

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

«Допущено до захисту»

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ 2025 р.
« ____ » _____

ДИПЛОМНА РОБОТА

за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:

**«Механізація вирощування гороху з обґрунтуванням
параметрів сошника сівалки для сіви зернових культур»**

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

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Борщенко Владислав Олександрович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ 2025 р.
« ____ » _____

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ 2025 р.
« ____ » _____

м. Кропивницький

Центральноукраїнський національний технічний університет

Факультет агротехнічний

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти другий (магістерський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-професійна (освітньо-наукова) програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

« _____ » _____ 2025 року

ЗАВДАННЯ НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ ЗА ДРУГИМ (МАГІСТЕРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

Борщенко Владислав Олександрович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема дипломної роботи «Механізація вирощування гороху з обґрунтуванням параметрів сошника сівалки для сівки зернових культур»

2. Керівник дипломної роботи _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання роботи до захисту _____

4. Мета та завдання дипломної роботи – підвищення ефективності технологічного процесу сівки гороху шляхом обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів сошника зернової сівалки.

5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Мета, задачі, об'єкт та предмет досліджень – 1 арк. фА1. 2. Аналіз конструкцій дводискових сошників – 1 арк. фА1. 3. Запропоноване технічне рішення – 1 арк. фА1. 4. Теоретичне обґрунтування запропонованої конструкції – 1 арк. фА1. Результати теоретичних досліджень запропонованої конструкції сошника – 1 арк. фА1. Загальна кількість ілюстративного матеріалу – 5 (п'ять аркушів фА1).

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділу «Вступ»	17.10.2025 р.	
2	Виконання розділу «Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень»	07.11.2025 р.	
3	Виконання розділу «Наукова частина»	21.11.2025 р.	
4	Виконання розділу «Практична реалізація результатів досліджень»	28.11.2025 р.	
5	Виконання розділу «Охорона праці».	28.11.2025 р.	
6	Формулювання загальних висновків. Оформлення пояснювальної записки, ілюстративної частини, підготовка до захисту	09.12.2025 р.	

Дата видачі завдання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис керівника _____

_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« ____ » _____ 2025 р.

Підпис здобувача _____

Владислав БОРЩЕНКО

(прізвище та ініціали)

Анотація

У магістерській роботі розглянуто підвищення ефективності сівби гороху шляхом удосконалення дводискового сошника зернової сівалки. На основі аналізу агротехнічних вимог та недоліків традиційних сошників запропоновано конструкцію з нерухомою п'ятою, параболічним насіннєнапрямником і пружними загортачами. Теоретичні розрахунки та динамічний аналіз підтвердили зменшення коливань сошника та стабілізацію глибини висіву. Практична оцінка показала можливість встановлення конструкції на серійні сівалки без суттєвих модифікацій. Удосконалений сошник покращує рівномірність загортання насіння та формування борозни, що сприяє підвищенню якості сівби й урожайності.

Ключові слова: сошник, горох, сівалка, дводисковий сошник, посів, насіннєнапрямник, рівномірність висіву

Abstract

The thesis focuses on improving pea sowing efficiency by enhancing the design of a double-disk opener. Based on the analysis of agrotechnical requirements and deficiencies of conventional openers, a new design with a fixed soil-forming shoe, parabolic seed guide, and flexible covering rods is proposed. Theoretical and dynamic analyses demonstrate reduced opener oscillations and more stable seeding depth. Practical evaluation confirms compatibility with existing seeders without major structural changes. The improved opener ensures better seed placement uniformity and furrow formation, contributing to higher sowing quality and crop performance.

Keywords: opener, peas, seeder, double-disc opener, sowing, seed guide, seeding uniformity

ЗМІСТ

1. ВСТУП	5
2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ	7
2.1. Аналіз технології вирощування гороху	7
2.2. Агротехнічні вимоги до вирощування гороху	9
2.3. Огляд конструкцій дводискових сошників	12
2.4. Висновки по розділу	18
3. НАУКОВА ЧАСТИНА	20
3.1. Обґрунтування вдосконалення дводискового сошника зернової сівалки	20
3.2. Теоретичне обґрунтування роботи вдосконаленого дводискового сошника	22
3.3. Висновки по розділу	33
4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	36
4.1. Можливості впровадження у виробництво запропонованої конструкції сошника	36
4.2. Опис конструкції сівалки у якій можна встановити удосконалений сошник	37
4.3. Технологічний розрахунок параметрів сошника	38
4.4. Розміщення сошників на сівалці	42
4.5. Кінематичний розрахунок механізму піднімання сошників	44
4.6. Висновки по розділу	48
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	49
5.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути при вирощуванні гороху	49
5.2. Заходи безпеки під час виконання основних технологічних операцій	49
5.3. Висновки по розділу	52
6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	55
ДОДАТКИ	59

1. ВСТУП

Одним із ключових напрямів розвитку сучасного агропромислового виробництва є підвищення ефективності технологічних процесів вирощування зернобобових культур, зокрема гороху. Горох є важливою продовольчою, кормовою та технічною культурою, що відіграє значну роль у відновленні родючості ґрунтів завдяки здатності до фіксації атмосферного азоту симбіотичними бактеріями. У структурі посівних площ України площі під горохом останніми роками стабілізувалися, однак середня врожайність залишається нижчою від потенційної, що зумовлено недосконалістю технологічних процесів та технічних засобів для його вирощування. Рациональна механізація процесів вирощування гороху, особливо на етапі сівби, є визначальним фактором забезпечення рівномірності розподілу насіння, оптимальної глибини його загортання, формування якісного насінневого ложа та дружних сходів. Ефективність цих процесів значною мірою залежить від конструкції сошникового апарата сівалки, який має забезпечити стабільну роботу в різних умовах вологості, щільності та механічного складу ґрунтів. Тому обґрунтування раціональних параметрів сошника для сівби зернових культур, адаптованого до особливостей посіву гороху, є актуальним науково-технічним завданням, що має важливе практичне значення для агровиробництва.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності технологічного процесу сівби гороху шляхом обґрунтування конструктивних і технологічних параметрів сошника зернової сівалки.

Для досягнення поставленої мети передбачено виконати такі основні завдання:

- провести аналіз сучасного стану технологій і засобів механізації сівби зернобобових культур;
- визначити основні фактори, що впливають на рівномірність розподілу насіння та якість формування насінневого ложа;

- розробити конструкцію сошника з удосконаленими робочими параметрами, які зменшують опір руху та енерговитрати процесу;
- виконати теоретичне обґрунтування геометричних і кінематичних характеристик сошника;
- провести моделювання процесу взаємодії робочих органів із ґрунтом;
- здійснити техніко-економічну оцінку ефективності застосування розробленої конструкції у виробництві.

Об'єктом дослідження є технологічний процес сівби гороху в польових умовах.

Предметом дослідження – конструкція, геометричні параметри та робочі режими сошника зернової сівалки, що забезпечують оптимальні умови для якісного розміщення насіння у ґрунті та формування рівномірних сходів.

У роботі передбачається наукове обґрунтування конструкції та параметрів сошника, що сприятиме покращенню показників якості посіву і зниженню енергоємності процесу. Розроблена конструкція дозволить стабілізувати глибину загортання насіння за різних агрофізичних умов, зменшити коливання сошника, покращити притиск насіння до ложа та рівномірність висіву. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні нових моделей сівалок або модернізації існуючих машин для сівби зернобобових культур.

Результати магістерського дослідження дозволять удосконалити технічне забезпечення процесу сівби зернобобових культур, підвищити якість виконання посівних операцій, зменшити енерговитрати та забезпечити ресурсозбереження в аграрному виробництві. Реалізація запропонованих технічних рішень сприятиме підвищенню урожайності гороху, поліпшенню економічних показників господарств і розширенню науково-технічного потенціалу в галузі агроінженерії.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Аналіз технології вирощування гороху

Горох є однією з основних зернобобових культур, що вирощуються в Україні. Його біологічна особливість – здатність до симбіотичної фіксації азоту, що робить культуру цінною у сівозмінах та сприяє підвищенню родючості ґрунтів. У структурі посівних площ горох займає близько 5-7 % загальної площі зернобобових культур, однак потенціал його врожайності використовується не повністю.

Горох (*Pisum sativum* L.) належить до родини бобових і є цінною продовольчою, кормовою та агротехнічною культурою. Завдяки симбіотичним бактеріям *Rhizobium leguminosarum* рослини здатні фіксувати атмосферний азот, збагачуючи ґрунт на 40-80 кг N/га. Це робить горох незамінним попередником для зернових культур у сівозміні. Тривалість вегетаційного періоду становить 80-110 діб. Культура вибаглива до вологи, особливо у фазі цвітіння та наливу зерна, але чутлива до перезволоження ґрунту. Оптимальна температура проростання насіння - +4...+6°C, а сходи витримують короточасні приморозки до -5 °C.

Для підготовки ґрунту, після збирання попередника (пшениця, ячмінь, ріпак) проводять лушення стерні дисковими боронами на глибину 6-8 см для знищення падалиці та бур'янів. Через 10-12 днів виконують оранку на 22-25 см плугами з передплужниками. У зонах із дефіцитом вологи доцільно застосовувати безполицевий обробіток чизельними агрегатами.

Рано навесні ґрунт боронують у два сліди важкими боронами та вирівнюють шлейфами або планувальниками, зберігаючи вологу. Безпосередньо перед сівою проводять передпосівну культивуацію на глибину загортання насіння (5-7 см) з одночасним боронуванням для вирівнювання поля.

Основні вимоги: створення дрібногрудкуватої структури, рівномірне ущільнення посівного шару, відсутність грудок і рослинних решток, які можуть заважати роботі сошників.

Сівбу здійснюють при фізичній стиглості ґрунту, коли температура на глибині 5 см досягає +6...+8 °С. Запізнення з сівбою навіть на 5-7 днів знижує врожайність на 15-20 %.

Для сівби використовують сівалки типу СЗ-3,6; СЗТ-3,6; Horsch Pronto; Amazone D9; Lemken Saphir тощо. Найбільш ефективні – агрегати з анкерними або комбінованими сошниками, що забезпечують стабільну глибину загортання насіння.

Норма висіву: 0,8-1,2 млн схожих насінин/га (200-250 кг/га), залежно від сорту та маси 1000 насінин. Глибина загортання: 5-8 см; на важких ґрунтах – 5-6 см, на легких – 7-8 см. Міжряддя: 15 см (суцільний рядковий посів). Швидкість руху агрегату: 6-8 км/год.

Якість сівби визначається рівномірністю розподілу насіння по глибині та довжині рядка. Оптимальна робота сошника забезпечує коефіцієнт варіації глибини не більше 10 %.

Після сівби проводять коткування кільчасто-шпоровими котками для ущільнення ґрунту і забезпечення контакту насіння з вологою частиною ложа.

До сходів (через 4-5 днів після сівби) проводять боронування легкими боронами під кутом до напрямку сівби.

У фазі 3-5 листків допускається повторне боронування з метою знищення бур'янів, якщо рослини не ушкоджуються.

За потреби застосовують гербіциди:

- Базагран (2,0-3,0 л/га) – проти дводольних бур'янів;
- Фронт'єр Оптіма (1,0-1,4 л/га) – до сходів проти злакових.

Для боротьби зі шкідниками (гороховий зерноїд, попелиця) використовують Фастак (0,1 л/га) або Карате Зеон (0,15 л/га).

Збирання гороху проводять прямим комбайнуванням у фазі повної стиглості, коли вологість зерна 15-18 %. Використовують комбайни типу CLAAS Tucano, John Deere W540, New Holland CX, обладнані жатками для низькорослих культур або жатками-підбирачами.

Швидкість руху комбайна – 4-5 км/год. Для зменшення втрат важливо налаштувати зазор між барабаном і підбарабанням (16-20 мм на вході, 10-12 мм на виході) та частоту обертів молотильного барабана (400-500 об/хв).

Післязбиральна доробка зерна виконується на зерноочисних машинах ЗАВ-40 або ЗАВ-20 із подальшим сушінням до вологості 13-14 %.

Загальна енергоємність технології вирощування гороху становить у середньому 3,2-3,5 ГДж/га, що на 15-20 % нижче, ніж у зернових колосових культур. Найбільшу частку витрат становить сівба (30-35 %), оскільки саме на цьому етапі використовуються агрегати з великою кількістю робочих органів (сошників) і підвищеним опором ґрунту.

2.2. Агротехнічні вимоги до вирощування гороху.

Для гороху найкращими попередниками є озимі зернові (пшениця, жито), кукурудза на силос, картопля, а також технічні культури (льон, цукровий буряк). Не рекомендується сіяти горох після бобових культур (соя, нут, вика), щоб уникнути накопичення спільних хвороб і шкідників, особливо аскохітозу, фузаріозу й корневих гнилей. Повторні посіви на одному полі допускаються не раніше ніж через 4-5 років.

Горох краще росте на структурних, середньосуглинкових і легкосуглинкових чорноземах, з нейтральною або слабколужною реакцією ґрунтового розчину (рН 6,0-7,5). Кислі ґрунти необхідно вапнувати (2,0-4,0 т CaCO₃/га).

Недопустимими є важкі глинисті, перезволожені, засолені або піщані ґрунти.

Основна вимога – створення дрібногрудкуватої структури посівного шару (0-10 см), що забезпечує рівномірне загортання насіння та збереження вологи.

Оптимальна щільність складення ґрунту перед сівбою – 1,1-1,3 г/см³; вологість посівного шару – не менше 70 % від найменшої вологоємності.

Насіння гороху перед сівбою повинно мати схожість не менше 92%, чистоту 98%, вологість не вище 14%.

Передпосівна підготовка включає:

- калібрування насіння за розміром і масою;
- протруювання фунгіцидами (Вітавакс 200 ФФ – 2,0 л/т, Максим XL – 1,0 л/т);
- інокуляцію бактеріальними препаратами (Різоторфін, Оптімайз Пі) безпосередньо перед сівбою.

Інокуляцію проводять за 1-2 год до сівби при температурі не нижче +10°C, захищаючи насіння від прямих сонячних променів.

Оптимальний строк сівби – ранньовесняний, коли ґрунт на глибині 5 см прогрівається до +5...+7°C і досягає фізичної стиглості. При надранній сівбі (у недостатньо прогрітому ґрунті) сповільнюється проростання, можливі ураження сходів кореневими гнилями; при запізненні – втрачається дружність сходів і підвищується ризик шкідників.

Глибину потрібно витримувати з відхиленням не більше ± 1 см по всій ширині захвату сівалки. Ця вимога визначає **головну** агротехнічну задачу сошникового апарата – стабільне укладання насіння на задану глибину з мінімальним пошкодженням.

Відхилення міжрядь від номінального значення 15 см допускається не більше ± 1 см.

Горох добре використовує післядію фосфору і калію попередніх культур. Під основний обробіток ґрунту вносять:

- фосфорні добрива – 40-60 кг P₂O₅/га;
- калійні – 40-60 кг K₂O/га.

Мінеральні добрива слід вносити під оранку або культивуацію, рівномірно по полю. Надлишок азоту пригнічує діяльність азотфіксуючих бактерій і затримує досягання.

Коткування проводять одразу після сівби кільчасто-шпоровими котками.

Боронування до сходів – легкими боронами БЗСС-1,0 через 4-5 днів після сівби. Боронування по сходах – у фазі 3-5 листків, упоперек напрямку сівби.

Механічні обробітки виконуються за вологості ґрунту 50-70 %НВ без пошкодження кореневої системи рослин.

Збирання проводять при досягнанні 80-90 % бобів у нижньому та середньому ярусах. Вологість зерна на момент збирання – 16-18%. Висота зрізування – 8-12 см, швидкість руху – 4-5 км/год. При надмірній вологості або нерівномірному досягнанні можливе роздільне збирання. Після збирання зерно очищають і досушують до вологості 13-14 %.

Агротехнічні вимоги до вирощування гороху передбачають суворе дотримання строків сівби, глибини загортання та рівномірності посіву.

Найважливішою умовою стабільної врожайності є забезпечення оптимальної вологості посівного шару та якісне формування насінневого ложа.

Одним з головних чинників, що визначає продуктивність культури, є якість сівби. Саме точне дозування, рівномірне розподілення насіння в рядку, стабільна глибина загортання і формування оптимального насінневого ложа визначають рівномірність сходів і розвиток рослин.

Сучасні технології вирощування гороху передбачають застосування комплексної механізації, яка охоплює підготовку ґрунту, сівбу, догляд за посівами та збирання врожаю. Особливу увагу приділяють саме посівній техніці, адже вона визначає якість виконання наступних агротехнічних операцій.

На сівалках використовують різні типи сошників – анкерні, дискові або комбіновані.

Анкерні сошники застосовуються переважно для дрібнонасінних культур і добре працюють на структурних та середньоущільнених ґрунтах. Вони мають просту будову, невелику масу та забезпечують стабільність глибини сівби. Недоліками є підвищений опір при роботі на твердих і сухих ґрунтах, а також схильність до утворення гребенів при надлишковій вологості.

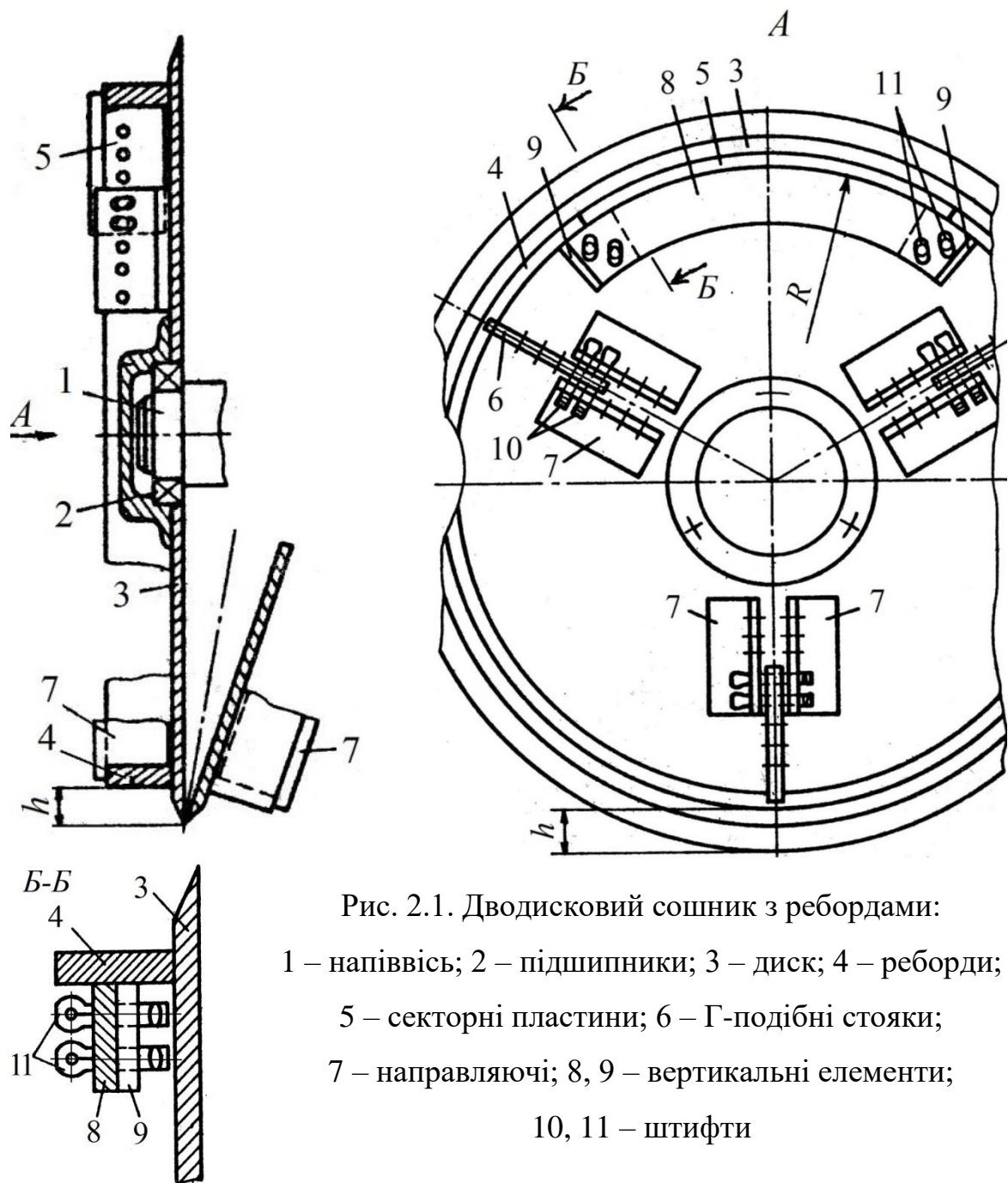
Дискові сошники забезпечують якісне розкриття борозни за будь-якої вологості ґрунту, добре проникають у рослинні рештки, однак характеризуються складнішою конструкцією та вищими енергетичними витратами.

Комбіновані сошники, які поєднують анкерний робочий орган із дисковим елементом або стабілізатором глибини, вважаються найбільш перспективними, оскільки здатні підтримувати стабільну глибину загортання насіння навіть на нерівному рельєфі поля.

2.3. Огляд конструкцій дводискових сошників.

Недоліком сошників із боковим розташуванням обмежувальних реборд є наявність великої кількості змінних елементів (рис. 2.1). Для усунення зазначеного недоліку розроблено вдосконалену конструкцію реборди, виконаної у вигляді дуги кола, між кінцями якої встановлено секторну пластину. Кінці реборди та секторної пластини мають Т-подібну форму перерізу з елементами з'єднання, що забезпечують підвищену жорсткість та надійність кріплення.

Сошник складається з корпусу, у якому нерухомо закріплені напіввісі 1. На напівосях за допомогою підшипників 2 змонтовані з можливістю обертання диски 3. На дисках розміщені обмежувальні реборди 4, виконані у вигляді дуг кола та з'єднані між собою секторними пластинами 5. Реборди встановлені в пазах Г-подібних стояків 6, які мають можливість радіального переміщення по напрямних 7, жорстко закріплених на дисках 3. Стояки 6 і напрямні 7 обладнані комплектами фіксуючих елементів, що забезпечують стабільність положення вузлів під час роботи.



Кінці реборд 4 з'єднані з секторними пластинами 5, утворюючи замкнену конструкцію. Місця з'єднання елементів виконані Т-подібної форми та обладнані вертикальними елементами 8 і 9 з фіксаторами. Фіксація стояків 6 у напрямних 7, а також кріплення кінців реборд 4 до пластин 5 здійснюється штифтами 10. Конструкція сошника передбачає використання комплекту змінних секторних пластин 5 Т-подібного перерізу, оснащених фіксуючими

елементами. Кожна пластина має радіус R , що відповідає заданій глибині загортання насіння h .

Під час заміни секторної пластини 5 необхідного радіуса R і глибини h її встановлюють у роз'ємні реборди 4 шляхом суміщення отворів на вертикальному елементі 8 пластини та вертикальних елементах 9 реборд. Після суміщення отворів у них вставляють штифти 11. Використання двох штифтів виключає можливість повороту реборд відносно пластини, забезпечуючи жорсткість і цілісність з'єднання.

Монтаж зібраних реборд на дисках 3 здійснюється шляхом встановлення одного з трьох Г-подібних стояків 6 у напрямку 7 на необхідній відстані від центра диска. Стояк фіксують штифтами 10, після чого на диск монтують складену реборду. Центр секторної пластини 5 розташовують діаметрально протилежно закріпленому стояку 6, що забезпечує симетричність та рівномірність роботи сошника під час руху агрегату.

У відомих конструкціях сошників у лійках встановлюють жолобчасті пластини таким чином, що завершення однієї пластини розташоване над початком наступної. Це частково зменшує пульсацію потоку насіння та покращує його розподіл у рядку. Проте такі сошники все ж не запобігають нерівномірному розміщенню насіння, оскільки на нього впливає швидкість руху сошника, а також можливе забивання лійки несипучим насіннєвим матеріалом.

Прототипом є сошник із корпусом та направляючою лійкою, нижня частина якої нахилена у бік, протилежний напрямку руху сівалки. Однак через значну різницю швидкостей між насінням і сівалкою покращення якості висіву не досягнуто.

Для усунення цих недоліків на стінках направляючої лійки виконано гофри, розташовані паралельно один одному під кутом до її осі, рис. 2.2. При цьому гофри на протилежних стінках зміщені у вертикальній площині відносно одна одної.

Сошник складається з корпусу 1 з дисками 2 та направляючої лійки 3, нижня частина якої нахилена в бік, протилежний руху сошника.

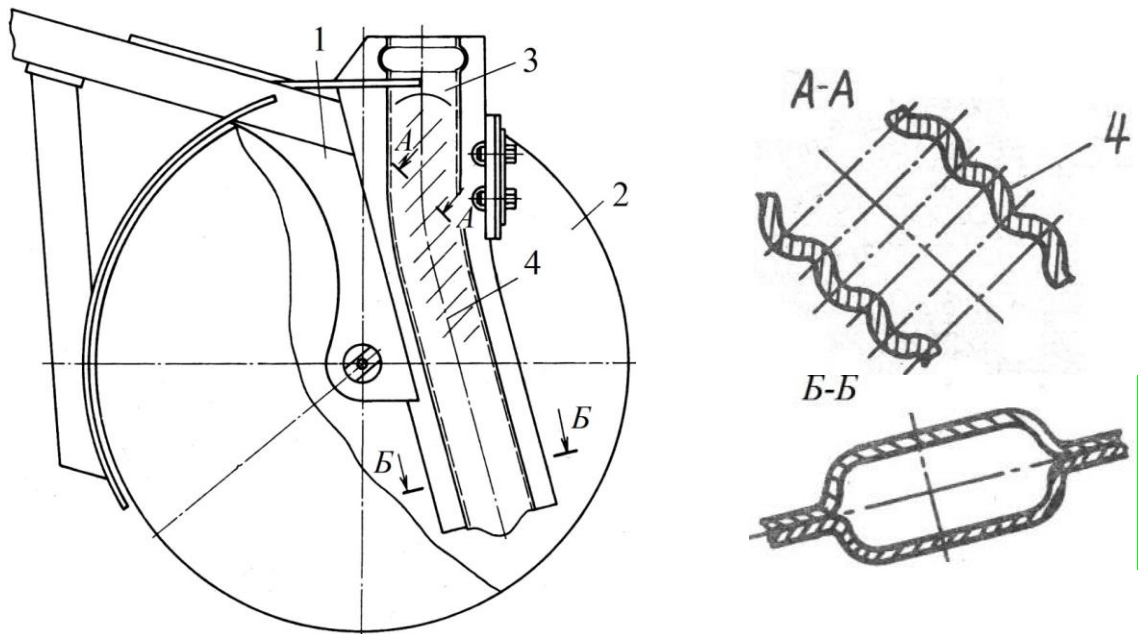


Рис. 2.2. Сошник: 1 – корпус; 2 – диск; 3 – направляюча лійка; 4 – гофри

На її стінках передбачені гофри 4. Під час руху сівалки пульсуючий потік насіння надходить у направляючу лійку 3. Опускаючись вниз і багаторазово вдаряючись об стінки, насіння взаємодіє з гофрами 4, завдяки чому пульсація згладжується. Потік спрямовується до передньої стінки лійки та переміщується в бік, протилежний руху сошника, що зменшує його відносну швидкість. Це забезпечує більш плавне укладання насіння в борозну та підвищує рівномірність висіву.

У відомій конструкції сошника (рис. 2.3) передбачено борозноутворювач із насінненапрямником та гасником швидкості насіння, виконаним у вигляді вдавлюючої планки. Основним недоліком такого рішення є нерівномірне розміщення насіння як уздовж рядка, так і за глибиною. Це пов'язано з тим, що під час вдавлювання в дно борозни насіння зміщується вперед і в сторони, підхоплюється завихреними частинками ґрунту та виноситься за межі робочої зони сошника.

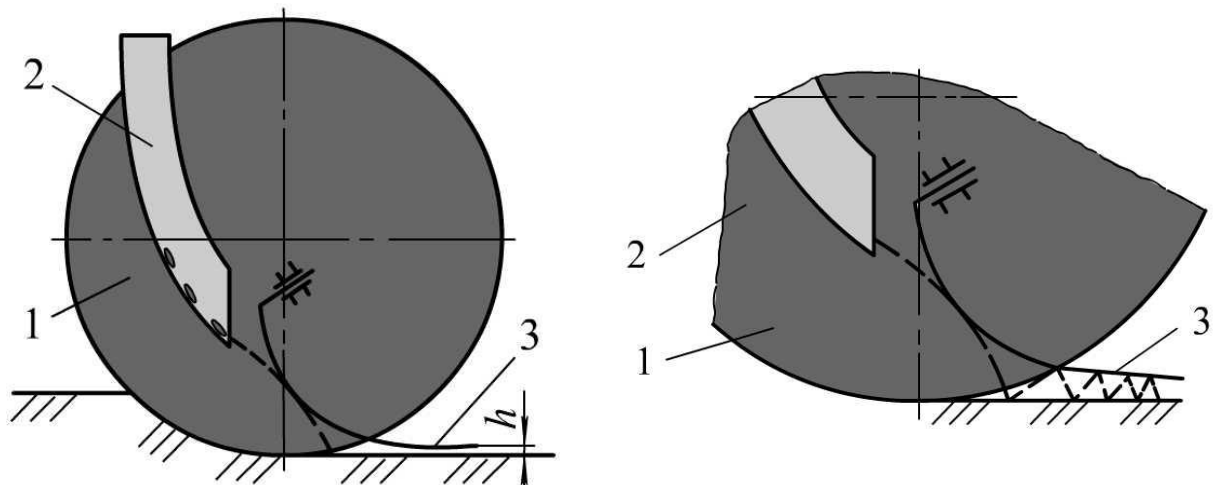


Рис. 2.3. Сошник: 1 – борозноутворювач; 2 – насінненапрямник;
3 – гасник швидкості насіння

Запропонована конструкція усуває ці недоліки завдяки тому, що гасник швидкості виконано у формі криволінійної пластини, закріпленої на корпусі сошника. Нижня частина цієї пластини розташована вище нижньої кромки борозноутворювача. Крім того, насінненапрямник має форму брахістохрони.

Конструкція містить борозноутворювач 1, насінненапрямник 2 та гасник 3 швидкості насіння. Напрямник 2 виготовлено за формою кривої найшвидшого скочування – брахістохрони – і встановлено таким чином, щоб траєкторія польоту насіння була дотичною до відбивної поверхні гасника 3. Гасник розташовано на висоті h , що становить приблизно 25 мм від заданої глибини загортання насіння, що забезпечує оптимальне гальмування та укладання його в борозну.

В існуючих конструкціях сошників застосовують обмежувальні реборди, закріплені на боковій поверхні дисків, однак вони не усувають ризик забивання та заклинювання рослинними рештками в зоні стику реборди з диском. У запропонованому варіанті сошника бокові поверхні реборди виконано з

центральним отвором, краї якого загнуті всередину. Така конструкція зменшує ймовірність заклинювання та засмічення сошника.

Сошник (рис. 2.4) складається зі змінних реборд 1 трьох різних діаметрів, двох штифтів 2, що фіксуються у кришках 3 диска 4, та швидкознімних шплінтів 5. Механізм очищення обода реборди від налиплого ґрунту включає чистик 6, державку 7, вісь 8 та кронштейн 9 для кріплення пружини 10.

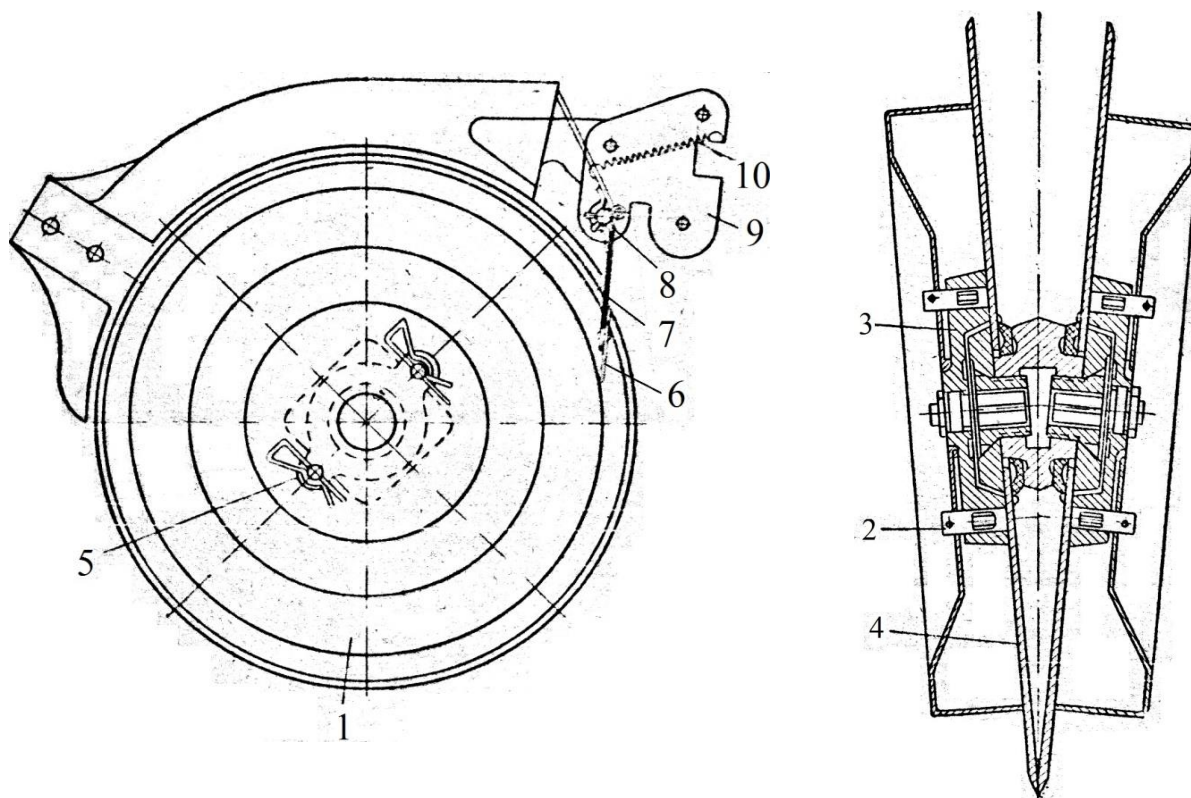


Рис. 2.4. Дводисковий сошник: 1 – змінні реборди; 2 – штифт;
3 – кришка; 4 – диск; 5 – шплінт; 6 – чистик; 7 – державка; 8 – вісь;
9 – кронштейн; 10 – пружина

Під час встановлення реборди на штифти, завдяки загнутим усередину краям центрального отвору, між зовнішньою поверхнею кришки диска та внутрішньою поверхнею реборди утворюється невеликий зазор. Він забезпечує пружне притискання реборди до диска сошника, що покращує її роботу та зменшує небезпеку забивання.

Відомі дводискові сошники, якими оснащено більшість зернових сівалок, відзначаються надійністю та здатністю працювати на нерівно підготовлених і

засмічених ґрунтах. Проте такі сошники мають низку суттєвих недоліків. Найважливіший із них – нерівномірне загортання насіння за глибиною. Це відбувається через те, що частина насіння потрапляє на внутрішні поверхні дисків і під дією відцентрових сил відкидається в сторони, інколи навіть на поверхню ґрунту.

Ще одним недоліком є формування після проходу дисків невеликого горбка посередині рядка та канавок з боків. Через це насіння, що падає з напрямника, може потрапляти як на підвищення, так і в канавки, що знову ж таки призводить до розподілу по різній глибині.

Крім того, дводискові сошники загортають насіння у сухіші шари, адже, обертаючись, диски розпушують ґрунт і не формують ущільненого ложа під насінину. Частково цю проблему усувають однодискові сошники з башмаками, проте їх не застосовують широко через нестабільність підтримання заданої глибини ходу.

2.4. Висновки по розділу

У другому розділі виконано комплексний аналіз сучасного стану технологій вирощування гороху та технічних засобів для його посіву. Встановлено, що горох є культурою з високими вимогами до рівномірності розподілу насіння, стабільної глибини загортання та якісного формування насіннєвого ложа. Оптимальні значення вологості, щільності та структури ґрунту перед сівбою забезпечують дружні сходи, однак реалізація цих вимог значною мірою залежить від конструкції сошникового апарата.

Проведений аналіз наявної техніки засвідчив, що найбільш поширеними є дводискові, анкерні та комбіновані сошники. Дводискові сошники відзначаються здатністю працювати на засмічених і нерівних ґрунтах, але мають недоліки: нерівномірність загортання насіння, формування бокових канавок і горбка посередині рядка, підвищене розпушення та відсутність ущільненого ложа. Анкерні сошники забезпечують кращу стабільність глибини, проте збільшують опір і енерговитрати на твердих або вологих ґрунтах.

Комбіновані конструкції частково усувають зазначені недоліки, але потребують подальшого удосконалення, особливо щодо стабілізації глибини та мінімізації відхилень у роботі на різних агрофізичних умовах.

У розділі розглянуто існуючі конструктивні рішення, такі як гофровані лійки, секторні пластини із змінним радіусом, Т-подібні реборди, гасники швидкості насіння та інші інженерні підходи до покращення рівномірності укладання насіння. Встановлено, що більшість недоліків сучасних сошників пов'язані з коливаннями робочих органів, забиванням рослинними рештками, неузгодженістю швидкості падіння насіння з рухом агрегату та неоднорідністю ґрунтових умов.

На основі аналізу визначено напрями подальших досліджень, а саме:

- удосконалення системи стабілізації глибини ходу сошника;
- оптимізація форми насіннепроводу для зниження пульсаційного руху насіння;
- зменшення опору руху та енерговитрат;
- забезпечення рівномірності формування насінневого ложа;
- зниження впливу відцентрових сил та коливань на траєкторію насінини.

Отже, результати аналізу підтвердили актуальність наукового обґрунтування конструкції сошника з покращеними робочими характеристиками, що стане основою подальших теоретичних і практичних розрахунків.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Обґрунтування вдосконалення дводискового сошника зернової сівалки.

Для усунення виявлених недоліків у конструкціях дводискових сошників та підвищення якості висіву, зокрема забезпечення рівномірного загортання насіння на задану глибину у вологий шар ґрунту пропонується в нижній частині сошника між дисками встановлено нерухому п'ята, рис. 3.1. до її бічних поверхонь закріплені щоки, що формують горловину для спрямування насіння безпосередньо на дно борозни. Задні частини щік виконані зі скошеними кромками. Насіння з напрямника потрапляє відразу у простір між щоками і далі - на ущільнене дно, не торкаючись обертових дисків.

Сошник складається з корпусу 1, у центрі якого на осі 2 за допомогою маточин 3 встановлено диски 4. У задній частині корпусу закріплена лійка 5. У нижньому вирізі корпусу нерухомо змонтована п'ята 6, що фіксується заклепками 7. Щоки 9 і 10 прикріплені заклепками 7 і 8; їх задня частина має косий зріз. Лійка 5 переходить у напрямник 11.

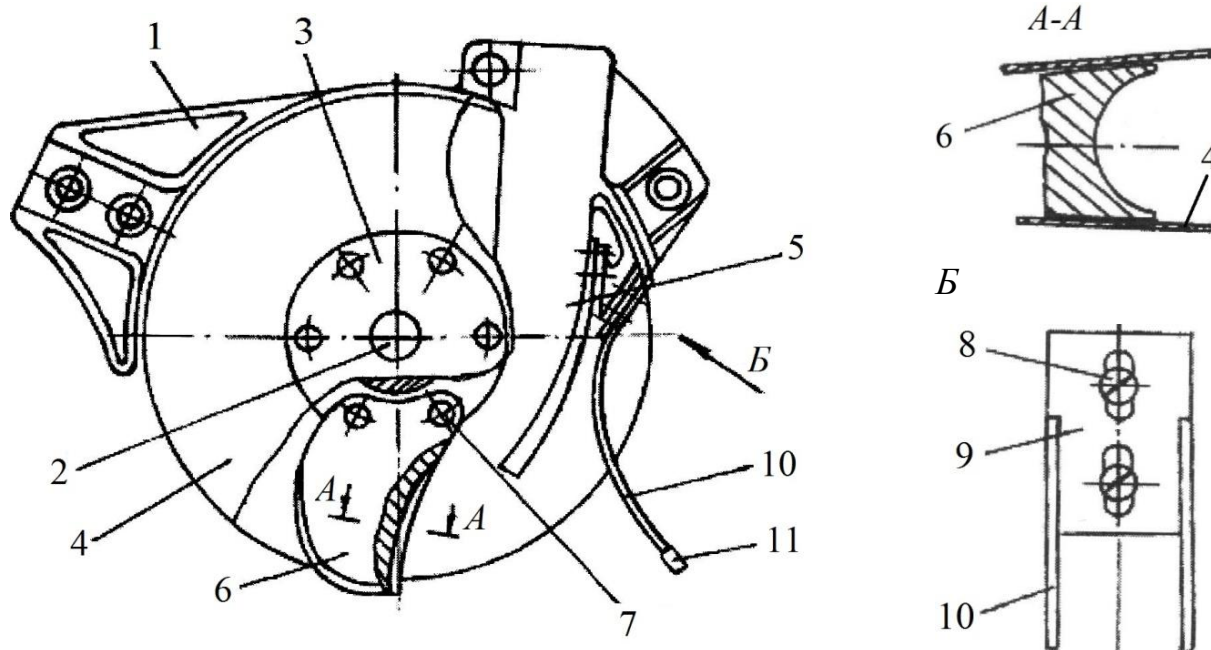


Рис. 3.1. Дводисковий сошник: 1 – корпус; 2 – вісь; 3 – маточина; 4 – диск; 5 – лійка; 6 – п'ята; 7 – заклепки; 8 – гвинти; 9 – пластина; 10 – прутки-загортачі; 11 – кінцівки прутків

Під час роботи сівалки диски 4 обертаються, розпушують ґрунт і створюють по боках дві канавки, а між ними горбок. П'ята 6, рухаючись у центрі рядка, ущільнює цей горбок і переносить частину ґрунту в канавки, формуючи рівну борозну з ущільненим дном. Насіння, що виходить із лійки 5, проходить через напрямник 11 та між щоками 9 і 10, потрапляючи безпосередньо на щільну основу. Завдяки скошеним заднім частинам щік борозенка засипається нижніми, більш вологими шарами ґрунту.

Ефективність удосконаленого сошника підтверджується такими перевагами:

- насіння рівномірно укладається на ущільнене дно борозенки постійної глибини, без викидання на поверхню;

- завдяки загортанню у вологіші шари підвищується схожість насіння;

Запропонована конструкція містить низку функціональних елементів, спрямованих на усунення недоліків традиційних сошників:

- нерухома п'ята, розташована між дисками;

- параболічна напрямна, що формує стабільний потік насіння;

- пружинні регульовані прутки-загортачі, встановлені позаду корпусу.

Конструкція з додатковою п'ятою та щоками підвищує надійність роботи сошника та стабільність технологічного процесу сівби. П'ята виконує одразу кілька важливих функцій: формує борозенку остаточної правильного профілю, усуває розпушений горбок, який створюють диски, стабілізує глибину загортання, захищає насіння від взаємодії з рухомими дисками.

Передня частина п'яти має тупий кут входження, що забезпечує плавне, енергоощадне входження в ґрунт. Задня частина містить параболічне заглиблення, по якому насіння скочується до дна борозни.

Параболічний профіль напрямної має важливі теоретичні переваги:

- рівномірний розподіл швидкостей уздовж поверхні напрямної;

- зниження хаотичного руху та відскоку насіння;

– стабілізація потоку насіння, що надходить із катушкового висівного апарата.

Завдяки цьому насіння потрапляє точно в центр і на дно борозни, не зміщуючись у горизонтальній або вертикальній площині.

Після укладання насіння важливим етапом є закривання борозенки вологою ґрунтовою масою.

Пружинні прутки розташовані таким чином, щоб їх кінцівки були нижче рівня поверхні ґрунту, мають сплюснені кінчики, що збільшує площу контакту з ґрунтом, регулюються по висоті, що дозволяє адаптувати роботу під умови поля.

Перевага прутків полягає в тому, що вони не руйнують структуру ґрунту, а лише пересувають нижні, більш вологі його шари, накриваючи ними насіння. Таким чином створюються оптимальні умови для швидкого набухання і проростання.

Робота дисків у зв'язці з п'ятою змінює механіку формування борозни: диски виконують попереднє розрізання і часткове розрушення ґрунту, п'ята забезпечує остаточне калібрування профілю борозни, створюючи рівне дно і щільні стінки.

П'ята також створює додаткову опору для дисків, що підвищує жорсткість конструкції та знижує зношування.

При виході з лійки насіння потрапляє на параболічну напрямну, де діють сила тяжіння, сила нормального тиску напрямної, кінематичні параметри руху машини. Теоретично параболічна форма забезпечує відсутність турбулентних зон руху, зменшення швидкості ковзання, мінімальний ризик відскоку насіння.

У результаті насіння укладається в одну лінію по глибині, з однаковими інтервалами, без зміщень до стінок.

3.2. Теоретичне обґрунтування роботи вдосконаленого дводискового сошника.

Для розрахунку параметрів сошника (рис. 3.1) введемо позначення: h – глибина загортання насіння, м; b – ширина дна борозни, м; D – діаметр дисків,

м; s – відстань між дисками по низу, м; α – кут сходження дисків; γ – кут входження п'яти в ґрунт; V – робоча швидкість руху сівалки, м/с; ρ – об'ємна маса ґрунту, кг/м³; c – питоме зчеплення ґрунту, Па; φ – кут внутрішнього тертя ґрунту.

Для попереднього оцінювання тягового опору дводискового сошника з п'ятою можна використати узагальнений вираз

$$R = k \cdot b \cdot h + k_f \cdot b \cdot h \quad (3.1)$$

де k – коефіцієнт опору ґрунту різанню (Н/м²), який залежить від типу ґрунту, вологості й глибини обробітку;

k_f – додаткова складова опору тертя п'яти об ґрунт.

Якщо розділити опір на складові

$$R = R_\delta \cdot R_n \quad (3.2)$$

де R_δ – опір роботи дисків;

R_n – опір роботи п'яти.

Тоді

$$R_\delta \approx k_\delta \cdot h \cdot \sin \alpha; \quad (3.3)$$

$$R_n \approx k_n \cdot b \cdot h, \quad (3.4)$$

де k_δ , k_n – експериментально визначені коефіцієнти для дисків і п'яти відповідно.

Порівняно з традиційним дводисковим сошником, збільшення опору за рахунок п'яти компенсується кращою якістю формування борозни, зменшенням коливань сошника по глибині, підвищенням дружності сходів.

Рівнодіюча реакція ґрунту на п'яту R_n прикладена під кутом δ до її поверхні та розкладається на нормальну й дотичну складові

$$R_n = R_n \cdot \cos \delta \quad (3.5)$$

$$R_t = R_n \cdot \sin \delta \quad (3.6)$$

де R_n – нормальна сила (визначає напруження в матеріалі п'яти та натиск на ґрунт);

R_t – дотична сила (потребує подолання тертя).

Нормальна сила R_n використовується для перевірки міцності п'яти на згин і її кріплення до корпусу

$$\sigma = \frac{M}{W} \leq [\sigma] \quad (3.7)$$

де M – згинальний момент від дії сили R_n ;

W – момент опору перерізу п'яти;

$[\sigma]$ – допустиме напруження для обраної сталі.

Диски сошника перекочуються по ґрунту із швидкістю, рівною лінійній швидкості руху агрегату. При відсутності проковзування

$$\omega = \frac{V}{R} = \frac{2 \cdot V}{D}, \quad (3.8)$$

де ω – кутова швидкість обертання дисків, рад/с;

$r = \frac{D}{2}$ – радіус диска.

Лінійна швидкість точки на ободі диска

$$V_d = \omega \cdot r = V. \quad (3.9)$$

Це забезпечує переважання перекочування над ковзанням, що зменшує руйнування структури ґрунту та налипання.

На відміну від традиційного дводискового сошника, в удосконаленому сошнику насіння не торкається дисків, а ковзає по п'яті. Тому вплив кінематики дисків на траєкторію насіння мінімізується.

Параболічну напрямну можна описати рівнянням

$$y = a \cdot x^2, \quad (3.10)$$

де x – горизонтальна координата вздовж руху насіння;

y – вертикальна координата (глибина);

a – параметр параболи.

Параметри параболи вибирають із умови: початок напрямної – на рівні виходу насіння з лійки, кінець – на рівні дна борозни (глибина h), кут дотичної до кривої у кінцевій точці не повинен створювати великого удару насіння об дно.

З умови проходження через точки $(0;0)$ та (L, h)

$$h = aL^2, \quad a = \frac{h}{L^2} \quad (3.11)$$

де L – довжина робочої частини заглиблення п'яти.

Таким чином, вибравши довжину L (конструктивно – із міркувань габаритів і розташування лійки), визначаємо параметр a і отримуємо геометрію напрямної, що забезпечує плавний рух насіння до дна борозни.

Під час руху сівалки сошник взаємодіє як з рамою машини, так і з ґрунтом. На корпус дводискового сошника діють такі основні сили: R_x – горизонтальна сила опору ґрунту, спрямована протилежно напрямку руху; R_z – вертикальна складова реакції ґрунту, яка складається з реакції від дисків, реакції від п'яти, реакції від прутків-загортачів (через ґрунт); вага сошника – $G = mg$; прикладене від рами навантаження притискання (жорстка або пружинна підвіска) – P ; інерційні сили, що виникають при коливаннях сошника у вертикальній площині.

У вертикальній площині сошник можна розглядати як матеріальну точку із зосередженою масою m , що рухається по нерівній ґрунтовій поверхні, яка задає збурення.

Для аналізу динаміки руху сошника по глибині приймаємо:

- сошник підвішений до рами через пружинно-демпфуючий елемент (пружина жорсткістю k , демпфер з коефіцієнтом c);
- ґрунт діє на сошник через реакцію R_z , що залежить від заглиблення сошника в ґрунт;
- рух розглядається у вертикальному напрямку (вісь z).

Позначимо:

- $z(t)$ – миттєве переміщення сошника відносно положення статичної рівноваги;
- $z_2(t)$ – збурення від нерівностей ґрунту (профіль поверхні або зміна щільності).

Рівняння руху сошника в вертикальному напрямку можна записати у вигляді

$$m\ddot{z} + c(\dot{z} - \dot{z}_2) + k(z - z_2) = R_z(z) - (G + P). \quad (3.12)$$

У випадку малих відхилень від статичної глибини заглиблення і реакції ґрунту

$$R_z(z) \approx R_{z0} + k_2 z. \quad (3.13)$$

де R_{z0} – реакція ґрунту в положенні статичної рівноваги;

k_2 – «еквівалентна жорсткість» ґрунту (зростання реакції при збільшенні заглиблення).

Тоді рівняння перетворюється на

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + (k + k_2)z = (k + c\frac{d}{dt})z_2 + (R_{z0} - G - P). \quad (3.14)$$

У статичній рівновазі $R_{z0} = G + P$, тому останній доданок обнуляється, і залишається рівняння вимушених коливань

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + (k + k_2)z = kz_2 + c\dot{z}_2. \quad (3.15)$$

Це означає, що ефективна жорсткість системи збільшується за рахунок жорсткості ґрунту k_2 , сошник буде повторювати мікрорельєф ґрунту, але з певним загасанням і запізненням залежно від m, c, k, k_2 , рис.3.2.

Для аналізу схильності сошника до коливань по глибині розглянемо вільні коливання (без збурень, $z_2 = 0$)

$$m\ddot{z} + c\dot{z} + (k + k_2)z = (k + c\frac{d}{dt})z_2 + (R_{z0} - G - P). \quad (3.16)$$

Власна кругова частота

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{k + k_2}{m}}. \quad (3.17)$$

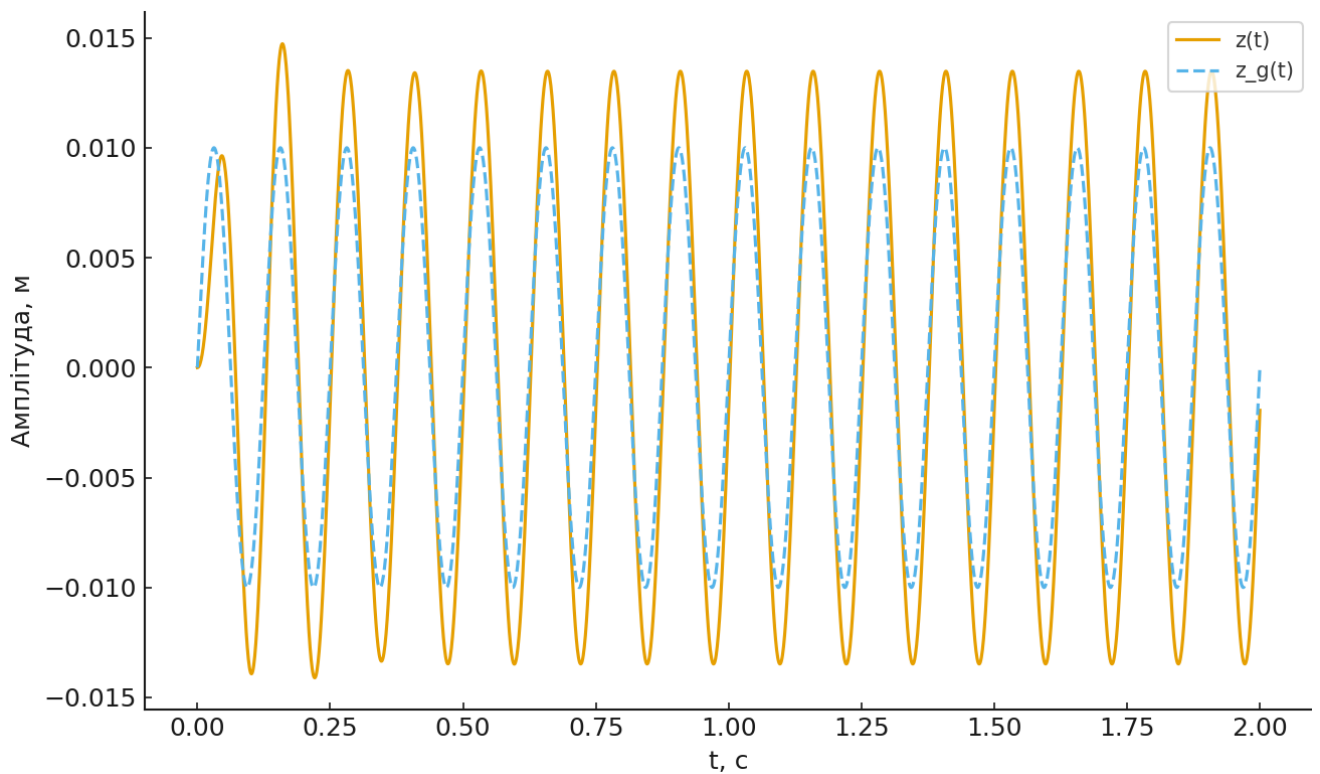


Рис. 3.2. Вертикальні коливання сошника

Логарифмічний декремент загасання

$$\delta = \frac{c}{2m\omega_0}. \quad (3.18)$$

Щоб сошник не «підстрибував» на нерівностях ґрунту й утримував стабільну глибину:

– частота збурень (пов'язаних зі швидкістю V та характерною довжиною

нерівностей l : $\omega_{\text{зб}} \approx 2\pi \frac{V}{l}$ не повинна збігатися з ω_0 ;

– бажано мати достатнє демпфування δ , яке забезпечується як демпфером, так і втратами енергії в ґрунті.

Наявність п'яти та прутків-загортачів збільшує контактну площу з ґрунтом і тим самим збільшує k_2 , що зменшує амплітуду відхилення глибини та підвищує стабільність ходу сошника.

У горизонтальній площині сошник рухається з постійною середньою швидкістю V , але при цьому відчуває змінний опір ґрунту R_x , що залежить від щільності і вологості ґрунту, глибини сівби h , шорсткості та форми дисків і п'яти.

У загальному вигляді динамічне рівняння руху по осі x

$$M_a \dot{V} = F_t - \sum R_x. \quad (3.19)$$

де M_a – приведена маса агрегату;

F_t – тягове зусилля трактора;

$\sum R_x$ – сума опорів від усіх сошників.

Для одного сошника

$$R_x = R_{\text{зд}} + R_{\text{пн}}. \quad (3.20)$$

де $R_{\text{зд}}$ – опір від дисків;

$R_{\text{пн}}$ – опір від п'яти.

При рівномірному русі

$$\dot{V} = 0 = F_t - \sum R_x. \quad (3.21)$$

У динамічному відношенні важливо, що періодичні зміни R_x (через зміну щільності й структури ґрунту) можуть спричиняти малі поздовжні коливання агрегату, але через велику масу машини вони, як правило, невеликі. Натомість ці зміни впливають на вертикальні коливання сошника, оскільки при збільшенні R_x збільшується R_z через зміну умов різання ґрунту.

Сошник, закріплений на рамі, може мати кутові коливання відносно осі кріплення (наприклад, в площині поздовжнього профілю поля). Позначимо $\theta(t)$ – кут відхилення сошника від середнього положення, J – момент інерції сошника відносно осі кріплення, M_z – момент сил ґрунтової реакції відносно осі, M_g – момент від ваги та притискного зусилля.

Рівняння кутових коливань

$$J\ddot{\theta} + c_\theta\dot{\theta} + k_\theta\theta = M_z(\theta) - M_g, \quad (3.22)$$

де k_θ – еквівалентна кутова жорсткість підвіски;

c_θ – кутовий коефіцієнт демпфування.

П'ята, яка працює на дні борозни, частково стабілізує кутове положення сошника, оскільки при збільшенні кута відхилення з'являється додатковий момент ґрунтової реакції, що прагне повернути сошник у середнє положення. Це зменшує амплітуду кутових коливань і, відповідно, зменшує зміну глибини висіву.

Отримані динамічні залежності показують, що вертикальні коливання сошника визначають стабільність глибини загортання насіння.

Зменшення маси m і збільшення жорсткості $k + k_z$ зменшує амплітуду коливань, але надто велика жорсткість може зробити сошник «жорстким» до ударів, підвищивши інерційні навантаження. Наявність демпфування (c) і втрат у ґрунті зменшує коливання. П'ята і прутки збільшують контактну площу сошника з ґрунтом і створюють додаткову «динамічну стабілізацію»: підвищується еквівалентна жорсткість k_z та зменшуються випадкові

відхилення глибини, насіння рухається по більш стабільній траєкторії, не зазнаючи ударів від дисків.

Кутові коливання сошника зменшуються завдяки дії п'яти, яка працює як нижня опора в борозні, підвищуючи стійкість положення корисної частини сошника.

У сукупності динамічний аналіз підтверджує, що вдосконалена конструкція дводискового сошника з п'ятою та прутками-загортачами має кращі динамічні властивості – менші коливання по глибині, стабільніший рух у ґрунті, кращу якість формування борозни та загортання насіння.

Із аналізу рис. 3 видно, що на малих швидкостях амплітуда коливань невелика, тому що частота збурення ґрунту мала, при збільшенні швидкості до $\sim 2.5\text{--}3.0$ м/с виникає резонансна зона, де амплітуда різко зростає. Після перевищення власної частоти системи амплітуда знову падає – сошник «не встигає» реагувати на надто часті збурення.

Амплітудно-частотна характеристика (АЧХ) є одним із ключових динамічних показників, що визначають стабільність роботи сошника та рівномірність загортання насіння по глибині, рис. 3.4. АЧХ описує зміну амплітуди вертикальних переміщень сошника залежно від частоти збурень ґрунту, які виникають у процесі руху агрегату. Джерелом таких збурень є хвилястість поверхні поля, грудкуватість ґрунту, колії попередньої техніки, а також зміна механічних властивостей ґрунтового шару.

При малих частотах збурень сошник рухається майже квазістатично, тобто майже повністю повторює профіль ґрунту. У цьому випадку амплітуда його переміщення є невеликою, а відхилення глибини загортання мінімальні. Проте в діапазоні частот, близьких до власної частоти системи «сошник – ґрунт», спостерігається різке збільшення амплітуди коливань, що характерно для резонансного режиму. У цьому режимі навіть незначні нерівності поверхні викликають суттєві коливання глибини ходу сошника, що призводить до нерівномірної глибини розміщення насіння і зниження дружності сходів.

При частотах, що значно перевищують власну частоту системи, сошник не встигає відтворювати швидкі збурення, і його рух порівняно згладжений. У такому режимі амплітуда переміщень знову зменшується, однак на практиці надто високі частоти відповідають великій швидкості руху агрегату, що може призвести до появи інших негативних факторів, зокрема до збільшення агресивності роботи дисків і порушення структури борозни.

Таким чином, якість висіву прямо залежить від того, у якій частині АЧХ працює сошник. Якщо робочий діапазон частот збурення потрапляє в область резонансного підсилення, спостерігається максимальна нерівномірність глибини укладання насіння. Навпаки, робота за межами резонансного піку забезпечує стабільний рух сошника та рівномірну глибину загортання. Збільшення еквівалентної жорсткості ґрунту (через використання п'яти) та демпфувальних властивостей конструкції сприяє зменшенню амплітуди АЧХ у робочому діапазоні та покращує рівномірність висіву.

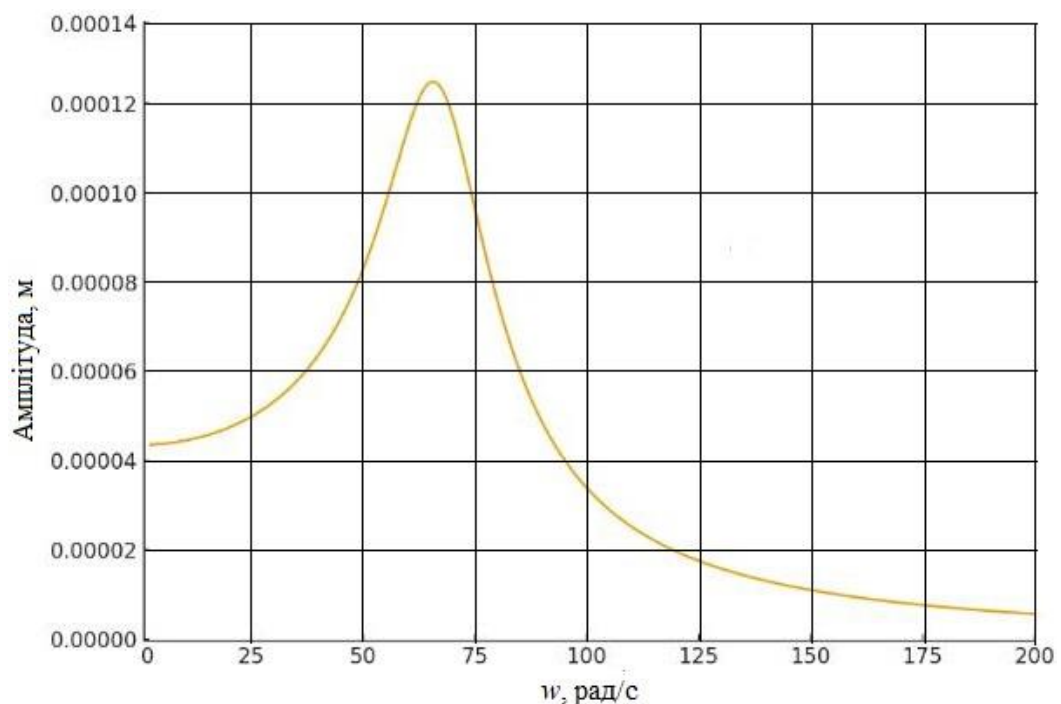


Рис. 3.3. Амплітудно-частотна характеристика роботи сошника

Графік (рис. 3.4) показує, як змінюється амплітуда вертикальних коливань сошника при зростанні швидкості руху агрегату. Вертикальні

коливання виникають унаслідок проходження сошником над хвилястою та неоднорідною поверхнею ґрунту. Частота цих збурень пропорційна швидкості руху.

При роботі на невеликих швидкостях (0,5-1,5 м/с) збурення ґрунту мають низьку частоту, і система «сошник-ґрунт» працює в квазістатичному режимі. Амплітуда коливань залишається малою, пропорційно відповідає нерівностям ґрунту, не створює суттєвих відхилень глибини висіву. Це найбільш стабільна зона роботи сошника.

Зі збільшенням швидкості до 2-3 м/с частота збурень наближається до власної частоти системи. У діапазоні швидкостей 2,5-3,0 м/с система входить у резонансну область, що відображено на графіку: амплітуда різко зростає, сошник починає «підстрибувати», різниця глибини загортання насіння збільшується у кілька разів. Це найбільш небезпечна зона з точки зору рівномірності глибини висіву.

При подальшому збільшенні швидкості $>3,5$ м/с частота збурень перевищує резонансну частоту системи. У такому режимі система не встигає реагувати на високочастотні коливання, сошник поводить як «інерційний фільтр», амплітуда вертикальних переміщень зменшується.

Проте робота на надмірно високих швидкостях може мати інші негативні наслідки: збільшення опору, погіршення формування борозни, висів на поверхню.

Із графіка видно, що резонансний діапазон для досліджуваного сошника – приблизно 2,5-3 м/с, саме у цій зоні відбувається найбільша нерівномірність глибини загортання насіння.

Для забезпечення якісного висіву рекомендовано працювати або нижче резонансного діапазону (1,5-2 м/с), або вище нього, якщо конструктивні параметри сошника це допускають. Збільшення жорсткості п'яти, збільшення коефіцієнта демпфування або збільшення маси сошника зменшують пікове

значення амплітуди та зсувають резонанс у бік нижчих частот, що сприяє стабілізації глибини висіву.

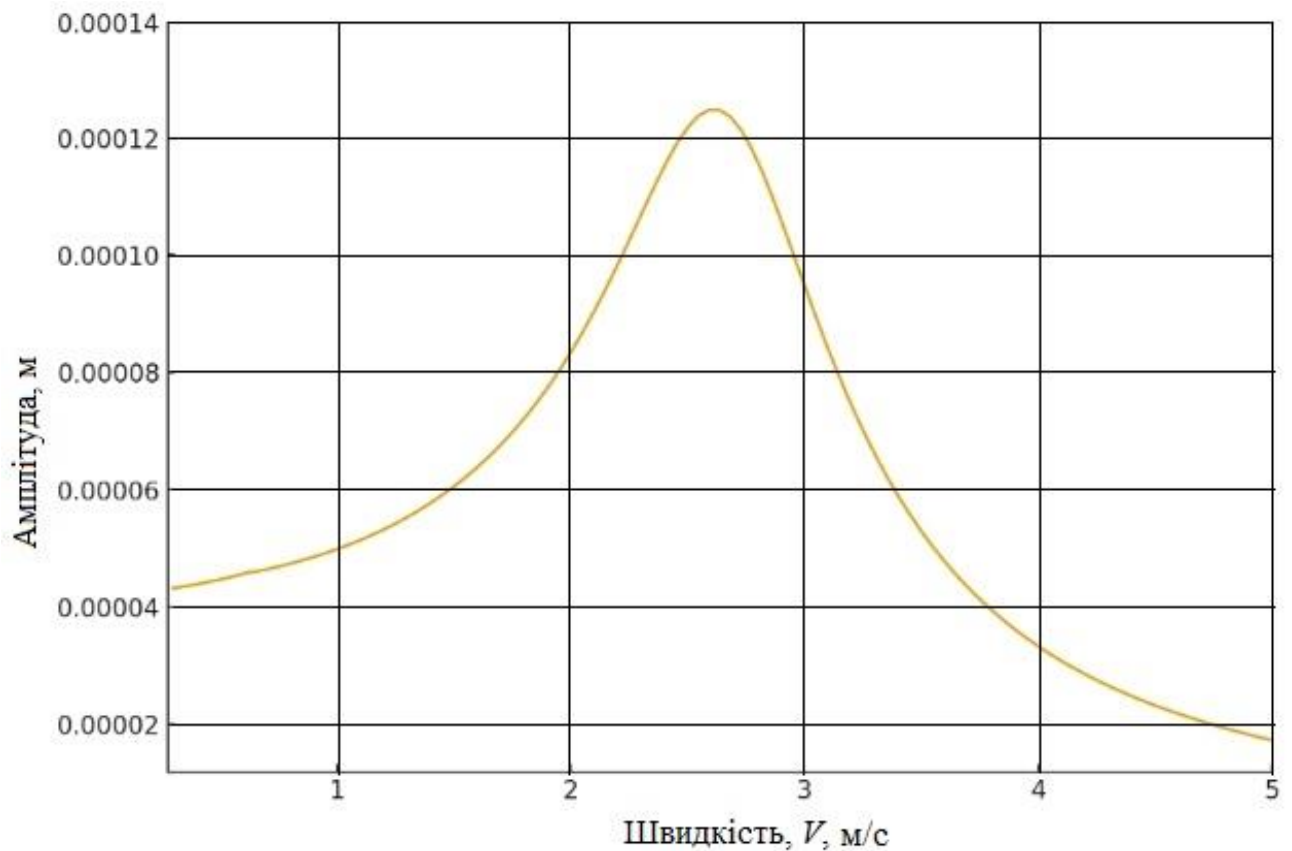


Рис. 3.4. Залежність амплітуди вертикальних коливань сошника від швидкості руху

3.3. Висновки по розділу.

У розділі виконано наукове обґрунтування конструктивного вдосконалення дводискового сошника зернової сівалки та проведено теоретичний аналіз його роботи в процесі формування борозни та укладання насіння.

Проведені дослідження дозволили встановити наступне.

Виявлено основні недоліки традиційних дводискових сошників, зокрема:

- нерівномірність глибини загортання насіння через вплив відцентрових сил та потрапляння насіння на внутрішню поверхню дисків;
- утворення горбка між дисками та бокових канавок, що призводить до неоднорідного профілю борозни;

- розпушення ґрунту у зоні висіву та погіршення контакту насіння з вологим шаром;
- підвищені коливання сошника у вертикальній площині, що погіршують рівномірність висіву.

Запропоновано нову конструкцію дводискового сошника, у якій між дисками встановлена нерухома п'ята з боковими щоками та параболічною насіннєвою напрямною. Вона забезпечує:

- формування рівного, ущільненого дна борозни;
- усунення горбка, що утворюється дисками;
- стабільне спрямування насіння без контакту з рухомими елементами;
- закривання борозни нижніми, більш вологими шарами ґрунту завдяки пружним пруткам-загортачам.

Теоретично доведено підвищення стабільності глибини висіву, що забезпечується:

- збільшенням контактної площі конструкції з ґрунтом;
- підвищенням еквівалентної жорсткості системи «сошник-ґрунт»;
- зменшенням амплітуди вертикальних коливань сошника.

Встановлено динамічні закономірності роботи сошника. Розраховані залежності показали:

- існування резонансної зони при швидкості 2,5-3,0 м/с, де амплітуда коливань значно збільшується;
- за межами цієї зони сошник працює стабільніше, а відхилення глибини мінімізуються;
- використання п'яти та напрямної зменшує вплив коливань і стабілізує рух насіння.

Аналітичними методами підтверджено, що застосування п'яти незначно збільшує тяговий опір, проте компенсується значним покращенням якості формування борозни, рівномірності висіву й підвищенням схожості насіння.

Удосконалення конструкції дводискового сошника із застосуванням нерухомої п'яти, параболічної насінневої напрямної та пружних прутків-загортачів обґрунтовано як ефективний спосіб усунення недоліків традиційних сошників. Теоретичний аналіз підтвердив підвищення стабільності глибини висіву, покращення формування борозни та зменшення коливань робочого органу, що забезпечує більш рівномірне укладання насіння у вологий шар ґрунту та покращення якості посіву в цілому.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Можливості впровадження у виробництво запропонованої конструкції сошника.

Практична реалізація результатів виконаних досліджень полягає у розробленні та впровадженні вдосконаленого дводискового сошника зернової сівалки, який забезпечує стабільну глибину загортання насіння та підвищує рівномірність його розміщення у борозні. На основі теоретичних положень, викладених у розділі 3, сформовано конструктивні рішення, що можуть бути використані при модернізації існуючих посівних агрегатів та створенні нових моделей сівалок для сівби гороху та інших зернобобових культур.

Розроблена конструкція містить такі ключові елементи:

- нерухому п'яту, встановлену між дисками, яка формує рівне й ущільнене дно борозни;
- щоки, закріплені з обох боків п'яти, що спрямовують насіння в центр борозни та усувають його контакт із поверхнями дисків;
- параболічний насінненапрямник, по якому насіння плавно скочується без ударів і відскоку;
- пружні прутки-загортачі, що закривають борозенку нижніми вологішими шарами ґрунту.

Запропонований удосконалений сошник може бути встановлений у більшість існуючих зернових сівалок вітчизняного виробництва (СЗ-3,6; СЗП-3,6; СЗТ-3,6) шляхом заміни штатних робочих органів. Перевагами впровадження конструкції є:

- мінімальні витрати на модернізацію, оскільки конструкція не потребує зміни рами або інших вузлів;
- можливість виготовлення комплекту п'ят і щік у стандартних умовах металообробки;
- адаптація конструкції для роботи з різними типами насіння (горох, нут, соя, кормові бобові).

Розробка може бути використана й при проектуванні нових посівних агрегатів, забезпечуючи їх конкурентоспроможність на ринку вітчизняної техніки.

4.2. Опис конструкції сівалки у якій можна встановити удосконалений сошник.

Сівалка (рис. 4.1) призначена для здійснення рядкового висіву насіння зернових і зернобобових культур, а також сипучого та несипучого насіння багаторічних і однорічних трав та інших культур, близьких за морфометричними характеристиками та нормами висіву. Конструктивно машина забезпечує одночасне внесення в посівні рядки гранульованих мінеральних добрив, що підвищує ефективність технологічного процесу.

Сівалка має причіпне виконання та оснащена гідрофікованою системою приводу та керування робочими органами. Вона агрегується з тракторами тягових класів 0,9–1,4 при одноагрегатному використанні, а при зчепленні кількох машин — за допомогою зчипки СП-11 — з тракторами тягових класів 3, 4 або 5. Робоча швидкість під час виконання посівних операцій становить 2,5–3,5 м/с.



Рис. 4.1. Загальний вигляд сівалки

Основними конструктивними елементами сівалки є зварна рама, що спирається на два пневматичні колеса та слугує несучою основою для всіх робочих і допоміжних агрегатів. На сошниковому брусі рами закріплені повідки з дводисковими сошниками, розташованими у два ряди з метою забезпечення рівномірного формування посівних борозен.

У передній частині рами змонтовано сницю з причепом та опорною підставкою. У косинках рами розташовані вали підйому сошників, керування якими здійснюється за допомогою гідроциліндра, встановленого на сниці. У верхній частині рами розміщено зернотуковий ящик, що забезпечує одночасне завантаження насіння та добрив.

Привід валів зернових, тукових і трав'яних висівних апаратів, а також валів ворушилок і нагнітачів реалізується від опорних коліс через вал контрприводу, систему передач та комплект змінних зірочок, що розміщені у центральній частині машини. Завдяки використанню на валу контрприводу муфт обгону забезпечується синхронний привід від обох коліс, що підвищує стабільність і рівномірність роботи висівних механізмів.

Висівні апарати з'єднані з сошниками насіннепроводами, які транспортують насіння до зони формування рядка. У задній частині рами встановлено підніжку з огорожею для забезпечення безпечного обслуговування. На сниці також передбачено інструментальний ящик.

Сівалка оснащена пристроєм для вибіркового перекриття зернових висівних апаратів, що дає змогу формувати технологічні колії. Крім того, машина укомплектована уніфікованою системою контролю технологічних параметрів, яка забезпечує контроль за висівом насіння та добрив, а також за рівнем їх наявності в бункерах.

4.3. Технологічний розрахунок параметрів сошника.

Площини дисків сошника виконують роль щік, змикаючись у передній частині приблизно на рівні денної поверхні поля. Ширину і форму борозни для

насіння та туків визначають розміщення точки стику дисків b та кут ψ їх розхилу (рис. 4.5).

Ширину борозни відповідно до рисунка 4.5 визначають за формулою

$$b = D(1 - \sin \gamma) \sin\left(\frac{\psi}{2}\right), \quad (4.1)$$

де D – діаметр диска, ($D = 350$ мм);

γ – кут, який показує положення точки M стику дисків, ($\gamma = 40^\circ$);

ψ – кут розхилу дисків, ($\psi = 10^\circ$).

Із умови, що ширина борозни повинна бути більша за найбільший розмір насіння, яке висівається, тоді

$$b = 350(1 - \sin 40^\circ) \sin\left(\frac{10^\circ}{2}\right) = 11 \text{ мм.}$$

Для конструкторського опрацювання дводискового сошника необхідно враховувати кути розташування дисків: кут θ у вертикальній площині та кут γ у горизонтальній площині. Їхні розрахункові значення визначають за такими формулами

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\theta}{2}\right) = \sin \gamma \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\psi}{2}\right), \quad (4.2)$$

$$\theta = 2 \operatorname{arctg}(\sin 40^\circ \operatorname{tg} 5^\circ) = 6^\circ 30';$$

$$\operatorname{tg}\left(\frac{\eta_0}{2}\right) = \cos \gamma \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\psi}{2}\right), \quad (4.3)$$

$$\eta_0 = 2 \operatorname{arctg}(\cos 40^\circ \operatorname{tg} 5^\circ) = 7^\circ 40'.$$

Розраховані значення кутів θ та γ є ключовими параметрами, що визначають просторову орієнтацію дисків дводискового сошника. На основі цих кутів виконують проектування насіннепровідної лійки 3 та напрямника насіння 4, які встановлюються в утвореному між дисками 1 і 2 розхилі.

Правильне компоновання цих елементів є важливою умовою забезпечення стабільного спрямування насінневого потоку та формування борозни оптимальної геометрії.

Конструктивні особливості лійки та напрямника (рис. 4.2) повинні гарантувати, що насіння надходить у передню частину сошника на рівні, нижчому від точки B – місця стику дисків. Саме таке подавання дає змогу уникнути небажаного розсіпання насіння по стінках борозни та забезпечує його концентроване надходження в робочу зону. У результаті покращується рівномірність глибини загортання, а отже – підвищується якість формування рядка та схожість культур.

Для точного спрямування руху насіння у центральну частину борозни нижню ділянку напрямника 2 виконують коритоподібною. Така форма стабілізує траєкторію насінневого потоку, зменшує його поперечні коливання та запобігає відхиленню зернин у бік, що особливо важливо за роботи на підвищених швидкостях та в умовах нерівномірного опору ґрунту.

Таким чином, коректний вибір кутів розташування дисків θ та γ , узгоджений із конструктивними формами лійки та напрямника, є визначальним чинником отримання якісної, рівномірної та технологічно правильно сформованої посівної борозни.

Розраховані значення кутів θ та η_0 є визначальними параметрами при проектуванні вузлів дводискового сошника, оскільки саме вони задають просторову орієнтацію дисків і формують конфігурацію робочого розхилу між ними. На основі цих кутів здійснюють конструктивне опрацювання насіннепровідної лійки 3 та напрямника насіння 4, які розміщуються у внутрішній зоні, утвореній дисками 1 і 2. Крім того, θ та η_0 впливають на структуру і форму корпусу сошника, оскільки визначають допустимі габарити та оптимальне положення його елементів відносно робочої площини.

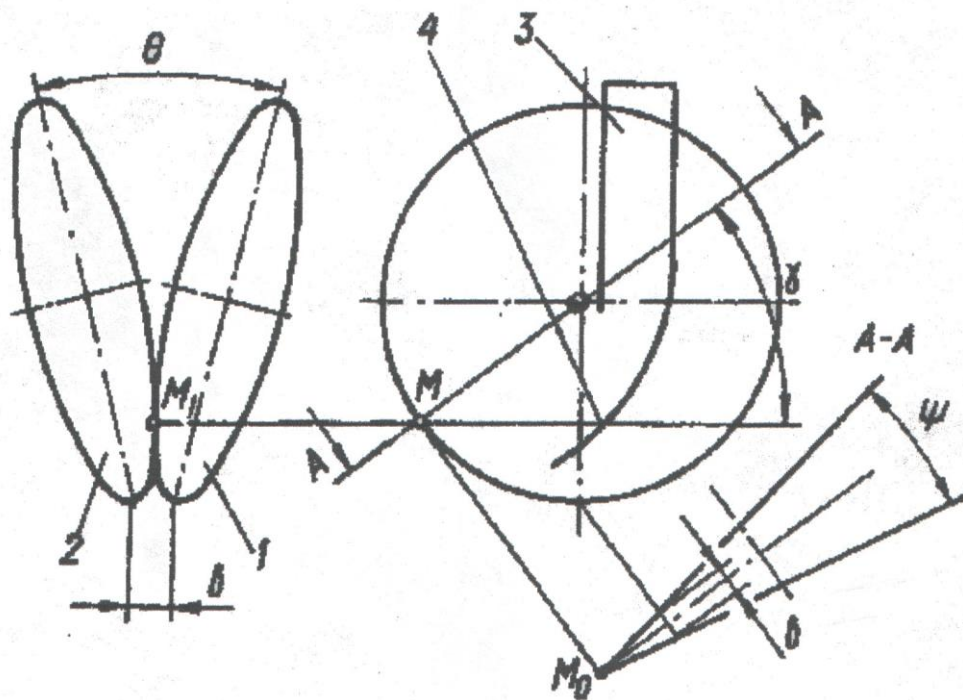


Рис. 4.2. Схема до визначення ширини борозни створеної сошником: 1, 2 – лівий і правий диски; 3 – лійка для насіннєпроводу; 4 – напрямник насіння

Особливо важливим є формування напрямника 2. Його нижня частина виконується коритоподібною, що створює каналобразну поверхню для стабілізації потоку насіння. Така форма:

- центрує насінневий потік і спрямовує його точно в середину борозни;
- зменшує бічні зміщення зернин унаслідок вібрацій чи дії інерційних сил;
- забезпечує постійну траєкторію руху насіння незалежно від швидкості руху агрегату;
- покращує точність укладання насіння навіть у разі нерівномірного опору ґрунту або коливань сошника.

Таким чином, узгодженість кутів θ та η_0 із геометричними параметрами лійки, напрямника і корпуса сошника є критичною умовою отримання якісної борозни та забезпечення рівномірного висіву. Всі ці елементи працюють у комплексі, формуючи стабільний потік насіння та покращуючи показники точності посіву.

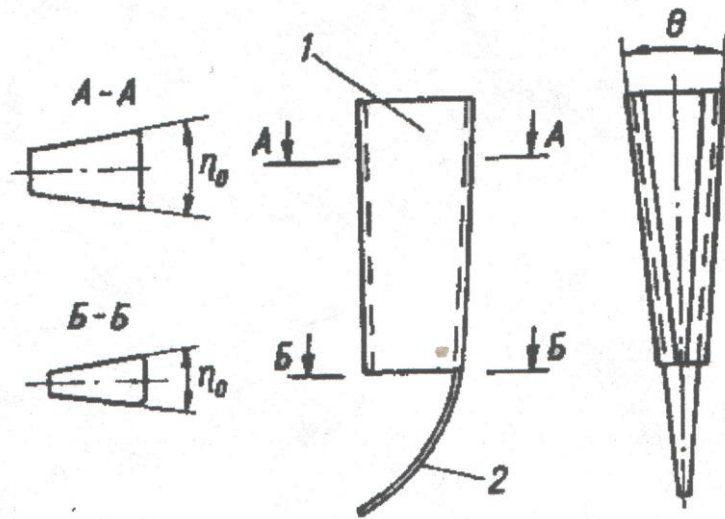


Рис. 4.3. Схема для побудови насіннепровідної лійки та напрямника: 1 – лійка насіннепровідна; 2 – напрямник насіння.

4.4. Розміщення сошників на сівалці.

Сошники необхідно розташовувати на міжсошниковій відстані a_c , значення якої має перевищувати ширину b_x ґрунтового горбка, що формується перед дводисковим сошником. Таким чином, повинна виконуватися умова $a_c > b_x$, (рис. 4.4).

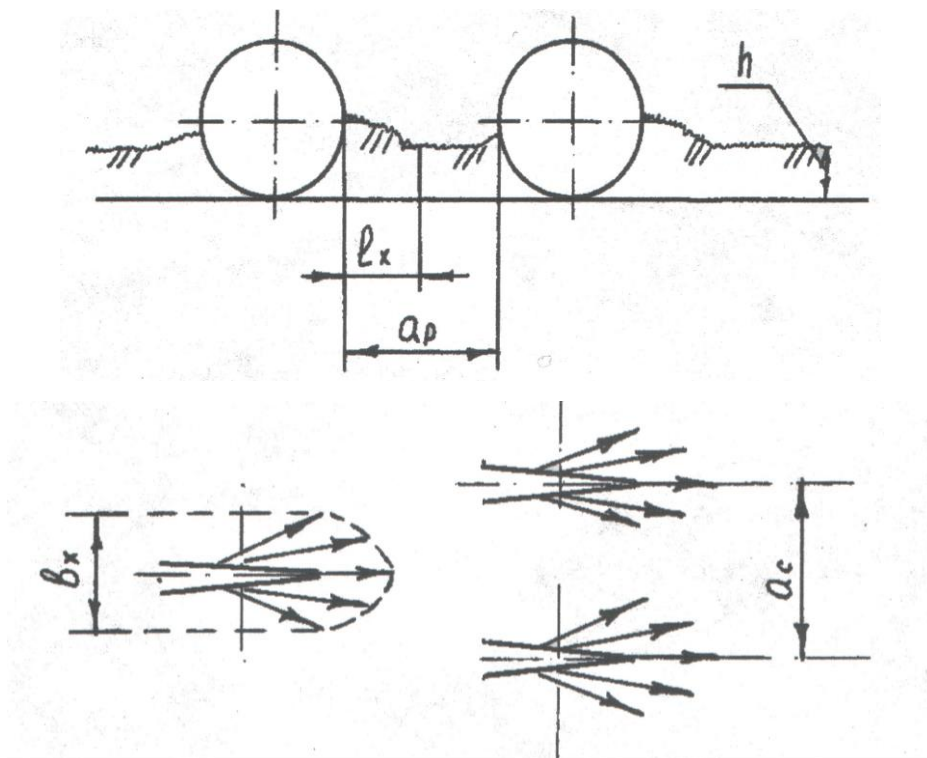


Рис. 4.4. Схема розміщення сошників: а – вигляд збоку, б – вигляд зверху.

Крім того, відстань між сошниками переднього та заднього рядів повинна бути більшою за довжину зони повздовжньої деформації ґрунту, тобто має виконуватися нерівність $a_c > l_x$.

Недотримання цих вимог призводить до того, що ґрунтові горбики, які утворюються перед сошниками, змикаються між собою, формуючи суцільний валок у центрі посівної борозни. У таких умовах сошники втрачають здатність до нормального заглиблення та стабільного формування борозни, що порушує процес борозноутворення та знижує якість посіву.

Довжину зони повздовжньої деформації ґрунту визначають за формулою

Величину зон деформації ґрунту у повздовжньому напрямі визначаємо за формулою

$$l_x = \left(\frac{h}{\operatorname{tg}\varphi} + 0,5b \right) \sin\left(\frac{\eta}{2} + \varphi \right), \quad (4.4)$$

де b – відстань між дисками, мм;

$\eta = \eta_0$, η_0 – кут між дисками, град;

φ – кут тертя ґрунту об диск, град;

h – глибина сівби насіння, мм.

$$l_x = \left(\frac{80}{\operatorname{tg}35^\circ} + 0,5 \cdot 10,9 \right) \sin\left(\frac{7^\circ 40'}{2} + 35^\circ \right) = 75,4 \text{ мм.}$$

Величину деформації ґрунту визначимо за формулою

$$b_x = \left(\frac{2h}{\operatorname{tg}\varphi} + c \right) \cos\left(\frac{\eta}{2} + \varphi \right), \quad (4.5)$$

де
$$c = b + \sqrt{\frac{2hD}{3} - \left(\frac{2h}{3} \right)^2} \cdot \sin\left(\frac{\eta_0}{2} \right), \text{ мм;}$$

D – діаметр дисків сошника, мм.

У кожному ряду встановлено по $n_1 = n_2 = 12$ сошників. Тоді сумарна вага сошників переднього та заднього рядів відповідно дорівнює

$$Q_1 = Q \cdot n_1 = 130 \cdot 12 = 1560 \text{ Н},$$

$$Q_2 = Q \cdot n_2 = 130 \cdot 12 = 1560 \text{ Н}.$$

Згідно зі схемою на рис. 4.5, відстані (плечі) від осі обертання рами до центрів ваги сошників становлять:

– для переднього ряду – $H_{g1} = 230 \text{ мм} = 0,23 \text{ м}$;

– для заднього ряду – $H_{g2} = 700 \text{ мм} = 0,70 \text{ м}$.

Плече прикладання сили штока гідроциліндра відносно тієї ж осі за схемою становить

$$H_p = 115 \text{ мм} = 0,115 \text{ м}.$$

Сили ваги сошників Q_1 та Q_2 створюють відносно осі обертання момент, який має бути врівноважений зусиллям у штоку гідроциліндра $R_{ш}$. Складаємо рівняння моментів відносно осі обертання (закон рівноваги жорсткого тіла)

$$\sum M_0 = 0: R_{ш} \cdot H_p = Q_1 \cdot H_{g1} + Q_2 \cdot H_{g2}.$$

Звідси зусилля в штоку

$$R_{ш} = \frac{Q_1 \cdot H_{g1} + Q_2 \cdot H_{g2}}{H_p}.$$

Розіб'ємо повне зусилля на складові від кожного ряду сошників

$$R_{ш1} = \frac{Q_1 \cdot H_{g1}}{H_p}, \quad R_{ш2} = \frac{Q_2 \cdot H_{g2}}{H_p},$$

$$R_{ш} = R_{ш1} + R_{ш2}.$$

Підставимо числові значення

Дія від переднього ряду

$$R_{u1} = \frac{1560 \cdot 0,23}{0,115} = \frac{358,8}{0,115} \approx 3120 \text{ Н.}$$

Дія від заднього ряду

$$R_{u2} = \frac{1560 \cdot 0,70}{0,115} = \frac{1092}{0,115} \approx 9496 \text{ Н.}$$

Загальне зусилля в штоку гідроциліндра

$$R_{uu} = 3120 + 9496 = 12616 \text{ Н.}$$

Для наочності переведемо це зусилля в «еквівалентну масу»

– при точному значенні прискорення вільного падіння

$$m_{\text{екв}} = \frac{R_{\text{ш}}}{g} = \frac{12316}{9,81} \approx 1286 \text{ кг.}$$

– при інженерному наближенні $g = 10 \text{ м/с}^2$:

$$m_{\text{екв}} = \frac{R_{\text{ш}}}{g} = \frac{12316}{10} \approx 1260 \text{ кг.}$$

Надалі для спрощення розрахунків приймаємо

$$R_{uu} \approx 12,6 \text{ кН.}$$

Для контролю правильності розрахунку перевіримо відповідність сумарних моментів. Момент від сил ваги сошників

$$M_Q = Q_1 \cdot H_{g1} + Q_2 \cdot H_{g2} = 1560 \cdot 0,23 + 1560 \cdot 0,7 = 1450,8 \text{ Н·м.}$$

Момент від сили гідроциліндра

$$M_R = R_{uu} \cdot H_p = 12616 \cdot 0,115 \approx 1450,8 \text{ Н·м,}$$

що підтверджує правильність прийнятого плеча $H_p = 115 \text{ мм}$ та виконаних розрахунків.

Підбір параметрів гідроциліндра. Вихідні дані для розрахунку

Сумарне зусилля в штоку, отримане раніше $R_{ш} \approx 12,6$ кН.

Приймаємо:

– робочий тиск у гідросистемі:

$$p_p = 16 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

– коефіцієнт запасу по зусиллю:

$$k = 1,5;$$

– допустиме напруження для матеріалу штока (сталь 45) з урахуванням запасу:

$$[\sigma] = 120 \cdot 10^6 \text{ Па};$$

Розрахункове зусилля для підбору гідроциліндра

$$R_p = k \cdot R_{ш} = 1,5 \cdot 12616 \approx 18924 \text{ Н.}$$

Розрахунок діаметра поршня гідроциліндра. Зусилля на штоку при робочому ході (висування штока) створюється тиском робочої рідини на повну площу поршня, звідки площа поршня

$$A_{п} = \frac{R_{п}}{p_{п}}.$$

$$A_{п} = \frac{18924}{16 \cdot 10^6} \approx 1,18 \cdot 10^{-3} \text{ м}^2.$$

Зв'язок площі поршня з діаметром

$$A_{п} = \frac{\pi D^2}{4}.$$

звідки

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot A_{п}}{\pi}}.$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,18 \cdot 10^{-3}}{\pi}} \approx 0,039 \approx 39 \text{ мм.}$$

Приймаємо стандартний діаметр поршня - $D = 40$ мм.

Розрахунок діаметра штока гідроциліндра. Шток працює на розтяг/стиск, тому перевіряємо його за умовою міцності при осьовому навантаженні. Приймаємо, що розрахунок ведемо по тому ж розрахунковому зусиллю

$$R_p = 18924 \text{ Н.}$$

Умова міцності

$$\sigma = \frac{R_p}{A_{\text{шт}}} \leq [\sigma],$$

де $A_{\text{шт}} = \frac{\pi d^2}{4}$, d – діаметр штока.

Звідси

$$d \geq \sqrt{\frac{4R_p}{\pi \cdot [\sigma]}}$$

$$d \geq \sqrt{\frac{4 \cdot 18924}{\pi \cdot 120 \cdot 10^6}} \approx 0,014 \text{ м.}$$

Розрахунково допускається діаметр близько 14 мм, але з урахуванням технологічності, додаткового запасу міцності, можливих поздовжніх (вигинальних) навантажень при ході штока – приймаємо стандартний діаметр штока $d = 25$ мм.

За результатами розрахунку для механізму навантаження сошників прийнято – діаметр поршня гідроциліндра: $D = 40$ мм, діаметр штока: $d = 25$ мм, робочий тиск гідросистеми: $p_p = 16$ Мпа. Ці параметри забезпечують необхідне зусилля в штоку гідроциліндра з урахуванням коефіцієнта запасу $k = 1,5$ та достатній запас міцності елементів.

4.6. Висновки по розділу.

У розділі представлено практичні аспекти впровадження результатів дослідження щодо вдосконалення конструкції дводискового сошника зернової сівалки. На основі теоретичних положень, обґрунтованих у попередніх

розділах, розроблено та описано конструкцію робочого органа, що забезпечує суттєве покращення рівномірності загортання насіння та стабілізацію глибини формування посівної борозни.

Розглянуто можливості застосування запропонованого сошника у складі серійних моделей сівалок. Встановлено, що модернізація може бути виконана без значних змін основних вузлів машини, що робить впровадження економічно доцільним та технологічно доступним для виробничих умов. Конструкція п'яти, щік, параболічного насінненапрямника та прутків-загортачів може бути виготовлена у стандартних умовах металообробки, що розширює можливості виробничої реалізації та сервісного обслуговування.

У розділі наведено докладний опис конструкції сівалки, у яку може бути встановлений удосконалений сошник. Це підтверджує універсальність і адаптивність запропонованих технічних рішень до реальних умов експлуатації та широкого спектра посівних машин.

Проведено технологічні розрахунки, які визначають основні параметри сошника та дозволяють узгодити його геометричні характеристики із заданими агротехнічними вимогами. Розрахункові залежності підтвердили працездатність та ефективність конструкції, зокрема забезпечення рівного профілю борозни, стабільності глибини та якісного закривання насіння вологими шарами ґрунту.

Отже, практична реалізація запропонованої конструкції підтвердила відповідність технічних рішень агротехнічним вимогам сівки гороху. Удосконалений сошник забезпечує покращення якості формування посівного ложа, підвищення рівномірності висіву та створює передумови для зростання схожості культури й ефективності виробничих процесів. Запропоновані технічні рішення можуть бути рекомендовані для впровадження у виробництво та використані при проектуванні нових моделей зернових сівалок.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які можуть виникнути при вирощуванні гороху.

Під час вирощування гороху працівники можуть піддаватися дії таких небезпечних факторів:

- механічних – обертальні частини машин (вали, шнеки, ланцюги, диски, сошники);
- фізичних – шум, вібрація, пил, дія сонячного проміння, підвищена температура;
- хімічних – вплив засобів захисту рослин і мінеральних добрив;
- психофізіологічних – перевтома, тривале перебування на відкритому повітрі, монотонність роботи;
- електричних – ураження електричним струмом під час обслуговування машин з електроприводом або зарядки акумуляторів.

5.2. Заходи безпеки під час виконання основних технологічних операцій.

Всі машини й агрегати повинні бути справними, мати надійні огороження рухомих частин, чітке маркування органів керування та системи блокування при відкриванні кришок і люків.

Перед початком робіт необхідно перевіряти справність гальм, зчіпних пристроїв, електропроводки, освітлення та сигналізації.

Під час оранки, культивуації та боронування тракторист повинен працювати у кабіні з зачиненими дверима та вікнами. Заборонено очищати робочі органи від ґрунту або рослинних решток під час руху агрегату. На поворотах і під час транспортування робочі органи мають бути переведені у підняте положення.

Перед початком сівби необхідно переконатися у справності сівалки, зокрема механізмів висіву, насіннепроводів, сошників і котків. Завантаження насіння до бункера здійснюється механізовано (шнеком, транспортером) або

вручну з використанням драбин і рукавичок. Під час роботи забороняється перебувати між трактором і сівалкою, а також позаду агрегату в зоні викиду ґрунту.

Усі обслуговування проводяться лише після повної зупинки машини і вимкнення двигуна трактора.

При застосуванні пестицидів працівники повинні мати засоби індивідуального захисту (респіратори, гумові рукавиці, окуляри, костюми). Обробку проводять за швидкості вітру не більше 4 м/с, у ранкові або вечірні години. Після закінчення робіт обладнання промивають у спеціально відведених місцях, а відходи утилізують відповідно до екологічних вимог.

Під час роботи зернозбирального комбайна заборонено перебувати поруч із жаткою, біля транспортерів або на підніжках. Перед очищенням робочих органів необхідно повністю зупинити двигун і вимкнути привод. Всі елементи комбайна повинні бути обладнані захисними кожухами, а місця підвищеної небезпеки – сигнальним маркуванням.

Рівень шуму у кабінах тракторів і комбайнів не повинен перевищувати 85 дБ, вібрації – 2,0 м/с². Робочі місця повинні бути обладнані вентиляцією та сидіннями з амортизаторами.

Для запобігання пиловиділенню при роботі з насінням або сухими добривами рекомендується використовувати закриті ємності, пилопоглинаючі пристрої, а працівники мають користуватися респіраторами.

Під час польових робіт працівники повинні мати доступ до питної води, аптечки, засобів гігієни та тіньових навісів для відпочинку.

Кожен трактор та комбайн має бути укомплектований двома вогнегасниками (вуглекислотним і порошковим), лопатою та ящиком з піском. При виявленні загоряння агрегату необхідно негайно зупинити двигун, вимкнути запалювання і застосувати вогнегасник з підвітряного боку.

Перед початком польових робіт керівник господарства зобов'язаний:

- провести інструктаж з охорони праці;

- перевірити технічний стан машин;
- забезпечити працівників спецодягом, взуттям та ЗІЗ;
- організувати контроль за дотриманням режиму праці та відпочинку.

Працівники мають дотримуватися правил дорожнього руху при переміщенні техніки між полями, уникати перевантаження машин і працювати лише у справному одязі без вільно звисаючих частин.

Обладнання електроприводів машин, зарядні станції для акумуляторів та пересувні освітлювальні установки повинні відповідати вимогам ПУЕ та ДНАОП 0.00-1.21-98. Усі корпуси електроустановок мають бути заземлені, а кабелі мати надійну ізоляцію. Роботи з технічного обслуговування електрообладнання дозволяється виконувати лише електротехнічному персоналу з відповідною групою допуску.

5.3. Висновки по розділу.

Безпечне виконання робіт при вирощуванні гороху можливе лише за умови дотримання вимог чинних нормативів і регулярного контролю технічного стану машин.

Виконання технологічних операцій має проводитись підготовленим персоналом, який пройшов інструктаж з охорони праці.

Упровадження сучасних технічних засобів безпеки (блокувань, сигналізації, герметичних кабін) значно знижує ризик травматизму.

Дотримання санітарно-гігієнічних і протипожежних вимог сприяє збереженню здоров'я працівників та підвищенню ефективності виробничого процесу.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі проведено комплексне дослідження технологічного процесу сівби гороху та обґрунтовано удосконалену конструкцію дводискового сошника зернової сівалки, спрямовану на підвищення рівномірності загортання насіння, зменшення коливань робочого органа та покращення формування посівної борозни.

На основі аналізу сучасних технологій вирощування гороху визначено ключові агротехнічні вимоги до сівби, згідно з якими головним критерієм якості є стабільність глибини укладання насіння та рівномірність його розподілу в рядку. Дослідження існуючих типів сошників показало, що традиційні дводискові конструкції мають ряд суттєвих недоліків: формування горбка між дисками, розпушення ґрунту в зоні висіву, нестабільність глибини та нерівномірне розміщення насіння через контакт із поверхнями дисків.

У теоретичній частині роботи обґрунтовано розроблене конструктивне рішення, яке передбачає встановлення між дисками нерухомої п'яти з боковими щоками, використання параболічного насінненапрямника та застосування пружних прутків-загортачів. Теоретичні розрахунки підтвердили, що така конструкція забезпечує формування рівного й ущільненого дна борозни, спрямовує насіння у центр борозни без торкання рухомих елементів, зменшує амплітуду вертикальних коливань та стабілізує глибину ходу сошника.

Динамічний аналіз показав наявність резонансної зони у діапазоні швидкостей 2,5–3,0 м/с, яка негативно впливає на рівномірність загортання. Встановлено, що застосування п'яти збільшує еквівалентну жорсткість системи «сошник–ґрунт» і суттєво зменшує амплітуду коливань у робочому діапазоні швидкостей, підвищуючи стабільність глибини посіву.

Практична реалізація запропонованої конструкції показала можливість її впровадження без суттєвих змін у конструкції серійних зернових сівалок, що робить модернізацію технічно та економічно доцільною. Конструктивні

елементи можуть бути виготовлені в умовах стандартного машинобудівного виробництва, що забезпечує простоту технологічної реалізації.

Безпечне виконання робіт при вирощуванні гороху можливе лише за умови дотримання вимог чинних нормативів і регулярного контролю технічного стану машин.

Виконання технологічних операцій має проводитись підготовленим персоналом, який пройшов інструктаж з охорони праці.

Упровадження сучасних технічних засобів безпеки (блокувань, сигналізації, герметичних кабін) значно знижує ризик травматизму.

Дотримання санітарно-гігієнічних і протипожежних вимог сприяє збереженню здоров'я працівників та підвищенню ефективності виробничого процесу.

Загалом виконана робота доводить, що запропонована конструкція дводискового сошника є ефективним технічним рішенням, здатним підвищити якість посівних операцій, знизити вплив технологічних і механічних факторів на рівномірність загортання насіння та забезпечити покращення агротехнічних показників вирощування зернобобових культур.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Алдошин О.Б., Лузан О.Р. Аналіз основних типів сівалок для прямої сівби зернових культур. Досягнення та перспективи галузі сільськогосподарського виробництва: зб. тез доповідей Всеукраїнської наук.-практ. конф., 15-17 квітня 2015 р. Кіровоград: КНТУ, 2015. С. 10-13.
2. Вирощування гороху за класичною технологією: веб-сайт. URL: <https://kurkul.com/spetsproekty/636-viroschuvannya-soyi-za-klasichnoyu-tehnologiyeyu> (дата звернення: 12.11.2023).
3. Горох: норма висіву, густина рослин і ширина міжрядь: веб-сайт. URL: <https://agro-business.com.ua/agro/ahronomiiia-sohodni/item/19933-soia-norma-vysivu-hustota-roslyn-i-shyryna-mizhriad.html#:~:text> (дата звернення: 12.11.2023).
4. Зирянов В. Сучасні просапні сівалки. Сільськогосподарська техніка України. 1998. №3. С. 34-35.
5. Кириченко В.В. та ін. Технологія вирощування гороху / за ред. В.В. Кириченка. Харків: Магда ltd, 2010. 98 с.
6. Козак Г. Озимий горох - технологія вирощування. Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу. URL: <https://propozitsiya.com/ua/ozymuugoroh-tehnologiya-vygozhchuvannya>.
7. Ліщенко А.С, Лузан О.Р., Лузан П.Г. Аналіз конструкцій та вибір сошника для прямої сівби зернових культур. Збірник праць молодих науковців КНТУ. Вип. 2. 2013. С. 21-25.
8. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Екологічні аспекти вирощування зернових культур. Функціонування АПК на засадах раціонального природокористування : матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. 26 трав. 2017 р. Полтава: ПДАА, 2017. С. 36-38.
9. Лузан П.Г., Лузан О.Р. Напрями вдосконалення технічного забезпечення для раціонального використання земельних ресурсів. Раціональне

використання ресурсів в умовах екологічно стабільних територій: колективна монографія. Полтава: ТОВ НВП «Укрпромторгсервіс», 2018. С.28-36.

10. Лузан П.Г., Сало В.М., Лузан О.Р. Тенденції розвитку сівалок для прямої сівби зернових культур. Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь: зб. матеріалів III Всеукр. наук.-практ. конф. 29-30 бер. 2017 р. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. С.33- 35.

11. Лузан П.Г. Перспективні технології вирощування сільськогосподарських культур. Perspective trends in scientific research 2015. Materials of International scientific and practical conference. Volume 2. October, 17-22, 2015, Bratislava, Slovak Republic. С.167-168.

12. Макаренко М. Комбайни зернозбиральні: навч. посібн. для здобувач. проф. (проф.-тех.) освіти. Київ: Грамота, 2023. 256 с.

13. Машини для обробітку ґрунту та внесення добрив. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей / Сало В.М., Лещенко С.М., Лузан П.Г. та ін. Харків: Мачулін, 2016. 244 с.

14. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин.: Підручник. Київ: Вища школа, 1993. 556 с.

15. Роїк М. Технологія вирощування гороху. Від вибору сорту до збирання. Superagronom: URL: <https://superagronom.com/articles/364-tehnologiya-viroschuva-nnya-gorohu-vid-viboru-sortu-do-zbirannya>.

16. Сало В.М., Лузан П.Г. Напрями вдосконалення технічного забезпечення новітніх технологій прямої сівби зернових культур. Техніка і технології АПК, №9(60), 2014. С. 14-17.

17. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання с.-г. вир-ва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 384 с.

18. Сисолін П.В., Сало В.М., Свірень М.О. Сільськогосподарські машини (практичні заняття). Кіровоград, 2002. 132с.
19. Технологія вирощування гороху на зерно в Україні на 2025 рік. Агроексперт Трейд: URL: <https://agroexp.com.ua/uk/tehnologiya-vyiraschivaniya-goroha>.
20. Технологія вирощування гороху: насіння, інокуляція, живлення та захист: веб-сайт. URL: <https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-soyi-nasinny-a-inoku-lyasiya-jivlennya-ta-zahist> (дата звернення: 12.11.2025).
21. ТОП-10 експортерів гороху із України: веб-сайт. URL: <https://latifundist.com/rating/top-10-eksporterov-soi-iz-ukrainy> (дата звернення: 12.11.2025).
22. Україна утримається у топ-10 світових виробників гороху: веб-сайт. URL: <https://agroportal.ua/news/rastenievodstvo/ukrajina-utrimuyetsya-u-top-10-svitovih-virobnikiv-soji> (дата звернення: 12.11.2025).
23. Шмат С.І., Лузан П.Г., Сало В.М. Оригінальні способи і засоби обробітку ґрунту та сівби сільськогосподарських культур. Навчальний посібник для студентів технічних спеціальностей. Харків: Мачулін, 2018. 236 с.
24. Технологія вирощування гороху: навч. посіб. / Кириченко В.В. та ін.; за ред. В.В. Кириченка. Харків, 2010. 98 с.
25. Авраменко С.В., Огурцов С.В., Цехмейструк Ю.Є. Вусатий горох. Нове обличчя давньої культури. Агроном, 2014. Вип. 2. С. 104-106.
26. Кравченко В.С. та ін. Біологізація вирощування зернобобових культур в Україні, аналіз та перспектива. Аграрний вісник Причорномор'я. 2019. Вип. 92. С. 83-91.
27. Бахмат М.І., Небаба К.С. Структурні елементи врожаю гороху посівного залежно від удобрення та регуляторів росту в умовах Лісостепу Західного. Науковий вісник НУБіП України. Серія Агрономія. 2018. Вип. 294. С. 24-31.

28. Беров Є.Д. Вплив мінімізації обробітку ґрунту під горох на його агрофізичні властивості в умовах південного Степу України. Зб. наук. пр. Уманського національного університету садівництва. 2018. Вип. 92. Ч.1. С. 306-314.

29. Гирка А.Д., Ткаліч І.Д., Сидоренко Ю.Я. Актуальні аспекти технології вирощування гороху в умовах північного Степу України. Вісник аграрної науки. 2018. Вип. 2. С. 31-3.

30. Жуйков О.Г., Лагутенко О.Г. Горох посівний в Україні – стан, проблеми, перспективи. Таврійський науковий вісник: землеробство, рослинництво, овочівництво та баштанництво. Херсон, 2017. Вип. 98. С. 65-70.

31. Дідур І.М. Захарчук В.В. Вплив елементів технології вирощування на врожайні показники зерна гороху. Зб. наук. пр. Вінницького національного аграрного університету «Сільське господарство та лісівництво». 2016. Вип 4. С. 56-61.

32. Іщенко В. та ін. Горох – культура вимоглива до умов вирощування. Агробізнес сьогодні. 2016. № 7. С. 70-72.

Додатки