

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ _____ ” 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Удосконалення конструкції сівалки СПП-12 з обґрунтуванням
параметрів посівної секції»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-24М-1

ОНП «Галузеве машинобудування»
спеціальності

133 «Галузеве машинобудування»

_____ Жук Богдан Олександрович

« _____ » 2026 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Віктор ДЕЙКУН

« _____ » 2026 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Катерина ВАСИЛЬКОВСЬКА

« _____ » 2026 р.

м. Кропивницький

АНОТАЦІЯ

У межах виконання магістерської роботи здійснено теоретичне обґрунтування та конструктивне удосконалення розрізного диска просапної сівалки СПП-12. Основною метою досліджень було підвищення ефективності функціонування посівної секції шляхом оптимізації геометричних параметрів і робочого профілю ріжучого елемента. За результатами експериментальних і аналітичних досліджень встановлено, що встановлення диска з вирізним периметром у конструкцію посівної секції забезпечує покращення якості виконання передпосівних технологічних операцій. Удосконалена геометрія ріжучої кромки сприяє більш інтенсивному кришінню та аерації верхнього шару ґрунту перед сошником, що, своєю чергою, створює рівномірніше та структурно однорідне посівне ложе; забезпечує ефективніше перерізання, подрібнення та відведення рослинних решток із зони формування борозни, що зменшує ймовірність накопичення поживних залишків на робочих органах, знижує ризик їх забивання та сприяє підвищенню надійності й стабільності перебігу технологічного процесу сівби.

ABSTRACT

Within the framework of the master's thesis, a theoretical justification and constructive improvement of the cutting disc of the SPP-12 row-crop seeder were carried out. The main goal of the research was to increase the efficiency of the sowing section by optimizing the geometric parameters and the working profile of the cutting element.

According to the results of experimental and analytical studies, it was established that installing a disc with a cut perimeter in the design of the sowing section improves the quality of pre-sowing technological operations. The improved geometry of the cutting edge contributes to more intensive crumbling and aeration of the upper soil layer in front of the coulter, which, in turn, creates a more uniform and structurally homogeneous seedbed; provides more effective cutting, grinding and removal of plant residues from the furrow formation zone, which reduces the likelihood of accumulation of crop residues on the working bodies, reduces the risk of their clogging and contributes to increasing the reliability and stability of the sowing technological process.

ЗМІСТ

№ розділу	Структурна одиниця і розділ	Аркуш
1	Вступ	5
2	Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень ..	7
	2.1. Актуальність вирощування просапних культур.	7
	2.2. Стан питання про машину, яка модернізується.	14
	2.3. Висновки. Формулювання мети та завдань дослідження ..	21
3	Наукова частина	23
	3.1. Сучасний стан вирощування просапних культур	23
	3.2. Теоретичні дослідження	27
	3.3. Дослідження закономірностей формування моментів обертання дискових ножів.	30
	3.4. Підсумкові результати експериментальних досліджень. .	33
	3.5. Висновки по розділу	36
4	Практична реалізація результатів досліджень.	39
5	Охорона праці.	41
6	Загальні висновки	43
	Список використаної літератури	46
	Додатки	48

1. ВСТУП

Удосконалення конструкції сівалки СПП-12 є надзвичайно важливим для сучасного сільського господарства, оскільки від точності та ефективності посіву наряду залежить врожайність просапних культур, раціональне використання насіння та ресурсів, а також економічні показники агропідприємств.

Підвищення продуктивності сільськогосподарських робіт сприяє продовольчій безпеці, забезпеченню стабільного постачання продуктів харчування та підтримці сталого розвитку економіки.

Модернізація сільськогосподарської техніки підвищує конкурентоспроможність аграрного сектору на національному та міжнародному ринках, стимулює розвиток технологій та інновацій.

Підвищення ефективності посіву дозволяє агропідприємствам зменшити витрати ресурсів, збільшити врожайність і отримати економічну вигоду від більш продуктивного використання техніки.

Впровадження удосконаленої сівалки СПП-12 підвищує продуктивність та безпеку праці, зменшує ризик травматизму, знижує витрати на обслуговування та ремонт техніки.

Таким чином, тема є актуальною на всіх рівнях – від окремого підприємства до держави в цілому, і забезпечує інтеграцію технологічних, економічних та соціальних аспектів аграрного виробництва.

Мета нашої роботи – розробити удосконалену конструкцію сівалки СПП-12 та обґрунтувати оптимальні параметри посівної секції для підвищення точності та ефективності посіву просапних культур.

В роботі ми:

- проаналізуємо існуючу конструкцію сівалки СПП-12 та оцінимо її ефективність у польових умовах;
- виявимо основні недоліки та фактори, що впливають на точність і продуктивність посіву;
- розробимо пропозиції щодо вдосконалення конструкції та параметрів

посівної секції;

- проведемо розрахунки та моделювання роботи сівалки з новими параметрами;

- оцінимо ефективність запропонованих удосконалень за критеріями рівномірності висіву, продуктивності та безпеки праці.

Очікувані результати запланованих в роботі досліджень:

- підвищення точності висіву та рівномірності рядків.
- зменшення витрат насіння та пального.
- підвищення продуктивності посівних робіт.
- підвищення безпеки праці та зниження ризику травматизму.
- надання рекомендацій щодо впровадження удосконаленої сівалки СПП-12 на підприємствах аграрного сектору.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Актуальність вирощування просапних культур

Просапні культури (кукурудза, соняшник, соя, картопля та інші) займають важливе місце в структурі сільськогосподарського виробництва. Вони забезпечують як продовольчу, так і технічну сировину, відіграють ключову роль у ротації культур, покращенні родючості ґрунту та економічній стабільності аграрного сектору.

У сучасних умовах сільськогосподарські підприємства України використовують комплексні технології вирощування просапних культур, що включають:

- точне агрегування сільськогосподарської техніки для обробітку ґрунту та посіву;
- застосування насіння високої якості та гібридних сортів;
- використання мінеральних добрив та систем захисту рослин;
- автоматизацію процесів посіву та моніторингу стану посівів.

Сучасні сівалки, зокрема СПП-12, забезпечують рівномірність висіву, що є критично важливим для врожайності та ефективності використання ресурсів.

Незважаючи на розвиток технологій, виробництво просапних культур стикається з наступними проблемами:

- нерівномірний посів через конструктивні недоліки сівалок;
- втрати насіння при висіві та підвищена витрата матеріальних ресурсів;
- трудомісткість процесів та залежність від кваліфікації механізаторів;
- вплив несприятливих погодних умов на якість посіву та розвиток рослин.

Для підвищення ефективності вирощування просапних культур необхідно:

- удосконалювати конструкції посівної техніки (сівалки та плуги);
- впроваджувати системи точного землеробства для контролю норми висіву та глибини загортання;

- проводити науково-дослідні роботи з адаптації сівалок під різні типи ґрунтів та кліматичні умови;
- оптимізувати організацію праці та навчання механізаторів.

Таким чином, вирощування просапних культур є важливим та актуальним напрямом аграрного виробництва, а удосконалення техніки та технологій посіву сприяє підвищенню врожайності та економічної ефективності підприємств.

Стан питання по машинам і знаряддям для посіву просапних культур

Огляд сівалок вітчизняного і закордонного виробництва та їх технічні характеристики представлено в дод. А.

Сівалка є ключовим елементом технологічного процесу посіву просапних культур, що визначає рівномірність висіву, глибину загортання насіння та продуктивність посівних робіт. Ефективність використання сівалок безпосередньо впливає на врожайність, економічність та ресурсозбереження в аграрному виробництві.

У науковій та технічній літературі питання механізації сівби просапних культур розглядається як одна з ключових складових підвищення ефективності агротехнічних технологій. Загальновизнано, що якість сівби безпосередньо впливає на продуктивність рослин і кінцеву урожайність, що обумовлює високі вимоги до конструкції та роботи сівалок і висівних апаратів.

Класифікація і загальні вимоги до сівалок

Посівні машини класифікуються за призначенням і способом висіву. Спеціалізовані сівалки для просапних культур відрізняються від універсальних тим, що вони забезпечують точне розташування насіння в рядках із заданими міжряддями та глибиною загортання, що є важливим для культур із великим насінням, таких як кукурудза, соняшник, соя та ін. Основними складовими таких машин є насінневі бункери, висівні апарати, сошники та механізми регулювання, що забезпечують дозоване і рівномірне внесення насіння в підготовлений ґрунт.

Точність і технологічні вимоги сівби

Наукові дослідження наголошують, що висока якість сівби просапних культур досягається за рахунок дотримання кількох ключових технологічних параметрів: рівномірного розподілу насіння по площі, стабільної глибини

загортання та мінімального розсіювання насіння при русі агрегату. Так, робота Сумського НАУ детально описує вимоги до рівномірності розподілу висіву та глибини загортання, що мають безпосередній вплив на дружність і однорідність сходів.

Зарубіжні та сучасні підходи в конструкції сівалок

На світовому рівні дослідження висівних пристроїв для просапних культур спрямовані на вдосконалення технологій точного висіву, включно з розробкою нових механізмів подачі насіння, автоматизації процесу та адаптації робочих органів до різних умов ґрунту та рослинних залишків. Аналіз конструкцій пневматичних апаратів сівалок провідних виробників (Amazone, John Deere, Kverneland та деяких ін.) дозволяє виділити основні переваги вакуумних і дискових систем, що забезпечують високу точність дозування без травмування насіння та зниження питомих енергетичних витрат.

Технологічне середовище і подальші дослідження

Літературні джерела також вказують на необхідність розгляду впливу фізико-механічних параметрів ґрунту на роботу сівалок та висівних апаратів, що безпосередньо визначає ефективність їх функціонування в змінних агротехнічних умовах. Вивчення цих аспектів є важливим для адаптації конструкцій до реальних умов експлуатації та оптимального поєднання конструктивних елементів з технологічними вимогами вирощування просапних культур.

На сучасних вітчизняних агропідприємствах використовуються різні види машин і знарядь для посіву просапних культур, зокрема:

- причіпні та напівнавісні сівалки;
- сівалки точного висіву (СПП-12);
- імпорتنі сівалки (John Deere, Monosem, Horsch, Väderstad);
- агрегати для передпосівної підготовки ґрунту;
- системи автоматизації та моніторингу.

Дискові ножі як робочі органи сівалок просапних культур

У конструкціях сучасних просапних сівалок дискові ножі (култери) відіграють важливу роль у створенні технологічних умов для подальшого

проникнення висівних органів у ґрунт і якісного формування посівної борозни. Пристрій і робота дискових ножів у сівалках мають значний вплив на прохідність агрегату, опір ґрунту, розрізання рослинних решток та розподіл насіння по глибині.

Дискові ножі часто встановлюються перед основними робочими елементами висівної секції для розрізання рослинних залишків і створення розпушеної борозни, що полегшує роботу сошника та забезпечує краще загортання насіння в ґрунт без зайвого ущільнення, яке може заважати проростанню. У ряді джерел підкреслюється, що дискові ножі повинні ефективно розрізати не лише ґрунт, а й рослинні рештки, не притискаючи їх до борозни, оскільки це сприяє кращому контакту насіння із ґрунтовою масою та підвищенню якості висіву.

За технологічним призначенням дискові ножі можуть мати різну форму: гладкі, хвилясті або із зазубреним профілем, що визначає їх поведінку при проходженні по полю з різними умовами покриву ґрунту й залишків рослинних решток. Дискові ножі з хвилястою або зазубреною кромкою забезпечують більш ефективне розсікання пожнивних залишків, у той час як гладкі диски мають менший тяговий опір, але гірше справляються з інтенсивним обробітком, особливо на нерівних поверхнях.

Практичні рішення із застосування культивувальних дискових ножів у висівних модулях сівалок демонструє їх використання в агрегатах типу Gamma та KINZE3000 Twin, де культивувальний диск розрізає рослинні залишки та готує ґрунт перед проходженням дводискового сошника, що сприяє рівномірному укладанню насіння та покращує умови для його проростання. В документації до серійних висівних секцій підкреслюється важливість регулювання положення дискового ножа щодо сошника, що дозволяє адаптувати кут і глибину розрізання під конкретні умови поля, щільність ґрунту і об'єм рослинних залишків.

Важливо також зазначити, що недоліки конструкцій посівних секцій із дисковими ножами включають можливість забивання робочих органів рослинними залишками у випадку неправильно підібраної форми або кута

входження дисків в ґрунт. Це явище може призводити до нерівномірності заглиблення та підвищеного тягового опору, що вимагає додаткового технічного обслуговування та налаштування обладнання.

Таким чином, аналіз літературних джерел показує, що вдосконалення конструкції дискових ножів та їх взаємодії з іншими компонентами висівної секції є важливим напрямом підвищення технологічної ефективності просапних сівалок. Подальші наші наукові дослідження спрямовані на оптимізацію геометрії дискових ножів посівної секції СПП-12 і умов їхнього функціонування з урахуванням мінливих агротехнічних факторів. Модернізований дисковий ніж оригінальної конструкції представлено на рис. 2.6 даної дипломної роботи.

Таблиця 2.1

Порівняльна таблиця сівалок для посіву просапних культур

Характеристика	СПП-12	John Deere	Monosem	Horsch	Väderstad
Тип сівалки	Точний висів, напівнавісна	Точний висів, причіпна/ навісна	Точний висів, причіпна	Причіпна, точний висів	Причіпна/ навісна, точний висів
Можливість регулювання норми висіву	Так	Так	Так	Так	Так
Глибина загортання	Регульована вручну	Автоматична/ ручна	Автоматична	Автоматична	Автоматична
Продуктивність (га/год)	Середня	Висока	Висока	Висока	Висока
Автоматизація та моніторинг	Обмежена	Висока	Середня	Висока	Висока
Адаптація до різних ґрунтів	Середня	Висока	Висока	Висока	Висока
Вартість	Низька	Висока	Середня	Висока	Висока

На основі ефективності, точності висіву та автоматизації робіт можна скласти рейтинг сівалок (табл. 2.2).

Таблиця 2.2

Рейтинг сівалок для посіву просапних культур

Місце	Сівалка	Переваги
1	John Deere	Висока точність, автоматичне регулювання, продуктивність, адаптація до ґрунтів
2	Väderstad	Точний висів, автоматизація, надійність, універсальність
3	Horsch	Висока продуктивність, точність, надійність конструкції
4	Monosem	Точний висів, середній рівень автоматизації, ефективність на різних ґрунтах
5	СПП-12	Вітчизняна, низька вартість, можливість модернізації, обмежена автоматизація

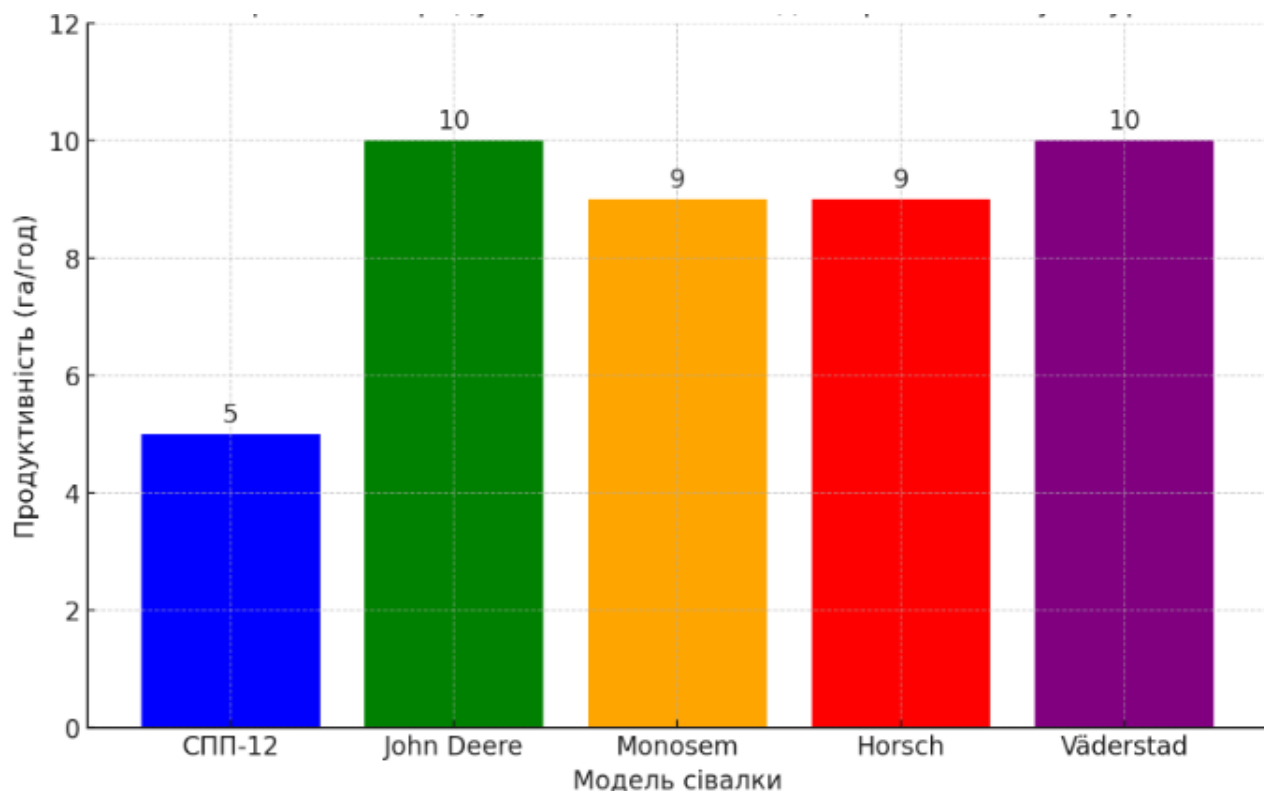


Рис. 2.1. Порівняння продуктивності сівалок для просапних культур вітчизняного та закордонного виробництва

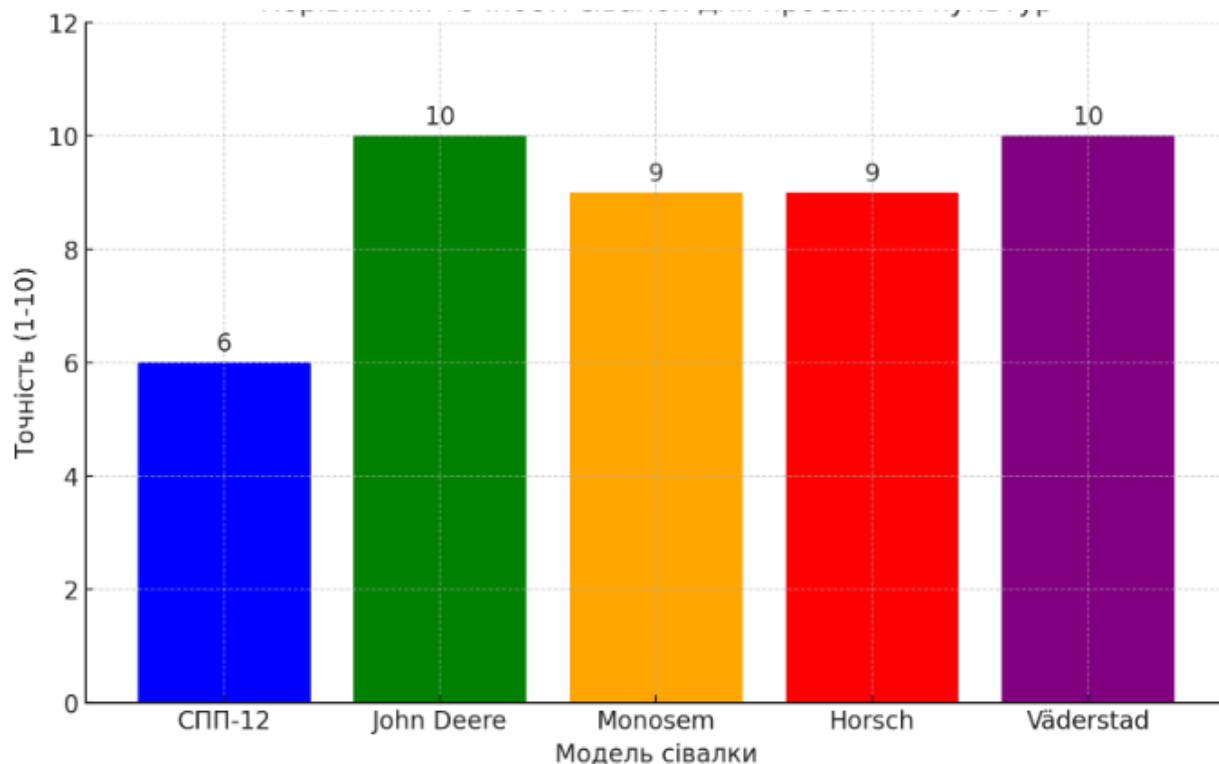


Рис. 2.2. Порівняння точності висіву сівалок для просапних культур вітчизняного та закордонного виробництва

З рис. 2.1. та 2.2 бачимо, що найвища продуктивність та точність висіву у John Deere та Väderstad, середня – у Monosem і Horsch, найнижча – у вітчизняної СПП-12. Тому, беручи до уваги вищенаведене, приймаємо до удосконалення саме цю сівалку і спрямовуємо наші дослідження на підвищення її продуктивності та ефективності роботи.

Використання сівалки СПП-12

Сівалка СПП-12 є основним агрегатом для посіву просапних культур вітчизняного виробництва. Завданням магістерської роботи є удосконалення конструкції її посівної секції.

Для підвищення ефективності роботи сівалки ми пропонуємо встановити вирізний ніж на посівній секції сівалки СПП-12, що забезпечить підвищення якості формування посівної борозни за рахунок ефективнішого розрізання ґрунтового пласта та пожнивних решток. Це сприятиме зменшенню накопичення рослинних залишків на робочих органах, стабілізації роботи сошників, зниженню опору руху агрегату та поліпшенню умов для рівномірного укладання насіння на задану глибину. У результаті покращуються агротехнічні показники

посіву та створюються сприятливі умови для дружніх і рівномірних сходів просапних культур.

2.2. Стан питання про машину, яка модернізується.

Просапні культури переважно висівають переважно пунктирним або стрічковим способами, які належать до широкорядної сівби. Обраний спосіб посіву визначає тип і конструктивні особливості посівних машин, а також суттєво впливає на формування комплексу сільськогосподарських агрегатів, що застосовуються під час виконання наступних агротехнічних заходів.

Висів просапних культур, як правило, проводять за допомогою причіпної сівалки СПП-12 (рис. 2.3), яка придатна для прямого післяжнивного та післяукісного посіву таких культур, як кукурудза, соняшник, ріцина, люпин, соя і сорго з шириною міжрядь 70 см. Конструкція сівалки також передбачає можливість одночасного внесення мінеральних гранульованих добрив.



Рис. 2.3. Сівалка СПП-12.

Сівалка обладнана уніфікованою системою контролю технологічних параметрів, якою забезпечуються звукове та світлове інформування механізатора у випадку порушень у роботі технологічного процесу. При виникненні несправності подається звуковий сигнал, а світлова індикація дозволяє оперативно визначити місце її виникнення.

Основні вузли та механізми сівалки (рис. 2.4) включають:

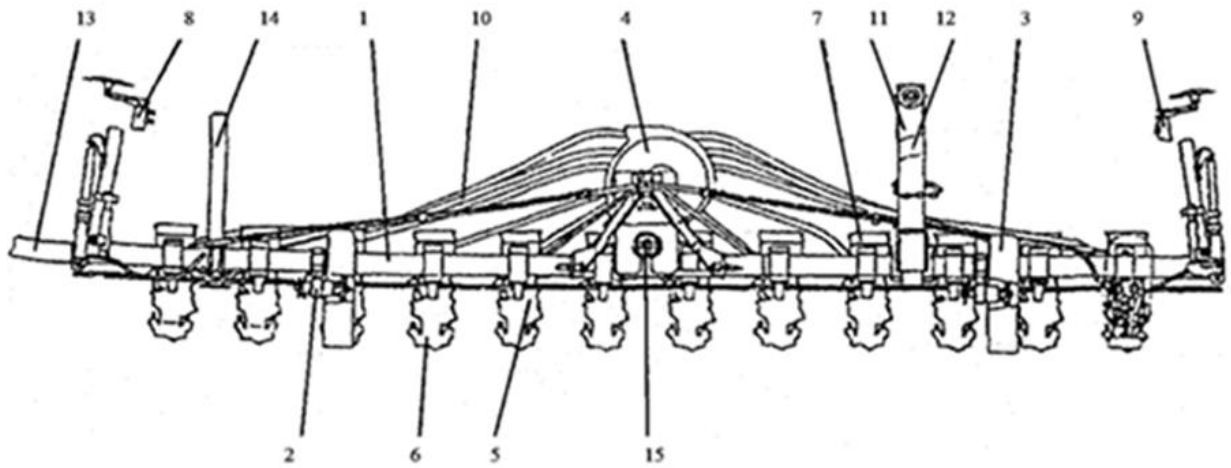


Рис. 2.4. Схема сівалки СПП-12: 1 – рама; 2 – опора; 3 – колесо; 4 – привід вентилятора; 5 – посівна секція; 6 – загортачі; 7 – бункер; 8, 9 – маркер; 10 – трубопровід; 11, 12 – опора; 13 – дишло; 14 – стійка; 15 – карданний вал із захисним кожухом.

- зварну раму, що є несучою основою конструкції;
- 12 секцій посівних, оснащених полозовидними сошниками, ріжучими ножами з ребордами, прикочувальними котками, дисковими загортачами та регульовальними пружинами;
- 12 пневмомеханічних апаратів висівних;
- 12 сошників дводискових для внесення мінеральних добрив;
- 6 апаратів туковисівних з тукопроводами;
- гідрофікований маркер;
- центробіжний вентилятор;
- систему повітропроводів;
- прилад контролю розрідження;
- сницю для агрегування з енергетичним засобом у робочому та транспортному положеннях;
- 6 коліс пневматичних, з яких 2 є опорно-приводними, а 4 – опорними;
- гідравлічну систему;
- приводні механізми висівних і туковисівних апаратів;
- систему контролю роботи висівних апаратів і рівня насіння та мінеральних добрив у бункерах;

- пристрій для завантаження мінеральних добрив;
- пристрій спеціальний для висіву насіння сої;
- слідовказ, що забезпечує прямолінійний рух агрегату.

Таблиця 2.3

Технічні характеристики сівалки СПП-12

Тип машини	начіпна
Продуктивність за годину основного часу, га	3,24
Ширина міжрядь, мм	450, 500, 700
Робоча швидкість агрегату, км/год	5-7
Об'єм бункера для посівного матеріалу, л	12×28
Інтервал між зернинами, см	3,8 – 28,5
Кількість рядків	12
Глибина загортання посівного матеріалу, см	2 - 5,5
Габаритні розміри в робочому положенні, не більше, мм:	
- довжина	7100
- ширина	2450
- висота	2850

Висівні елементи, призначені для сівби просапних культур у стандартній комплектації, налаштовані на міжряддя, які мають ширину 70 см. Контроль міжрядної відстані здійснюється шляхом вимірювання відстані між центрами сусідніх сошників. За умови розміщення коліс між висівними секціями передбачена можливість регулювання ширини міжрядь у межах від 45:70 см.

При виконанні посівних робіт сівалка агрегується з трактором тягового класу 3 та рухається по полю, виконуючи комплекс послідовних технологічних операцій:

- різання та часткове розпушення ґрунту: ріжучі ножі й полозоподібні сошники формують посівну борозну необхідної глибини для укладання насіння;

- здійснення висіву насіння: висівні пневмомеханічні апарати виконують точне дозування та подачу посівного матеріалу до сошників, при цьому насіння розміщується в борозні з рівномірними інтервалами відповідно до встановленої норми висіву;

- мінеральні добрива та їх внесення: за допомогою дводискових сошників та туковисівних апаратів одночасно з висівом насіння в ґрунт вносяться гранульовані мінеральні добрива у чітко контрольованій кількості;

- загортання посівного матеріалу: дискові загортачі засипають посівний матеріал шаром ґрунту, а прикочувальні котки здійснюють його ущільнення в зоні висіву, забезпечуючи надійний контакт насіння з ґрунтом;

- моніторинг процесу та контроль проведення операції: уніфікована електронна система забезпечує безперервний нагляд за роботою всіх посівних секцій, а також за рівнем насіння і мінеральних добрив у бункерах; у разі виникнення відхилень механізатор інформується за допомогою звукового сигналу та світлової індикації, що вказує на місце порушення;

- забезпечення прямолінійного руху: слідовказ сприяє точному дотриманню напрямку руху агрегату та рівномірності рядків під час посіву.

Пневматичні висіваючі апарати сівалки СПП-12, що встановлено на бункерах для посівного матеріалу, які кріпляться до рами сівалки через систему паралелограмних підвісок, представлено на рис. 2.5.

Кожна посівна секція сівалки обладнана двома прикочувальними колесами, які закріплюються до корпусу висівного апарата за допомогою балансирної підвіски. У нижній частині корпусу встановлений сошник зі змінним наральником. Балансирна підвіска забезпечує рівномірне загортання насіння на задану глибину та оснащена механізмом регулювання глибини ходу сошника. Посівна секція приєднується до бруса рами за допомогою паралелограмної підвіски, а стабільність її руху підтримується пружинним елементом. У задній частині секції розміщені два загортачі пластинчастого типу.

Робочий процес сівалки реалізується в межах посівної системи, призначеної для забезпечення рівномірного розподілу насіння та мінеральних добрив по площі поля під час сівби. Функціонування цієї системи ґрунтується на

послідовному виконанні низки взаємопов'язаних наступних технологічних операцій.

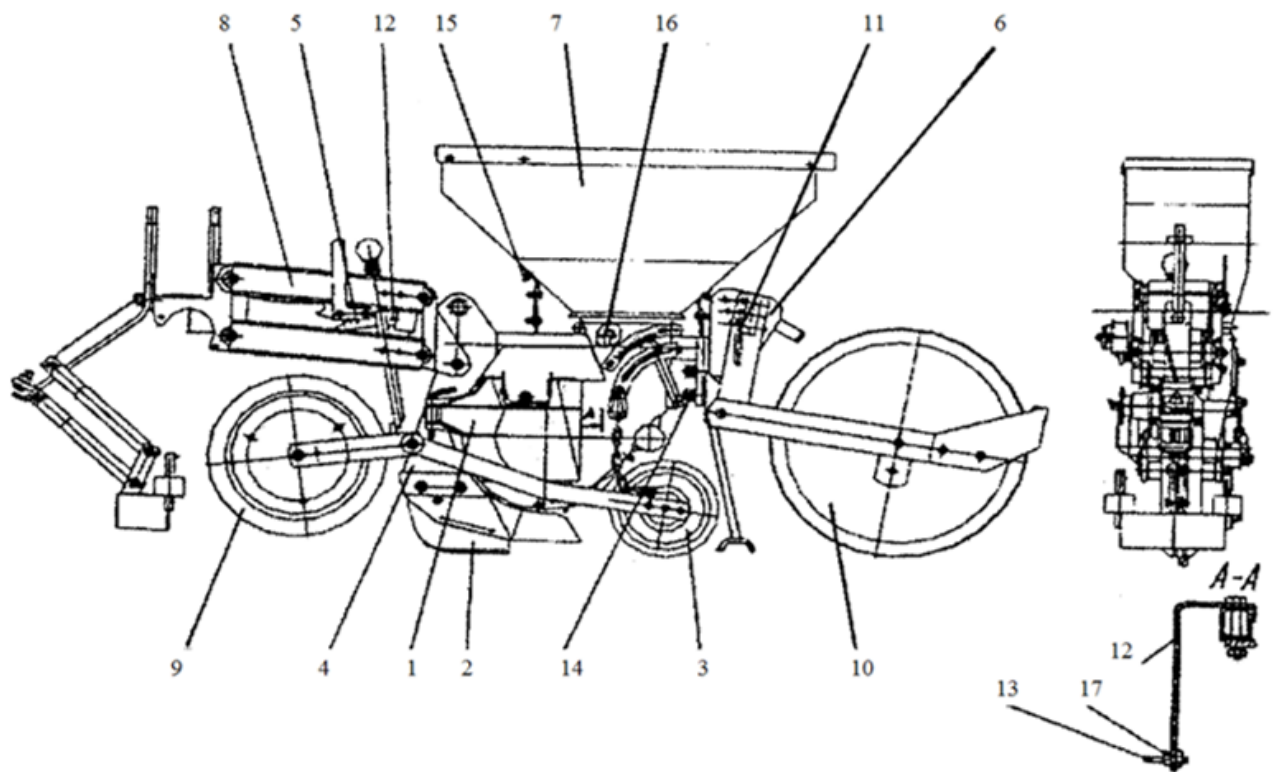


Рис. 2.5. Посівна секція сівалки СПП-12: 1 – висівний апарат; 2 – сошник; 3 – проміжний диск; 4, 5 – кронштейн; 6, 7 – бункер; 8 – паралелограмний механізм; 9 – колесо; 10 фіксатор; 11 – скоба; 12 – обмежувач; 13 – болти.

Акумулявання посівного матеріалу і добрив. Насіння та гранульовані мінеральні добрива розміщуються у відповідних бункерах сівалки, що забезпечує їх безперервну та дозовану подачу впродовж усього робочого циклу.

Подача насіннєвого матеріалу до висівного апарата. Під час переміщення посівного агрегату по полю насіння самопливом надходить із бункера до верхньої частини висівного барабана висівного апарата. Обертальний рух барабана здійснюється від опорно-приводних коліс сівалки, які передають йому крутний момент під час руху агрегату.

Формування доз насіння. На зовнішній поверхні висівного барабана виконані спеціальні комірки, у які потрапляє насіння. Обертовий очищувальний ролик видаляє його надлишки, забезпечуючи рівномірне та стабільне заповнення комірок, що позитивно впливає на точність висіву.

Процес висіву насіння. У процесі обертання барабана насіння переміщується до нижньої зони висівного апарата, де під дією клиноподібних виштовхувачів вивільняється з комірок і надходить у порожнину сошника. Сошник спрямовує насіння в попередньо сформовану борозну на задану глибину, забезпечуючи дотримання агротехнічних вимог.

Одночасне внесення добрив мінеральних. Туковисівні апарати синхронно з висівом насіння подають мінеральні добрива через систему тукопроводів до дводискових сошників. Добрива рівномірно розміщуються з обох боків рядка, що створює сприятливі умови для живлення кореневої системи рослин на початкових етапах росту.

Закриття борозни та формування посівного ложа. Після укладання насіння і внесення добрив борозни закриваються за допомогою дискових загортачів. Це сприяє збереженню вологи, запобігає вимиванню поживних речовин і створює оптимальні умови для проростання насіння.

Поліпшення умов для проростання рослин. Сошники тукові мають грудковідводи, що мають можливість відвести крупні грудки ґрунту від зони рядка, покращуючи структуру посівного ложа. Долотоподібна форма сошників забезпечує ефективне проникнення в ґрунт і стабільне формування борозни необхідної глибини. Ріжучий ніж з ребордами, розташований у передній частині сошника, сприяє якісному розрізанню ґрунту.

Ущільнення та вирівнювання поверхні ґрунту. За сошниками встановлено прикочувальні котки та дискові загортачі, розміщені під взаємним кутом. Пружинна гребінка вирівнює поверхню поля, що забезпечує щільний контакт насіння з ґрунтом і покращує умови його проростання.

Для створення необхідного розрідження повітря в пневматичних висівних апаратах сівалка СПП-12 оснащена вентилятором, привід якого здійснюється від гідравлічної системи енергетичного засобу.

Для покращення формування посівної борозни в передній частині посівної секції встановлено дисковий ніж, який виконує вертикальний розріз ґрунтового шару. Це також забезпечує ефективне перерізання пожнивних решток і бур'янів, запобігаючи їх накопиченню на елементах сошника. За умов значної

засміченості поверхні поля рослинними залишками застосування диска з гладким периметром є малоефективним. У таких випадках доцільним є використання ножа, який має вирізний периметр і регульовану реборду, що підвищує якість подрібнення рослинної маси та стабілізує роботу сошника у агротехнічних умовах, які є складними (рис. 2.6).

Застосування ножа з фігурною (вирізною) формою зовнішньої кромки інтенсифікує процес розпушування ґрунту та забезпечує ефективніше руйнування ущільнених шарів за рахунок ударної дії радіальної частини леза. Така конструкція сприяє додатковому притисканню рослинних решток у зоні контакту, що забезпечує їх більш якісне подрібнення порівняно з дисками, які мають суцільну форму.

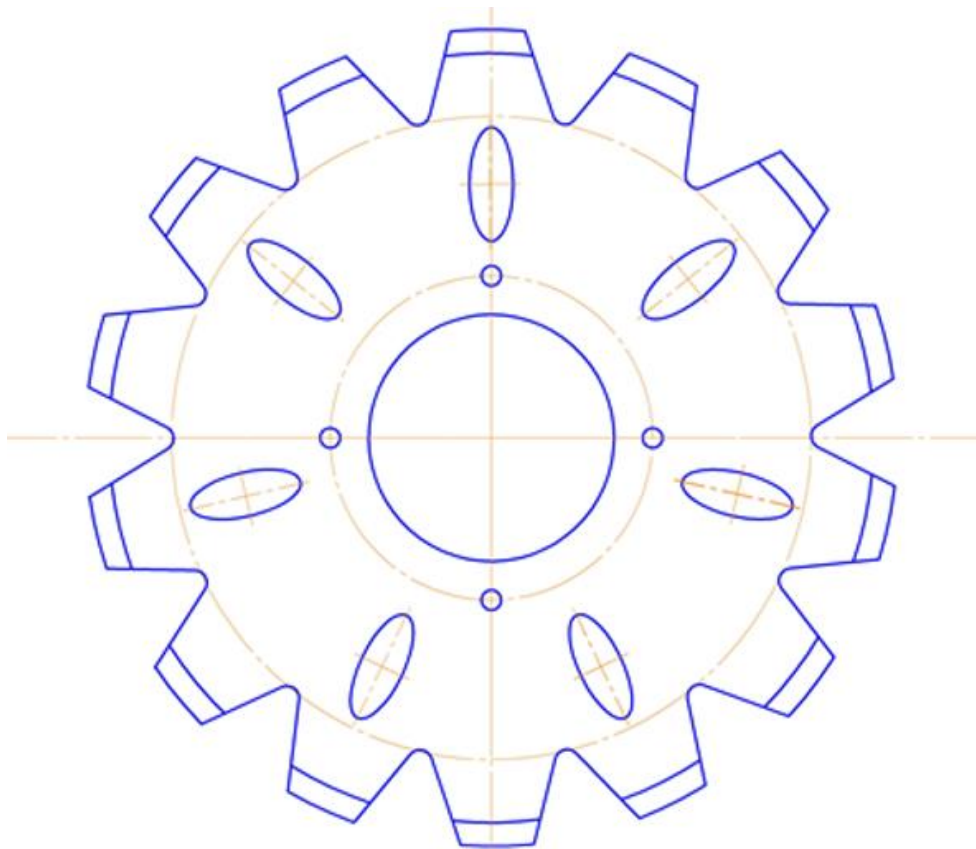


Рис. 2.6. Диск вирізний.

Перевага застосування дискового ножа з вирізним периметром – це зменшення коефіцієнта ковзання, що забезпечує підвищення ефективності перерізання пожнивних решток і, відповідно, сприяє покращенню загальної якості роботи посівного агрегату.

2.3. Висновки. Формулювання мети та завдань дослідження

Посів просапних культур є одним із найвідповідальніших етапів технологічного процесу рослинництва, оскільки саме від якості його виконання значною мірою залежать рівень польової схожості, рівномірність розвитку рослин і майбутня врожайність. Аналіз сучасних агротехнічних вимог дозволяє виокремити основні завдання, які мають бути забезпечені під час виконання посівних робіт.

До першочергових завдань належить забезпечення високої точності висіву насіння, що передбачає рівномірний його розподіл у рядку, дотримання встановленої норми висіву та стабільних міжнасінневих інтервалів. Не менш важливим є формування оптимального насінневого ложа, яке має забезпечувати надійний контакт насіння з ґрунтом, наявність розпушеного дна борозни та ущільнених бокових стінок для ефективної капілярної подачі вологи.

Суттєве значення має стабільне дотримання заданої глибини загортання насіння відповідно до агротехнічних вимог конкретної культури, що створює однакові умови для проростання та розвитку всіх рослин. Водночас необхідно забезпечити збереження структури ґрунту та вологи в посівному шарі, мінімізуючи її втрати та обмежуючи ущільнення ґрунту за межами рядка.

Важливою умовою якісного посіву є очищення борозни від пожнивних решток, які можуть ускладнювати формування насінневого ложа та негативно впливати на появу сходів. Сукупність зазначених вимог має сприяти створенню рівних стартових умов для рослин, що забезпечує дружні та вирівняні сходи, зменшує внутрішньовидову конкуренцію та сприяє формуванню однорідного стеблостою. Крім того, точне дотримання міжрядь є необхідною передумовою для ефективного механізованого догляду за посівами, зокрема під час міжрядного обробітку, культивації та підживлення.

За сучасних умов ведення сільського господарства одним із перспективних напрямів підвищення ефективності сівби просапних культур є удосконалення робочих органів посівних машин, зокрема дискових ножів, які відіграють важливу роль у формуванні борозни та забезпеченні стабільної роботи сошників. У зв'язку з цим дослідження конструктивних і режимних параметрів просапних

сівалок, **спрямоване** на підвищення якості посіву – актуальне науково-технічне завдання.

Виходячи з наведеного, у магістерській роботі сформульовано такі мету та завдання досліджень.

Враховуючи наведене, у межах магістерської роботи нами сформульовано наступне:

Мета дослідження полягає у встановленні закономірностей зміни моментів обертання дискових ножів залежно від їх конструктивного виконання та швидкісних режимів роботи посівного агрегату, а також у формуванні узагальненої схеми розподілу моментів обертання з урахуванням зазначених чинників.

Щоб досягти поставлену мету, необхідно розв’язати такі **завдання**:

1. Дослідити вплив конструкції дискового ножа (гладка та вирізна форма), швидкості руху агрегату та фізико-механічних властивостей ґрунту на зміну моментів обертання.

2. Розробити аналітичну та/або графічну модель розподілу моментів обертання дискових ножів, що дозволить оцінювати навантаження на елементи конструкції та прогнозувати умови їх роботи.

Об’єкт дослідження – ножі дискові сівалки СПП-12 двох конструктивних виконань (круглі та вирісні) з однаковою площею робочої поверхні.

Предмет дослідження – конструктивні й технологічні параметри дискових ножів та особливості їх взаємодії з ґрунтовим середовищем.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Сучасний стан вирощування просапних культур

Просапні культури займають важливе місце у структурі сільськогосподарського виробництва, оскільки вони є основою продовольчої безпеки, кормової бази тваринництва та сировиною для переробної промисловості. До основних просапних культур належать кукурудза, соняшник, соя, цукрові буряки, сорго та інші, які характеризуються високим потенціалом урожайності та значною економічною цінністю.

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору вирощування просапних культур відбувається з урахуванням інтенсифікації виробництва, впровадження ресурсозберігаючих технологій та адаптації до змін клімату. Значна увага приділяється підвищенню врожайності за одночасного зниження витрат матеріально-технічних ресурсів, що зумовлює необхідність удосконалення технологій обробітку ґрунту, сівби, догляду за посівами та збирання врожаю.

Одним із ключових елементів технології вирощування просапних культур є якісний посів, від якого значною мірою залежать польова схожість, рівномірність розміщення рослин і формування продуктивного агроценозу. Порушення агротехнічних вимог під час сівби, зокрема нерівномірний розподіл насіння, нестабільна глибина загортання або засмічення посівної борозни рослинними рештками, призводять до зріджених або нерівномірних сходів, що негативно впливає на врожайність.

В умовах поширення мінімального та нульового обробітку ґрунту зростає кількість пожнивних решток на поверхні поля, що ускладнює процес сівби просапних культур. Це підвищує вимоги до конструкції посівних машин і їх робочих органів, зокрема до сошників і дискових ножів, які повинні забезпечувати якісне формування борозни, ефективне перерізання рослинних залишків та стабільну роботу в складних агротехнічних умовах.

Разом з тим, вирощування просапних культур передбачає необхідність точного дотримання міжрядь, що є важливою умовою для подальшого механізованого догляду за посівами, зокрема міжрядного обробітку, внесення

добрих і захисту рослин. Це зумовлює широке застосування сівалок точного висіву та актуалізує питання їх конструктивного вдосконалення.

Таким чином, сучасний стан вирощування просапних культур характеризується підвищеними вимогами до якості посіву, надійності та ефективності посівної техніки. У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на удосконалення конструкції посівних агрегатів і їх робочих органів, є актуальними та мають важливе практичне значення для підвищення ефективності виробництва просапних культур.

Якісне та своєчасне виконання посіву є одним із ключових чинників забезпечення високого рівня врожайності сільськогосподарських культур. Для реалізації цього завдання застосовуються сівалки підвищеної точності, які забезпечують рівномірне розміщення насіння в ґрунті з оптимальними параметрами глибини загортання та міжнасіннєвих відстаней.

Для реалізації зазначених вимог у сучасному землеробстві широко застосовуються сівалки точного висіву, конструкція яких орієнтована на забезпечення високої рівномірності розподілу насіння в рядку, стабільного дотримання заданої глибини загортання та оптимальних міжнасіннєвих інтервалів. Використання таких машин дозволяє мінімізувати втрати посівного матеріалу, підвищити польову схожість і створити однакові стартові умови для кожної рослини.

Сівалки точного висіву, призначені для посіву просапних культур, повинні відповідати комплексу конструкційно-технологічних вимог, які визначають ефективність виконання посівних операцій у різноманітних агротехнічних умовах. Насамперед, вони мають гарантувати високу точність дозування насіння та його рівномірне розміщення в ґрунті з дотриманням встановлених параметрів глибини загортання та міжнасіннєвих відстаней, що безпосередньо впливає на рівномірність сходів і продуктивність посівів.

Важливою вимогою є мінімальний вплив посівної машини на фізичний стан ґрунту. Сівалки повинні сприяти збереженню ґрунтової вологи, запобігати надмірному ущільненню посівного шару та обмежувати розвиток ерозійних процесів, особливо за умов використання енергозберігаючих і ґрунтозахисних

технологій обробітку.

Крім того, посівні агрегати мають стабільно працювати на різних агрофонах, у тому числі за наявності значної кількості поживних решток або підвищеної засміченості бур'янами, що є характерним для сучасних технологій мінімального та нульового обробітку ґрунту. Це висуває підвищені вимоги до конструкції робочих органів сіялок, зокрема сошників і дискових ножів.

Суттєве значення має здатність сіялок забезпечувати високу продуктивність за підвищених робочих швидкостей без погіршення якості висіву. Це дозволяє скоротити тривалість посівної кампанії, своєчасно виконати агротехнічні заходи та зменшити витрати паливно-енергетичних ресурсів.

Сучасні сіялки точного висіву також повинні забезпечувати можливість одночасного внесення мінеральних добрив із рівномірним їх розподілом у зоні живлення рослин, що сприяє підвищенню ефективності використання поживних елементів і покращенню стартового розвитку культур.

В умовах впровадження технологій точного землеробства особливого значення набуває сумісність сіялок з GPS-навігаційними системами, електронними засобами контролю та моніторингу технологічних параметрів сівби. Це дозволяє підвищити точність виконання операцій, зменшити вплив людського фактора та забезпечити стабільну якість посіву.

Не менш важливими вимогами є надійність конструкції, простота технічного обслуговування та енергоефективність сіялок, що безпосередньо впливає на зниження експлуатаційних витрат, підвищення продуктивності праці та загальну економічну ефективність аграрного виробництва.

Станом на сьогодні український ринок сільськогосподарської техніки представлений широким асортиментом сіялок точного висіву для просапних культур, які виробляються провідними компаніями Європи та США, зокрема Amazone, Great Plains, Horsch, John Deere, Kuhn, Kverneland, Maschio Gaspardo, Massey Ferguson та іншими. Зазначені машини характеризуються високим рівнем технологічного виконання, надійністю конструктивних рішень і стабільною якістю реалізації посівного процесу.

Разом із тим, висока вартість такої техніки робить її доступною переважно для великих аграрних підприємств із значним фінансовим і матеріально-технічним потенціалом, частка яких в аграрному секторі України є незначною та не перевищує кількох відсотків. На вторинному ринку також наявні вживані імпортні сівалки, однак навіть у цьому випадку їх придбання залишається економічно складним для господарств із середнім і низьким рівнем ресурсного забезпечення. Додатковим стримувальним чинником є висока вартість запасних частин і сервісного обслуговування закордонної техніки.

За таких умов сільськогосподарські підприємства з обмеженими або помірними фінансовими можливостями здебільшого орієнтуються на вітчизняні моделі сівалок. Незважаючи на те, що за окремими технічними та технологічними показниками вони поступаються імпортним аналогам, вітчизняна техніка є значно доступнішою за ціною та спроможна забезпечити прийнятний рівень агротехнічної якості посіву в умовах обмеженого фінансування.

Метою даного дослідження є аналіз конструктивних рішень і визначення техніко-технологічного рівня сучасних вітчизняних сівалок, що використовуються для висіву просапних зернових культур у сільськогосподарських підприємствах центральної частини України.

Об'єктом дослідження в межах магістерської роботи обрано дисковий ніж посівної секції сівалки СПП-12.

З метою поліпшення процесу формування посівної борозни перед сошником у конструкції посівної секції сівалки просапної СПП-12 передбачено встановлення дискового ножа, який виконує вертикальне розрізання ґрунтового шару та одночасно подрібнює бур'яни й пожнивні рештки, запобігаючи їх накопиченню на елементах сошника. Проте за умов підвищеної засміченості поля рослинними залишками застосування дискового ножа з гладким периметром не забезпечує достатньої якості їх перерізання.

З метою підвищення ефективності роботи сівалки в складних агротехнічних умовах запропоновано замінити гладкий дисковий ніж на ніж із вирізним периметром та регульованою ребордою. Таке конструктивне рішення

дозволяє покращити очищення робочої зони сошника, стабілізувати його роботу та підвищити загальну якість виконання посівних операцій.

3.2. Теоретичні дослідження.

Сівалки для посіву просапних культур становлять самостійну групу посівних машин, оскільки саме точність укладання насіння в ґрунт значною мірою зумовлює ефективність реалізації біологічного потенціалу відповідних сільськогосподарських культур.

Дисковий ніж сівалки СПП-12 – це один із ключових робочих органів посівної секції, призначений для ефективного формування посівної борозни та підготовки ґрунту під укладання насіння.

Його основні функції та особливості:

- вертикальний розріз ґрунтового шару — дозволяє створити борозну заданої глибини, забезпечуючи оптимальні умови для контакту насіння з ґрунтом.

- подрібнення рослинних залишків та бур'янів — зменшує засмічення робочої зони сошника і запобігає накопиченню рослинної маси на дисках та стійках.

- різновиди конструкції:

 - гладкий диск* – застосовується при невеликій кількості пожнивних решток;

 - диск з вирізним периметром і регульованою ребордою* – забезпечує ефективну роботу у разі підвищеного засмічення поля, стабілізує роботу сошника та покращує якість посіву.

- стабільність роботи – знижує опір руху агрегату та навантаження на робочі органи, сприяючи рівномірності посіву та збереженню структури ґрунту.

Дисковий ніж є невід'ємною складовою посівної секції сівалки СПП-12 і визначає ефективність роботи агрегату, особливо в умовах мінімального обробітку ґрунту або високої кількості рослинних залишків.

Оцінка конструкцій сівалок з дисковими ножами з урахуванням їх переваг та недоліків.

Сівалки з дисковими ножами, такі як СПП-12, широко застосовуються для посіву просапних культур завдяки специфічним конструктивним особливостям, які дозволяють підвищувати точність та ефективність посіву. Нижче наведено детальний аналіз переваг і недоліків таких конструкцій.

Переваги дискових ножів у сівалках

1. Висока точність формування борозни

- дисковий ніж забезпечує рівномірну глибину загортання насіння, що гарантує однакові умови проростання для всіх насінин.
- забезпечується оптимальний контакт насіння з ґрунтом, що підвищує польову схожість.

2. Ефективне перерізання рослинних залишків та бур'янів

- дискові ножі з вирізним периметром або регульованою ребордою здатні розрізати великі залишки рослин на поверхні поля, запобігаючи засміченню сошника.

3. Стабільна робота на різних типах ґрунту та агрофонах

- диски легко працюють на важких, середніх та легких ґрунтах, а також у полі з пожнивними рештками.

4. Мінімальний вплив на структуру ґрунту

- завдяки вертикальному розрізанню ґрунтового шару та ефективному ущільненню борозни, дискові ножі зберігають капілярну структуру ґрунту та зменшують втрати вологи.

5. Можливість комбінованого внесення добрив

- робочі органи сівалки можуть одночасно формувати борозну та подавати мінеральні добрива, що підвищує продуктивність агротехнічних операцій.

6. Сумісність із сучасними системами точного землеробства

- диски можна використовувати в агрегатах з GPS-навігацією та електронним контролем технологічних параметрів посіву.

Недоліки дискових ножів у сівалках

1. Чутливість до високого рівня рослинних залишків

– гладкі диски неефективні на засмічених полях, що потребує заміни на диски з вирізним периметром для стабільної роботи.

2. Підвищене навантаження на привідні механізми

– при роботі на важких ґрунтах або за високої швидкості руху агрегату дискові ножі створюють значний опір, що може призводити до прискореного зношування вузлів.

3. Обмежена гнучкість у регулюванні глибини та ширини міжрядь

– у деяких конструкціях дискові ножі менш адаптивні до зміни агротехнічних параметрів, ніж сошники типу «полоз».

4. Високі вимоги до обслуговування та експлуатації

– для підтримання робочого стану дискових ножів необхідно регулярно контролювати гостроту ріжучих кромek, змащення вузлів і стан регульованих реборд.

5. Вища собівартість у порівнянні з простішими сошниками

– вартість дискових ножів і їх заміни на поле або в сервісі вища, що може бути важливим фактором для господарств із обмеженим фінансуванням.

Дискові ножі у сівалках забезпечують високу точність посіву, ефективно перерізають рослинні залишки і збереження структури ґрунту, що робить їх оптимальними для сучасного точного землеробства. Водночас для стабільної роботи у складних агротехнічних умовах потрібне додаткове регулювання та модернізація конструкції (вирізний периметр, регульовані реборди), а також належне технічне обслуговування.

Конструкція посівної секції сівалки просапної СПП-12 включає в себе дисковий ніж з гладким периметром. Однак, експлуатаційні спостереження показали, що його ефективність не завжди відповідає агротехнічним вимогам. Це пояснюється високою щільністю необробленого ґрунту та наявністю великої кількості пожнивних решток, які ускладнюють формування борозни та знижують точність посіву.

Для підвищення продуктивності агрегату запропоновано застосування диска модифікованої конструкції з вирізним периметром. Такий диск дозволяє

більш ефективно прорізати ґрунт і рослинні залишки: він попередньо подрібнює пожнивні рештки, формує пухку борозну, а його ріжуча крайка забезпечує розрізання стебел і кореневищ бур'янів та соломи, одночасно очищаючи дно борозни від залишків рослинності, що значно покращує якість посіву.

Реалізація запропонованого конструктивного рішення забезпечує стабільне формування сходів, оптимізацію проросткової енергії та раціональне використання вологи ґрунту, що прямо впливає на ефективність і результативність виконання посівної операції.

3.3. Дослідження закономірностей формування моментів обертання дискових ножів

На підставі наведеного вище аналізу можна зробити висновок: диск посівної секції в якості робочого органу у ряді випадків не забезпечує належної якості розрізання ґрунтово-рослинної маси. Це, у свою чергу, призводить до зростання тягового опору посівного агрегату, погіршення умов його роботи та зниження загальної якості обробітку ґрунту [8].

Водночас відомо, що однією з основних вимог до сучасної ґрунтообробної та посівної техніки є забезпечення енерго- та ресурсозбереження в процесі її експлуатації [3; 5]. У зв'язку з цим аналіз моментів обертання стандартного (гладкого) та експериментального (вирізного) дискових ножів дає змогу в подальшому обґрунтувати шляхи зниження енергоємності обраної посівної машини.

Метою дослідження є вивчення моментів обертання гладкого диска та диска з вирізним параметром залежно від швидкості руху агрегату для посіву просапних культур.

Для досягнення поставленої мети передбачено вирішення таких **завдань**:

- встановлення закономірностей змінювання моментів обертання досліджуваних дискових ножів в залежності від їх конструктивних особливостей і швидкості руху;

– визначення впливу форми ріжучого леза гладкого диска та диска з вирізним параметром на величину обертальних моментів.

Об’єктом дослідження є дискові ножі посівних секцій просапної сівалки.

У роботі розглянуто дві моделі дискових ножів: стандартний диск гладкий діаметром 400 мм та запропонований нами диск з вирізним периметром, площа якого еквівалентна площі стандартного гладкого диска з таким же діаметром.

Для визначення моментів обертання гладкого та вирізного дискових ножів використовувалась спеціалізована експериментальна установка (рис. 3.1).

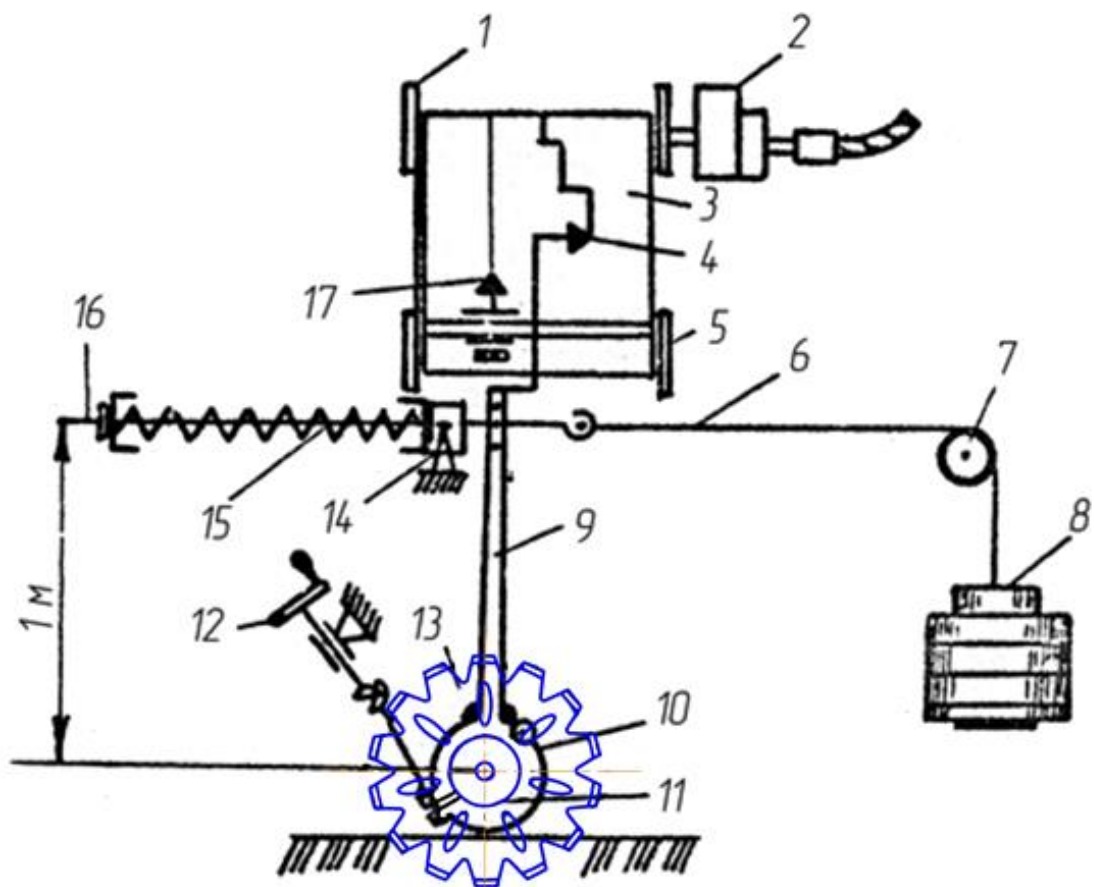


Рис. 3.1. Схема установки для визначення моменту обертання ножа:

1 – провідна котушка; 2 – редуктор ($i = 1/12$); 3 – паперова стрічка;
4, 17 – реєструючий пристрій; 5 – ведена котушка; 6 – шнур; 7 – ролик;
8 – гири; 9 – важіль; 10 – корпус гальма; 11 – барабан гальма; 12 – рукоятка
13 – диск; 14 – напрямна втулка; 15 – пружина; 16 – шток

На даній установці ніж закріплювався на коливній рамі. Обертальний момент передавався через гальмівний барабан на гальмівні колодки та систему важелів. Відхилення важеля фіксувалося реєструвальним пристроєм. Гальмування ножа здійснювалося за допомогою гальмівного барабана та ручного приводу гальма.

Експериментальні дослідження нами проводилися у ґрунтовому каналі, в якому ґрунт готувався за попередньо встановленою методикою з метою забезпечення стабільності та відтворюваності умов випробувань. Підготовка ґрунту у ґрунтовому каналі здійснювалася у кілька хронологічно послідовних окремих фаз:

Розпушення ґрунту.

З метою забезпечення однорідного розподілу вологи по об'єму ґрунтового шару та створення сприятливих умов для подальших технологічних операцій здійснювалося попереднє розпушування ґрунту.

Зволоження та підсушення ґрунту.

Коли ґрунт був розпушений, ми його зволожили до заданого рівня, після чого провели контрольоване підсушування до необхідної вологості. Такий підхід дозволив сформувати оптимальні умови для подальшого вирівнювання та ущільнення ґрунтового середовища.

Вирівнення та ущільнення поверхні ґрунту.

На наступному етапі ми виконували вирівнювання поверхні ґрунту при допомозі спеціального планувальника, встановленого під різними кутами до горизонтальної площини та напрямку руху установки. Ущільнення вирівняного шару ґрунту ми здійснювали із застосуванням котка гладкого водоналивного.

Тиск котка на ґрунтову поверхню регулювали шляхом зміни маси вантажів, розміщених на рухомому важелі притискних роликів, що забезпечило досягнення заданого ступеня ущільнювання.

Визначення твердості ґрунту.

Твердість ґрунту визначали за допомогою твердоміра Ревякіна в шарі ґрунту на глибині 0...200 мм. Вимірювання виконували у шаховому порядку вздовж ґрунтового каналу з чотириразовою повторністю на кожних 2 м² площі.

Визначення вологості ґрунту.

Нами вологість ґрунту визначалася методом відбору зразків по 4-х характерних точках по довжині ґрунтового каналу в таких інтервалах глибини:

- $(0...5) \times 10^{-2}$ м;
- $(5...10) \times 10^{-2}$ м;
- $(10...15) \times 10^{-2}$ м;
- $(15...20) \times 10^{-2}$ м.

Оброблення ґрунтових проб.

Відібрані зразки ґрунту ми розміщували в бюксах і потім висушували протягом 6 годин в сушильній шафі типу ШС-150, яка мала температуру 105°C , до досягнення постійної маси, що дозволяло визначити фактичну вологість ґрунту.

Усі експериментальні дослідження проводилися з триразовою повторністю, що забезпечувало надійність отриманих результатів та їх статистичну достовірність.

3.4. Підсумкові результати експериментальних досліджень..

Сумарний результуючий момент обертання дискового ножа з вирізним периметром відносно осі обертання M_0 визначали за такою залежністю:

$$M_0 = K \left(\frac{2}{5} a^{\frac{5}{2}} + \frac{fr}{\sqrt{3}} a^{\frac{3}{2}} - \frac{2}{3} a + \frac{r}{3} \right) \sqrt{\sin \alpha}, \quad (3.1)$$

тут K – показник для охарактеризування фізичного стану ґрунту;

a – розмір ділянки ріжучого леза, яка занурена в ґрунтове середовище;

f – показник коефіцієнту тертя леза диска об ґрунт;

r – значення радіуса диска з вирізним периметром;

α – кут защемлення.

Для визначення величини результуючого моменту обертання за формулою (3.1) нам необхідно попередньо встановити значення коефіцієнта K , який має складну залежність від швидкості руху посівного агрегату, а також від твердості та вологості ґрунту.

Залежність коефіцієнта K від швидкості руху агрегату V , тобто $K=f(V)$, наведена нами на рис. 3.2.

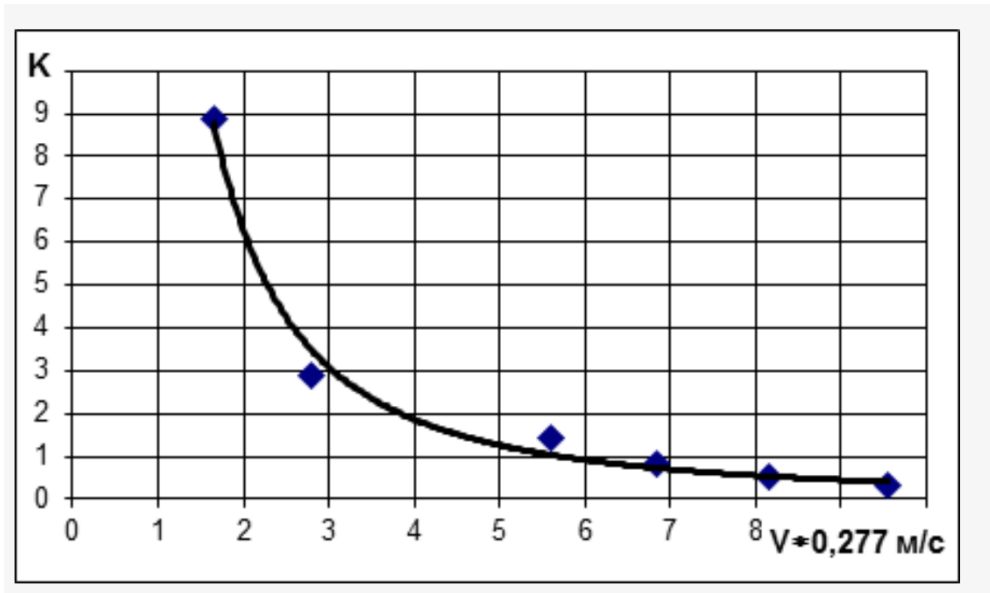


Рис. 3.2. Залежність коефіцієнта $K = f(V)$.

Аналіз графіка, представленого на рис. 3.2, вказує на те, що при збільшенні швидкості руху посівного агрегату значення коефіцієнта K буде зменшуватися. Для кількісного опису цієї залежності нами було використано програмне забезпечення Microsoft Excel. Метод накладання лінії тренду дав можливість отримати емпіричну залежність, яка описується наступним виразом:

$$K = 21,154V^{-1,7515} \quad (3.2)$$

Теоретично розраховані значення моментів обертання дискових ножів наведені в табл. 3.2. Досліджувані дані можемо апроксимувати за виразом:

$$M = V / (1,54 + 3,7V), \quad (3.3)$$

тут M – момент обертання діючого ножа, кНм;

V – швидкість, з якою рухається установка, м/с.

Таблиця 3.2

Вплив швидкості руху посівного агрегату V на моменти обертання гладкого та
вирізного дисків M_1 і M_2

($d = 0,4$ м; $h = 13 \times 10^{-2}$ м; $T_{\Pi} = 4,4 \dots 4,9$ МПа; $W_{\Pi} = 16,3\%$; $t_{05} = 2,01$)

Швидкість руху, $V=0.277$ v/c	Круглий ніж, M_1 , Нм	S_1 , НМ	v_1 , %	$S\bar{x}_1$	Вирізний ніж, M_2 , Нм	S_2 , НМ	v_2 , %	$S\bar{x}_2$	t	Кратність збільшення моментів, M_2/M_1
1,65	$\frac{142}{149,1}$	23,34	16,44	3,30	$\frac{193}{202,6}$	33,62	17,42	4,75	8,82	1,36
2,8	$\frac{213}{2191}$	38,27	17,97	5,41	$\frac{263}{273,1}$	48,97	18,62	6,92	5,69	1,23
5,6	$\frac{228}{239,4}$	44,19	19,38	6,25	$\frac{295}{307,7}$	59,12	20,04	8,36	6,14	1,29
6,85	$\frac{235}{246,7}$	46,78	19,91	6,62	$\frac{306}{319,3}$	62,45	20,41	8,83	6,44	1,30
8,15	$\frac{240}{252}$	48,52	20,22	6,86	$\frac{311}{328,5}$	64,38	20,70	9,10	6,23	1,29
9,55	$\frac{243}{255,2}$	49,50	20,37	7,00	$\frac{313}{328,7}$	66,14	21,13	9,35	5,99	1,28

Прим.: значення у чисельнику – теоретичне,
значення у знаменнику – експериментальне.

Коли збільшується швидкість V (табл. 3.3), то значення середньоквадратичного відхилення S і коефіцієнта варіації v теж збільшуються, сягаючи при цьому максимальних значень при $S\bar{x} = 7,0 \dots 9,35$ та $V = 9,55 \times 0,277$ м/с

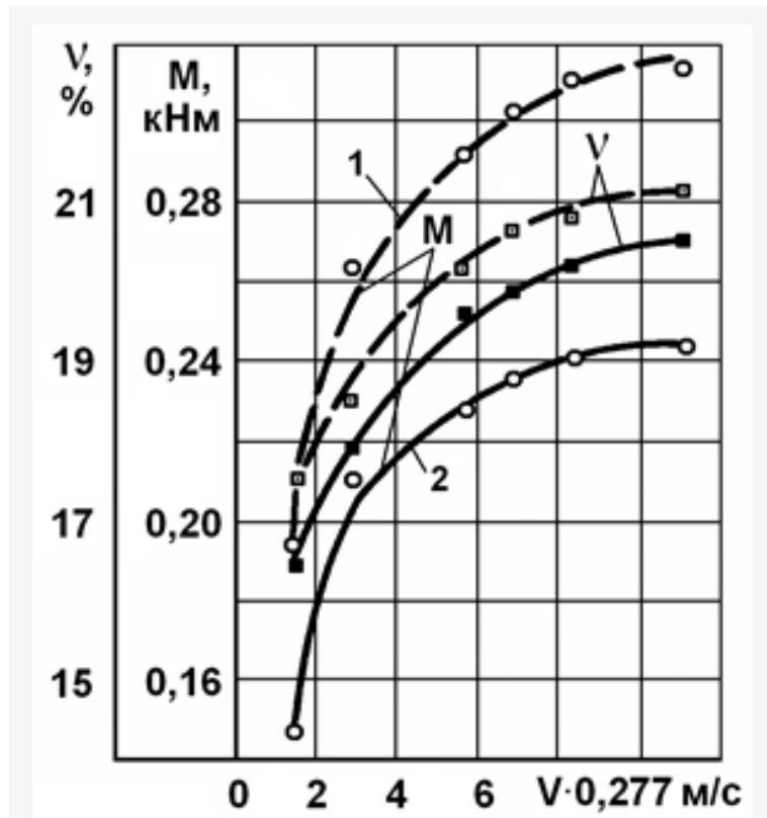


Рис. 3.3. Зміна моментів обертання M вирізного і круглого дискових ножів і коефіцієнта варіації v в залежності від швидкості руху: 1 – вирізний ніж; 2 – круглий ніж; $W_n = 16,3\%$; $T_n = 4,4 \dots 4,9 \text{ МПа}$.

Аналізуючи дані, які представлених таблицею 3.2 та рисунком 3.3, можемо зробити висновок, що зі збільшенням швидкості руху установки значення моментів обертання обраних дискових ножів помітно зростають.

Отже, результати лабораторних досліджень дають можливість встановити закономірності зміни обертальних моментів ножів дискових залежно від їх конструктивних особливостей (круглий або вирізний диск) та швидкості руху посівного агрегату при посіві просапних культур.

3.5. Висновки по розділу.

Серійні дискові ножі з гладкою ріжучою крайкою, що застосовуються у висівних секціях сівалок, працюють в умовах нерівномірної взаємодії з ґрунтовим середовищем. Така особливість експлуатації зумовлює відхилення від

встановлених агротехнічних вимог під час сівби просапних культур, призводить до зниження технологічної надійності посівних агрегатів, погіршення якості формування та загортання насіннєвої борозни, а також до зростання питомих енергетичних витрат у процесі виконання посівних робіт.

Величина тягового опору дискового ножа визначається сукупною дією фізико-механічних властивостей ґрунту, робочої швидкості руху агрегату та конструктивних параметрів ріжучого елемента, зокрема геометрією леза і конфігурацією його периметра.

З метою підвищення якості формування борозни та ефективності функціонування сошника запропоновано використання дискового ножа з вирізним периметром і регульованою ребордою замість традиційного гладкого диска. Запропонована конструкція забезпечує стабільну роботу посівного агрегату за умов підвищеної щільності ґрунту та наявності значної кількості пожнивних решток, покращує процес розрізання ґрунтового шару й рослинних залишків та сприяє підвищенню якості сівби.

У процесі досліджень нами отримано аналітичні залежності для визначення моментів обертання досліджуваних дисків із гладким і вирізним периметрами залежно від глибини їх занурення у ґрунт і його фізико-механічних характеристик. Нами встановлено, що узагальнений (сумарний) обертальний момент вирізного диска визначається довжиною зануреної частини леза, радіусом диска, кутом защемлення, коефіцієнтом тертя та фізичним станом ґрунтового середовища.

На відміну від традиційного гладкого диска, у якого момент сил на лезі формується переважно за рахунок сил тертя, вирізний диск реалізує додаткову активну ріжучу дію. Це забезпечує більш ефективне розсічення ґрунту та рослинних залишків, знижує енергетичне навантаження на посівний агрегат і сприяє рівномірнішому формуванню борозни.

Застосування дискового ножа з вирізним периметром і ребордою регульованою дозволить технологічно підвищити ефективність роботи сівалки СПП-12, оптимізувати затрати енергії та підвищити якість сівби просапних культур за різних агротехнічних умов.

Експериментальні дослідження підтвердили, що конструктивні особливості вирізного диска забезпечать стабільну здатність різання і підвищать працездатність у широкому діапазоні умов експлуатації. Збільшений потенційний обертальний момент такого диска дає змогу ефективно прорізати ґрунт і рослинні рештки навіть на засмічених полях з ущільнених ґрунтом.

Аналіз залежності моментів обертання від швидкості руху агрегату показав, що найбільш інтенсивне зростання обертального моменту спостерігається на швидкостях малих і середніх, тоді як за високих швидкостей темп його збільшення знижується. Це свідчить про раціональність конструкції вирізного диска та його пристосованість до роботи в широкому діапазоні робочих швидкостей, що дозволяє знизити коливання навантажень на механізми сіялки й забезпечити стабільну роботу посівного агрегату.

Тобто, при наступних досліджуваних інтервалах робочих швидкостей $V=(1,65\dots9,55)\times0,277$ м/с дисковий ніж із вирізним периметром має стабільне перевищення обертального моменту на 28...36% порівняно з диском з гладким периметром.

Це підтверджує суттєву перевагу запропонованого конструктивного рішення з точки зору ефективності ріжучої дії та забезпечення високої якості формування борозни незалежно від швидкісного режиму руху агрегату.

Підвищена ріжуча здатність вирізного диска також сприяє рівномірнішому загортанню насіння, покращенню його контакту з ґрунтом і, в результаті – зростанню енергії проростання, ефективнішому використанню ґрунтової вологи та підвищенню загальної продуктивності посівної операції.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі проведених аналітичних та експериментальних досліджень дискових ножів сівалки СПП-12 було розроблено низку практичних рекомендацій та заходів, спрямованих на підвищення ефективності посіву просапних культур у польових умовах.

1. Вдосконалення конструкції посівної секції

Для підвищення якості формування борозни та стабільності роботи сівалки у різних агротехнічних умовах рекомендовано:

- застосування дискового ножа з вирізним периметром та регульованою ребордою замість традиційного гладкого диска.
- регулювання глибини заглиблення диска відповідно до фізико-механічних характеристик ґрунту та наявності пожнивних решток.
- використання ножа з вирізним периметром у поєднанні з дисковим ножом гладкого типу на ділянках із малою засміченістю поля для оптимізації витрат енергії.

2. Оптимізація технологічних режимів роботи сівалки

Дослідження показали, що момент обертання диска залежить від швидкості руху агрегату. Практична реалізація цього результату включає:

- підбір оптимальної робочої швидкості сівалки у діапазоні $V = (1,65 \dots 9,55) \times 0,277$ м/с, при якій вирізний диск забезпечує стабільний ріжучий ефект і максимальну ефективність формування борозни.
- використання інформаційних показників контролю технологічних параметрів (електронний контроль обертів, рівня насіння та добрив у бункерах) для підтримання стабільної роботи на полі.

3. Підвищення якості посіву та продуктивності

Запровадження вирізного диска у конструкції посівної секції дозволяє:

- забезпечити рівномірне формування борозни та загортання насіння, що підвищує енергію проростання та рівномірність сходів.
- ефективніше розрізати рослинні залишки та бур'яни, що знижує засмічення робочої зони та підвищує стабільність роботи сошників.

– раціонально використовувати ґрунтову вологу, що сприяє підвищенню польової схожості насіння та загальної врожайності просапних культур.

4. Енергетичні та технічні аспекти

Використання вирізного диска дозволяє знизити витрати енергії на подолання опору ґрунту у порівнянні з традиційними гладкими дисками, особливо на ділянках із підвищеною щільністю ґрунту.

Конструкція диска забезпечує стабільний момент обертання навіть при змінному швидкісному режимі руху агрегату, що зменшує знос механізмів та підвищує ресурс роботи посівного обладнання.

5. Впровадження у виробництво

Впровадження диска з вирізним периметром у серійне виробництво сіялки СПП-12 дозволяє підвищити технологічну ефективність агрегату.

Рекомендовано застосовувати запропоноване конструктивне рішення у господарствах центрального регіону України з різними типами ґрунтів та рівнем засміченості полів, що забезпечує оптимальне співвідношення продуктивності, якості посіву та економічності.

Таблиця 4.1

Практичні заходи підвищення ефективності роботи
посівної секції сіялки СПП-12

Проблема / обмеження	Запропоноване рішення	Очікуваний ефект / результат
Недостатня ріжуча здатність диска з гладким периметром на щільних ґрунтах та засмічених полях	Встановлення диска з вирізним периметром та регульованою ребордою	Покращене прорізання ґрунту та рослинних залишків, стабільне формування борозни
Нерівномірне загортання насіння та погана енергія проростання	Оптимізація глибини заглиблення диска та контроль рівня насіння в бункері	Рівномірні сходи, підвищення енергії проростання насіння
Підвищене енергетичне навантаження на агрегат	Використання диска з вирізним периметром для зменшення сили тертя	Зниження витрат енергії та зменшення зносу механізмів
Зниження ефективності при змінній швидкості руху сіялки	Підбір оптимальної швидкості $V = (1,65 \dots 9,55) \times 0,277$ м/с	Стабільний момент обертання диска, ефективна робота у широкому діапазоні швидкостей
Засмічення сошника пожнивними рештками та бур'янами	Використання ріжучої крайки диска та попереднє подрібнення рослинних залишків	Чисте дно борозни, покращена якість посіву та стабільність роботи секції
Обмежена сумісність із сучасними технологіями точного землеробства	Інтеграція диска з вирізним периметром у сіялку з системою контролю технологічних параметрів	Підвищення точності посіву, можливість використання GPS-навігації та електронного моніторингу

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при роботі з сівалкою СПП-12 при посіві просапних культур

Загальна характеристика умов праці

Посів просапних культур із використанням сівалки СПП-12 належить до механізованих сільськогосподарських робіт підвищеної небезпеки. Праця механізатора пов'язана з експлуатацією причіпної або напівнавісної машини, роботою в польових умовах, впливом рухомих механізмів, шуму, вібрації та запиленості. Безпечні умови праці забезпечуються за рахунок справного технічного стану агрегату, правильної організації робіт і дотримання вимог охорони праці.

Умови праці характеризуються впливом комплексу виробничих факторів, зокрема фізичних (шум, вібрація), механічних (рухомі та обертові елементи сівалки), а також природно-кліматичних чинників. Робоче місце механізатора розташоване в кабіні трактора, де мікроклімат залежить від технічного стану машини, наявності систем вентиляції та погодних умов.

Під час посіву просапних культур механізатор повинен постійно контролювати технологічний процес: рівномірність висіву, роботу висівних апаратів, стан сошників і маркерів, що зумовлює підвищене психофізіологічне навантаження. Тривале перебування у вимушеній робочій позі та необхідність зосередженої уваги можуть спричиняти швидку втому.

Рівень безпеки умов праці значною мірою залежить від справності сівалки СПП-12, правильності її агрегування з трактором, дотримання встановлених швидкісних режимів та своєчасного технічного обслуговування. Важливе значення має також раціональна організація праці, дотримання режимів праці та відпочинку, використання засобів індивідуального захисту і неухильне виконання вимог охорони праці.

Фактори ризику та шкідливі умови праці

Під час роботи з сівалкою СПП-12 на працівників можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

- механічні травми внаслідок контакту з рухомими частинами висівних апаратів, приводів і маркерів;
- небезпека затягування одягу елементами трансмісії;
- підвищений рівень шуму та вібрації від роботи трактора;
- пи́л від ґрунту, насіння та мінеральних добрив;
- несприятливі метеорологічні умови (висока температура, вітер, опади);
- психофізіологічне навантаження при тривалій безперервній роботі.

Таблиця 5.1

Таблиця небезпечних факторів та заходів захисту

Небезпечний фактор	Можливі наслідки	Заходи захисту
Рухомі та обертові частини сівалки	Травми кінцівок, защемлення	Захисні кожухи, заборона обслуговування при працюючому двигуні
Висівні апарати та маркери	Порізи, удари	Дотримання безпечної дистанції, інструктаж
Підвищений рівень шуму та вібрації	Втома, зниження працездатності	Справна техніка, регламентовані перерви
Пил від ґрунту і насіння	Подразнення органів дихання	Використання респіраторів, захисних окулярів
Метеорологічні умови	Перегрів або переохолодження	Відповідний спецодяг, дотримання режиму праці
Психофізіологічне навантаження	Зниження уваги, помилки	Раціональна організація робочого часу

Організаційне забезпечення охорони праці

З метою зниження рівня травматизму та професійних ризиків необхідно:

- допускати до роботи лише осіб не молодше 18 років, які пройшли медичний огляд, навчання та інструктаж з охорони праці;
- забезпечити дотримання режимів праці та відпочинку;
- організувати постійний контроль за технічним станом сівалки СПП-12;
- проводити періодичні повторні інструктажі з безпечних методів роботи.

Заходи безпеки перед початком посівних робіт

Перед початком роботи механізатор повинен:

- перевірити технічний стан сівалки, справність висівних апаратів, маркерів та приводів;

- переконатися у наявності та цілісності захисних кожухів і огорожень;
- перевірити надійність агрегування сівалки з трактором;
- виконувати регулювання норми висіву та глибини загортання насіння лише при зупиненому двигуні;
- одягнути справні засоби індивідуального захисту (спецодяг, захисне взуття, рукавиці).

Вимоги безпеки під час виконання посіву просапних культур

Під час роботи з сівалкою СПП-12 забороняється:

- перебувати стороннім особам у зоні роботи агрегату;
- виконувати очищення або усунення несправностей при працюючому двигуні;
- перевозити людей на сівалці;
- перевищувати встановлену робочу швидкість агрегату.

Механізатор зобов'язаний постійно контролювати рівномірність висіву, роботу сошників і стан висівних апаратів, а у разі виникнення несправностей негайно зупиняти агрегат.

Вимоги безпеки після закінчення роботи

Після завершення посівних робіт необхідно:

- зупинити трактор і від'єднати сівалку;
- очистити робочі органи від залишків ґрунту, насіння та добрив;
- провести технічний огляд сівалки та усунути виявлені дефекти;
- зберігати агрегат у спеціально відведеному місці з дотриманням вимог безпеки.

Пожежна безпека та охорона навколишнього середовища

Під час експлуатації сівалки СПП-12 необхідно дотримуватися правил пожежної безпеки, не допускати витоків пально-мастильних матеріалів, а також запобігати забрудненню ґрунту насінням і добривами. Рациональне використання матеріалів сприяє зменшенню негативного впливу на довкілля.

Дотримання вимог охорони праці при роботі з сівалкою СПП-12 під час посіву просапних культур забезпечує безпечні умови праці, знижує виробничі ризики та підвищує ефективність посівних робіт.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У межах виконання магістерської роботи здійснено теоретичне обґрунтування та конструктивне удосконалення розрізного диска просапної сівалки СПП-12. Основною метою досліджень було підвищення ефективності функціонування посівної секції шляхом оптимізації геометричних параметрів і робочого профілю ріжучого елемента.

За результатами експериментальних і аналітичних досліджень встановлено, що впровадження диска з вирізним периметром у конструкцію посівної секції забезпечує покращення якості виконання передпосівних технологічних операцій. Удосконалена геометрія ріжучої кромки сприяє більш інтенсивному кришінню та аерації верхнього шару ґрунту перед сошником, що, своєю чергою, створює рівномірніше та структурно однорідне посівне ложе.

Крім того, наявність вирізного контуру забезпечує ефективніше перерізання, подрібнення та відведення рослинних решток із зони формування борозни. Це зменшує ймовірність накопичення поживних залишків на робочих органах, знижує ризик їх забивання та сприяє підвищенню надійності й стабільності перебігу технологічного процесу сівби.

У ході проведених досліджень отримано аналітичні залежності для визначення моментів обертання дисків з різними периметрами – гладким і вирізним з урахуванням глибини їх заглиблення в ґрунт та його фізико-механічних властивостей. Встановлено, що сумарний момент обертання вирізного диска відносно осі визначається сукупністю чинників, зокрема довжиною зануреної в ґрунт ділянки леза, радіусом диска, кутом защемлення, коефіцієнтом тертя між лезом диска та ґрунтом, а також показниками, що характеризують фізичний стан ґрунту. Запропонована нами конструкція вирізного диска забезпечить виникнення додаткової ріжучої дії, що позитивно впливає на процес взаємодії робочого органа з ґрунтом.

Отримані нами результати досліджень підтверджують вищу ефективність ріжучої дії диска з периметром вирізним за умов роботи у змінному швидкісному режимі.

Модернізована конструкція відповідає вимогам ДСТУ та Системи стандартів безпеки праці відносно захисту механізатора від дії шкідливих виробничих факторів, а саме: впливу шуму, вібрації, запиленості повітря та небезпеки виникнення нещасних випадків. Запропоновані конструктивні рішення спрямовані на забезпечення безпечних і комфортних умов праці механізатора при експлуатації сівалки СПП-12.

Удосконалення конструкції сівалки СПП-12 дозволяє знизити матеріаломісткість, підвищити робочу швидкість агрегату та забезпечити раціональніше використання змінного часу. Це сприяє зростанню продуктивності виконання посівних робіт і збільшенню чистого доходу, що компенсує витрати, які можуть бути пов'язані з модернізацією сівалки СПП-12.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Х.: Мачулін. 2019. 164 с. URL: <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/10486/1/Підручник%20О%20НД%202019.pdf>
2. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника: Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. – Х.: Мачулін. 2016. 204 с. URL: http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/2898/3/Pidruchnik%20doslidnika_2016.pdf.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підр. – К.: Каравела, 2004. – С. 66-82.
4. Дейкун, В.А. Удосконалений сошник прямого посіву зернових культур / Дейкун В.А, Шмат С.І., Гончаров В.В. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання виробництво та експлуатація с/г машин / КНТУ, 2006, вип. 40, част. 1 – С. 159-164 (Фахове видання). <http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/1782/1/30.pdf>
5. ДСТУ 2293:2014 «Охорона праці. Терміни та визначення основних понять».
6. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017 «Сільськогосподарські машини. Вимоги безпеки».
7. ДСТУ ISO 12100:2016 «Безпечність машин. Загальні принципи проєктування».
8. Закон України «Про охорону праці».
9. Методика навчання і наукових досліджень у вищій школі: Навчальний посібник / С.У. Гончаренко, П.М. Олійник, В.К. Федорченко та ін.; За ред. С.У. Гончаренка, П.М. Олійника. – К.: Вища шк., 2003. – 323 с.
10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в

рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М. Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с. URL:<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8095/1/РґРґР Р % 28РґР %29%202018%20%28Р·%20PSPsРјРµСЃР°СЃС–С’СЃ%29.pdf>.

11. НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві».

12. НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки».

13. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Рудь Ю.С. – 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

14. Охорона праці у сільському господарстві. Навч. посібник / О.В. Войналович, Є.І. Марчиниша, Т.О. Білько. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.

15. Посібник. Машини для обробітку ґрунту та сівби / За ред. Кравчука В.І., Мельника Ю.Ф. - дослідницьке: УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. – 2009. - 288.

16. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студент. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладь. с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Чорновола. Кн.. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М, Сало; За ред. М.І. Чорновола. – К.: Урожай, 2002. – 364 с.: іл.

17. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.

18. Сучасні сівалки для висіву просапних зернових культур вітчизняного виробництва. Реальність та перспективи / С. Демидов, М. Стародубцева, О. Савицька // Південно-Українська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого. http://irbis-nbuv.gov.ua/cgi-bin/irbis_nbuv/cgiirbis_64.exe?C21COM=2&I21DBN=UJRN&P21DBN=UJRN&IMAGE_FILE_DOWNLOAD=1&Image_file_name=PDF/Ttar_2016_20_14.pdf.

ДОДАТКИ