

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Андрій ВОЙТІК
“ ____ ” _____ 2024 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему «ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ АНКЕРНОГО СОШНИКА
СІВАЛКИ З МОЖЛИВІСТЮ РОЗКИДНОЇ СІВБИ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21м-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Ростислав БІЛЕНКО
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Андрій ВОЙТІК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Олександр ТРУС
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ магістр _____
Спеціальність _____ 208 Агроінженерія _____
(шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
_____ Андрій ВОЙТІК
“ ____ ” _____ 2024 р.

З А В Д А Н Н Я
НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

_____ Біленку Ростиславу Анатолійовичу _____
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування параметрів анкерного сошника сівалки з можливістю розкидної сівби»

керівник роботи _____ Войтік А.В., к.т.н., доцент _____
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 04 ” _____ листопада 20 24 р. № 01-06/298

2. Строк подання студентом роботи _____ 27.11.2024 р. _____

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості насіння зернових культур; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для підгрунтової сівби насіння.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):

аналіз існуючих способів та засобів для підгрунтово-розкидної сівби насіння, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення впливу плверхні сошника на якість виконання операції; обґрунтування конструктивної схеми сошника для розкидної сівби; обґрунтування оптимальних параметрів робочої поверхні розподільника насіння; дослідження процесу роботи запропонованої машини; розробка заходів з охорони праці; визначення ефективності застосування розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2023 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2023 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2023 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні визначення параметрів сошника для розкидної сівби	02.12.2023 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2024 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2024 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2024 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2024 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2024 р.	

Студент

(підпис)

Ростислав БІЛЕНКО

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Андрій ВОЙТІК

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Біленко Р.А. Обґрунтування параметрів анкерного сошника сівалки з можливістю розкидної сівби (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2024. – 57 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для висіву зернових культур.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів пристрою для підґрунтового-розкидної сівби насіння на показники якості.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу висіву зернових культур шляхом вдосконалення конструкції сошника для підґрунтового-розкидної сівби.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для підґрунтового-розкидної сівби. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено форму розподільника насіння та досліджено кінематичні характеристики руху насіння в сошнику. Проведено дослідження по визначенню швидкості сходження насіння з поверхні розподільника.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники економічної ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури, оформлено додатки.

Ключові слова: ґрунт, насіння, сошник, розподільник, криволінійна поверхня, швидкість.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ, І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	6
1.1. Порівняльний аналіз способів сівби зернових культур.....	6
1.2. Огляд конструкцій сошників для підґрунтового-розкидного способу сівби.....	11
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СОШНИКОМ ДЛЯ ПІДГРУНТОВО-РОЗКИДНОЇ СІВБИ.....	19
2.1. Теоретичні передумови руху насіння по розподільнику сошника.....	20
2.2. Обґрунтування форми розподільника насіння і розрахунок швидкості надходження насіння на його похилу ділянку.....	23
Висновки	31
РОЗДІЛ 3. МЕТОДИКА І РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	33
3.1. Методика лабораторних досліджень.....	33
3.2. Результати визначення швидкості сходу насіння з криволінійної твірної поверхні розподільника.....	37
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	43
4.1. Загальні положення охорони праці в рослинництві.....	43
4.2. Правила і умови використання сівалки.....	44
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	46
5.1. Визначення річного економічного ефекту.....	46
Висновки	50
Загальні висновки.....	51
Список використаної літератури.....	53

ВСТУП

Одержання високих і стабільних врожаїв залишається актуальною задачею сільськогосподарського виробництва. При вирощуванні сільськогосподарських культур, зокрема і зернових, особливу увагу необхідно звертати на сівбу, тому що допущені огріхи при її виконанні неможливо виправити, а однією з основних характеристик сівби є рівномірність розподілу рослин за площею живлення.

В ідеальному випадку площа живлення рослини має форму кола, однак, у більшості способів сівби, форма площі живлення представлена витягнутим прямокутником. Така форма площі живлення призводить до недовикористання частини родючого ґрунту і загушення рослин, що знижує врожайність зернових культур. Найбільш раціональну площу живлення рослини одержують при підґрунтового-розкидного способі сівби.

Крім того, цей спосіб дозволяє поєднати передпосівний обробіток ґрунту з сівбою, що скорочує терміни виконання операції і дозволяє зменшити втрати ґрунтової вологи, кількість проходів агрегату по полю і знизити прямі експлуатаційні витрати. При підґрунтового-розкидного способі сівби рослини знаходяться в більш вигідних умовах, в порівнянні з іншими способами сівби, але і при цьому способі має місце нерівномірність розподілу рослин за площею живлення. Це пов'язано з тим, що застосовувані сошники для підґрунтового-розкидної сівби не в повній мірі відповідають агротехнічним вимогам до них. Одним з основних недоліків існуючих сошників для підґрунтового-розкидної сівби є недостатня дальність розсіву насіння за шириною захвату сошника, що призводить до збільшення ширини міжрядь, а відтак і незасіяної площі поля, що знижує рівномірність розподілу рослин. В зв'язку з цим, підвищення врожайності зернових культур за рахунок удосконалення технологічного процесу підґрунтового розподілу насіння є актуальною науково - технічною проблемою.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ, І ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Порівняльний аналіз способів сівби зернових культур

Наукою і практикою доведено, що при створенні необхідних умов для росту і розвитку, сільськогосподарські культури мають великий резерв підвищення врожайності. Для реалізації цього необхідно удосконалювати існуючі технології вирощування, а також створювати машини, що відповідають прогресивним технологіям і високим вимогам агротехніки [1].

Для нормального росту і розвитку рослин необхідні: світло, тепло, волога, поживні речовини і повітря [2, 3].

В умовах росту і розвитку рослин усі ці агроєкологічні фактори рівнозначні, жоден з них не може бути замінений яким-небудь іншим. З метою одержання високих врожаїв необхідно одночасно впливати на всі фактори росту і розвитку, забезпечивши рослини ними в оптимальних співвідношеннях, за рахунок удосконалення технологічного процесу сівби [4, 5]. Фактори вирощування рослин створюються природою і прийнятою агротехнікою, потреба в яких в різні фази вегетації рослин неоднакова. У процесі вирощування сільськогосподарських культур особливо важливою і відповідальною технологічною операцією є сівба, оскільки, саме при сівбі закладається основа майбутнього врожаю. Основною умовою одержання високих врожаїв є здатність обраного способу сівби і технології їх здійснення найбільш повно забезпечити однаковими умовами росту і розвитку рослини для їх повноцінного розвитку.

Найкраще забезпечення всіх рослин поживними речовинами, повітрям і світлом може бути отримане при рівномірному розподілі рослин по площі поля. Рівномірного розподілу рослин по поверхні поля не можна домогтися існуючими способами сівби. В даний час розрізняють наступні основні способи сівби насіння зернових культур: звичайний рядковий, вузькорядний,

перехресний, стрічковий, підґрунтово-розкидний, що поділяється на смуговий і розкидний [6] (рисунок 1.1).

Найбільш розповсюдженим способом сівби зернових культур - залишається рядкова сівба з міжряддям 12...15 см. Наукове обґрунтування ширини міжрядь цього способу з точки зору агротехніки не досить повне [7]. Можна припустити, що розміщення сошників з такою шириною міжрядь (12...15 см) обумовлено, виходячи з меншого забивання їх ґрунтом і рослинними рештками.

Один з основних недоліків рядкового способу сівби - нерівномірний розподіл насіння по площі живлення. При ширині міжрядь 12...15 см і нормі висіву 5...6 млн. зернин на гектар середня відстань між рослинами в рядку складає 1,1...1,3 см. У результаті нерівномірності розподілу насіння в рядку багато рослин знаходяться ще ближче одна від одної, потрапляючи в умови найжорстокішої конкуренції із самих ранніх етапів розвитку. Форма площі живлення кожної рослини при даному способі сівби являє собою витягнутий прямокутник, довжина якого в 10...15 разів більше ширини, що є причиною нераціонального використання рослинами площі живлення на 30% і зниження врожайності [8, 9].

Прагнення одержати більш рівномірні по площі живлення посіви призвело до виникнення нових способів сівби, при яких усувається ряд недоліків, властивих звичайній рядковій сівбі з міжряддями 15 см, це перехресний і вузькорядний способи сівби [10].

Перехресний спосіб сівби зернових колосових культур одержав широке поширення в 50-70-х роках. Сівбу виконують у двох взаємно перпендикулярних напрямках при збереженні ширини міжрядь звичайної рядової сівби. При проході в кожному напрямку висівають половину встановленої норми висіву. Застосування цього способу дозволило одержувати врожаї на 10 % вище, ніж при рядковій сівбі, що зв'язано з більш рівномірним розподілом рослин по площі поля [11].

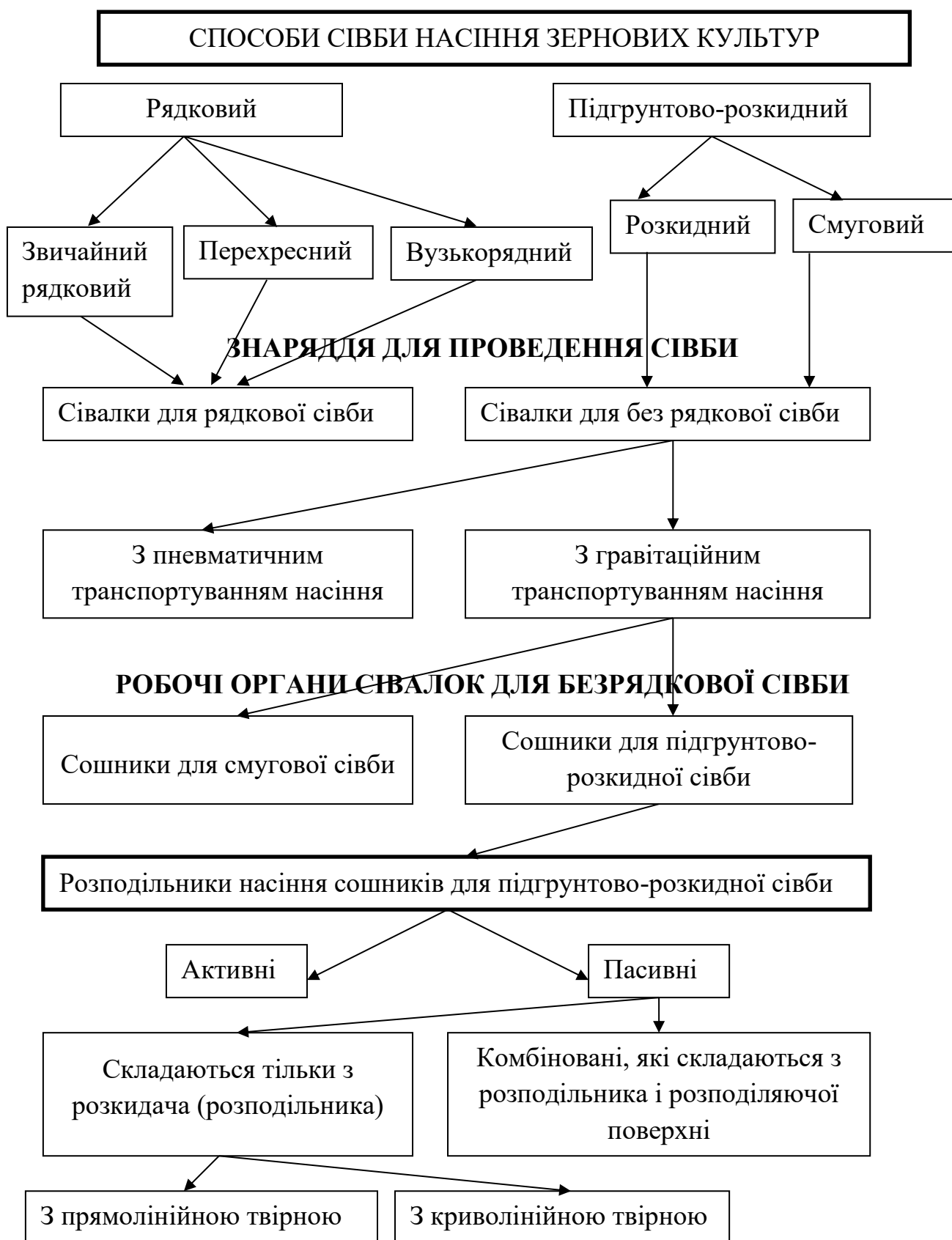


Рисунок 1.1 – Класифікація способів сівби зернових колосових культур і засобів їх реалізації

Однак при цьому способі сівби потрібні дворазові проходи агрегату по полю, відповідно збільшуються витрати паливо-мастильних матеріалів, затрати праці, а збільшення терміну проведення сівби (особливо в районах недостатнього зволоження) може призвести до зменшення врожаю. При цьому способі сівби рослинами зайнято близько 50% площі поля.

Більш досконалим є вузькорядний спосіб сівби, при якому її проводять з міжряддям 7,5 см. Площа живлення рослин має форму прямокутника зі сторонами 7,5x1,3 см, рослини займають 70% площі поля [12, 13]. Ефект від вузькорядної сівби збільшується при підвищенні родючості і вологості ґрунту на поліпшення агротехніки. Позитивна якість вузькорядної сівби виявляється більш помітною при збільшенні норми висіву на 10...15 %. Вузькорядна сівба дозволяє краще використовувати міжряддя. Зменшуючи їхню ширину вдвічі, веде до меншого випаровування вологи, завдяки затіненню міжрядь культурними рослинами. Зменшується забур'яненість полів [14]. Однак сівалки для вузькорядної сівби мають незадовільні агротехнічні показники, значно знижується прохідність робочих органів навіть на добре оброблених фонах. На ґрунтах неякісно оброблених ці сівалки непрацездатні [14].

Впровадження в районах недостатнього зволоження ґрунтозахисної системи землеробства на основі зернових сівалок, дозволило розробити підґрунтового-розкидний спосіб сівби зернових колосових культур. В якості робочих органів таких сівалок використовуються сошники на основі культиваторної лапи, які одночасно виконують функції робочих органів для передпосівного обробітку ґрунту (розпушування і підрізання бур'янів) і робочих органів для сівби (розподіл насіння і їхнє закладення в ґрунт). Поєднання передпосівного обробітку ґрунту і сівби, дозволяє зменшити терміни проведення робіт, знизити втрати ґрунтової вологи на випаровування, що позначається на підвищенні врожайності сільськогосподарських культур [15, 16, 17].

Підґрунтового-розкидний спосіб сівби можна розділити на смугову і розкидну сівбу. При смуговій сівбі насіння розподіляється смугами різної

ширини. Насіння в смузі, як і при звичайній рядковій сівбі, розподіляється хаотично. Недоліками такого способу є нерівномірний розподіл насіння за шириною захвату сошника, частина площі поля залишається незасіяною [18]. Останнім часом підґрунтового-розкидного смуговий спосіб сівби зернових культур замінюється розкидним способом.

Відмінність підґрунтового-розкидного способу сівби в тім, що насіння укладаються в ґрунт не рядами, а за всією шириною посівного агрегату без незасіяних проміжків між ними. Насіння розподіляється по полю більш рівномірно, чим при рядковій сівбі. За даними досліджень [19, 20], врожайність зернових культур при розкидному способі сівби підвищується в середньому на 10...15% у порівнянні з вузькорядним і рядковим способами. Більш висока польова схожість насіння, менша загибель рослин під час вегетаційного періоду, зменшення конкуренції між рослинами в порівнянні з рядковим способом, призводить до того, що загальний розвиток рослин, при розкидному способі сівби, виявляється значно кращим, коренева система більш розвинена, що сприяє збільшенню врожайності: збільшується товщина і зменшується висота стебла, кількість зерен у колосі, маса 1000 насінин, абсолютна вага зерна. Забур'яненість поля значно знижується в порівнянні з рядковим і вузькорядним способом сівби. Поліпшення конфігурації площі живлення при розкидній сівбі збільшує ступінь використання площі поля. Тобто забезпечує можливість розміщення на одиниці площі поля більшої кількості продуктивних рослин, а, отже, і одержання більшого врожаю [21, 22].

1.2. Огляд конструкцій сошників для підґрунтового-розкидного способу сівби

Зона Лісостепу України знаходиться в ризикованих для землеробства ґрунтового-кліматичних умовах [23]. Тому при здійсненні сівби необхідно створити насінню умови для найбільш повного використання ґрунтової вологи. Досягти таких умов дозволяє застосування ресурсозберігаючих технологій на основі комбінованих агрегатів підґрунтового-розкидного посіву, що дозволяє найбільше рівномірно розподілити рослини по площі живлення [1, 17]. Актуальною проблемою є розробка і удосконалення конструкцій сошників для підґрунтового-розкидної сівби [24].

Омським сільськогосподарським інститутом [25] розроблений сошник (рисунок 1.2) який складається зі стрілчастої лапи 1, закріпленої на стійці насіннепроводу 2. У зоні вихідного каналу насіннепроводу 2 до поперечної пластини прикріплений двосхилий лоток 3, що складається з бічних граней. При цьому поперечна пластина прикріплена до підлапника 4. Для збільшення перетину вихідного каналу насіннепроводу з метою запобігання його забивання бічні грані в задній частині лотка 3 виконані під кутом 45° відносно його верхнього ребра 5 і на половині їхньої довжини надрізані на 0,5 ширини ребра, а кінці 6 і 7 надрізів, що утворилися, відігнуті в протилежні сторони. До поперечної пластини 3 жорстко прикріплені відігнуті пластинчасті пружини 10. Вихідний канал насіннепроводу 2 прикритий козирком 11, для запобігання забивання його ґрунтом. Застосування сошника дозволяє підвищити рівномірність розподілу насіння по площі поля і запобігти забивання вихідного каналу насіннепроводу. Недоліком даного сошника є недостатня дальність і рівномірність розподілу насіння за шириною смуги, що засівається.

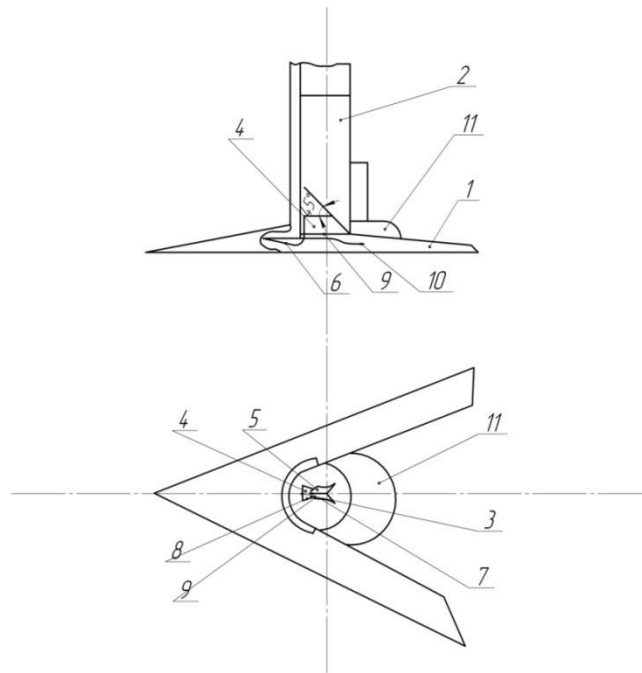


Рисунок 1.2 – Сошник конструкції Омського СХІ: 1 – стрільчаста лапа; 2 – насіннепровід; 3 – пластина; 4 – двосхилий розподільник; 5 – бокові грані; 6 – підлапник; 7 – ребро; 8 і 9 – кінці; 10 – пружина; 11 – козирок

Казанський сільськогосподарський інститут пропонує комбінований сошник для сівби зернових культур [26]. Сошник (рисунок 1.3) дозволяє виконувати сівбу стрічкою шириною 225 мм. При використанні експериментальної сівалки врожайність озимої пшениці виявилася на 25% вище, ніж при використанні серійної сівалки СЗ-3,6 за рахунок більш рівномірного розподілу рослин по площі живлення. Недоліком даного сошника є шнековий розподільник, який концентрує насіння в одному місці, і, як наслідок, підвищується нерівномірність розподілу насіння, а також ускладнюється конструкція сошника і складність виготовлення.

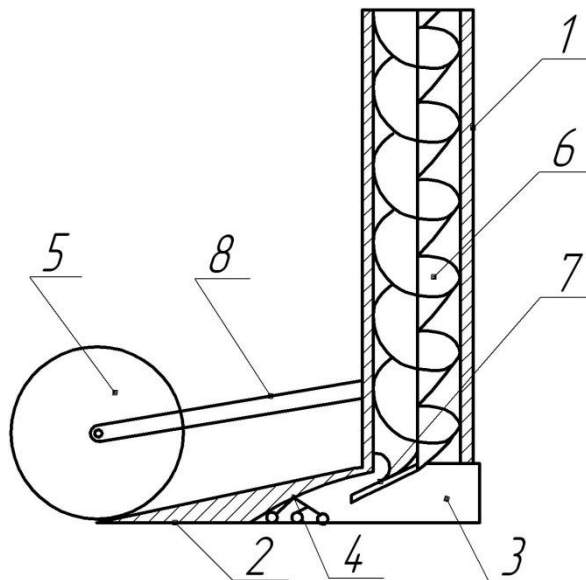


Рисунок 1.3 – Сошник конструкції Казанського СХІ: 1 – стійка; 2 – лапа; 3 – насіннева камера; 4 – сферична поверхня; 5 – дисковий ніж; 6 – формувач потоку насіння; 7 – віяловий розподільник; 8 - кронштейн

Сошник для розкидної сівби Азербайджанського НДІ механізації і електрифікації (рисунок 1.4) складається зі стійки 1, до якої двома болтами 2 і гайками 3 кріпиться підрізна лапа 4. За допомогою болтів 2 до стійки кріпиться розподільник 5, який являє собою пластину з нахилом в задню сторону, на поверхні якого розміщений півконус 6, за яким закріплені в радіальному напрямку вертикальні пластини під кутом 45° між собою. Розподільник зверху закритий кришкою 7 з отвором для насіннєпроводу 9 з кільцем 10. Насіннєпровід виготовлений з пустотілої труби і кріпиться до стійки за допомогою двох болтів 10.

Недоліком даного сошника для розкидної сівби є нерівномірний розподіл насіння за шириною захвату сошника, за рахунок нерівномірної подачі насіннєвого матеріалу по криволінійному насіннєпроводу та розподільника у вигляді прямолінійної призми.

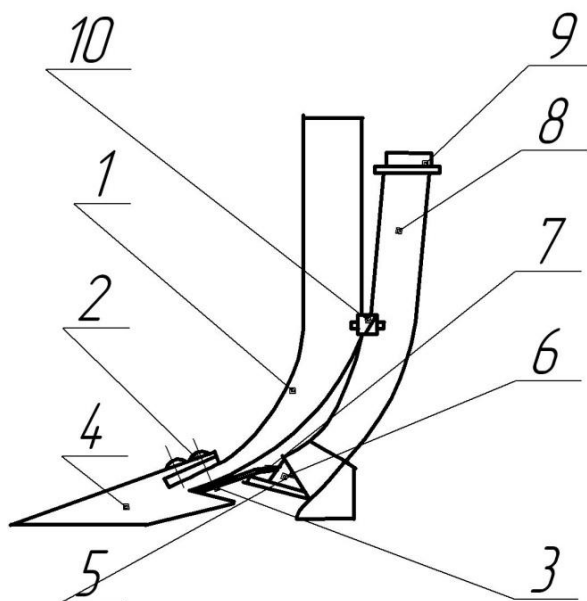


Рисунок 1.4 – Сошник конструкції Азербайджанського НДІ механізації і електрифікації: 1 – стійка; 2 – болт; 3 – гайка; 4 – підрізна лапа; 5 – розподільник; 6 – конусний розсіювач; 7 – кришка; 8 – насіннепровід; 9 – кільце; 10 – кріпильні болти

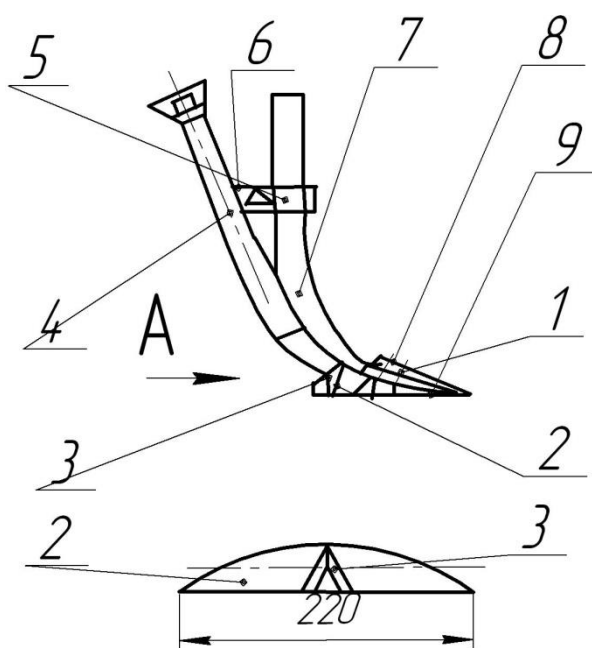


Рисунок 1.5 – Сошник конструкції Тамбовського ВНДІТІНа: 1 – пластина-подовжувач; 2 – відбивач; 3 – розподільник; 4 – насіннепровід; 5 – хомут; 6 – кронштейн; 7 – стійка; 8 – лапа; 9 – пластина

Сошник конструкції Тамбовського ВНДІТІНа (рисунок 1.5) складається із насіннепроводу 4, виконаного зі сталевих труби, в нижній частині якого розміщена лапа 8 з розподільником насіння 3 у вигляді прямокутної призми. Стійка 7 до якої кріпиться лапа 8 за допомогою двох болтів. Насіннепровід 4 приєднується до стійки 7 з допомогою хомута 5 і кронштейна 6. Недоліком даного сошника є недостатня рівномірність розподілу насіння за шириною захвату, через застосування розподільника з прямокутною твірною, та використання в конструкції як стійки кріплення, так і насіннепроводу, що підвищує металоємкість сошника.

Сошник конструкції НВО для сівби зернобобових і круп'яних культур, (рисунок 1.6), являє собою стійку 1, виконану зі сталевих труби, у нижній частині якої розміщена серійна лапа 3 і розподільник насіння 2. Розсіювач розташований так, що його робочі поверхні перекривають 2/3 внутрішнього перетину стійки. Інша частина залишається відкритою для вільного падіння насіння у ґрунт, забезпечуючи максимальне розкидання і рівномірний розподіл по всій ширині смуги, що засівається. При посіві таким сошником рослини рівномірно розподіляються на 45...50% площі поля, польова схожість збільшується на 4...8%, що обумовлює підвищення врожайності. При цьому за рахунок поєднання операцій передпосівного обробітку ґрунту і сівби заощаджується 2,3...2,5 кг палива на обробітку одного гектара [27]. Недоліком даного сошника є недостатня дальність і рівномірність розподілу насіння по ширині захвату сошника, і збільшення розмірів підсошникового простору, що призводить до підвищення опору сівалки.

Пензенська державна сільськогосподарська академія пропонує сошник для підґрунтового-розкидного сівби сільськогосподарських культур [28], що складається з плоскоріжучої лапи 1 (рисунок 1.7), стійки 2, насіннепроводу 3, розподільника насіння 4, розташованого в підлаповому просторі, прикочуючого котка 6 і його механізму 7 регулювання глибини ходу.

Розподільник насіння 4 виконаний у виді розведених у протилежні сторони в поперечно - горизонтальній площині двох симетричних по лінії

вигину крил, причому крила розподільника виконані у виді паралелограмів, вигнутих по параболі. Підставка розподільника насіння розташована у вертикальній площині, симетрично і перпендикулярно осі напрямку руху сошника, нижня і верхня поверхні розподільника насіння - горизонтальні, а симетрично лінії вигину, у нижній частині розподільника насіння, зроблений зріз під кутом $\alpha = 75...70^\circ$ до нижньої підставки розподільника насіння. Кут, на який встановлені крила у верхній частині розподільника насіння, дорівнює куту встановлення крил у нижній частині розподільника. На виході із насіннєпроводу 3, у горизонтальній площині, встановлений відбивач 5, що забезпечує упорядкований, постійної ширини і товщини потік насіння, спрямований на розподільник насіння 4. Застосування таких сошників дозволяє одержати збільшення врожаю на 15% у порівнянні із сівалкою СЗ-3,6. Недоліком даного сошника є недостатня дальність розподілу насіння по ширині смуги, що засівається, і збільшена висота сошника.

Оренбурзьким СГІ запропонована конструкція сошника стерньової сівалки для широкополосового посіву [29]. Сошник складається зі стійки 1 (рисунок 1.8) із насіннєнаправляючої лійки, до нижнього кінця якої за допомогою металевого клина закріплена стрілчаста лапа 3, під якою розташований розподільник насіння 2, виконаний у виді розведених у протилежні сторони в поперечно-вертикальній площині двох симетричних по лінії вигину крил у виді прямокутних трапецій, вигнутих по параболі, причому кут на який розведені крила в передній частині розподільника, більше кута розводу крил у його задньої частини, а задня кромка розподільника розташована у вертикальній площині. При роботі насіннєвий матеріал по насіннєпроводу потрапляє в насіннєву лійку, де потік розділяється вершиною розподільника на три рівних потоки, два з яких направляються під крила лапи на повну ширину захвату сошника, а ще один - вперед, під лапу на дно борозни. Запропонований сошник дозволяє підвищити рівномірність розподілу насіння по ширині захвату і стійкість його роботи за рахунок виключення забивання розподільника. Недоліком даного сошника є

недостатня дальність розподілу насіння по ширині смуги, що засівається, і значні розміри борозни, що утворюється стійкою сошника.

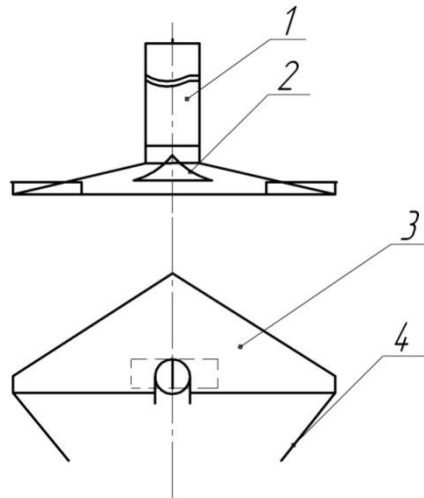


Рисунок 1.6 – Сошник конструкції НВО для сівби зернобобових і круп'яних культур: 1 – стійка; 2 – розсіювач насіння; 3 – серійна лапа; 4 – загортач насіння

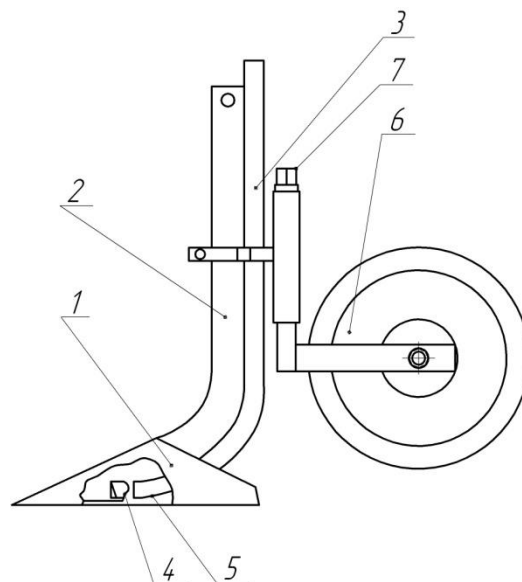


Рисунок 1.7 – Схема сошника Пензенського СГІ для підґрунтового розкидної сівби сільськогосподарських культур: 1 – лапа плоскоріжуча; 2 – стійка; 3 – насіннепровід; 4 – розподільник насіння; 5 – відбивач; 6 – каток; 7 – механізм регулювання

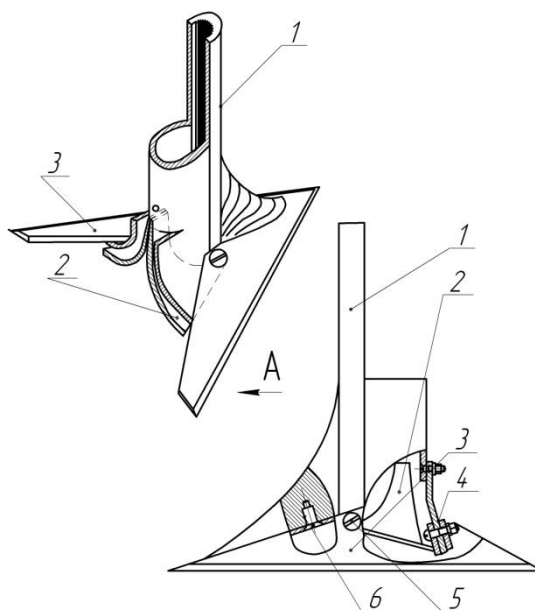


Рисунок 1.8 – Сошник конструкції Оренбурзького СГІ: 1 – стійка; 2 – розподільник насіння; 3 – стрілочаста лапа; 4 – еластична стінка; 5, 6 – гвинти кріплення

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СОШНИКОМ ДЛЯ ПІДГРУНТОВО-РОЗКИДНОЇ СІВБИ

Технологічний процес сівби зернових культур сошником для підгрунтового-розкидної сівби відбувається в такий спосіб. Насіння, яке подається котушковим висівним апаратом, проходить через насіннєпровід, і потрапляє на розподільник або розкидач насіння. Після контакту з розподільником або розкидачем насіння рівномірно розподіляється по ширині захвату сошника і присипається ґрунтом, що сходить із поверхні наральника сошника.

Рух насіння по насіннєпроводах досить повно викладено в літературі. У роботах Василенка П.М., Шевченка І.А., Гевко Б.М., Кірова А.А., Манчева А.В., Радугіна Н.П., Сисоліна П.В., і ін. розрахунок значення швидкості руху насіння на прямолінійних і криволінійних ділянках насіннєпроводу і на виході із насіннєпроводу.

Для рівномірного розподілу рослин за шириною захвату сошника необхідно, щоб потік насіння, що потрапляє на розподільник, по-перше, був рівномірним по перерізу насіннєпроводу, по-друге, подавався на вершину розподільника. Ці дві умови є необхідними, тому що невиконання цих умов (навіть досить незначне) приводить до істотної нерівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника [30].

Однією з причин, що викликає зміну траєкторію руху зернового потоку всередині насіннєпроводу, є зміна його положення в просторі, виражена у відхиленні насіннєпроводу від вертикального положення, при поступальному русі сівалки. Це призводить до того, що падаючий всередині нього потік насіння зміщується до стінок насіннєпроводу і не потрапляє на вершину розподільника. У результаті цього насіння розподіляється по ширині захвату сошника нерівномірно.

Усунути перераховані недоліки можна шляхом встановлення в розподільниках насіннєнаправляча, який подає насіння спрямованим потоком на розподільник і усуває небажані ефекти зсуву насіння до стінок насіннєпроводу. Обґрунтування основних параметрів циліндричного направляча приведено в роботі [31]. Для зернових культур при нормі висіву 200...220 кг/га рекомендований діаметр направляча дорівнює ($d = 0,02$ м). Аналогічна конструкція застосовується на сошниках агрегату АУП-18.05, де роль направляча грає спеціальна лійка.

З направляча насіння спрямованим рівномірним потоком надходить на розподільник сошника.

2.1. Теоретичні передумови руху насіння по розподільнику сошника

Одним зі шляхів забезпечення рівномірного розподілу насіння по площі живлення є вибір і обґрунтування раціональної конструкції розподільника насіння і визначення оптимальних параметрів його установки в безпосередньому взаємозв'язку з параметрами сошника і на основі обліку всього комплексу факторів, що впливають на якість розподілу насіння. Основним недоліком існуючих розподільників насіння є недостатня дальність розсіву насіння по ширині захвату сошника. Для забезпечення необхідної дальності розподілу насіння пропонується використовувати розподільник з криволінійною твірною і поверхнею, яка встановлена під кутом до горизонту розрахункова схема якого представлена на рисунку 2.1.

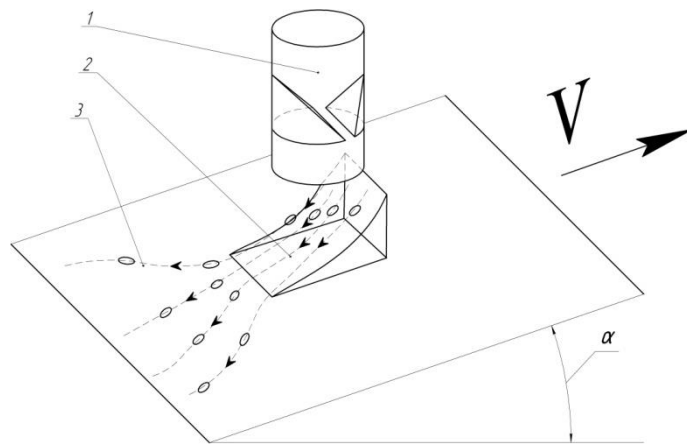
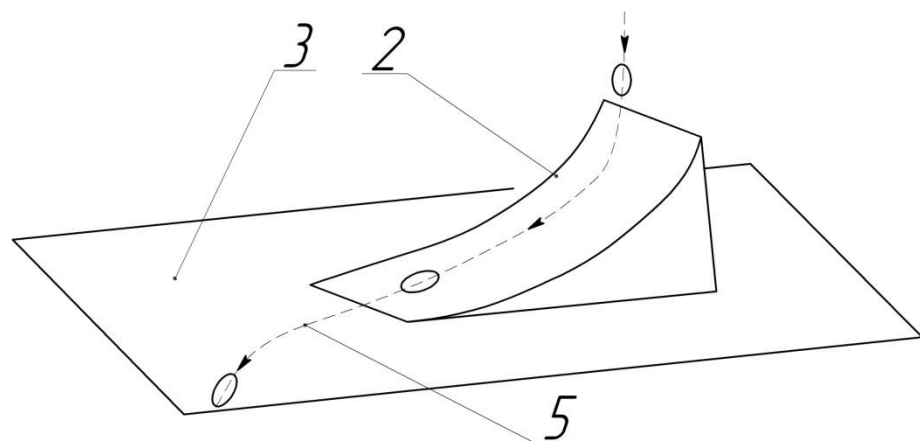


Рисунок 2.1 – Розрахункова схема технологічного процесу розподілу насіння: 1 – направляч; 2 – розподільник; 3 – похила ділянка

Для забезпечення більш рівномірного розподілу насіння у середині смуги, розподільник зміщений відносно осі направляча вперед, по ходу руху сошника, на величину ексцентриситету. Насіння, яке потрапило відразу з направляча в середину похилої ділянки за рахунок відбивання від неї і верхнього ґрунтозахисного щитка 4 (рисунок 2.2), хаотично розподіляється в середині смуги, яка засівається сошником .



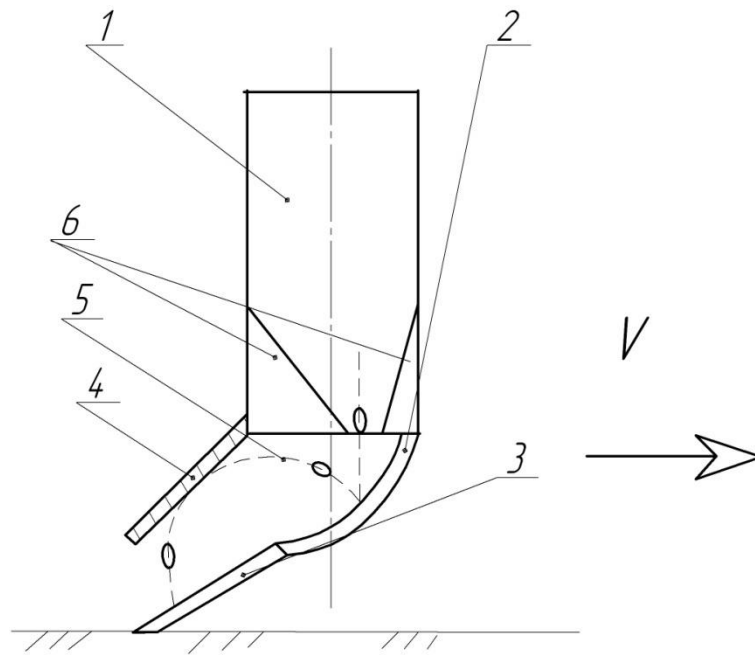


Рисунок 2.2 – Схема взаємодії насіння з комбінованим розподільником:
 1 – насіннєпровід; 2 – розподільник; 3 – похила ділянка; 4 – верхній ґрунтозахисний щиток; 5 – траєкторії руху насіння; 6 – напрямляч

При аналітичному описі процесу руху насіння були зроблені наступні припущення: оскільки в насіннєпроводі і далі в напрямлячі насіння орієнтуються приблизно в одному напрямку і при контакті з поверхнями комбінованого розподільника велика частина насіння поводить себе однаково, насінини розглядаються як матеріальні точки. При надходженні насіння на криволінійну поверхню розподільника частина з них у результаті відскоку рухається по траєкторіях відбивання, інша частина ковзає по поверхні розподільника. Найбільшою швидкістю руху і відповідно великим запасом кінетичної енергії необхідної для розподілу на велику відстань, мають насінини, що рухаються з ковзанням, без відбивання від поверхні розподільника. Тому при теоретичному описі руху насіння по поверхні комбінованого розподільника прийнятий до розгляду процес руху таких насінин.

2.2. Обґрунтування форми розподільника насіння і розрахунок швидкості надходження насіння на його похилу ділянку

Дослідженнями [21, 32] доведена перевага розподільників із криволінійними твірними на робочій поверхні яких насіння плавно змінює напрямок руху і з мінімальними втратами кінетичної енергії надходить у підсошниковий простір і укладається на дно борозни.

Для того щоб швидкість насіння досягла максимальних значень у точці сходу з кривої, вона повинна задовольняти умовам найшвидшого переміщення часток за деякий проміжок часу. Такою кривою по визначенню є брахистохрона [33].

Теоретичним і експериментальним дослідженням руху насіння по криволінійній твірній присвячена робота Василенка П.М. Малева М.К., [34]. Малев М.К. розглядає брахистохрону як сукупність прямолінійної ділянки і кола постійного радіуса r , а рух насіння по криволінійній твірній як рух насіння по такому колу.

Отримана ним формула швидкості сходу (2.1) із криволінійної ділянки твірної V із припустимою точністю може бути прийнята для розрахунку траєкторії і швидкості руху насіння після сходу з криволінійної ділянки розподільника:

$$V = \sqrt{e^{-\pi \cdot f} \left(V_0 \cdot \cos^2 \gamma_0 - \frac{6 \cdot g \cdot r \cdot f}{1 + 4 \cdot f} \right) + 2 \cdot g \cdot r \cdot \frac{1 - 2 \cdot f^2}{1 + 4 \cdot f^2}} ; \quad (2.1)$$

де, f – коефіцієнт тертя зерна по сталі;

V_0 – швидкість надходження насіння на криволінійну ділянку розподільника, м/с;

γ_0 – кут між вертикальною віссю і початковим напрямком швидкості V_0 ;

g – прискорення вільного падіння, м/с².

Однак, у дійсності радіус кривизни брахистохрони змінюється по визначеному закону. Відмінність дійсного радіуса брахистохрони від радіуса кола веде до того, що і дійсна швидкість руху з криволінійної твірної буде відрізнятися від розрахункової. Тому що від швидкості руху насіння, після сходу з криволінійної ділянки розподільника, буде залежати запас кінетичної енергії, що обумовлює дальність розподілу насіння у підсошниковому просторі, то розгляд даного питання є важливим і необхідним етапом теоретичного дослідження.

Розглянемо рух одиничної насінини по брахистохроні, яка є твірною розподільника (рисунок 2.3).

Частка насіннєвого матеріалу надходить на криволінійну поверхню з початковою швидкістю V_0 . При русі по криволінійній поверхні на насіння діють: вага, сила тертя, відцентрова сила і сила нормального тиску.

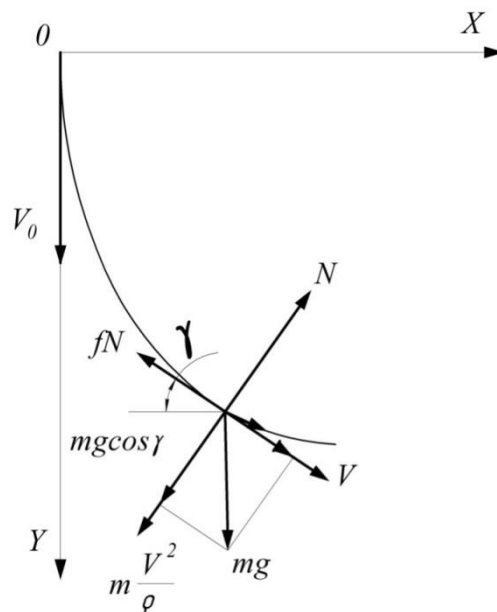


Рисунок 2.3 – Розрахункова схема сил, що діють на зернину при русі по брахистохроні

Проектуючи сили на нормаль і дотичну, запишемо систему диференціальних рівнянь:

$$\begin{cases} m \cdot \frac{dV}{dt} = m \cdot g \cdot \sin \gamma - f \cdot N; \\ N = m \cdot \frac{V^2}{\rho(\varphi)} + m \cdot g \cdot \cos \gamma. \end{cases} \quad (2.2)$$

де, m – маса насіння, кг;

V – швидкість насіння, м/с;

N – сила нормального тиску, Н;

γ – кут нахилу дотичної до горизонту, радіан;

t – час руху, с;

f – коефіцієнт тертя зерна по сталі;

$\rho(\varphi)$ – радіус кривизни брахистохрони, у залежності від кута повороту твірного кола (φ), м.

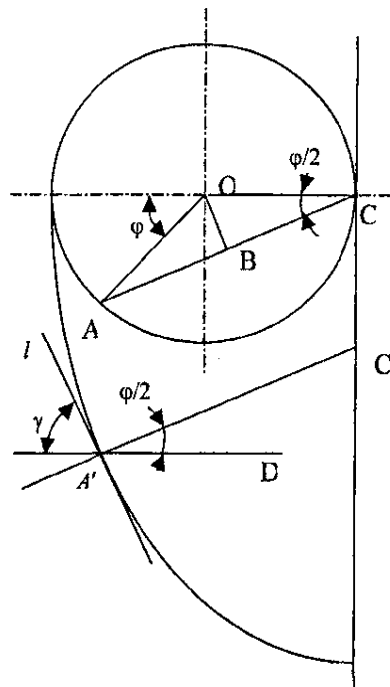


Рисунок 2.4 – Розрахункова схема для визначення радіуса кривизни брахистохрони

Відомо, що брахистохрона утворена колом, що котиться по прямій без ковзання. Отже, для будь-якої точки, радіус кривизни брахистохрони дорівнює хорді кола АС (рисунок 2.4). Причому один кінець хорди буде належати прямій, по якій котиться коло.

З'єднаємо точки А і С з центром кола О. З трикутника АОС одержимо:

$$\sphericalangle OCA = \frac{\varphi}{2} ; \quad (2.3)$$

де, φ – кут, на який повернеться коло при перекочуванні за час t .

З прямокутного трикутника ОВС визначимо:

$$BC = OC \cdot \cos \frac{\varphi}{2} = \frac{d}{2} \cdot \cos \frac{\varphi}{2} , \quad (2.4)$$

де, d – діаметр твірного кола брахистохрони, м.

Отже, шуканий радіус кривизни брахистохрони АС:

$$\rho(\varphi) = d \cdot \cos \frac{\varphi}{2} . \quad (2.5)$$

Перенесемо АС паралельно самій собі до перетину з брахистохроною (А'С) і через точку перетину А проведемо лінію горизонту А'С і дотичну 1, тоді:

$$\gamma = \frac{\pi}{2} - \frac{\varphi}{2} . \quad (2.6)$$

Врахуємо, що за час t коло повернеться на кут φ , тобто:

$$dt = \frac{d\varphi}{V} \rho(\varphi) = \frac{d\varphi}{V} \cdot d \cdot \cos \frac{\varphi}{2} .$$

Підставимо значення (2.4), (2.5) і (2.6) у систему рівнянь (2.2), і після перетворень одержимо:

$$V \cdot \frac{dV}{d\varphi} + f \cdot V^2 = g \cdot d \cdot \cos^2 \frac{\varphi}{2} - g \cdot d \cdot \frac{\sin \varphi}{2}. \quad (2.7)$$

Отримане диференціальне рівняння є рівнянням Бернуллі [83].

Загальне рішення рівняння:

$$V^2 = g \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\varphi}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi - \cos \varphi}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi - \cos \varphi}{4 \cdot f^2 + 1} \right] + e^{-2 \cdot f \varphi} \cdot C, \quad (2.8)$$

де C – постійна інтегрування.

Постійну інтегрування визначимо з початкових умов: при куті повороту твірного кола брахистохрони, що відповідає точці потрапляння насіння на криволінійну твірну розподільника $\varphi_0 = \pi$;

$$\varphi = \varphi_0 - \varphi_1, \quad V = V_0.$$

$$C = e^{2 \cdot f \cdot \varphi_1} \cdot \left(V_0^2 - g \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] \right), \quad (2.9)$$

З урахуванням того, що $\varphi_0 = \pi$, можна записати:

$$\varphi = \pi - \varphi_1; \quad (2.10)$$

Підставивши значення постійної інтегрування C (вираз 2.9) і значення кута φ (вираз 2.10) у рівняння (2.8), провівши відповідні перетворення, одержимо формулу для визначення швидкості сходу насіння з криволінійної твірної розподільника:

$$V_{cx} = \sqrt{g \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] + e^{2 \cdot f \cdot (2 \cdot \varphi_1 - \pi)} \left(V_0^2 - g \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] \right)}, \quad (2.11)$$

При установці розподільника під кутом до горизонту, вираз (2.11) запишеться в такому вигляді:

$$V_{cx} = \sqrt{g \cdot \cos \alpha \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 + \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] + e^{2 \cdot f \cdot (2 \cdot \varphi_1 - \pi)} \left(V_0^2 - g \cdot \cos \alpha \cdot d \cdot \left[\frac{\cos^2 \frac{\pi - \varphi_1}{2}}{f} + \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{2 \cdot f \cdot (4 \cdot f^2 + 1)} - \frac{2 \cdot f \cdot \sin \varphi_1 - \cos \varphi_1}{4 \cdot f^2 + 1} \right] \right)}. \quad (2.12)$$

Кут φ_1 визначиться по наступній формулі:

$$\varphi_1 = \arccos \left(1 - \frac{2 \cdot a}{d} \right), \quad (2.13)$$

де, a – відстань від осі розподільника до точки потрапляння насіння, м;

d – діаметр твірного кола брахистохрони, м.

Для аналізу залежності швидкості сходу від коефіцієнта тертя підставимо в залежність (2.12) значення $f = 0,2...0,5$, при постійному значенні a і проведемо розрахунки. З отриманої залежності $V(f)$ (рисунок 2.6) видно, що коефіцієнт тертя в незначній мірі (у межах зміни коефіцієнта тертя $f = (0,2...0,5)$, зміна швидкості складає $5,5...5,9\%$) впливає на швидкість сходу.

Основним фактором, що впливає на швидкість сходу, є діаметр твірного кола брахистохрони. Оптимальний діаметр кола i , відповідно, геометричний розмір самого розподільника визначиться з погляду достатньої швидкості сходу з криволінійної ділянки твірної розподільника.

Для аналізу залежності швидкості руху від координати влучення насіння на криволінійну поверхню підставимо в залежність (2.13) значення $a = 0...0,02$ і проведемо розрахунки по залежності (2.12).

За результатами розрахунків побудуємо графічну залежність швидкості руху від координати потрапляння насіння на криволінійну поверхню розподільника $V(a)$ (рисунок 2.7).

Найбільша швидкість сходу буде в тих насінин, що потрапляють на розподільник у крайній точці (Е) проекції направляча насіння (рисунок 2.5), через те, що ці насінини будуть проходити меншу відстань по криволінійній поверхні і відповідно втрати кінетичної енергії на роботу сил тертя будуть менші. У цьому випадку кут φ_1 визначитися по наступній залежності:

$$\varphi_1 = \arccos\left(1 - \frac{d_n}{d}\right); \quad (2.14)$$

де, d_n – внутрішній діаметр направляча, м;

d – діаметр твірного кола брахистохрони, м.

Таким чином, використовуючи отримані залежності (2.12, 2.13, 2.14) можна визначити швидкість руху насіння із криволінійної твірної в залежності від конструктивних параметрів (діаметра твірного кола, діаметра перетину вихідного направляча або насіннєпроводу) розподільника і координати

потрапляння насіння на криволінійну поверхню розподільника. Для підвищення дальності розподілу насіння по ширині захвату сошника, розподільник повинний використовуватися з похилою площиною, що є його основою.

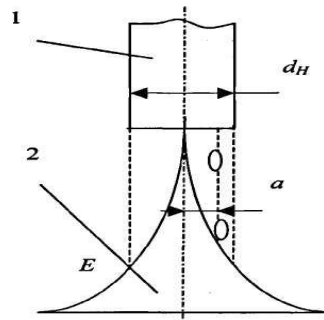


Рисунок 2.5 – Схема надходження насіння на розподільник:

1 – напрямляч, 2 – розподільник

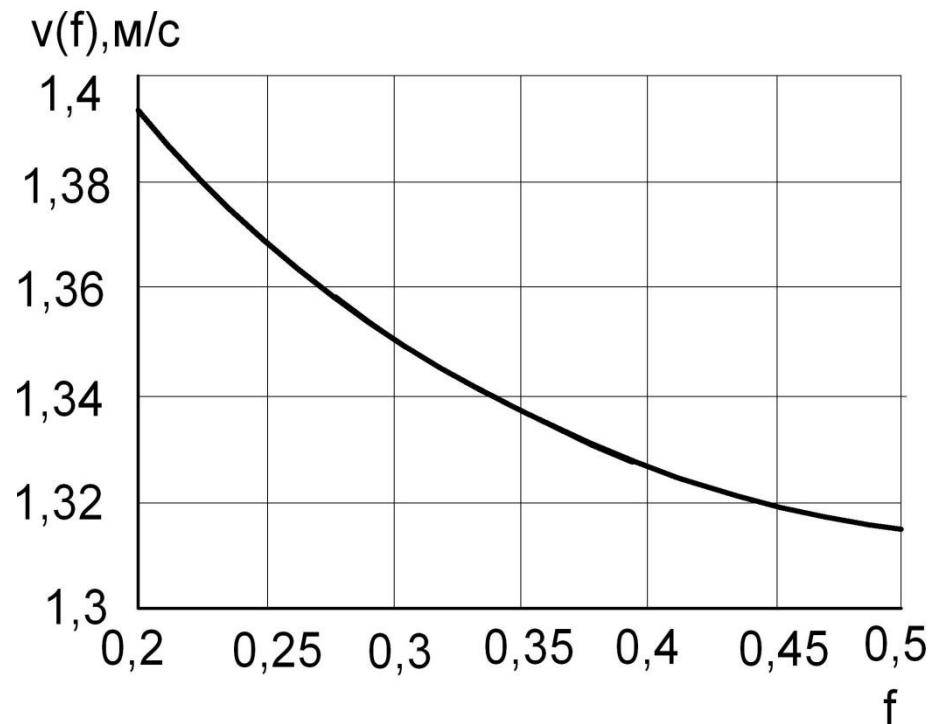


Рисунок 2.6 – Влив коефіцієнта тертя на швидкість сходу насіння з криволінійної поверхні розподільника

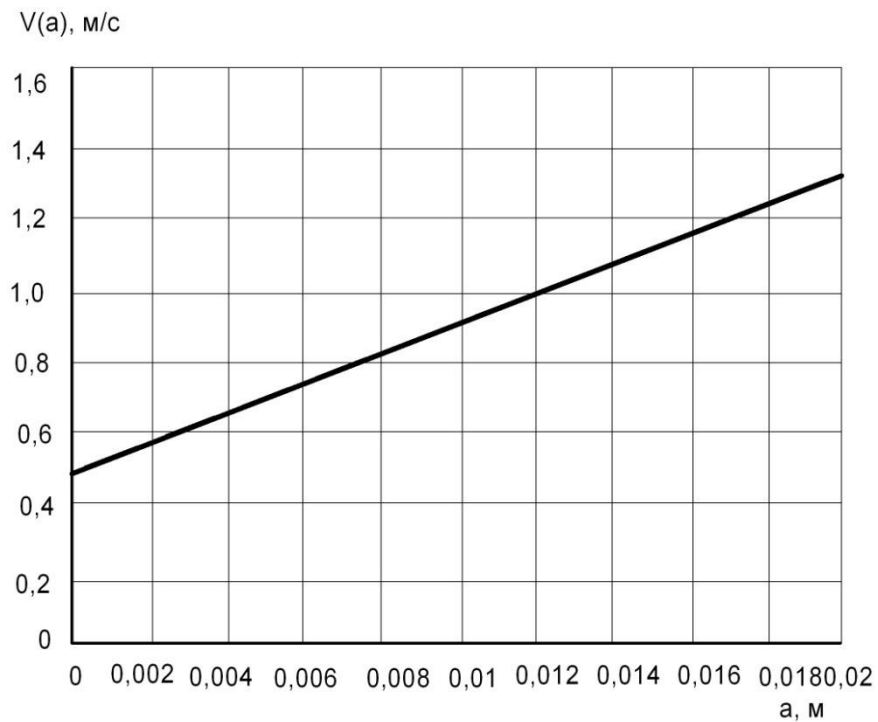


Рисунок 2.7 – Залежність швидкості руху насіння від координати потрапляння на криволінійну поверхню розподільника

Висновки

Проведені теоретичні дослідження процесу розподілу насіння комбінованим розподільником дозволяють зробити наступні висновки:

1. Одним зі шляхів збільшення дальності польоту насіння за шириною захвату сошника є застосування розподільника, що представляє собою комбінацію розподільника з криволінійною твірною у вигляді брахистохрони, і похилу поверхню, яка встановлена під кутом $\alpha = 22,5^\circ$ до горизонту, і є основою розподільника.

2. Теоретичними дослідженнями встановлені наступні аналітичні залежності:

- що описують рух насінини по поверхні комбінованого розподільника;

- залежність величини швидкості сходу з криволінійної поверхні розподільника від діаметру твірного кола брахистохрони і координати потрапляння насіння на поверхню розподільника;
- залежність дальності розподілу насіння по ширині смуги, що засівається, від параметрів похилої ділянки;
- рівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника від ексцентриситету встановлення розподільника.

3. Розроблені математичні моделі руху насіння по поверхні комбінованого розподільника, в залежності від швидкості сходу насіння по криволінійній твірній розподільника, яка залежить від діаметра твірного кола і координати потрапляння насіння на поверхню розподільника; виведена система рівнянь (у параметричному виді), що описує рівномірність розподілу насіння від параметрів похилої ділянки комбінованого розподільника; одержанні аналітичні залежності рівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника від ексцентриситету установки розподільника.

РОЗДІЛ 3

МЕТОДИКА ТА РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Методика лабораторних досліджень

В основу лабораторних досліджень були прийняті основні положення ГОСТ - 12036-85, ГОСТ 12041-82, а також методики викладені в ряді робіт [24, 25].

Аналіз процесу розподілу насіння по площі поля проводився з використанням методів теорії імовірності і випадкових функцій [36].

При обробці експериментальних даних застосовувався метод варіаційної статистики з використанням пакетів програм для ЕОМ –Microsoft Excel, MathCAD [36, 37].

Відповідно до розробленої програми в лабораторних умовах передбачалося виконати наступні експериментальні дослідження:

- дослідження з визначення швидкості руху насіння із криволінійної поверхні розподільника;
- дослідження для визначення оптимальних параметрів похилої ділянки розподільника насіння;
- дослідження залежності рівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника від основних параметрів розподіляючого пристрою і обґрунтування оптимальних параметрів комбінованого розподільника насіння сошника для підґрунтового-розкидного способу посіву зернових культур з використанням методики багатofакторного планування експерименту.

3.1.1. Опис лабораторної установки для дослідження сошника з експериментальним комбінованим розподільником насіння. Для дослідження факторів, що впливають на дальність і рівномірність розподілу насіння по ширині захвату сошника, застосовувалася лабораторна установка (рисунок

3.1), розроблена і виготовлена автором. Дослідження проводилися в трикратній повторності з використанням насіння пшениці, як найбільш розповсюдженої зернової культури.

Лабораторна установка складається з рами 1, на якій змонтована насіннепровідна система сівалки СТН-16: бункер 2, катушковий висівний апарат 3, насіннепровід 4. До рами кріпиться нескінченна стрічка 6, натягнута на барабанах 7. Натяг стрічки здійснюється натяжним пристроєм 8. Над стрічкою закріплений сошник 5 з експериментальним комбінованим розподільником насіння. Привід стрічки і вала висіваючого апарата здійснюється від електродвигуна 10 через понижуючий редуктор 9 за допомогою ланцюгової передачі зі змінними зірочками 11. Конструкція приводу стрічки і висівного апарата дозволяє варіювати швидкістю руху і нормою висіву.

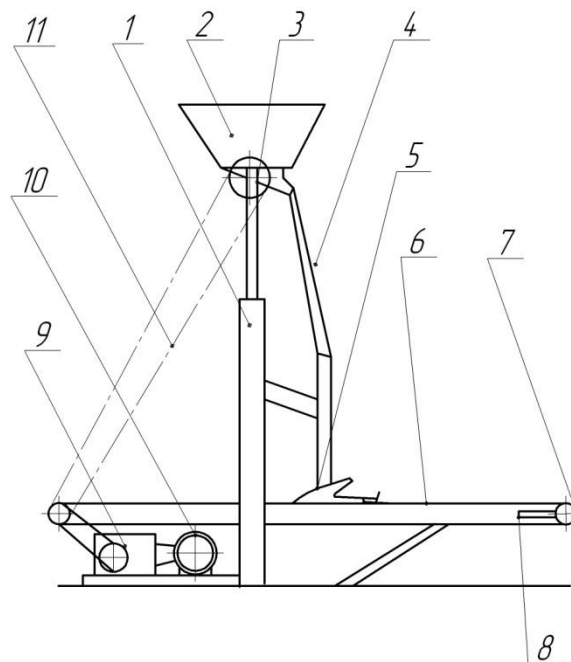


Рисунок 3.1 – Схема лабораторної установки: 1 – рама; 2 – бункер; 3 – висіваючий апарат; 4 – насіннепровід; 5 – сошник; 6 – нескінченна стрічка; 7 – барабан; 8 – натяжний пристрій; 9 – понижуючий редуктор; 10 – електродвигун; 11 – ланцюгова передача

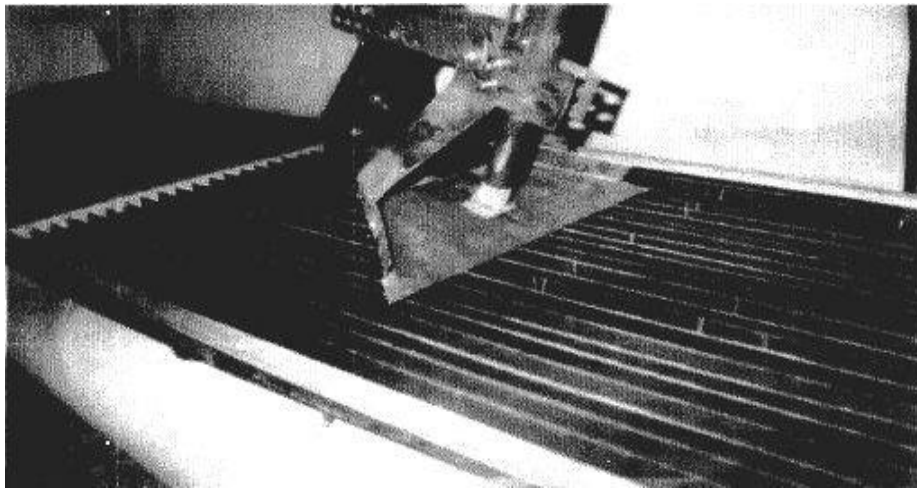


Рисунок 3.2 – Пристрій для проведення експерименту по визначенню оптимальних конструктивних параметрів комбінованого розподільника насіння сошником для підґрунтового-розкидного способу сівби

Основний принцип, покладений в основу цієї установки, це принцип зворотного руху, тобто рухається не сошник, а "грунт" убік зворотній рухові сівалки. Використання цього принципу дозволяє ефективно і з достатньою точністю проводити експерименти по дослідженню рівномірності розподілу насіння сошниками для розкидного способу сівби. Ширина стрічки дозволяє випробувати сошники із шириною захвату до 0,6 метрів[38].

Для зниження трудомісткості проведення дослідів і з метою скорочення часу на проведення експериментів був виготовлений спеціальний прилад, що дозволяє оперативно і з достатньою точністю оцінювати якість розподілу насіння по ширині захвату сошника (рисунок 3.2). Прилад для визначення рівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника являє собою планшет розміром 1,0 x 0,5 м і висотою 0,015 м. Внутрішній простір планшета розділений перегородками з тонкого пластику на повздовжні жолобки, довжиною 1 м і шириною 0,02 м. Планшет закріплювався на стрічці транспортера під розподільником сошника. Коли включався привід стрічки і висівного апарата, прилад разом зі стрічкою переміщався під розподільником сошника. Насіння, висіяне розподільником, збиралися в жолобки приладу.

Після того, як був зроблений висів насіння, прилад разом з насіннями знімався зі стрічки, закривався склом і встановлювався вертикально, у результаті чого одержували наочну гістограму розподілу насіння по ширині захвату сошника, що дозволяло оцінити рівномірність розподілу насіння по ширині розсіву. Після підрахунку кількості насінин у смужках визначаємо середнє значення кількості насінин у смужках, а потім середнє квадратичне відхилення у смужках від середнього значення за формулою:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}, \quad (3.1)$$

де, n – кількість смуг, в яких знаходиться насіння.

Як критерій оцінки нерівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника був прийнятий коефіцієнт варіації за формулою:

$$V = \frac{\sigma}{x_{cp}} \cdot 100\%, \quad (3.2)$$

де, σ – середнє квадратичне відхилення кількості насінин у смужках від середнього значення, %;

x_{cp} – середнє значення кількості насінин у смужці, %.

При правильному виборі параметрів розподільника при підґрунтово-розкидній сівбі може бути досягнута однакова рівномірність розміщення насіння і рослин в повздовжньому і поперечному напрямках. Такий посів умовно можна назвати рядковий зі змінною шириною міжряддя, середня величина якого a рівна середньому інтервалу між рослинами в рядку b . З урахуванням цього отримана формула для розрахунку коефіцієнта рівномірності μ , який оцінює підґрунтово-розкидну сівбу [108]

$$\mu = 1 - \frac{1}{nb^2} \sum_{i=1}^n \left[\frac{2b_i^2}{\pi} \arccos\left(\frac{b_i \sqrt{\pi}}{2b}\right) - b_i \sqrt{\frac{b^2}{\pi} - \frac{b_i^2}{4}} \right], \quad (3.3)$$

де, b – середній інтервал між сусідніми насінинами;

b_i – випадковий i -й інтервал між сусідніми насінинами.

Використовуючи метод статистичних випробувань з допомогою ЕОМ визначили що рівномірність при підгрунтова - розкидній сівбі не залежить від густоти посівів, а, відповідно, і від норми висіву. Залежність коефіцієнта рівномірності μ від нерівномірності розподілу насіння по ширині захвату сошника, характеризується коефіцієнтом варіації інтервалів між сусідніми насінинами V (рисунок 3.3).

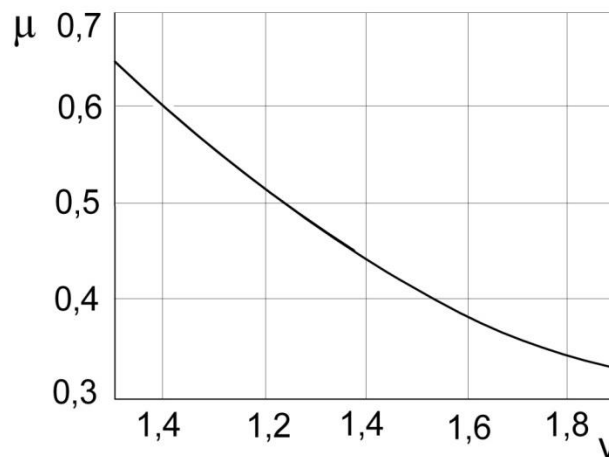


Рисунок 3.3 – Графік залежності коефіцієнта рівномірності μ від коефіцієнта варіації інтервалу між сусідніми насінинами V

3.2. Результати визначення швидкості сходу насіння з криволінійної твірної поверхні розподільника

При визначенні швидкості сходу насіння з криволінійної поверхні застосовувалися розподільники, які являють собою тіло обертання твірна якого - брахистохрона з діаметром твірного кола 10, 15, 20, 25, 30 мм.

Результати проведених експериментів і розрахунків дані зведені в таблицю 3.1. За даними цієї таблиці будували графічну залежність швидкості сходу насіння з криволінійної твірної розподільника V від діаметра кола твірної брахистохрони d (рисунок 3.4).

Таблиця 3.1 – Результати експериментальних досліджень і розрахунків

Діаметр, м	$d=0.010$	$d=0.015$	$d=0.020$	$d=0.025$	$d=0.030$
Довжина похилої ділянки розподільника, L , мм	40	50	60	70	80
Швидкість сходу насіння, V_{cx} , м/с	1.015	0.953	1.364	1.029	1.0196

Апроксимація отриманої залежності швидкості сходу з криволінійної поверхні розподільника від діаметра твірного кола, дозволила вивести рівняння цієї залежності, що описується поліномом четвертого ступеня:

$$V_{cx} = 4,071 \cdot 10^5 \cdot d^4 + 6,582 \cdot 10^4 \cdot d^3 - 7,133 \cdot 10^3 \cdot d^2 + 195,751 \cdot d - 0,432. \quad (3.4)$$

Коефіцієнт кореляції дорівнює: $R=0,42$, що показує середню залежність впливу швидкості сходу від діаметра твірного кола брахистохрони.

Аналіз отриманої залежності показує, що найбільша швидкість сходу насіння із криволінійної поверхні серед випробовуваних розподільників буде в розподільника, діаметр твірного кола, якого дорівнює 0,02 м.

Зіставляючи експериментальні і теоретичні графічні залежності (рисунок 3.5), можна відзначити наступне.

Отримані теоретичні залежності дозволяють визначати швидкість сходу з криволінійної поверхні розподільника з 95 % ступенем ймовірності в точках

значення діаметра $d=0,02$ м, $d=0,025$ м, $d=0,03$ м. Значна розбіжність теоретичних і експериментальних значень при діаметрі твірного кола $0,01 \dots 0,015$ м можна пояснити тим, що розміри розподільника в порівнянні з геометричними розмірами насіння не значні.

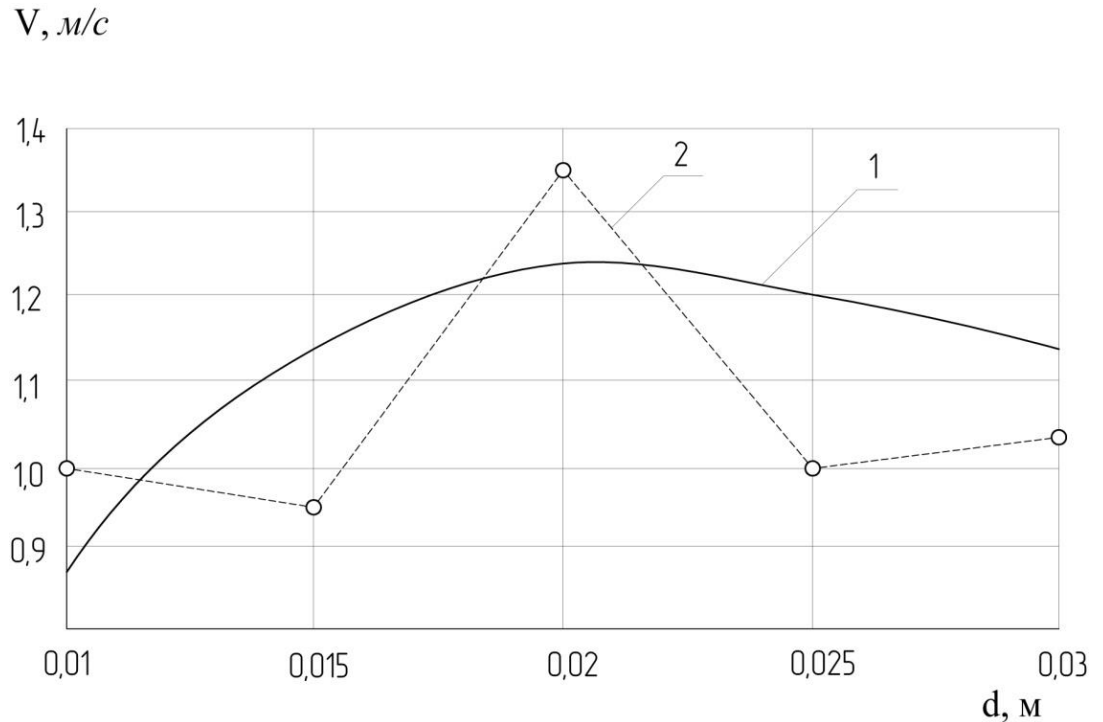


Рисунок 3.4 – Залежність швидкості сходу насіння (V_{cx}) від діаметра твірного кола (d) розподільника: 1 – теоретична крива згідно полінома (3.6); 2 – дані експерименту

Таким чином, для подальших досліджень приймаємо розподільник з твірною у вигляді брахистохрони з діаметром кола твірної $d = 0,02$ м. Тому що при такому діаметрі кола твірної швидкість сходу насіння з криволінійної поверхні розподільника найбільша серед розподільників з $d = 0,01 \dots 0,03$ м; і при такому діаметрі твірного кола експериментальні значення швидкості доводять з 95% точністю теоретичні значення швидкості сходу. Геометричні розміри розподільника: висота 0,03 м, ширина (діаметр) основи 0,04 м.

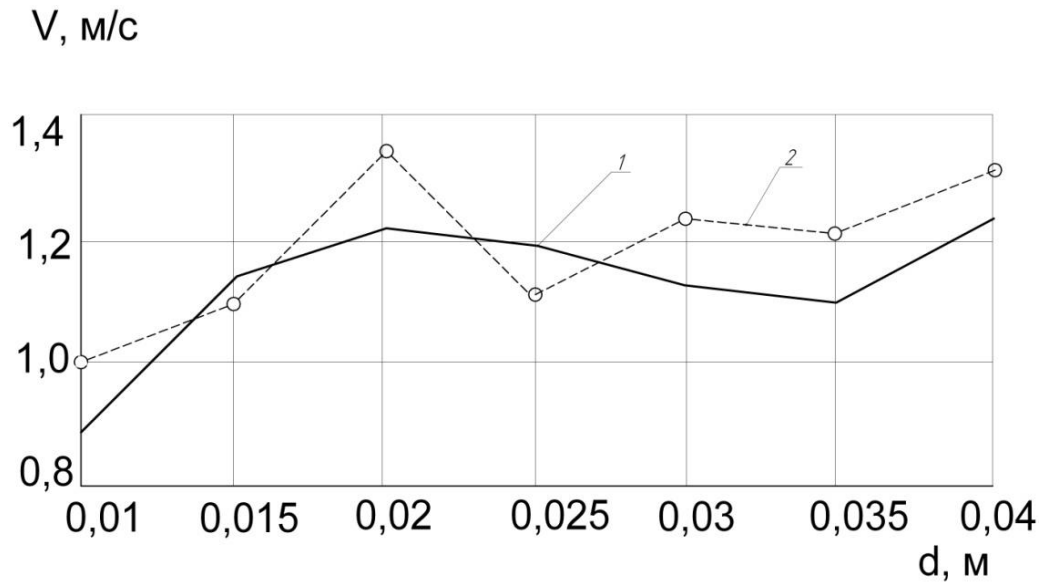


Рисунок 3.5 – Залежність швидкості сходу насіння ($V_{сх}$) від діаметра твірного кола брахистохрони (d): 1– теоретичні дані; 2 – дані експерименту

Таблиця 3.2 – **Результати досліджень швидкості сходження насіння з комбінованого розподільника**

№ досліджу	Фактори		Швидкість сходження насіння		Середнє значення швидкості
	X_1	X_2	V_1	V_2	$V_{сер}$
1	Діаметр твірного кола $d = 15$ мм	$\alpha = 20^\circ$	1,2	1,23	1,215
2		$\alpha = 22,5^\circ$	1,23	1,26	1,245
3		$\alpha = 25^\circ$	0,96	0,93	0,945
4	Діаметр твірного кола $d = 20$ мм	$\alpha = 20^\circ$	1,29	1,2	1,245
5		$\alpha = 22,5^\circ$	1,35	1,38	1,365
6		$\alpha = 25^\circ$	1,26	1,23	1,245
6	Діаметр твірного кола $d = 25$ мм	$\alpha = 20^\circ$	1,26	1,29	1,275
7		$\alpha = 22,5^\circ$	1,29	1,35	1,32
9		$\alpha = 25^\circ$	1,29	1,26	1,275

Апроксимація отриманих даних швидкості сходу з криволінійної поверхні розподільника від діаметра твірного кола d та кута установки похилої ділянки до горизонту α , дозволила вивести рівняння цієї залежності, що описується рівнянням:

$$V = 1,237 + 0,465 \cdot d - 0,27 \cdot \alpha + 0,27 \cdot d \cdot \alpha, \quad (3.5)$$

Коефіцієнт кореляції дорівнює: $R=0,45$, що показує середню залежність впливу швидкості сходу від діаметра твірного кола d та кута установки похилої ділянки до горизонту α .

Графічна залежність швидкості сходу від діаметра твірного кола d та кута установки похилої ділянки до горизонту α представлені на рисунку 3.7.

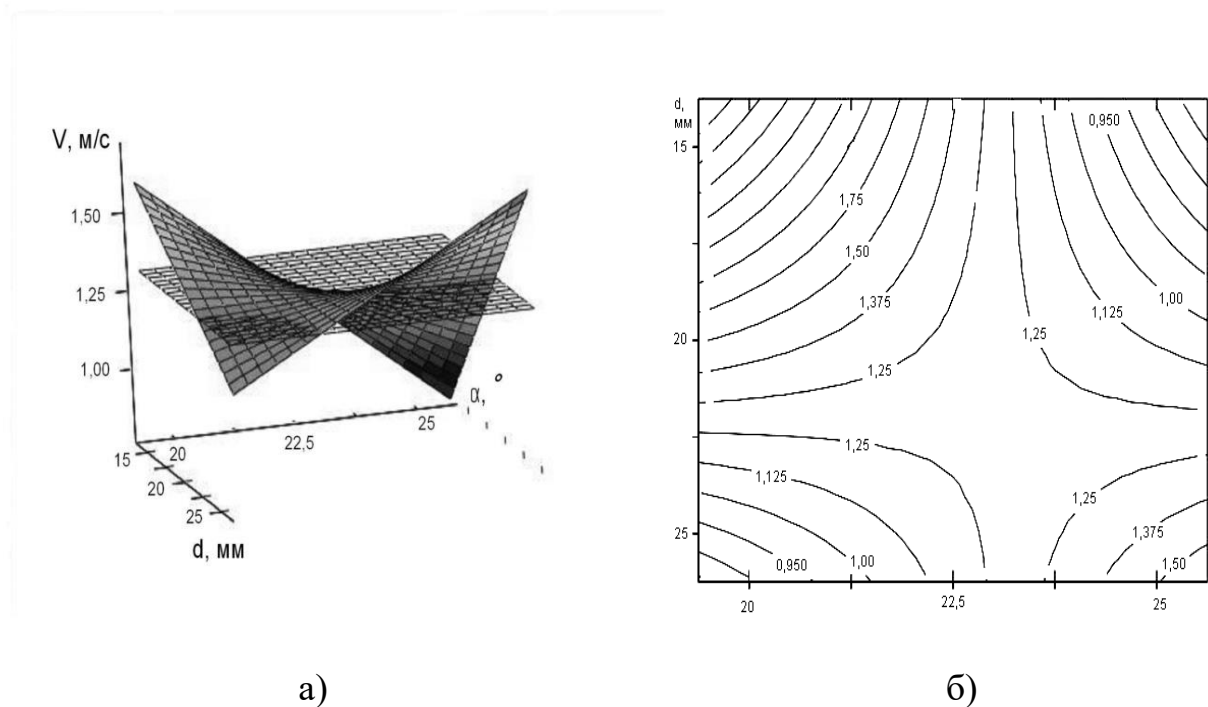


Рисунок 3.6 – Графічна залежність швидкості сходу насіння від діаметра твірного кола d та кута установки похилої ділянки до горизонту α :

а – поверхня відгуку; б – контурний графік

Відзначимо, що найбільшу швидкість будуть мати насінини, що потрапляють на розподільник у крайній точці проекції направляча. При заданому діаметрі вихідного перерізу направляча і зазначеного еквівалентного діаметра насінини, площа поперечного перерізу насіннепроводу, через яке проходить насіння, що надходить на розподільник у зоні найбільших швидкостей складає 75% від загальної площі вихідного перерізу, що дозволяє зробити висновок про те, що кількість насінин, які мають максимальну швидкість сходу з криволінійної поверхні розподільника теж буде складати 75%.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1. Загальні положення охорони праці в рослинництві

Охорона праці – це система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів і засобів спрямованих на збереження життя, здоров'я та працездатності людини в процесі трудової діяльності.

Всі робітники повинні пройти навчання по техніці безпеки по 8...10-годинній програмі.

Робітники по обслуговуванню сільськогосподарської техніки та механізатори можуть бути допущені до роботи тільки після ввідного інструктажу по техніці безпеки і протипожежній техніці. Після цього вони повинен одержати інструктаж на робочому місці, в якому указують всі особливості роботи і безпечні методи проведення робіт. Такий інструктаж повинен проводитися не рідше одного разу на рік. При переході на нове місце або на інший вид робіт робітник повинен одержати новий інструктаж відповідно до характеру майбутньої роботи.

До початку монтажних робіт місця, небезпечні для роботи і проходу людей, слід захистити, забезпечити написами і покажчиками. У разі майбутньої роботи в нічний час місце монтажу позначити світловими сигналами. На території ремонтного майданчика не повинно бути сміття, відходів і непотрібних в даний момент будівельних матеріалів, які заважають монтажу.

До комплексу сільськогосподарських робіт допускаються особи, що вивчили його конструкцію техніки, прийоми роботи, правила техніки безпеки і безпечної роботи.

Робоче місце повинно відповідати правилам техніки безпеки. Необхідно користуватися спецодягом, спеціальним взуттям і індивідуальними захисними засобами (окуляри, респіратори, маски і ін.).

При виявленні в механізмі яких-небудь несправностей, робітник зобов'язаний негайно повідомити про це адміністрації і не приступати до роботи до усунення дефектів.

При нещасному випадку робітник, що знаходиться поряд, повинен надати першу допомогу потерпілому і одночасно повідомити про те, що трапилося відповідного інженера по техніці безпеки.

Людину, уражену електричним струмом необхідно якнайскоріше звільнити від дії струму, для чого слід відірвати потерпілого від дроту або предмету, що знаходиться під напругою. При цьому, той хто допомагає, не повинен торкатися до потерпілого голіруч: необхідно надіти гумові рукавички і діелектричне взуття або встати на суху дошку і обмотати руки сухим одягом. Після цього потерпілому слід зробити штучне дихання.

4.2. Правила і умови використання сівалки

Особи, що не досягли 18-років, до обслуговування сівалки не допускаються. Прийом, завантаження, розвантаження сівалки, а також підготовку її до роботи, й обслуговування при постановці і знятті з збереження, необхідно виконувати з використанням підйомних механізмів. Перед початком руху перевіряють надійність з'єднання сівалки з трактором і потім подають попереджувальний сигнал.

Одна з головних умов безпечної роботи при посіві є технічна справність, наявність захисних кожухів над зубчатими ланцюговими і карданными передачами сівалки. Заправка сівалки насінням і добривами проводиться механізованим способом. Ручну заправку обов'язково проводити тільки на зупинках агрегату.

Під час руху агрегату кришки насінневих ящиків повинні бути закритими. Автоматична зчіпка повинна бути справною, відрегульованою і забезпечувати чітке і надійне з'єднання сівалки з трактором.

Кришки насінневих банок повинні щільно закриватися, надійно фіксуватися в відкритому і закритому положеннях і вільно відкриватися. Фіксуючий пристрій повинен виключати можливість самовільного відкривання кришок під час руху агрегату.

Закінчивши роботу необхідно передати залишки протруєного насіння і добрив наступній зміні або здати їх на збереження. В сівалці залишати протруєне насіння і добрива не дозволяється.

Забороняється виконувати очищення, змащування, регулювання і завантаження бункерів сівалки під час її руху. Не регулюють, і не ремонтують, сівалку підняту гідравлічною системою трактора.

Забороняється експлуатація сівалки з будь-якими несправностями. Також забороняється залишати без догляду посівний агрегат з працюючим двигуном трактора. При тривалій зупинці агрегату - загальмувати трактор, опустити знаряддя та вимкнути двигун.

Демонтаж шин коліс роблять тільки після зняття тиску, на спеціальних пристроях. При необхідності виконання робіт по заміні вузлів сівалки, піднятою навіскою трактора, потрібно зафіксувати навіску механічним фіксатором.

Очистку сівалки здійснюють за допомогою щітки. При завантаженні тукових бункерів обов'язково застосовують засоби індивідуального захисту [111].

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

5.1. Визначення річного економічного ефекту

Річний економічний ефект від впровадження нової машини з урахуванням отримання додаткової продукції визначений по наступному виразу:

$$E_p = (P_{ек.с} - P_{ек.е} + E_{\partial}) \cdot V_e, \quad (5.1)$$

де, $P_{ек.с}$ і $P_{ек.е}$ – прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи відповідно при використанні серійної сівалки і експериментальної сівалки, грн./га;

E_{∂} – економічний ефект від отримання додаткової продукції, грн./га;

V_e – зональне річне напрацювання сівалки для безрядкового посіву, га.

$$P_{ек.с(е)} = Z_{с(е)} + A_{с(е)} + P_{с(е)} + Z_{п.м.м.с(е)}, \quad (5.2)$$

де, $Z_{с(е)}$ – заробітна плата обслуговуючого персоналу, грн./га;

$A_{с(е)}$ – амортизаційні відрахування при посіві серійною і експериментальною сівалкою, грн./га;

$P_{с(е)}$ – затрати на технічне обслуговування, ремонт і зберігання серійної і експериментальної сівалки, грн./га;

$Z_{п.м.м.}$ – затрати на паливо-мастильні матеріали при посіві серійною і експериментальною сівалкою, грн./га.

Заробітна плата обслуговуючого персоналу визначиться так:

$$Z_{с(е)} = \frac{n \cdot a \cdot t}{w}, \quad (5.3)$$

де, n – кількість обслуговуючого персоналу - трактористів і сівачів, чол;
 a – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату;
 t – годинна тарифна ставка обслуговуючого персоналу, грн/ч;
 W – годинна продуктивність серійного і експериментального агрегату, га/год.

$$W = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau , \quad (5.4)$$

де, B_p – ширина захвату агрегату, м;
 V_p – робоча швидкість агрегату, км/год.;
 τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$A_{c(e)} = \frac{B \cdot a}{100 \cdot W \cdot T} , \quad (5.5)$$

де, B – балансова вартість машини, грн.;
 a – норма відрахувань на амортизацію, %;
 T – річне напруження сівалки, год.

Балансова вартість експериментальної сівалки визначиться з наступного виразу:

$$B = B_c + C_{к.р.} , \quad (5.6)$$

де, B_c – балансова вартість серійної сівалки, грн.;
 $C_{к.р.}$ – вартість конструкторської розробки, грн.

Витрати на технічне обслуговування, ремонт і зберігання:

$$P_{c(e)} = \frac{B \cdot a_p}{100 \cdot W \cdot T}, \quad (5.7)$$

де, a_p – норма відрахувань на технічне обслуговування, ремонт і зберігання %.

Витрати на паливо - мастильні матеріали:

$$З_{п.м.м.с(e)} = \frac{B_{п.м.м.}}{W}, \quad (5.8)$$

де, $B_{п.м.м.}$ – вартість паливо - мастильних матеріалів, грн.

$$B_{п.м.м.} = V_n \cdot Ц_n + V_{м.о.} \cdot Ц_{м.о.} + V_{т.о.} \cdot Ц_{т.о.}, \quad (5.9)$$

де, $V_n, V_{м.о.}, V_{т.о.}$ – годинна витрата, відповідно, палива, моторної оливи і трансмісійної оливи, кг/год;

$Ц_n, Ц_{м.о.}, Ц_{т.о.}$ – вартість 1 кг, відповідно, палива, моторної оливи і трансмісійної оливи, грн./кг

Економічний ефект від отримання додаткової продукції:

$$E_o = \Delta Y \cdot Ц, \quad (5.10)$$

де, ΔY – додатковий урожай, т;

$Ц$ – вартість тонни продукції, грн./т.

Складові прямих експлуатаційних витрат зведені в таблицю 5.1.

Питомі капітальні вкладення визначені по формулі:

$$K_{п.к.с(e)} = \frac{B}{W \cdot T}, \quad (5.11)$$

Термін окупності капітальних вкладень:

$$T = \frac{K_{п.к.с(e)}}{E_p}, \quad (5.12)$$

де, $K_{п.к.с(е)}$ – капітальні вкладення, грн.

Таблиця 5.1 – Складові прямих експлуатаційних витрат експериментальною і серійною сівалками на 1 га посівної площі

№ п/п	Складові витрат	Експериментальна сівалка	Серійна сівалка
1	Заробітна плата, грн./га	0,8	0,8
2	Амортизаційні відрахування, грн./га	24,0	16,0
3	Затрати на ТО, ремонт і зберігання, грн./га	19,2	12,8
4	Затрати на паливо-мастильні матеріали, грн./га	12,7	12,6
	Всього	56,6	42,2

Результати розрахунку економічної ефективності застосування експериментальної сівалки з сошниками для підгрунтового-розкидного посіву зернових культур представлені в таблиці 5.2.

Таблиця 5.2 – Економічні показники ефективності використання експериментальної сівалки з сошниками для підґрунтового-розкидного посіву і серійної сівалки

№ п/п	Показники	Серійна сівалка СТН-16	Експериментальна сівалка
1	Балансова вартість, грн.	10000	15000
2	Робоча швидкість, км/год.	7,0	7,0
3	Годинна продуктивність, га/год.	0,6	0,6
4	Витрата палива, кг/га.	1,96	1,98
5	Питомі капіталовкладення, грн./га	-	34,6
6	Ефект від отримання додаткового врожаю, грн./га	-	585
7	Річний економічний ефект при нормативному річному завантаженні, грн.	-	1235
8	Термін окупності капіталовкладень, років		0,47

Висновки

Аналіз економічних розрахунків показав, що експериментальна сівалка і сівалка СТН-16 мають однакові показники по продуктивності і за витратами праці. Прямі експлуатаційні витрати із-за додаткових витрат на модернізацію сівалки СТН-16 по експериментальному агрегату вище, ніж по серійній на 5000 грн. Проте використання експериментальної сівалки покращує якість сівби зернових культур, що приводить до зростання урожайності в середньому на 0,45 т/га. За рахунок отримання додаткової продукції річний економічний ефект прямих експлуатаційних витрат на одну сівалку складає 585 грн.

Річний економічний ефект при нормативному річному завантаженні експериментальної сівалки рівною 130 годин складає 1235 грн.

Термін окупності додаткових капітальних вкладень на вдосконалення конструкції сівалки рівний 0,47 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. У роботі наведено теоретичне узагальнення і нове технічне рішення наукової задачі, яка полягає у підвищенні рівномірності розподілу насіння зернових культур по площі поля сошником для підґрунтового-розкидної сівби з комбінованим розподільником, який виконаний у вигляді криволінійної призми та похилої ділянки. Розроблено нову його схему, яка забезпечує більш рівномірний розподіл насіння за шириною захвату сошника, і на цій основі теоретично обґрунтовані технологічні, кінематичні і конструктивні параметри комбінованого розподільника. Вирішення проблеми підґрунтового-розкидної сівби та нерівномірного розподілу насіння порівняно з рядковою сівбою дозволить покращити технологічні, економічні та експлуатаційні показники сівалок.

2. Теоретичними дослідженнями встановлені наступні аналітичні залежності:

- що описують рух насінини по поверхні комбінованого розподільника;
- величини швидкості сходу з криволінійної поверхні розподільника від діаметру твірного кола брахистохрони і координати потрапляння насіння на поверхню розподільника;
- дальності розподілу насіння по ширині смуги, що засівається, від параметрів похилої ділянки;
- рівномірності розподілу насіння за шириною захвату сошника від ексцентриситету встановлення розподільника.

3. Розроблені математичні моделі руху насінин по поверхні комбінованого розподільника, в залежності від швидкості сходження насінин по криволінійній твірній розподільника, яка залежить від діаметра твірного кола і координати потрапляння насіння на поверхню розподільника і становить $V_{cx} = 1,24$ м/с; одержанні аналітичні залежності рівномірності розподілу насіння за шириною захвату сошника від ексцентриситету установки розподільника.

4. Експериментально встановлені раціональні швидкості сходження насіння з криволінійної твірної розподільника в залежності від діаметра твірного кола, отримана емпірична залежність $V_{cx}(d)$. При аналізі отриманої залежності встановлено, що найбільша швидкість руху насіння $V_{cx} = 1,36$ м/с по криволінійній поверхні розподільників з діаметрами твірного кола 10...30 мм відповідає розподільникові з діаметром твірного кола $d = 20$ мм. Тому прийнятий розподільник з діаметром твірного кола $d = 20$ мм.

5. Встановлено, що застосування сівалки для безрядкової (розкидної) сівби, обладнаної експериментальними сошниками може забезпечувати підвищення урожайності зернових в середньому на – 4,5 ц/га (або на 10 %) Річний економічний ефект при нормативному річному завантаженні посівного агрегату 130 год. складе 1235 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Архипов А.С. О безрядковом посеве семян и внесении удобрений / А.С. Архипов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1982. - №4. - С. 50-51.
2. Астахов В.С. Анализ пневматических централизованных высевальных систем / В.С. Астахов // Тракторы и сельхозмашины. - 1997. - №10. - С. 33-34.
3. Астахов В.С. Пневматические системы централизованного посева / В.С. Астахов // Тракторы и сельхозмашины. - 1997. - №9. - С. 12-13.
4. Астахов В.С. Посевная техника: анализ и перспективы развития / В.С. Астахов // Тракторы и сельхозмашины. - 1999. - №1. - С. 6-9.
5. Афонин Е.Д. Система машин для комплексной механизации растениеводства / Е.Д. Афонин. - Куйбышев: Куйбыш. книж. изд-во, 1975.- 231с.
6. Бараев А.И. Избранные труды. Почвозащитное земледелие / А.И. Бараев. - М.: Агропромиздат, 1988.- 383с.
7. Бахмутов В.А. Факторы, влияющие на размещение семян и удобрений при безрядковом посеве / В.А. Бахмутов, В.Т. Исайчев // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1986. - №5. - С. 15-16.
8. Бахмутов В.А. Влияние равномерности размещения растений по площади на урожайность / В.А. Бахмутов, В.А. Люблич // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1981. - №5. - С.9-11.
9. Белов Г.Д. Комбинированные машины и агрегаты для возделывания сельскохозяйственных культур / Г.Д. Белов, В.А. Дьяченко. - Мн.: Урожай, 1980. - 202с.
10. Белодедов В.А. Влияние конструктивных параметров сеялок на равномерность размещения семян / В.А. Белодедов, Н.В. Островский // Механизация и электрификация. -1980. - №3. - С.12-14.
11. Будагов А.А. Про агротехнічні вимоги до зернових сівалок / А.А. Будагов // Трактори і сільськогосподарські машини. - 1985. - №7. - С.26.

12. Бузенков Г.М. Машины для сівби сільськогосподарських культур / Г.М. Бузенков, С.А. Ма. - М.: Машинобудування, 1976. - 272с.
13. Буров Д.И. Научные основы обработки почв Заволжья / Д.И. Буров.- Куйбышев: Куйбыш. книж. изд-во, 1970. - 294с.
14. Василенко П.М. Теория движения материальной частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин / П.М. Василенко. – К.: Укр. акад. с.-х. наук, 1960. - 282с.
15. Вилде А.А. О рациональной конструкции рабочих органов почвообрабатывающих орудий для работы на повышенных скоростях / А.А. Вилде // Повышение рабочих скоростей машинно-тракторных агрегатов. - М.: Колос, 1973.- С. 367-375.
16. Вилде А.А. Комбинированные почвообрабатывающие машины / А.А. Вилде, А.Х. Цесниекс, Ю.П. Моритис [и др.]. - Л.: Агропромиздат. Ленинград. отд-ние, 1986. - 128с.
17. Владимиров А.Ф. Безрядковый посев зерновых культур / А.Ф. Владимиров // Прогрессивные способы посева зерновых культур: сб. науч. тр. - М.: ВАСХНИЛ, 1959. - С. 34-37.
18. Власенко В.М. Екологічні вимоги до ґрунтообробного знаряддя і посівних машин / В.М. Власенко// Трактори і сільськогосподарські машини. - 1993. - №9. - С.14-17.
19. Ворожеин Ю.М. Исследование активного рабочего органа для безрядкового посева семян хлебных злаков 1 группы: автореф. дис. на соискание учен. степени канд. техн. наук / Ю.М. Ворожеин. – Ростов н/Д, 1972 - 24с.
20. Гмурман В.Е. Теория вероятностей и математическая статистика / В.Е. Гмурман. - М.: Высш. шк., 1997. - 479с.
21. Гниломедов В.Г. Исследование и совершенствование технологического процесса сеялок-культиваторов в условиях Среднего Поволжья: дис... канд. техн. наук / В.Г. Гниломедов. - Кинель , 1981. - 226с.

22. ГОСТ 12036-85. Семена сельскохозяйственных культур. Правила приемки и методы отбора проб. – Взамен ГОСТ 12036-80; 1986-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1985.

23. ГОСТ 12041-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения влажности. – Взамен ГОСТ 12041-75; 1983 01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1982.

24. ГОСТ 12042-82. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения массы 1000 семян. – Взамен ГОСТ 12042-75; 1983 01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1982.

25. ГОСТ 24055-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки. – Взамен ГОСТ 24055-80; введ. 1989-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

26. ГОСТ 24056-88. Техника сельскохозяйственная. Методы эксплуатационно-технологической оценки машин на этапе проектирования. – Взамен ГОСТ 24056-80 ; введ. 1989-01-01. – М.: Изд-во стандартов, 1988.

27. ГОСТ 28168-89. Почвы. Отбор проб. – Введ. 1990-06-01. – М.: Изд-во стандартов, 1989.

28. ГОСТ 28268-89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – Введ. 1990-06-01. – М.: Изд-во стандартов, 1989.

29. Грищенко В.Ф. Основы теории движения семян и распределения их в почве при безрядковых посевах / В.Ф. Грищенко // Механизация сельского хозяйства: сб. науч. тр. / Рязанский с.-х. ин-т. - 1963. - Вып. X. - С. 15-33.

30. Грищенко В.Ф. О результатах производственной проверки безрядковой (зерновой) сеялки / В.Ф. Грищенко, В.И. Шведков, В.С. Ломовицкий // Механизация сельского хозяйства: сб. науч. тр. / Рязанский с.-х. ин-т. - 1974. - Т. 30. - С.5-12.

31. Гужин И.Н. Теоретическое обоснование наклонного участка циклоидального распределителя семян сошника для подпочвенно-разбросного посева / И.Н. Гужин, В.Г. Гниломедов // Совершенствование

машиноиспользования и технологических процессов в АПК: сб. науч. тр. Поволжской межвуз. конф. - Самара, 2002. - С. 181-184.

32. Гуреев И.Н. Исследование сеялки-культиватора подпочвенного посева / И.Н. Гуреев, С.В. Росляков // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1982. - №1.- С. 24-25.

33. Гурский Д.А. Вычисления в MathCad / Д.А. Гурский. - Мн.: Новое знание, 2003. - 814с.

34. Гусев В.М. Посевные машины США и Канады / В.М. Гусев, В.И. Мишин // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1989. - №3. - С. 55-58.

35. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: учеб./ Б.А. Доспехов. - М.: Агропромиздат, 1985. - 343с.

36. Доспехов Б.А. Планирование полевого опыта и статистическая обработка его данных / Б.А. Доспехов. - М.: Колос, 1972. - 207с.

37. Есипов В.И. Исследование качественных показателей рабочих органов комбинированных посевных агрегатов при различных способах основной обработки почвы: дис. канд. техн. наук / В.И. Есипов. - Куйбышев, 1976. - 212с.

38. Жук Я.М. Определение сил, действующих на рабочий орган фрез-барабана / Я.М. Жук // Механизация и электрификация соц. хоз-ва. -1969. - №4. - С.47-48.

39. Заєць М.Л. Обґрунтування швидкості надходження насіння в сошник для підґрунтового-розкидного способу посіву / М.Л. Заєць // Сільськогосподарські машини: зб. наук. ст. – Луцьк: РВВ ЛДТУ, 2007.- Вип. 16. – С. 81-89.

40. Заєць М.Л. Обґрунтування раціональної величини ексцентриситету установки розподільника сошника для розкидного способу сівби / М.Л. Заєць // Тези доповідей п'ятої всеукраїнської науково-практичної конференції Інституту наукового прогнозування част. 2.- Київ:, 2008. – С. 51-55.

41. Зволинский В.Н. Использование отечественного опыта при создании посевной техники / В.Н. Зволинский, Н.И. Любушко // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1998.- №11. - С.22-25.
42. Кардашевский С.В. Высевающие устройства посевных машин / С.В. Кардашевский. - М.: Машиностроение, 1973. - 176с.
43. Карпенко А.Н. Сільськогосподарські машини: підруч. / А.Н. Карпенко, В.М. Халанський. – К.: Урожай, 1989. - 527с.
44. Киров А.А. Обоснование процесса равномерного распределения семян по площади поля и параметров распределителя сошника для подпочвенно -разбросного посева: дис. ... канд. техн. наук / А.А. Киров. - Кинель, 1984. - 218с.
45. Кирюхин В.Г. Комплекс почвообрабатывающих, посевных и посадочных машин / В.Г. Кирюхин, Л.Х. Ким, Б.Ф. Кузнецов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. - 1978. - №8. - С. 19-23.
46. Клейн В.Ф. Комбинированные агрегаты / В.Ф. Клейн // Техника в сельском хозяйстве. - 1982. - №3. - С.8.
47. Кленин Н.И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины: учеб. / Н.И. Кленин, В.А. Сакун. - 2-е изд., перераб. и доп. - М.: Колос, 1980. - 671с.
48. Ковриков И.Т. Обоснование некоторых параметров распределителя семян сошника безрядковой зерновой сеялки / И.Т. Ковриков // Тракторы и сельхозмашины. - 1976. - №4. - С. 26-28.
49. Ковриков И.Т. Основные принципы разработки распределительных устройств подпочвенно-разбросных сошников зерновых сеялок / И.Т. Ковриков // Тракторы и сельхозмашины. - 1983. - №5. - С. 13-14.
50. Ковриков И.Т. Основы разработки широкозахватных стерневых сеялок / И.Т. Ковриков // Механизация и электрификация сельского хозяйства. - 1983. - №6. - С.41-44.
51. Ковриков И.Т. Совершенствование сошников для безрядкового посева по стерневым фонам / И.Т. Ковриков, Г.В. Скворцов, Л.Р. Садыкова // Тракторы и сельхозмашины. - 1977. - №5. - С. 16-18.