки, а також ремонтних майстерень господарств, що експлуатують сівалки.

Для порівняння в табл. 4.1, поз.5 приведений профіль серійного нового наральника із сталі 65Г. Товщина його ріжучої кромки дорівнює  $2\rho=1\text{мм}$ , що відповідає технічним умовам на виготовлення.

Найкращий результат серед зміцнених сошників, як з точки зору зниження зносу, так і формування роботоздатного керованого профілю, отримано для сошників з верхнім електродуговим наплавленням електродом Т620 (рис.4.5, крива 1). Зміцнення у вигляді нанесення трьох смуг зносостійкого шару дала

можливість формування зубчастої ріжучої кромки сошника, що сприяє кращому рихленню ґрунту і стабілізації його ходу по глибині (рис. 4.6, а).

Дослідженнями динаміки зношування цих сошників встановлено, що інтенсивність процесу в місцях зміцнення суттєво зменшується, хоча на незміцнених ділянках спостерігається інтенсивність близька до зношування серійних сошників із сталі 65Г. Однак, загальну роботоздатність сошників, зміцнених електродуговим наплавленням електродом Т620, визначають ділянки зміцнення. Тому на рис.4.5, крива 1 представлений графік характерний для ділянок зміцнення. Як видно з отриманої залежності, вона по характеру зміни глибини посіву від наробітку така ж, як і для серійних сошників з тою лише відмінністю, що спад кривої відбувається повільніше. Це підкреслює більш високу зносостійкість матеріалу наплаву.

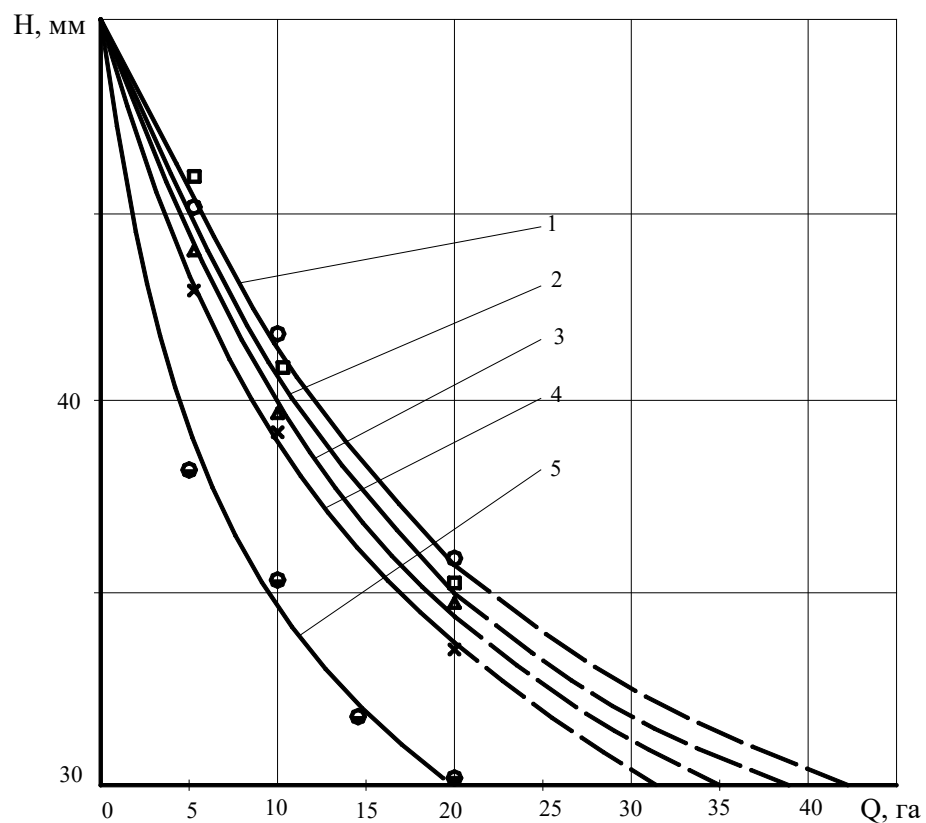


Рисунок 4.5 - Залежності зміни глибини посіву від наробітку сошників:  
1 – зміцненого електродуговим наплавленням електродом Т620 (зовнішнє наплавлення смугами);

2 – зміцненого електродуговим наплавленням електродом Т620 (внутрішнє наплавлення центральної смуги);

3 – зміцненого газополуменевим наплавленням порошку ПГ-С1 (зовнішнє суцільне наплавлення);

4 – зміцненого газополуменевим наплавленням порошку ПГ-С1 (внутрішнє суцільне по торцевій поверхні);

5 – серійного із сталі 65Г (термообробка ТВЧ на 52HRC).

Формування профілю ріжучої кромки з виступаючою ділянкою зміцнення спостерігається і при нижній схемі нанесення покриття електродуговим наплавленням електродом Т-620 (рис. 4.6, б). Однак, в даному випадку тільки одна смуга покриття формує один долотоподібний зуб в центральній частині нарального. Відповідно динаміка зміни глибини посіву від зношування сошників при цій схемі і матеріалу наплаву приведена на рис. 4.5, крива 2.



Рисунок 4.6 - Зміцнені наральники сівалки СТС-2:

а – верхнє електродугове наплавлення електродом Т-620;

б – нижнє електродугове наплавлення електродом Т-620

Як видно з отриманих даних, одна смуга зміцнення при нижньому розташуванні зменшує інтенсивність зношування, але поступається трьох-смуговому верхньому наплаві. Більш того, як показав аналіз, нижнє наплавлення дає більшу товщину ріжучої кромки, яка в зоні зміцнення набуває долотоподібної форми (рис.4.6, б).

Дослідження роботоздатності сошників проводились і для наплавлень при схемах зміцнення у вигляді безперервного нанесення покриття. Для таких наплавлень вибрані матеріали ПГ-С1, які наносились на зовнішню (рис. 4.7, а) і внутрішню (рис. 4.7, б) робочі поверхні наральника. Наральники з зовнішнім покриттям показали задовільну роботоздатність.



Рисунок 4.7 - Сошники сівалки СТС-2 зміцнені безперервним шаром наплавлю ПГ-С1: а – зовнішнє покриття; б – внутрішнє покриття.

Тому отримані залежності (див. рис. 4.5) встановлюють лише характерні закономірності зміни глибини посіву від напрацювання з можливістю екстраполяції даних в область подальшого розвитку динаміки зношування (показано пунктиром).

Виходячи з цього отримані можливі прогнозовані наробітки до функціональних відмов зміцнених сошників.

Дані екстраполяції прогнозованих граничних наробітків представлені в табл.4.3.

Таблиця 4.3 - Прогнозовані наробітки на відмову зміцнених наральникових сошників сівалки СТС-2

Матеріал зміцнення	Технологія зміцнення	Схема нанесення покриття	Прогнозовані й наробіток на відмову, га	Характерні особливості формоутворення
1.Електрод Т620	електродугове наплавлення	верхнє, окремими смугами	44	зубчасте лезо
2.Електрод Т620	електродугове наплавлення	нижнє, центральна смуга	38	виступаючий зуб
3. ПГ-С1	газополуменеве наплавлення	верхнє суцільне	35	рівномірне затуплення леза
4. ПГ-С1	газополуменеве наплавлення	нижнє по торцевій поверхні	32	збільшена товщина ріжучої кромки
5.Сталь65Г	—	—	20 (фактичний)	рівномірне затуплення леза

Відповідно до значень наробітків на відмову зміцнених і серійних наральників ступінь підвищення довговічності для видів і схем зміцнення складає:

- електродугове наплавлення електродом  
Т620 при верхній схемі нанесення – 2,2
- електродугове наплавлення електродом  
Т620 при нижній схемі нанесення – 1,9
- газополуменеве наплавлення ПГ-С1  
при верхньому нанесенні – 1,75
- газополуменеве наплавлення ПГ-С1 при  
нижньому нанесенні на торцеві поверхні – 1,6

Таким чином, найбільш суттєвий результат по підвищенню довговічності наральникових сошників отримано для верхнього електродугового наплавлення трьома смугами. При такому зміцненні крім підвищення довговічності у 2,2 рази порівняно з серійними сошниками досягається формування зубчастого леза, форма якого сприятиме кращому руйнуванню ґрунту і стабілізації ходу сошника в поверхневому посівному шарі поля.

#### 4.3 Енергетичні дослідження роботи сошників

Оцінка енергетичних показників роботи сошників виконувалась в реальних умовах їх експлуатації. Вимірювання зусиль проводились приладом ВСВ-25. В місці проведення досліджень ґрунт характеризувався наступними показниками:

- вид ґрунту – чорнозем звичайний;
- вологість – 18%;
- твердість – 5,0...5,7 мПа.

Метою проведення досліджень є встановлення енергетичних параметрів взаємодії як серійних, так і зміцнених сошників з ґрунтом в різних стадіях їх зношування.

Першим етапом вивчалась зміна зусиль від переміщення для серійного нового сошника.

Дослідженнями встановлена складна нелінійна залежність зміни зусилля опору від переміщення сошника в ґрунті. Вона показана на рис. 4.8 (крива 1).

Такий характер залежності може бути пояснений насамперед зростанням площі контакту сошника з ґрунтом при входженні сошника і процесом ущільнення ґрунту під його дією. Причому на початку іде інтенсивне нарощування зусилля опору з наступним його зменшенням і переходом до стабільного значення, обумовленого повним заглибленням сошника.

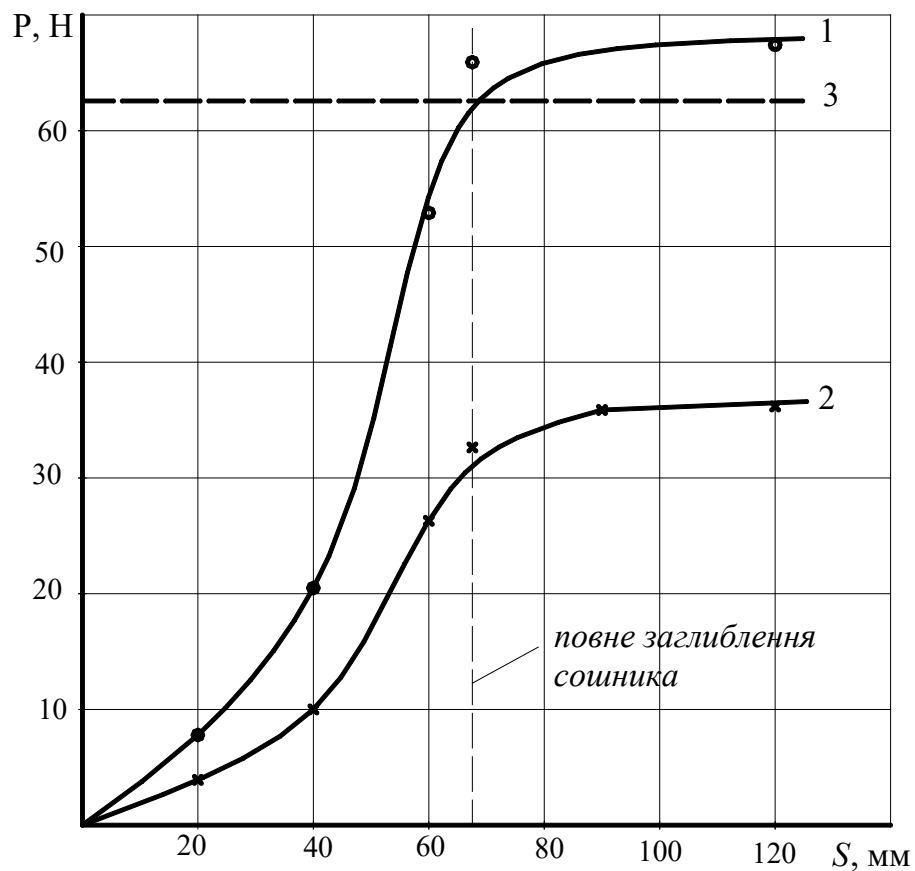


Рисунок 4.8 - Залежність зміни зусиль при переміщенні нового серійного наральникового сошника в ґрунті:

- 1 – зусилля опору -  $P$ ;
- 2 – зусилля заглиблення –  $P_{з/в}$ .
- 3 – зусилля опору (теоретичне).

Стабільне значення характеризує зусилля опору сошника при його переміщенні в ґрунті при встановленій глибині загортання насіння.

Такий характер залежності може бути пояснений насамперед зростанням площі контакту сошника з ґрунтом при входженні сошника і процесом ущільнення ґрунту під його дією.

Причому на початку іде інтенсивне нарощування зусилля опору з наступним його зменшенням і переходом до стабільного значення, обумовленого повним заглибленням сошника.

Стабільне значення характеризує зусилля опору сошника при його переміщенні в ґрунті при встановленій глибині загортання насіння.

#### Висновки до четвертого розділу

1. При зношенні сошників кут атаки робочих поверхонь ґрунтом, що руйнується, зміщується в область більших значень і для частини ріжучої кромки, а також утворюваної задньої поверхні досягає значень більших  $90^\circ$ .

2. Довжина задньої поверхні серійного наральникового сошника при зношенні зростає по нелінійному, а кут її нахилу по лінійному закону.

3. Лімітуючим параметром, який визначає довговічність наральникових сошників є наробіток на відмову. Для серійних сошників він складає біля 20 га.

4. При будь-яких матеріалах і схемах нанесення зміцнюючого покриття наробіток на відмову збільшується, але найбільш ефективним зміцненням є електродугове смугове наплавлення електродом Т620 передньої лобової поверхні.

5. Керування формою ріжучого леза наральника можливо при локальному зміцненню смугами зносостійкого матеріалу. Більш ефективна вона при верхній схемі нанесення покриття трьома смугами з кроком 15 мм і шириною смуги 10мм.

6. Утворення зубчастої форми леза сприяє кращому руйнуванню ґрунту і знижує тягове зусилля на переміщення наральникового сошника на 16%.

## 5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

### 5.1 Заходи по створенню безпечних і нешкідливих умов праці

До заходів, передбачених щодо покращення охорони праці при ремонті зернових сівалок відносяться:

1. Заходи по попередженню від нещасних випадків:
  - виготовити підставки для зернових сівалок;
  - встановити огороження на токарних верстатах;
  - встановити захисні кожухи на точильних верстатах.
2. Заходи по попередженню захворюваності при ремонті:
  - провести 100% медичний огляд працівників;
  - забезпечити робітників спецодягом і захисними засобами;
  - привести освітлення робочих місць до норми.
3. Заходи по покращенню умов праці:
  - обладнати кімнати з охорони праці;
  - придбати посібники для проведення якісного інструктажу;
  - проводити дні охорони праці;
  - проводити конкурси на кращі умови праці на робочих місцях.

### 5.2 Оцінка безпеки робочих місць на дільниці

Безпека праці в дільниці залежить від відповідності робочих місць вимогам техніки безпеки і виробничої санітарії.

В ДСТУ на основі стандартів розроблений перелік контролюючих критеріїв та відповідних їм елементів для оцінки безпеки робочих місць дільниці з ремонту сошників, які наведені в таблиці 5.1.

Виробничі, складські і допоміжні приміщення повинні задовольняти вимоги: „Будівельні норми і правила”, а також санітарним нормам проектування промислових підприємств.

Фарбування основних агрегатів обладнання повинно бути виконано в світло-сірих або світло-зелених кольорах.

Таблиця 5.1 - Перелік контролюючих критеріїв та відповідних їм елементів для оцінки безпеки робочих місць ділянки з ремонту сошників

Критерії	Контролюючі критерії	Нормативні показники безпеки, документи, схеми	Методи оцінки	Періодичність
1	2	3	4	5
Санітарні, естетичні вимоги до приміщення та планування робочих місць	Стан приміщення, зручність зони і фізичні навантаження при виконанні робіт. Безпечне розміщення обладнання і машин, що ремонтуються. Правильне кольорове забарвлення обладнання і приміщення	Стан приміщення ділянки, підлоги, безпека розміщення обладнання, оснастки, організація робочих місць, кольорове фарбування мають відповідати існуючим вимогам	Огляд , випробування	
Інструктажі і навчання працюючих	Наявність кутка і кабінету по техніці безпеки. Проведення інструктажів, щорічне навчання за спеціальними програмами. Навчання робочим інструкціям по їх професіях. Наявність посвідчення на право працювати за даним фахом	Типове положення про порядок проведення навчання з питань охорони праці на 2025 рік	Огляд	
Електробезпека	Надійність і	ПВЕ, ПТС, ПТБ,	Огляд	

	<p>справність заземлення, ізоляції і її стан. Забезпечення персоналу гумовими рукавицями і ковбиками.</p> <p>Позначення символів напруги у відповідності з ДСТУ 15148-95</p>	<p>«Правила влаштування електричного обладнання і споживачів.»</p> <p>«Правила технічної експлуатації електричного обладнання і споживачів.»</p> <p>«Правила техніки безпеки при обслуговуванні електричного обладнання</p>		
--	--	---	--	--

Продовження табл. 5.1

1	2	3	4	5
<p>Пожежна безпека</p>	<p>Знання правил попередження пожежі і вміння користуватися пожежним інвентарем. Відповідальна особа за пожежну безпеку.</p> <p>Настінні ілюстраційні положення з «Правил пожежної безпеки», вивішені телефонні номери пожежних команд.</p>	<p>Дільниця – категорія Д</p> <p>Наявність П.З.П, вогнегасник, пожежний щит</p>	<p>Огляд</p>	

Використання запобіжних засобів	Наявність і справність електронного захисту, наявність індивідуальних засобів при роботах, пов'язаних з виділенням шкідливих речовин, електроблокування при підйомних роботах	Використання технічних засобів безпеки, блокувальні пристрої, спецодяг	Огляд, випробування	
Попереджувальне фарбування та знаки безпеки	Наявність нормального попереджувального забарвлення обладнання, попереджувальні написи на робочих місцях	Повинні відповідати ДСТУ 15148-95 «кольорові сигнальні і знаки безпеки»	Огляд	
Вимоги виробничої санітарії	Рівень виробничого шуму, концентрація пилюки, освітленість при природному і штучному освітленні, відносна вологість і швидкість руху повітря в приміщенні	Відповідно СніТ: - вібрація не більше ніж при першій резонансній частоті 6-8Гц; - освітленість не менше 300лк; - температура 18-22 <sup>0</sup> С; - відносна вологість 40-60%;	Огляд	

### 5.3 Вимоги пожежної безпеки на дільниці

На даний час є два види пожежної охорони: професійна і добровільна.

Професійна пожежна охорона поділяється на воєнізовану (ВПО) і невоєнізовану (НПО), міністерство внутрішніх справ (МВС) і відомчу охорону інших міністерств і відомств. Головна роль в організації протипожежного захисту в господарствах належить районним інспекціям державного пожежного нагляду (ІДПН).

Керівництво ремонтного підприємства призначає людей які відповідають за протипожежний стан виробничих ділянок, а нагляд проводиться інженером з техніки безпеки.

Адміністративно-технічний персонал підприємства зобов'язаний забезпечити виконання протипожежних заходів, слідкувати за дотриманням норм і правил протипожежної охорони, проводити інструктаж з усіма працівниками на робочих місцях.

У приміщеннях ремонтного підприємства, гаражів, пунктів технічного обслуговування при виконанні деяких виробничих процесів, зберіганні техніки та різних матеріалів з порушенням правил і норм пожежної безпеки можуть викликати пожежо- та вибухонебезпечні ситуації.

У кожному ремонтному підприємстві повинні бути розроблені плани-схеми розміщення сільськогосподарських машин та інших технічних засобів механізації на спеціальних майданчиках, під навісами у боксах. Для всіх приміщень повинна бути визначена категорія вибухонебезпечних виробництв.

#### 5.4 Захист навколишнього середовища

З метою охорони навколишнього середовища від забруднення відходами з ремонтної бази необхідно суворо дотримуватись норм видачі пального, використовувати паливо-мастильні матеріали в корисних цілях, не мити біля водоймищ техніку, робити все можливе для захисту навколишнього середовища.

Джерелом забруднення атмосфери є відпрацьовані гази двигунів. Для визначення викиду шкідливих газів двигунами внутрішнього згорання в атмосферу, використовують нормативні газокаталізатори.

Однією з шкідливих речовин, що виділяється при роботі дизельних двигунів є сажа, особливо багато якої виділяється при несталій роботі двигуна. Для зниження викидів шкідливих речовин розробляють автоматичні пристрої-обмежувачі димлення.

При проектуванні виробничого процесу на ділянці необхідно передбачити нейтралізацію, утилізацію або заховування різних шкідливих розчинів кислот, лугів, миючих речовин, використаного обтирального матеріалу, що застосовуються при технічному обслуговуванні і ремонті машин.

Не допускається, щоб стічні води заносили шкідливі речовини на дитячі ігрові майданчики, житлові масиви, поля, водосховища, річки і т. п.

У проектах необхідно передбачити організоване відведення води, використовуваної при митті; її очищення та повторне використання. При необхідності слід планувати розробку пристроїв для видалення осадів та речовин, які спливають, центрифугування, фільтрування та хімічне очищення миючих розчинів з метою одержання замкнутого зворотного циклу миття без зливання їх у каналізацію.

При змиванні відпрацьованих розчинів у загальну каналізацію необхідно розробити пристрої для вловлювання нафтопродуктів, нейтралізації викидних розчинів кислот та лугів (наприклад, електролітів).

При відсутності каналізації слід передбачити вивезення осадів, відпрацьованих миючих розчинів, електролітів та інших шкідливих речовин автоцистерною в спеціально відведені санітарно-епідеміологічною станцією місця утилізації.

При проектуванні ділянок обслуговування машин, розбірно-складальних, випробувальних ділянок необхідно описати способи централізованого збору відпрацьованих мастильних матеріалів з метою їх регенерації або використання для власних потреб.

Висновки до п'ятого розділу

1. Розроблено заходи щодо покращення охорони праці при ремонті зернових сівалок.
2. Розроблений перелік контролюючих критеріїв та відповідних їм елементів для оцінки безпеки робочих місць ділянки з ремонту сошників.
4. Розроблені вимоги пожежної безпеки в ділянці.

## 6 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ СОШНИКІВ

Проведені дослідження, результати яких представлені в попередніх розділах даної роботи, дають підстави рекомендувати для практичної реалізації наступне:

1. Конструкцію зміцненого наральникового сошника з локальним нанесенням зносостійких шарів.
2. Схему зміцнення у вигляді трьох смуг розташованих на передній лобовій поверхні з кроком 15 мм і шириною 10 мм.
3. Підвищення довговічності сошників при їх зміцненні електродуговим наплавленням електродами Т620 у 2,2 рази.
4. Зниження енергоємності руйнування ґрунту за рахунок утворення зубчастої форми леза зміцненого сошника на 16%.

Отримані технічні результати виконана них досліджень дають необхідні дані для економічної оцінки впровадження у виробництво результатів досліджень.

Оскільки підвищення надійності сівалок пов'язане з використанням певних коштів і ресурсів, виникає необхідність обґрунтування конструктивних рішень і методів підвищення довговічності за економічною ефективністю.

Критерієм для економічних розрахунків є річний економічний ефект від експлуатації експериментальної сівалки, величина якого має забезпечувати рівень ефективності інвестиційних вкладень не нижче нормативного (на етапі випробувань приймають рівним 0,2).

Показниками для порівняльної економічної ефективності є річний економічний ефект, термін окупності додаткових інвестиційних вкладень у роках, річна економія ресурсів. Для розрахунків використовували сівалку СТС-2.

Річний економічний ефект від експлуатації експериментальної сівалки з урахуванням кількості та якості продукції ( $E_p$ ) у гривнях визначали за формулою:

$$E_p = (\Pi_{\delta} - \Pi_n) \cdot B_3 + E_{я}, \quad (6.1)$$

де  $\Pi_{\delta}$ ,  $\Pi_n$  – сукупні витрати на одиницю наробітку відповідно по базовій і експериментальній сівалці, грн./од. наробітку;

$B_3$  – річний обсяг наробітку експериментальною сівалкою в умовах певної природно-кліматичної зони, од. наробітку;

$E_{я}$  – річний економічний ефект, одержаний за рахунок зміни кількості та якості продукції, грн.

Зональний річний обсяг наробітку експериментальною сівалкою ( $B_3$ ) в одиницях наробітку обчислювали за формулою:

$$B_3 = W_{ек} \cdot T_3, \quad (6.2)$$

де  $W_{ек}$  – продуктивність експериментальної сівалки за 1 рік експлуатаційного часу, од. наробітку/год;

$T_3$  – зональне річне завантаження машини, год.

Річний економічний ефект ( $P_e$ ) від експлуатації експериментальної сівалки у гривнях розраховували за формулою:

$$P_e = (I_{\delta} - I_n) \cdot B_3, \quad (6.3)$$

де  $I_6, I_n$  – прямі експлуатаційні витрати відповідно по базовій та експериментальній машинах на одиницю наробітку, грн./од. наробітку.

Термін окупності додаткових інвестиційних вкладень на експериментальну машину ( $T_{окд}$ ) у роках можна оцінити за формулою:

$$T_{окд} = \frac{K_n - K_6}{P_e}, \quad (6.4)$$

де  $K_n, K_6$  – сумарні інвестиційні вкладення відповідно в екпериментальну та базову машину, грн.

Сукупні витрати ( $\Pi$ ) у гривнях на одиницю наробітку розраховували за формулою:

$$\Pi = I + K \cdot E_n, \quad (6.5)$$

де  $I$  – прямі експлуатаційні витрати, грн./од. наробітку;

$K$  – питомі інвестиційні вкладення, грн./од. наробітку;

$E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності.

Прямі експлуатаційні витрати ( $I$ ) у гривнях на одиницю наробітку розраховували за формулою:

$$I = Z + \Gamma + P + A, \quad (6.6)$$

де  $Z$  – затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од. наробітку;

$\Gamma$  – затрати на паливно-мастильні матеріали та електроенергію, грн./од. наробітку;

$P$  – затрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн./од. наробітку;

$A$  – затрати на амортизацію, грн./од. наробітку.

Затрати на оплату праці обслуговуючого персоналу ( $Z$ ) у гривнях на одиницю наробітку визначали за формулою:

$$Z = \frac{\sum_{j=1}^n L_i \cdot t_i \cdot r_i \cdot \kappa_0 \cdot n_i}{W_{зм}}, \quad (6.7)$$

де  $L_i$  – кількість  $i$ -ої категорії виробничого персоналу, зайнятого для виконання основного технологічного процесу, технічного обслуговування та ремонту машини (визначають за даними випробувань), люд.;

$t_i$  – тривалість зайнятості  $i$ -го виробничого персоналу, год;

$r_i$  – погодинна тарифна ставка оплати праці на  $i$ -му виді робіт, грн./ люд.-год;

$\kappa_\partial$  – коефіцієнт, що враховує доплати до годинної ставки за продукцію, класність, стаж роботи тощо;

$n_i$  – коефіцієнт нарахувань на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування фонд сприяння зайнятості);

$W_{зм}$  – продуктивність нової машини за годину експлуатаційного часу, од. наробітку/год.

Затрати коштів на паливно-мастильні матеріали ( $\Gamma$ ) у гривнях на одиницю наробітку визначали за формулою:

$$\Gamma = q \cdot \kappa_n \cdot C_n, \quad (6.8)$$

де  $q$  – питомі витрати палива, кг/од. наробітку;

$C_n$  – ціна одного кілограма палива, грн./кг;

$\kappa_n$  – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів.

Затрати на капітальний та поточний ремонт та технічне обслуговування ( $P$ ) у гривнях на одиницю наробітку визначали за формулою:

$$P = \frac{B \cdot (r_m + r_k)}{W_{ек} \cdot T_n}, \quad (6.9)$$

де  $r_m$  – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування;

$r_k$  – коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт;

$T_n$  – нормативне річне завантаження, год.

Ватрати на амортизацію машини ( $A$ ) у гривнях на одиницю наробітку визначали за формулою:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{зм} \cdot T_z}, \quad (6.10)$$

де  $a$  – коефіцієнт відрахувань на амортизацію машини.

Економія в зв'язку зі зменшенням обсягів виробництва наральників:

$$E_{зч} = 38,52 \cdot 48 - 43,46 \cdot 32 = 458,24 \text{ грн.}$$

Економія за рахунок росту продуктивності на одну сівалку:

$$E_y = (129,8 - 124,76) \cdot 410,8 = 2070,43 \text{ грн.}$$

Загальна економія:  $E_z = 458,24 + 2070,43 = 2528,67 \text{ грн.}$

Річний економічний ефект у виробника на одну тисячу сівалок:

$$E_g = (38,52 \cdot 48 - 43,46 \cdot 32) \cdot 1000 - 0,2(256320 - 55200) = 418016,0 \text{ грн.}$$

Термін окупності додаткових капітальних вкладень у виробника:

$$T_{\text{окд}} = \frac{256320 - 55200}{458240,0} = 0,44 \text{ років}$$

Результати розрахунку річної економії та річного економічного ефекту від впровадження наральників приведені в табл. 6.1

Таблиця 6.1 - Результати розрахунку річної економії та річного економічного ефекту від впровадження наральників

Показники	Од. вимір	Варіанти	
		Базовий	Експериментальний
1. Зональний обсяг наробітку	год	160	160
2. Фактичний обсяг наробітку	га	395,6	410,8
3. Собівартість наральника	грн.	38,52	43,46
4. Кількість виготовлених наральників як запчастин	шт	48	32
5. Прямі експлуатаційні витрати:	грн./га		
- заробітна плата з нарахуванням		14,96	14,38
- витрати паливо мастильних матеріалів		44,26	42,54
- витрати на ремонт		29,46	28,32
- амортизаційні витрати		41,12	39,52
6. Всього прямі витрати		129,8	124,76

7. Річна економія експлуатаційних витрат	грн./га	-	50,04
8. Річна економія експлуатаційних витрат на річний фактичний обсяг наробітку однією сівалкою	грн.	-	2070,43
9. Річний економічний ефект від впровадження у виробництво	грн.	-	418016,0
10. Термін окупності додаткових капітальних вкладень	років	-	0,44

Таким чином, річна економія експлуатаційних витрат на річний фактичний обсяг наробітку однією сівалкою складає 2070,43 грн.

З урахуванням ефекту отриманого виробником загальний економічний ефект від впровадження у виробництво становить 418016,0 грн. що свідчить про доцільність запропонованих розробок.

#### Висновки до шостого розділу

1. Аналіз результатів показує, що у порівнянні з серійними найбільш економічно доцільно впроваджувати сошники наплавлені електродом Т-620.
2. Проведені економічні розрахунки підтверджують, що одним із перспективних напрямків підвищення довговічності слід вважати отримання за допомогою раціональних схем зміцнення керованого спрацювання ріжучої кромки сошника.
3. Річний економічний ефект від впровадження результатів досліджень складає 418016,0 грн.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ ПО РОБОТІ

1. Існуючі конструкції сошників сівалок для технологій мінімального обробітку ґрунту мають недостатню довговічність, яка лімітує ефективність використання цієї техніки. Перспективними напрямками підвищення довговічності наральникових сошників слід вважати конструктивно-технологічні, в поєднанні яких відкриваються перспективи керування процесом зношування.

2. Основними причинами низької довговічності сошників сівалок прямого посіву є зношування їх робочих поверхонь з формуванням функціональної відмови внаслідок втрати необхідної глибини заробки насіння в ґрунт. Довговічність серійних наральникових сошників сівалки СТС-2 із сталі 65Г не перевищує 20 га наробітку.

3. Зусилля опору на робочих поверхнях наральникового сошника розподіляються нерівномірно в наступуючому співвідношенні:

- лобова поверхня 65%;
- ріжуча кромка 2 %;
- задня (тильна) поверхня 33%.

Однак найбільші напруження від зусиль виникають на ріжучій кромці, де найменша поверхня контакту, що обумовлює високу інтенсивність її зношування.

4. Керувальне зношування з формуванням зубчастого леза можливо при локальному дискретному зміцненні. Величина виступаючих ділянок (зуба) залежить від співвідношення зносостійких властивостей матеріалів основи і зміцнення. Стабілізація виступаючої частини досягається при змінній товщині зміцнюючого шару.

5. Найбільш ефективно керування формою ріжучого леза наральникового сошника досягається при локальному електродуговому зміцненню електродом Т620 при верхньому нанесенні покриття трьома смугами з кроком 15 мм і шириною 10 мм.

6. Наробіток на відмову наральникових сошників визначається функціональною втратою їх роботоздатності, яка залежить від ступеня

зношування робочих поверхонь і досягненням граничної глибини заробки насіння, обумовленою агротехнічними вимогами на культуру, що висівається.

7. Прогнозований ступінь підвищення довговічності зміцнених сошників по відношенню до серійних із сталі 65Г (рази) складає:

- 2,2 - верхнє електродугове наплавлення Т620;
- 1,9 - нижнє електродугове наплавлення Т620;
- 1,75 - верхнє газополуменеве наплавлення ПГ-С1;
- 1,6 - нижнє газополуменеве наплавлення ПГ-С1.

8. Зубчаста форма леза сприяє концентрації напружень руйнування ґрунту, що приводить до зниження тягового зусилля переміщенню сошника на 16%.

9. Економічний ефект від впровадження результатів досліджень складає 418016,0 грн.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ващенко В., Бондарева О. Ресурсозберігаючі технології у рослинництві // Техніка АПК. №4, 2009. С.27-28.
2. Грицишин М.І. Проблеми технічного забезпечення виробництва сільськогосподарської продукції потребують вирішення// Сільськогосподарська техніка України. №6-7.,2007.С.16-19.
3. Дивак М. Чому не купують надійні й дешеві кіровоградські сівалки ? // Сільськогосподарська техніка України. №2, 2007. С.24-25.
4. Дубровін В.А., Лінник М.К., Фін Е.А. Перспективи використання техніки для прямого посіву // Техніка АПК. № 3, 2009. С.22-23.
5. Енергонасичені трактори та сівалки // Техніка АПК. № 9-10,2003. С. 19.
6. Карлхайнц К. Землеробство без плуга // Новини агротехніки. № 2, 2003. С.14.
7. Комбайни Massey Ferguson: висока продуктивність, надійність і сучасні технології // Техніка АПК. №9-10, 2003. С.14-18.
8. Круть В. Ефективність безполицевого обробітку ґрунту в Україні // Техніка АПК. №5, 2009. С.12-13.
9. Лінник М.К. Технічне переоснащення сучасного сільськогосподарського виробництва // Сільськогосподарська техніка України. №1, 2008. С.10-12.
10. Лобас М. Український селянин вистраждав право працювати на сучасних надійних машинах // Сільськогосподарська техніка України. №3, 2007. С.16-22
12. Морозов І.В. Технологічні і технічні основи удосконалення конструкцій сошників зернових сівалок: Дис. ... д-ра. техн. наук: 05.05.11. Харків, 2002. 411с.
13. Новицький А.В. Підвищення безвідказності кормодробарок конструкторсько-технологічними методами на основі структурного аналізу їх надійності: Дис. канд. техн. наук: 05.05.11. Київ, 2001. 178с.
14. Погорілий Л.В., Шустік Л.М., Погорілий В.Л. Технічні та технологічні аспекти розвитку комбінованих зернових сівалок //Техніка АПК. № 2, 2003. С.4-6.

15. Сисолін П.В., Свірень М.О. Висівні апарати сівалок (еволюція конструкцій, розрахунки параметрів). Кіровоград, 2004. 160с.
16. Шидула М., Тонха О., Сенчук С., Ковтун В. Техніка для впровадження ґрунтозахисних енерго- і вологозберігаючих технологій // Техніка АПК. №1-2, 2004. С.20-22.
17. Кузьменко А.Г. Методи розрахунків і випробувань на зношування та надійність / А.Г. Кузьменко. Хмельницький: ТУП, 2002. 151 с.
18. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник/ [О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.]; за ред. С.С. Яцуна. Київ: Мета, 2003. 448 с.
19. Морозов І.В. Технологічні і технічні основи удосконалення конструкцій сошників зернових сівалок: автореф. На здобуття наук. ступеня докт. техн. наук: спец. 05.05.11 “Машини і засоби механізації сільськогосподарського виробництва” / І.В. Морозов. Тернопіль, 2003. 40 с.
20. Сільськогосподарські машини. Посівні машини / [М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.Д. Михайлов та ін.]; за ред. М.В. Бакума. Харків: 2005. 32 с.
21. Сисолін П.В. Нові сошники для якісної сівби зернових культур / П.В. Сисолін, А.І. Бойко // Техніка АПК. № 3, 2005. С. 8-9.
22. Методичні рекомендації для виконання та оформлення дипломної роботи здобувачами другого (магістерського) рівня вищої освіти спеціальності Н7 «Агроінженерія» / Ю.І. Панцир, А.В. Рудь, В.І. Дуганець, В.І. Дуганець, Л.С. Шелудченко, С.М. Грушецький, С.П. Комарніцький За ред. В.І. Дуганця. Кам'янець-Подільський: ЗВО «ПДУ», 2025. 52 с.