

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет інженерно-технологічний

Кафедра безпеки життєдіяльності

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»

на тему: «Підвищення ефективності сівби зернових культур»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 5
Романко Ігор Володимирович
Керівник: Прасолов Є. Я.
Рецензент: Біловод О. І.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

При вирощуванні зернових культур сівба має особливе значення, оскільки від рівномірного розподілу насіння по площі живлення на заданій глибині, залежить поява дружніх сходів і в підсумку підвищення врожайності. Рівномірний розподіл насіння по площі живлення є однією з найбільш складних завдань при сівбі зернових культур. Оптимальне розміщення насіння по площі живлення на заданій глибині посіву можливе тоді, коли насіння розташовані на однаковій відстані одна від одної, або форма цієї площі - коло, або, близький до нього квадрат. Дослідження в області землеробської науки і практики показують, що найкраща площа живлення для одного стебла пшениці – квадрат, зі стороною не менше 4,5 сантиметра, то на одному квадратному метрі повинно знаходитися приблизно 400 рослин. При цьому насіння знаходяться в однакових умовах по забезпеченості теплом, світлом, ґрунтовою вологою і поживними речовинами.

Існуючі зернові сівалки з дисковими сошниками дозволяють висівати насіння рядковим, вузькорядним, перехресним способами. Внаслідок рядкового посіву площа живлення однієї рослини має вигляд дуже витягнутого прямокутника. Вузькорядна і перехресна сівба наближають площу живлення зернівки до оптимального квадрату, підвищують використання площі поля, але при цьому мають істотні недоліки.

У зв'язку з цим, розробка конструктивно-технологічної схеми дискового сошника для розкидного смугового посіву, представляється актуальною і важливою господарської проблемою.

Мета дослідження. Підвищення ефективності сівби зернових культур.

Об'єкт дослідження: є технологічний процес сівби зернових культур смуговим способом.

Предмет дослідження. Закономірності впливу параметрів сошника на рівномірність розподілу насіння.

Методика досліджень. Теоретичні дослідження виконані з використанням принципів класичної механіки, математичного аналізу, моделювання та ін. Експериментальні методи використовувалися при проведенні лабораторних і лабораторно-польових досліджень з використанням теорії багатофакторного експерименту, математичної статистики.

Теоретична та практична значущість. Поведені наукові дослідження послужили основою для удосконалення конструкції сошника зернової сівалки. В результаті проведених досліджень запропонований розсіювач насіння дводискового сошника, що забезпечує рівномірний розподіл насіння по дну борозенки.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз технологій і агрегатів для сівби зернових культур і тенденції їх вдосконалення

В даний час в сільському господарстві використовуються різні посівні машини і способи посіву для обробітку зернових культур.

Способи проведення сівби зернових культур діляться на рядові і розкидні. Розкидні є найбільш старовинними і з'явилися на етапі появи землеробської культури. В основі цих способів лежить те, що розподіл насіння по поверхні ґрунту відбувається шляхом розкидання, а подальша їх закладення в ґрунт здійснюється спеціальними сільськогосподарськими знаряддями. Тому, висів насіння та закладання його в ґрунт проводиться окремо. Поєднання даних операцій виконується в одному сільськогосподарському знарядді (сівалки бункерні), а так само в одній сільськогосподарській машині (сівалки сучасні) [1].

Посівні сільськогосподарські машини групуються за призначенням, способу сівби і агрегування. Посівні машини діляться на універсальні (посів різнорідних сільськогосподарських культур) і спеціальні (посів насіння тільки однієї сільськогосподарської культури).

За призначенням посівні агрегати поділяються на: бавовняні, кукурудзяні, зернові, бурякові, овочеві, лляні і т. п. За способом сівби поділяються на: гніздові, рядові, розкидні, вузькорядні, пунктирні. За агрегуванням: навісні, напівнавісні, а також причіпні [2].

Розкидний спосіб сівби є найбільш простим. але даний спосіб передбачає перевитрату зерна на 25-30 %, а також незадовільну глибину заробки насіння. Проте, на даний момент проводяться роботи, пов'язані з більш ефективним використанням цього способу сівби. Також для

розкидного способу може застосовуватися авіація, а заробку насіння проводити боронуванням, або здійсненням прикочування поверхневого шару поля [3,4].

Рядова сівба має деякі переваги перед розкидним способом сівби зернових. Глибина загортання насіння наближається до оптимальної, а врожайність зростає на 10-15 % в порівнянні з розкидним способом [5].

Рядовий спосіб сівби з шириною міжряддя в 15 сантиметрів є найпоширенішим. Площа живлення в даному випадку - витягнутий прямокутник, в якому довжина коротких сторін, по меншій мірі, в 10 разів коротша довгих. Скупченість насіннєвого матеріалу в рядках дуже гальмує розвиток і ріст рослин. Відомо, що при даному способі сівби рослиною буде використовуватися лише 30 відсотків від необхідної площі живлення [6].

Будь-яка зернова культура володіє кущуватістю. Це означає, що одне насіння зможе дати кілька колосоносних стебел. При рядовому способі посіву спостерігається слабке кушіння. Рудиментарність рослин, а також дуже слабке кушіння, все це є наслідком жорсткої боротьби рослини на площах живлення з неправильними формами. Для того щоб поліпшити розподіл насіннєвого матеріалу по засеваємій площі використовується конструкція дворядкового сошника, що має міжряддя рівне 7,5 сантиметра. Дослідження показують, що вузькорядний спосіб сівби збільшує врожайність зернових культур в середньому на 1-2,5 центнера з гектара при порівнянні з рядовим. Рослини розміщені найбільш рівномірно, що дозволяє їм більш ефективніше використовувати вологу, енергію сонця, а так само мікроелементи, що містяться в ґрунті [7].

Перехресний спосіб сівби має на меті отримання площі живлення близької до квадрата. Дані посіви проводяться в 2 проходи сівалки, (вздовж і поперек поля), а норма висіву в 2 рази нижча, ніж при рядовій сівбі. Проведення сівби перехресним способом збільшує врожайність. А недоліком даного способу сівби будуть подвійні витрати праці, а також часу і ПММ [7].

Більш рівномірний розподіл насіння по поверхні поля здійснюється за допомогою смугового способу сівби. При русі сошника, його диски створюють 2 борозенки (міжряддя 7,5 см.), профілеутворювач, який розташовується між двох дисків, формує горизонтальний профіль ложа, при цьому зрушуючи ґрунт від міжрядь до дисків сошника на рівні глибини загортання насіння. Потік насіння, що надходить з насіннепроводів, потрапляє на розподільник і рівномірно розподіляється по змінному ложі в міждисковому просторі [8].

Точний посів використовується в основному при обробці кукурудзи і соняшника. Даний спосіб забезпечує підвищення врожайності, непогану економію насіннєвого матеріалу, а також скорочує витрати праці на подальший догляд за рослинами. Брак біологічно схожих сортів насіння є гальмом у розвитку даного способу сівби. Зростає засміченість зерна. Так само важливим фактором є підготовка полів. На даний момент в наших умовах поля знаходяться в поганій якості, що ускладнює можливість здійснити сівбу даними способом [6, 9].

Рядові зернові сівалки складаються з робочих органів (висівних апаратів, насіннепроводів і сошників із заробляючим пристосуваннями), рами з механізмом навішування або причепом, опорно-приводних коліс, механізму підйому, а також установки на глибину ходу робочих органів, механізму передачі крутного моменту від коліс машини до валів висівних апаратів з автоматичною муфтою зчеплення.

Для сівби зернових культур по підготовленому ґрунті застосовують причіпну зернову сівалку СЗ-3,6А і її модифікації СЗП-3,6А, СЗТ-3,6А та і ін. Для висіву зернових і зернобобових сільськогосподарських культур по стерні, з внесенням мінеральних гранульованих добрив, використовують посівні машини прямого висіву СЗПГМ і СЗПП-8, стерньові сівалки-культиватори СЗС-2,1, СЗС-6 і ін.

Сошники (робочі органи сівалки) в залежності від модифікації, а також від виду висівальної сільськогосподарської культури і властивостей ґрунту

підрозділяють на однодискові, дводискові, килеподібні, полозоподібні, трубчасті, лапові та ін. [9].

Зернові і зернотукові посівні машини для рядового і вузькорядного способів сівби, які випускаються на даний момент і ті, що знаходяться в господарствах, обладнані дисковими сошниками [10].

Аналіз технологічного процесу роботи посівних машин і досвід їх експлуатації показують, що основними зовнішніми факторами впливу (вхідними факторами), що впливають на розподіл насіння, є профіль поверхні поля, твердість і вологість ґрунту, швидкість руху агрегату, нестабільність роботи двигуна, буксування коліс трактора і інші. Відповідно до внутрішньої структури висівних систем на розподіл інтервалів між насінням значний вплив чинять нерівномірність подачі насіння висіваючими апаратами, обумовлена коливаннями швидкості обертання їх висівних пристроїв, мінливість параметрів руху насіння в насіннепроводі, сошнику і по дну розкритої ним борозни. Інакше кажучи, при нормальному функціонуванні посівної машини вихідні показники технологічного процесу залежать не тільки від зовнішніх впливів, а також і від внутрішніх структур у висіваючій системі [11].

Розмірений і рівний розподіл зернівки по площі їх живлення, наближеної до оптимальної, а також їх закладення на встановлену глибину, задовольняють умови одночасного проростання більшості насінин і їх подальший повноцінний розвиток. Звідси слідує, що якість сівби дуже сильно залежить від конструктивних особливостей робочих органів посівних машин, а так само від їх параметрів і режимів.

Короткі агрономічні терміни, необхідність підвищення продуктивності праці, зростання одиничної потужності мобільних засобів привели до прагнення збільшити ширину захвату посівного агрегату. Що призводить до розробки принципово нових висіваючих апаратів централізованого висіву, які поєднують в собі механічне відмірювання, з їх пневматичним переміщенням в сошнику. Використання даних висіваючих апаратів – одне з

найбільш перспективних напрямків модернізації посівних агрегатів, так як існує можливість чималого зменшення часу і затрат, а так само праці необхідної при обслуговуванні і ремонті посівної машини централізованим бункером, дозаторам [12].

1.2 Агротехнічні вимоги до сівби зернових культур

Основними завданнями сівби є: рівномірне внесення усіх насінин в ґрунт, закладання їх на глибину, що відповідає агротехнічним вимогам, і щоб усі рослини перебували в однакових умовах. Від того який обраний спосіб сівби ці завдання уточнюються вимогами розподілу зернівки по площі поля.

Для створення сприятливих умов сільськогосподарським культурам необхідно забезпечити виконання агротехнічних вимог:

1. Сівбу потрібно проводити в оптимальні календарні терміни;
2. Насіння повинні розподілятися рівномірно так, щоб кожна з рослин мала площу живлення близьку до оптимальної, а глибина загортання насіння повинна бути однаковою;
3. Повинно бути укладання насіння на вологе ущільнене ложе, після чого покриватися зверху пухким зволженим ґрунтом [99].

Відомо, що норма висіву зернових культур повинна бути постійною [1, 2, 4, 12].

Через особливості роботи різних сільськогосподарських машин, а так само фізико-механічних властивостей ґрунту, впливу навколишнього середовища зовнішні входні впливу під час роботи посівної машини постійно змінюються. У підсумку на агрегат діють різні випадкові фактори. Сукупне значення яких утворює ряд випадкових процесів. Тому внутрішні чинники, а так само велика частина вихідних параметрів технологічного процесу сівби зернових культур, як підсумки дії похідної системи (посівного агрегату), теж візьмуть вид випадкових функцій [13].

Додатковими вимогами що висуваються до рядової сівби можна віднести: прямолінійність рядків, рівна поверхня поля і відсутність пересівань. Однією з найважливіших вимог є вимога, щоб посіяне насіння зароблялося на рівну глибину. Та кількість насіння, яке зароблене в шар на задану глибину, а також два шари, суміжних з ним, повинно бути $\leq 80\%$ від засіяних. На глибині від 3 до 8 см. товщина даних шарів дорівнює 1 см. Невиконання цієї вимоги веде до рідкісних і неодночасних сходів, так як слабке насіння, потрапляючи у верхні висушені шари, гине, а закріплене нижче необхідної глибини, сходить пізніше. Деяке дуже слабке насіння не в силах пробитися через товщину ґрунту [14].

Доведено, що при збільшенні глибини на яку закладається насіння, пшениці або жита всього на 1 см., поява сходів відбувається на 2,4 дня пізніше [3, 4, 6, 15].

Збільшення або зменшення висіву зернівки від встановленої норми не повинно перевищувати трьох відсотків. Ще слід врахувати те, що нерівномірний висів зернових культур між усіма висіваючими апаратами не повинен бути вище трьох відсотків. Норму висіву потрібно розділяти, враховуючи кількість річних опадів, а також вологості ґрунту під час проведення посівних робіт [15].

1.3. Основні типи розподільних пристроїв зернових сівалок

Існує ряд досліджень конструкцій дводискових сошників, що дозволяє знайти велику кількість різних конструктивних виконань розсіювача насіння, в залежності від його положення до дисків сошника [16].

У посівних агрегатах компанії «Джон Дір» застосовують сошники з коточками, які перекривають простір між дисків, з метою прикочування зерна. Дані коточки так само виступають в ролі розсіювачів, запобігаючи викиду насінневого матеріалу на поверхню поля.

Були побудовані діаграми значущості, що показують вплив окремо взятих чинників, де 1 - з розсіювачем, 2 – випадкові невраховані елементи, 3 - напрямок подачі зернівки, 4 – розташування напрямляча (рис. 1.1.).

Було встановлено вплив кожного фактору на якість загортання насіння:

- спрямованість подачі зернівки склало від 3 до 10%;
- місце розташування напрямителя склало від 8 до 28%;
- взаємодія спрямованості подачі зернівки і місце розташування напрямителя склало від 6 до 15%;
- наявність розсіювача склало від 47 до 69%.

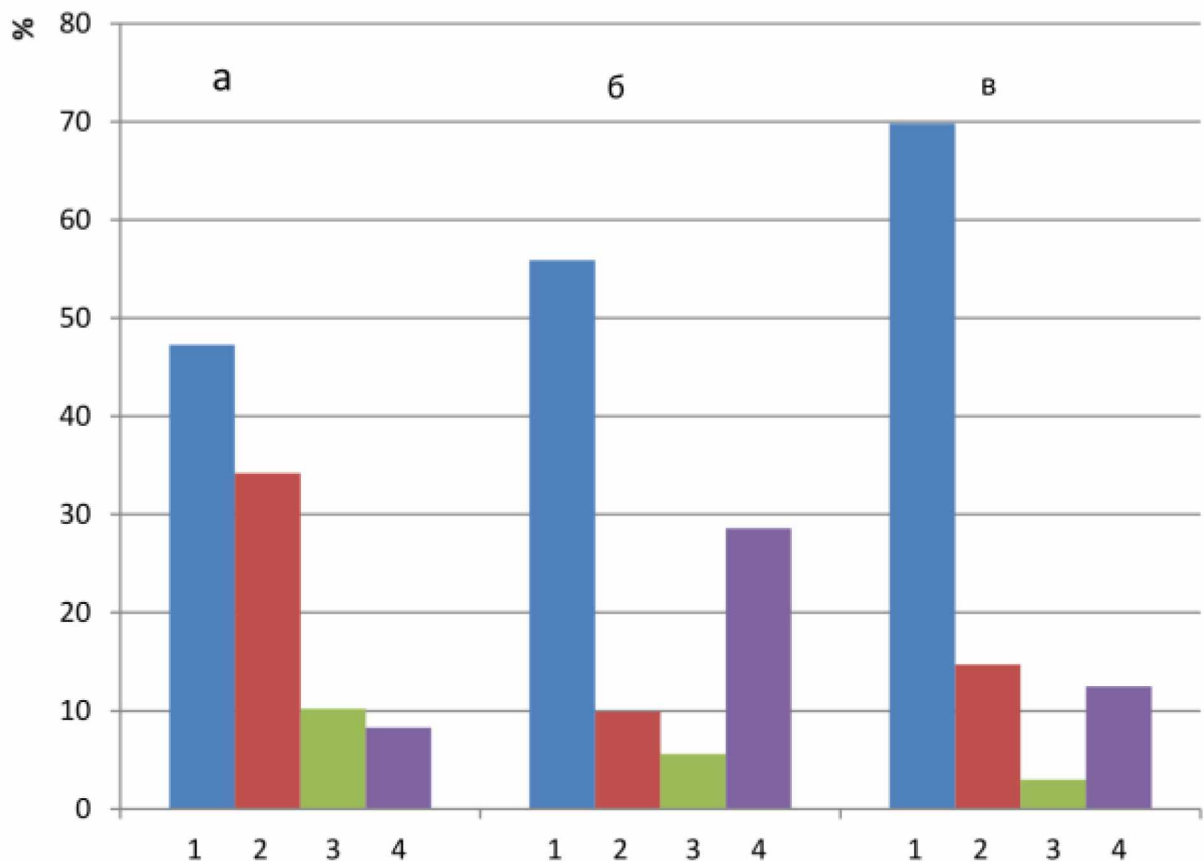


Рисунок 1.1 – Вплив елементів сошника зернової сіялки на рівномірне закладення зернівки на встановлену глибину: а – швидкість 8 км/год; б - швидкість 10 км/год; в - швидкість 12 км/год; 1 – з розсіювачем, 2 – випадкові невраховані елементи, 3 – напрямок подачі зернівки, 4 – розташування напрямляча

Були розглянуті різні варіанти (рис. 1.2) [17]: сошник серійний задній і передній; сошник серійний задній із загнутим вперед розподільником насіння (а); сошник з гнучкими тросовими розподільниками, які прилягають до поверхні диска (б); з ланцюговими розподільниками (в); з передньою подачею типу один (г) і типу два (д).

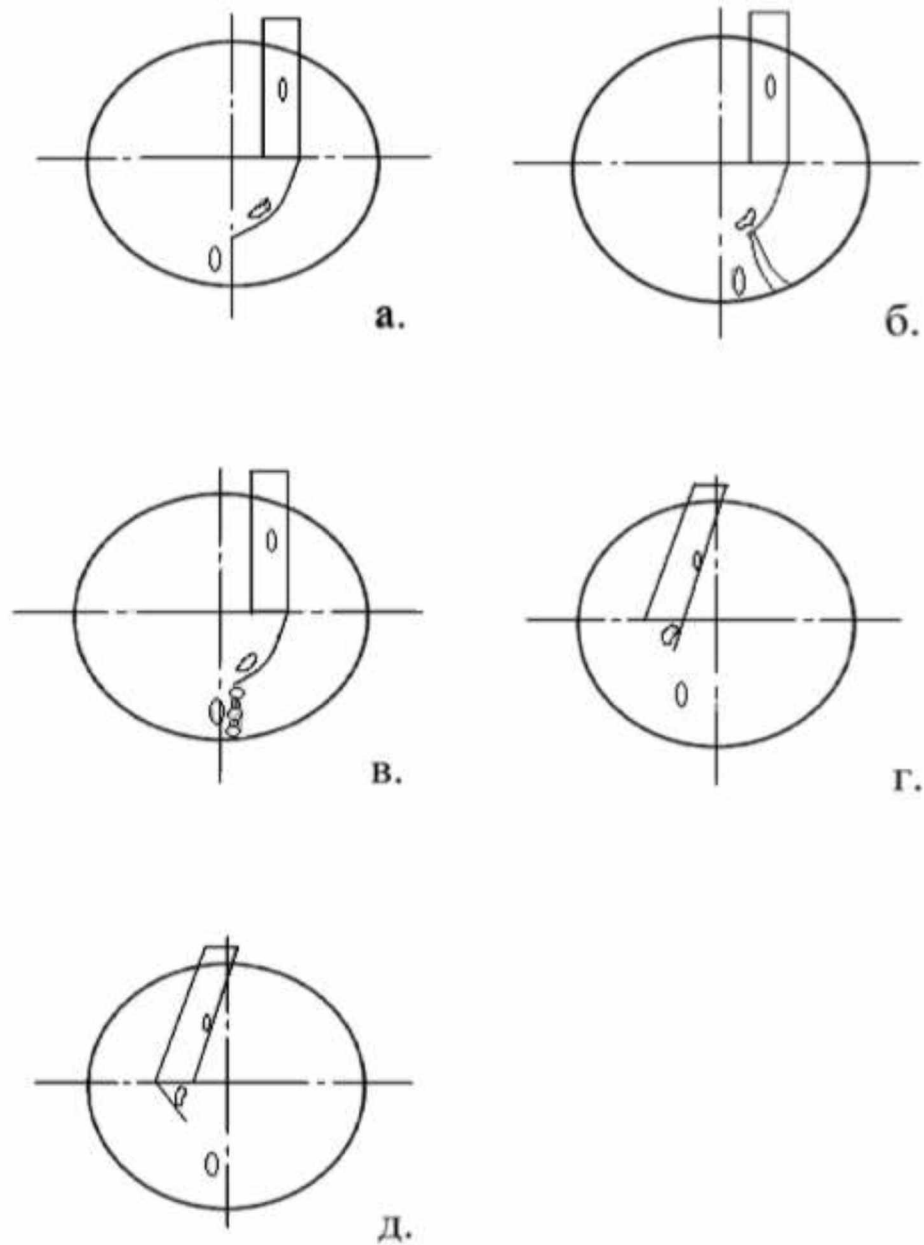


Рисунок 1.2 – Схема різного розташування розсіювача насіння

Порівнюючи розподіл насіння промислових сошників заднього і переднього розташування, автори зазначили, що варіант Д заробляє більшу кількість насіння по дну борозенки, а викид за її межі мінімальний. Відповідно, якщо нахилити воронку в сошнику з переднім розташуванням розсіювача, то розподіл буде більш ефективним, через те, що насіння буде подаватися набагато ближче до тієї точки, де відбувається сходження дисків. Зернівку необхідно подавати туди, де диски розходяться на ту величину, яка трохи більше зерна.

У сошнику з ланцюгом зернівка майже не виходить за межі дисків, яке закрито самим ланцюгом. Головний перерозподіл зерна протікає в самому низу сошника, де знаходиться зона осипання борозенки. Звідси випливає, що розсіювачі насіння з ланцюгом підвищують роботу всього робочого органу, а також вони мають тенденцію до самоочищення від ґрунту.

Сошники з передньою подачею мають схожу картину розподілу зернівки, яка становить близько 85 відсотків, насіння укладається по центру бороздки. Але сошник по першому типу має трохи більший розкид зернівки по ширині насіннєвого ложа. Це пояснюється тим, що коли відбувається подача насіннєвого матеріалу в сторону точки сходження дисків, на яких є шар налиплого вологого ґрунту, окреме насіння коли стикається з ґрунтом, має тенденцію відкидатися разом з нею назад, а так само в різні боки. В робочому органі по другому типу зернівка подається туди, де диски сошника вже розходяться, це виключає прилипання насіння до налиплого ґрунту і відповідно зменшується їх розкидання. Можна зробити висновок, що від способу подачі насіннєвого матеріалу залежить їх розподіл по ширині насіннєвого ложа і глибині закладення.

Зернівку необхідно подавати туди, де обмеження вертикальним діаметром і тією точкою, де диски розходяться на відстань, яке тішки більше насіння. На якість заробки зернівки на задану глибину чимало впливає швидкість, з якою рухається робочий орган сівалки.

Випробування показали, що на перезволожених ґрунтах і підвищених швидкостях перевагу має сошник з передньою подачею [18].

Так само широке застосування розподільники насіння отримали в сошниках для підґрунтового-розкидного посіву зернових культур. Розподільні пристрої цих сівалок встановлюються в підсошниковому просторі і мають різноманітність форм і розмірів виконання [17].

Розглянемо класифікацію розподільників насіння за конструктивними особливостями.

Пневматичні розподільники насіння застосовують, в основному, в сівалках з великою шириною захвату робочого органу, при неможливості рівномірного розподілу насіння за допомогою пасивного розподільника.

Недоліками даного розподілу є: пошкодження насіння, нерівномірний розподіл в міждисковому просторі, використання вентилятора. Активні розподільники, що приводяться в рух за рахунок додаткових приводів і допоміжних пристроїв, є складними у виготовленні і не надійними у використанні [16,17].

Тому більшість розподільників для зернових сівалок є пасивними і використовують енергію вільного падіння насіння. Це означає, що насіння, з посівного апарату потрапляють в насіннєпровід і рухаються по ньому за рахунок дії сили тяжіння до зіткнення з розподільником. З урахуванням накопиченої кінетичної енергії зернівки відбувається подальший їх розподіл по дну борозенки.

Висновки, мета и завдання досліджень

В результаті здійсненого аналізу та порівняння різних існуючих посівних агрегатів, існуючих експериментальних посівних машин, а також патентного дослідження різних сошників для сівби зернових культур можна зробити наступні висновки:

1. Огляд досліджень по обґрунтуванню параметрів робочих органів зернових сівалок показав, що в даний час ведеться робота по удосконаленню існуючих конструкцій, технологій для сівби.

2. Аналіз існуючих технологій і агрегатів для сівби зернових культур показав, що найбільш підходящими для умов де спостерігається дефіцит опадів, високі температури повітря і малі запаси вологи в ґрунті, є сівалки з дводисковими сошниками, а спосіб сівби смуговий. Однак і цей спосіб сівби і дана конструкція сошника потребують удосконалення.

Відповідно до викладеного поставлені наступні задачі досліджень:

1. Обґрунтувати вибір матеріалу розсіювача насіння дводискового сошника.

2. Розробити математичну модель руху зернівки при зіткненні з розсіювачем.

3. Обґрунтувати основні параметри розсіювача сошника.

4. Визначити техніко-економічну ефективність застосування розсіювача сошника.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Програма досліджень

Рівномірне розподілення зернових по площі живлення при обробітку зернових культур є одним із основних факторів, який у подальшому впливає на розвиток рослини та урожайності. Робочі органи висівальних апаратів повинні мати параметри, що забезпечують рівномірність розподілу насіння в рядку.

Дослідження передбачають знаходження залежності розподілу насіння від параметрів робочого органу дискового сошника. Для вирішення поставлених завдань була складена програма експериментальних досліджень, що містить наступне:

- розробка дискового вузькорядного сошника з розподілювачем насіння зернових культур для смугового способу сівби;
- розробка установки для проведення лабораторних досліджень;
- отримання оціночних показників, що описують процес рівномірності розподілу насіння;

Результати досліджень із запропонованим розсіювачем насіння порівняти з результатами роботи вузькорядної сівалки СЗУ-3,6.

2.2. Методика досліджуваних параметрів

Необхідно встановити вплив властивостей матеріалу розсіювача на кінцеву швидкість польоту зернівки.

Для обґрунтування вибору матеріалу з якого буде виконаний розсіювач насіння необхідно провести теоретичні дослідження по визначення

залежності післяударної швидкості польоту зернівки від модуля пружності матеріалу.

Після знаходження області оптимуму значення модуля пружності, при якій відбудеться максимальне зниження швидкості польоту насіння, необхідно провести підбір найбільш поширеного матеріалу з модулем пружності які входять у цю область.

Після ударна швидкість насіння залежить також і від коефіцієнтів, що враховують пружні властивості матеріалів і втрату кінетичної енергії на деформацію розсіювача. Тоді виникає необхідність проведення експериментів з метою знаходження цих коефіцієнтів: коефіцієнта відновлення після удару K_e і коефіцієнта втрати кінетичної енергії $K_{\delta\delta}$.

Коефіцієнт відновлення після удару K_e враховує пружні властивості співударяючих тіл. Його значення при ударі тіла об нерухому перешкоду дорівнює відношенню швидкості тіла після удару u до швидкості на початку удару v :

$$K_B = \frac{u}{v}. \quad (2.1)$$

Значення K_e можна визначити за допомогою формули Галілея [18]:

$$K_B = \sqrt{\frac{h}{H}}. \quad (2.2)$$

де h – висота відскоку після удару;

H – висота з якої падає тіло.

Висоту відскоку h можливо визначити тільки експериментальним шляхом.

Коефіцієнт, що враховує втрату енергії, яка затрачена на деформацію клавів розсіювача $K_{\delta\delta}$ безпосередньо залежить від динамічної δ_d і статичної δ_e деформації клавів в напрямку удару і теоретично знаходяться за

формулами. Для підтвердження розрахункових даних δ_o і δ_c були проведені експериментальні дослідження.

При постановці експериментів скористалися таким обладнанням і приладами [19]:

- 1) сталевая горизонтальна поверхня;
- 2) лінійка мірна (похибка 0,0005 м.);
- 3) цифрова фотокамера для швидкісної зйомки (720p HD 240 кадрів/с);
- 4) зразки насіння пшениці.

Порядок проведення експерименту по визначенню K_g : зразок встановлюється на задану висоту H і відпускається. За допомогою швидкісної фотозйомки реєструється висота відскоку після удару h .

Експеримент проводиться за встановленою в програмі послідовності. Після чого за результатами визначають середньоарифметичне значення відскоку насіння для даного зразка (сорт насіння) від матеріалу з якого виконаний розсіювач з урахуванням похибок.

Залежно від складу ґрунту, його фізико-механічних властивостей багато в чому залежить якість сівби і надалі врожайність.

Твердість ґрунту знаходилась за виразом:

$$P = \frac{hq}{F}, \quad (2.3)$$

де h – середня ордината діаграми щільності ґрунту, мм;

g – жорсткість встановленої пружини, кг/мм;

F – площа основи плунжера, см².

Для проведення експериментів нами застосовувався твердомір системи Ю.Ю. Ревякіна який мав жорсткість пружини $g = 1,33$ кг/мм.

Для того щоб визначити твердість ґрунту, повторність вимірів проводилася не менше ніж 25 разів по всій площі ґрунтового каналу. Для

визначення середньої твердості ґрунту вимірювання проводилися в шарах: 1) 0- 10 см. 2) 10 - 20 см. 3) від 20 і до кінця орного шару.

Для визначення вологості ґрунту скористалися такою формулою:

$$A = \frac{m_b - m_c}{m_c} \cdot 100\%, \quad (2.4)$$

де m_b – маса вологості ґрунту;

m_c – маса сухого ґрунту.

Проби ґрунту з різних глибин засипалися в бюкси і проводилося зважування. Після чого вони висушувалися в сушильній шафі протягом приблизно 5-7 год. При середній температурі 100-105°C.

Для визначення рівномірності розподілу насіння вздовж рядка використовують метод, в якому два способи вимірів: дистанційний і секційний. При дистанційному способі замірялася відстань між насінням в рядку, а при секційному підраховувалася кількість насіння в 5 сантиметрових відрізках рядка. Так само застосовувався спосіб з використанням квадратів зі стороною 5 см., проте даний спосіб має істотний недолік, пов'язаний з тим, що він не враховує крайні можливі випадки розподілу насіння.

Оптимальна площа живлення насіння при дистанційному способі вимірів повинна мати форму кола [16, 20]. Розподіл насіння по дну насіннєвого ложа можна вважати рівномірним, якщо при однаковій нормі висіву, відстань між насінням в кожному з напрямків максимально можлива для більш кращого живлення рослини. Оптимальний радіус площі живлення становить 5 см. [20] (рис. 2.1).

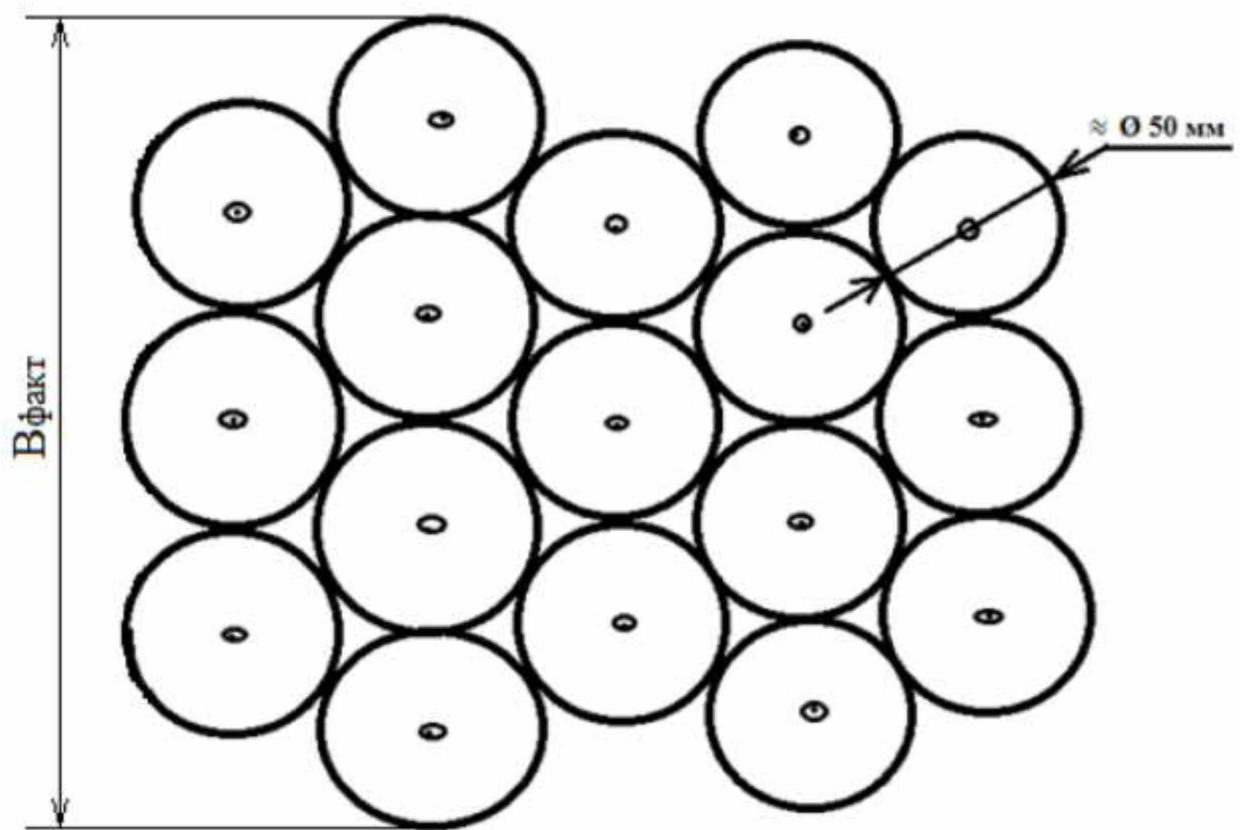


Рисунок 2.1 – Оптимальний розподіл насіння

За критерій, який показує рівномірність розподілу насіння були прийняті такі статистичні показники:

- 1.Средні арифметичні величини відстаней між окремим насінням;
2. Середньоквадратичне відхилення насіння;

Проводиться вимірювання відстані між насінням L до найближчого насіння, умовно проводиться радіус кіл навколо кожної насінини R . Далі аналізується, при яких значеннях проведених кіл почнуться конфлікти з найближчими насінням. Потім визначаємо фактичну ширину ложа після профілеутворювача в міждисковому просторі експериментального сошника $B_{факт}$.

При проведенні експериментів була застосована методика, в якій рівномірність розподілу насіння по площі служила оцінкою якості сівби при певній нормі висіву.

При проведенні експериментальних і польових дослідів необхідно використовувати один і той же насіннєвий матеріал.

Всі дослідження проведені на експериментальній лабораторній установці з виготовленими розсіювачами насіння, що мають різні технологічні та геометричні параметри (рис.2.2).



Рисунок 2.2 – Експериментальні розсіювачі

Для сівби велике поширення одержав вузькорядний спосіб сівби зернових культур, з використанням зернотукової вузькорядної сівалки СЗУ-3,6. Дана сівалка передбачає сівбу з міжряддям 7-8 см. Сошник сівалки має кут між дисками 18° (рис. 2.3). При роботі сівалки диски 1 сошника утворюють дві борозенки відстань між якими 7-8 см. Зернівка з насінєпровода ділиться на два потоки за рахунок ділильної воронки 2, яка кріпиться до горловини корпусу сошника.



Рисунок 2.3 – Дводисковий сошник: 1 - диск; 2 - воронка ділильна

Недолік даного сошника – загущеність насіння в рядках.

Щоб уникнути загущеності насіння запропонований дводисковий вузькорядний сошник для смугової сівби [21], що складається з корпусу (1), двох дисків (2), профілеутворювача ложа (3) і розподільника насіння (4) (рис. 2.4).

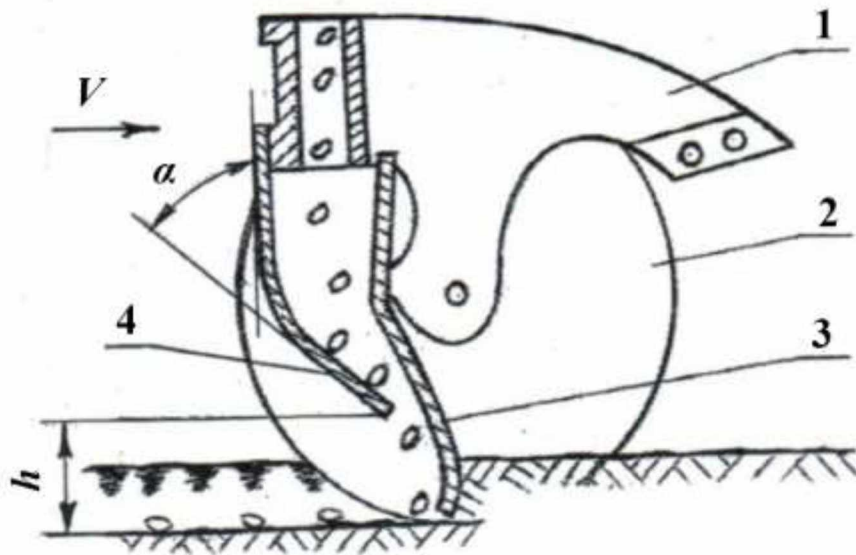


Рисунок 2.4 – Схема вдосконаленого дводискового сошника: 1 – корпус; 2 – диск; 3 – профілеутворювач; 4 – розподільник.

Під час руху сівалки, диски (2) формують дві борозни з міжряддям 6,5...7 см. Профілеутворювач (3), розташований в міждисковому просторі (2), формує ложе, зсунувши при цьому ґрунт з міжряддя до дисків (2). Після насіннепровода насіння потрапляє на розподільник (4) і розподіляється між дисками шириною 6 - 6,5 см.

На рисунку 2.5 представлений модифікований сошник.



У модифікованому сошнику встановлювався розсіювач насіння, що має цілісну плоску форму. При зіткненні насіння з поверхнею розсіювача швидкість його падіння висока, що призводить до порушення рівномірності рядка висівання. А також при зіткненні відбувається пошкодження насіння. Для підвищення рівномірного розподілу зернівки нами був розроблений клавішний розсіювач насіння [21]. Після насіннепровода потік насіння надходить на пластини-клавіші розсіювача, де насіння, за рахунок прогинання пластин, амортизують і знижують швидкість падіння. Після чого насінневий потік розподіляється по всій ширині насінневого ложа. Даний технічний результат дозволить підвищити якість розподілу насіння по площі.

Висновки

У відповідності з поставленими завданнями при проведенні експериментальних досліджень були використані існуючі та розроблено окремі методики по визначенню основних конструктивних і технологічних параметрів модернізованої сівалки СЗУ - 3,6.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Теоретичний аналіз процесу руху насіння

Рух насіння в процесі сівби слід почати аналізувати з кінематичного аналізу приводу катушкового механізму висівного апарату (рис. 3.1). На даному етапі, насіння набуває початкову швидкість:

$$V_n = \omega_k \cdot i \cdot r = \frac{V_{az}}{R_k} \cdot i \cdot r, \quad (3.1)$$

де ω_k – кутова швидкість котка,

V_{az} – лінійна швидкість руху агрегату (1...3 м/с),

R_k – радіус котка приводу (0,275 м.),

r – радіус катушки (0,025 м.),

i – передавальне відношення між віссю приводного колеса і валом висіваючої катушки [22].

При сівбі насіння катушковим апаратом, що обертається, катушка утворює біля себе обертальний кільцевий шар зернівки – активний шар.

Швидкість руху насіння цього шару в протилежному напрямку змінюється від максимальної швидкості, яка дорівнює коловій швидкості обертання самої катушки, до нуля на контурній лінії сфери впливу [23]. Швидкість руху зерна в активному шарі є змінною. Разом з тим для того щоб спростити розрахунки її умовно приймають постійною, а також дорівнює лінійній коловій швидкості ребер катушки:

$$V_k = \omega \cdot R, \quad (3.2)$$

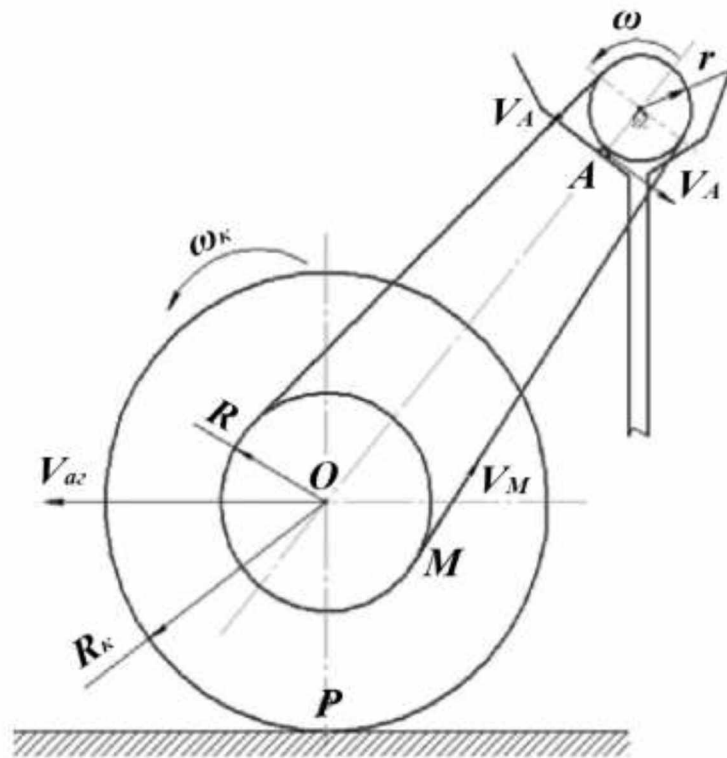


Рисунок 3.1. – Кінематична схема

Наближене значення V_k варіюється в межах 2,5 ... 7,5 см/с. Також замість дійсної товщини активного шару введемо наведену товщину [23]:

$$C = A + BL, \quad (3.3)$$

де A – початкова координата (1,5 ... 1,7 мм.);

L – робоча довжина котушки;

B – кутовий коефіцієнт (0,2 ... 0,3).

Колова швидкість зерна на виході з посівного апарату буде дорівнювати добутку кутової швидкості обертання котушки на радіус ребра котушки і буде направлена перпендикулярно радіусу.

Так як значення кута нахилу швидкості насіння до горизонту мале, то вертикальну складову швидкості насіння на виході з котушки можемо вважати рівною нулю. Початкова горизонтальна швидкість буде перебувати в межах від 2,5 см/с до 7,5 см/с в залежності від кутової швидкості обертання

катушки [23]. Тоді колова швидкість дорівнює горизонтальній швидкості руху насіння.

Наступним етапом слід розглянути рух насіння по насіннєпроводі. Якщо припустити, що насінина скочується по насіннєпроводу під деяким кутом α , тоді основне рівняння динаміки руху насіння матиме такий вигляд:

$$m\vec{a} = \sum \vec{F}_k, \quad (3.4)$$

де m – маса насіння;

$\vec{a}$ – вектор прискорення насіння;

$\vec{F}_k$ – сума сил, що діють на насіння.

Основні сили, що діють на насіння: сила тяжіння насіння ($\vec{G}$), сила тертя ($\vec{F}_{mp}$), а також сила нормальної реакції опори ($\vec{N}$) (рис.3.2) [24].

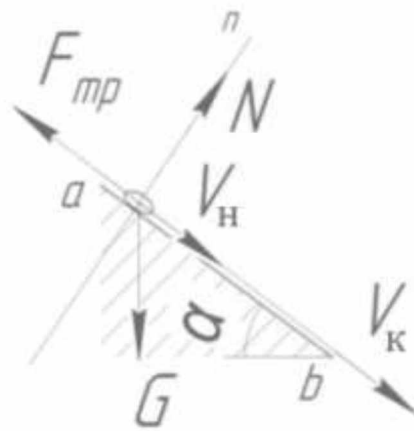


Рисунок 3.2 – Схема сил, що діють на насіння

Тоді рівняння (3.4) прийме наступний вигляд:

$$m\vec{a} = \vec{G} + \vec{F}_{mp} + \vec{N}. \quad (3.5)$$

У проекційному вигляді рівняння (3.5) прийме наступний вигляд:

$$ma = G \cdot \sin \beta - f_{mp} \cdot G \cdot \cos \beta, \quad (3.6)$$

де β – кут нахилу;

f_{mp} – коефіцієнт тертя.

Далі напишемо рівняння (3.6) в диференціальній формі:

$$\frac{dv}{dt} = g(\sin \beta - f \cdot \cos \beta). \quad (3.7)$$

Вводимо додаткові позначення:

$$g(\sin \beta - f \cdot \cos \beta) = A. \quad (3.8)$$

Отримуємо:

$$\frac{dv}{dt} = A. \quad (3.9)$$

Помноживши обидві частини рівняння (2.8) на dt проінтегруємо:

$$\int dv = \int A dt. \quad (3.10)$$

Після інтегрування (3.10) і введення деякої константи (C) отримуємо:

$$V = At + C. \quad (3.10)$$

Отримуємо, що швидкість насіння в насіннепроводі буде змінюватися згідно закономірності [24]:

$$V_b = At + V_a. \quad (3.11)$$

Після насіннєпроводу насіння потрапляє в міждисковий простір і до удару з розсіювачем знаходиться у вільному падінні. Аналізуючи рух приходимо до висновку, що динаміка руху насіння описується аналогічним виразом (3.5). Однак при вільному падінні насіння на нього буде діяти лише сила тяжіння ($\vec{G}$), тоді:

$$m\vec{a} = \vec{G}. \quad (3.12)$$

Далі за вищевказаним способом введемо деяку постійну (C_1) і проінтегрувавши отримуємо:

$$V = gt + C_1. \quad (3.13)$$

Прийнявши, що $V_{H1 \text{ гориз}}$ (рис. 3.3) буде прагнути до 0, то швидкість до удару об розсіювач сошника визначається за рівнянням [24]:

$$V_0 = gt + V_{H1} \cdot \sin \beta. \quad (3.14)$$

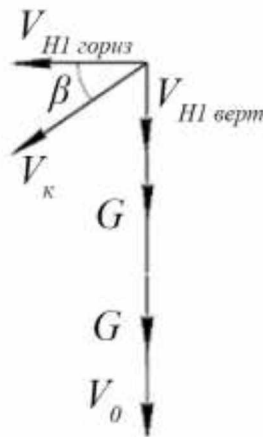


Рисунок 3.3 – Схема руху зернівки при виході з насіннєпроводу

Враховуючи класичну теорію удару, розраховуючи швидкість відображення застосовують коефіцієнт відновлення нормальної складової швидкості [24]:

$$K_B = \sqrt{\frac{H_1}{H_0}}, \quad (3.15)$$

де H_1 – висота відскоку зернівки;

H_0 – початкова висота падіння зернівки.

Швидкість насіння після удару, із застосуванням коефіцієнта відновлення, має такий вигляд [5]:

$$V_1 = V_0 \cdot K_B, \quad (3.16)$$

де V_0 – швидкість зернівки перед ударом.

Цей коефіцієнт може бути визначений тільки експериментальним шляхом, має залежність від пружних властивостей тіл, які співударяються і не включає в себе зміну швидкості насіння від втрати кінетичної енергії на згинання набору клавіш розподільника [25].

На швидкість падіння насіння так само впливають такі чинники як: початкова висота падіння зернівки H до того як відбулося зіткнення з розсіювачем, модуль пружності E , довжина клавіші розсіювача l , динамічне переміщення тіла в напрямку удару δ_0 , момент інерції J .

Математична модель об'єкта дослідження може бути сформульована таким чином:

$$y = \varphi(x_1, x_2, \dots, x_i), \quad (3.17)$$

де y – параметр (критерій) оптимізації;

$x_1, x_2, \dots, x_i$ – незалежні змінні (фактори), які піддаються варіюванню під час проведення експерименту.

Для спрощення розрахунків прийняті наступні допущення:

- розглядається рух одного зерна при зіткненні з однією клавішею розсіювача;

- насіння має форму кулі.

Енергія, яку отримало насіння до моменту удару – кінетична і може бути знайдена за формулою [25]:

$$T = \frac{mV_0^2}{2}, \quad (3.18)$$

де m – маса однієї зернівки/

Так як набір клавіш розподільника є рухомим, то виникає необхідність урахування втрат кінетичної енергії на деформацію розсіювача, тобто на роботу, що здійснює зернівка на вигин набору клавіш розподільника [7]:

$$A = N \cdot \delta_d, \quad (3.19)$$

де N – сила удару (mg);

δ_d – переміщення тіла в динаміці (рис. 3.4).

Розрахунок переміщення тіла в динаміці напрямку удару здійснюється за формулою [7]:

$$\delta_d = K_d \cdot \delta_c, \quad (3.20)$$

де K_d – динамічний коефіцієнт;

δ_c – деформація тіла в статиці.

Динамічний коефіцієнт знаходиться за формулою [7]:

$$K_d = 1 + \sqrt{1 + \frac{2H}{\delta_c}}, \quad (3.20)$$

де H – початкова висота падіння зернівки.

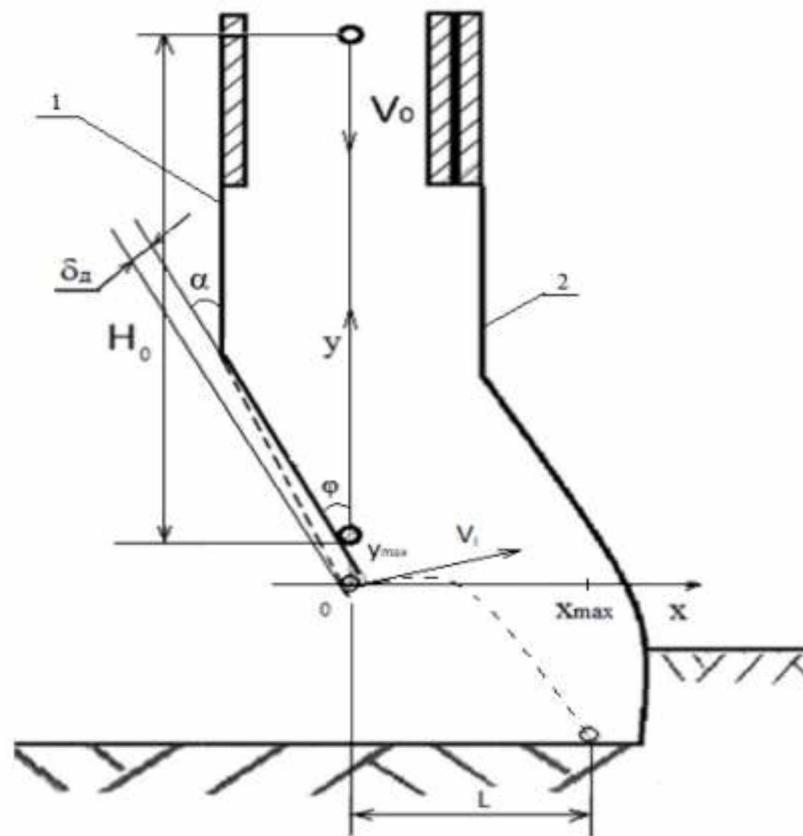


Рисунок 3.4 – Схема руху насіння в сошнику

Деформація в статичі ударного перерізу розраховується за наступною формулою [7]:

$$\delta_e = \frac{Ql^3}{3EJ}, \quad (3.21)$$

де l – довжина однієї клавиші розподільника;

E – модуль пружності (табличне значення);

J – момент інерції.

А момент інерції при поздовжній деформації визначається [7]:

$$J_x = \frac{hb^3}{12}, \quad (3.22)$$

де h і b – ширина і товщина клавіші відповідно.

Енергія втрачена насінням на тертя при ударі [5]:

$$T_{mp} = F_{mp} \cdot S_{mp}, \quad (3.23)$$

де F_{mp} – сила тертя;

S_{mp} – шлях тертя.

Звідси випливає, що кінетична енергія зернівки після зіткнення [5]:

$$T_1 = T_0 - A - T_{mp}, \quad (3.24)$$

Для того щоб оцінити втрати енергії на прогинання клавіш розподільника введемо поняття коефіцієнта ($K_{\delta\delta}$), який описує залежність післяударної швидкості польоту зернівки від втрат кінетичної енергії на деформацію розсіювача. Визначити даний коефіцієнт можна по залежності [7]:

$$K_{\delta\delta} = \sqrt{\frac{T_0 - \left(\frac{4(mg)^2 \cdot l \cdot K_{\delta\delta}}{E \cdot a \cdot h^3} \right) - T_{mp}}{T_0}}. \quad (3.25)$$

Звідси випливає, що швидкість зернівки після удару, з урахуванням різних властивостей матеріалу, а також втрати кінетичної енергії на прогинання клавіші розподільника прийме наступний вигляд:

$$V_1 = V_0 \cdot K_B \cdot K_{\delta\delta}. \quad (3.26)$$

Траєкторію, по якій рухається насіння після зіткнення з розподільником можна розрахувати за формулою [5]:

$$y = \operatorname{tg} \varphi \cdot x - g \cdot x^2 / 2V_1^2 \cdot \cos^2 \varphi. \quad (3.27)$$

де α – кут падіння, град.;

y і x – координати точки зіткнення, м.

Траєкторія руху насіння набуде вигляду параболи, яка буде проходити через початок координат і вісь якf паралельна осі ординат (рис. 3.5). Підставивши значення $y = 0$ в рівняння, отримаємо два значення змінної x . Одне дорівнюватиме нулю, а друге буде визначати дальність відльоту [5]:

$$x_{\max} = V_1^2 \cdot \sin 2\varphi / g. \quad (3.28)$$

Змінюючи в рівняння змінну x на величину рівну половині дальності відльоту, можна визначити максимальну висоту підйому зернівки [5]:

$$y_{\max} = V_1^2 \cdot \sin^2 \varphi / 2g. \quad (3.29)$$

Для запобігання подальшого удару насіння об профілеутворювач має виконуватися така умова: максимальна дальність польоту насіння після удару $x_{\max}$ повинна бути менше відстані до профілеутворювача x_2 (рис. 3.5).

Для більш повного розуміння траєкторії польоту насіння до зустрічі з ґрунтом необхідно скористатися паралельним перенесенням системи координат, таким чином, що точка початку координат M має координати X_I і Y_I (рис. 3.2). Відповідно для знаходження координат всіх точок що проєктуються з початкової системи координат $f(x; y)$ на нову $f(X; Y)$, скористаємося формулою:

$$\begin{cases} X = a + x; \\ Y = b + y. \end{cases} \quad (3.30)$$

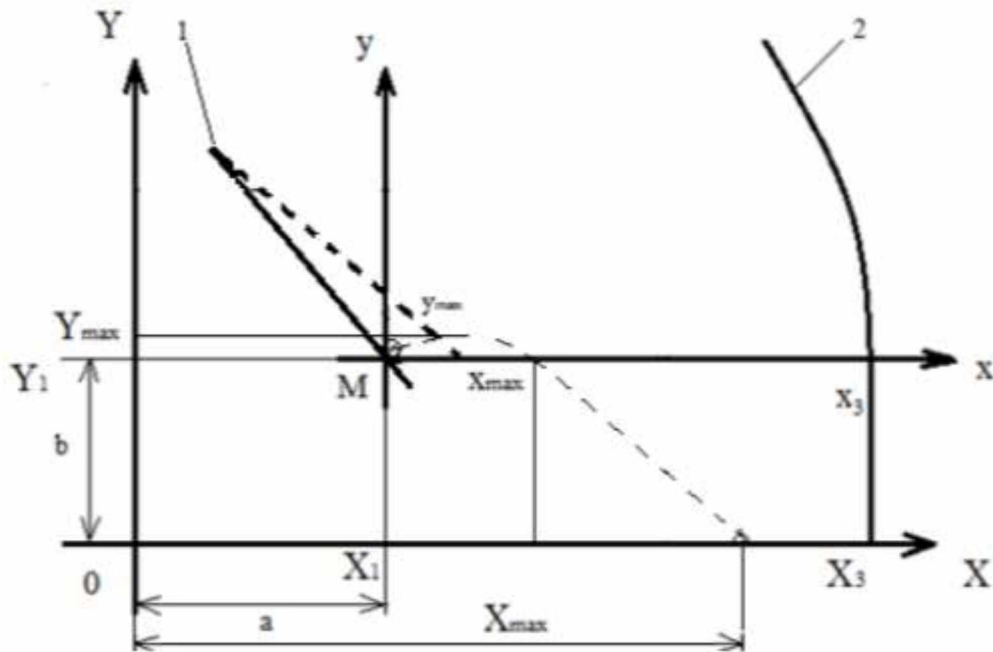


Рисунок 3.5 – Паралельний перенос системи координат

Система координат $f(X; Y)$ має реальні значення по осях X і Y , що визначають положення розсіювача в міждисковому просторі. Таким чином максимальна висота підйому насіння в новій системі координат визначається як:

$$Y_{\max} = b + y_{\max}. \quad (3.31)$$

Так як траєкторією руху насіння після удару є парабола, то висота підйому буде визначатися як:

$$Y = \operatorname{tg} \varphi \cdot X - g \cdot X^2 / 2V_1^2 \cdot \cos^2 \varphi = -b. \quad (3.32)$$

Отримуємо рівняння другого порядку:

$$Y = \operatorname{tg} \varphi \cdot X - g \cdot X^2 / 2V_1^2 \cdot \cos^2 \varphi + b. \quad (3.33)$$

Для вирішення даного рівняння знайдемо дискримінант:

$$D = tg^2 \varphi + 4gb / 2V_1^2 \cdot \cos^2 \varphi. \quad (3.34)$$

Так як $D > 0$, тому рівняння буде мати два значення X , найбільше значення визначить максимальну дальність відльоту насіння після удару в новій системі координат:

$$X_{\max} = \frac{(-tg\varphi + \sqrt{D}) \cdot 2V_1^2 \cdot \cos^2 \varphi}{2g}. \quad (3.35)$$

Одержані залежності для визначення швидкості падіння насіння і траєкторії їх руху після удару об розподільник, з урахуванням втрати кінетичної енергії, витраченої на деформацію клавiш. Встановлено незалежні змінні (фактори) визначають кінцеву швидкість падіння зернівки, які можна варіювати при постановці експерименту.

3.2. Обґрунтування матеріалу розсіювача і результати знаходження швидкісних коефіцієнтів

Для обґрунтування вибору матеріалу розсіювача сошника були проведені теоретичні дослідження по знаходженню залежності післяударної швидкості польоту зернівки від модуля пружності матеріалу, скориставшись формулами, представленими вище. Результати отриманих розрахунків представлені на рисунку (3.6)

Для підтвердження розрахункових даних був проведений однофакторний експеримент залежності післяударної швидкості польоту зернівки від модуля пружності матеріалу. Дані експериментів представлені на рисунку (3.6).

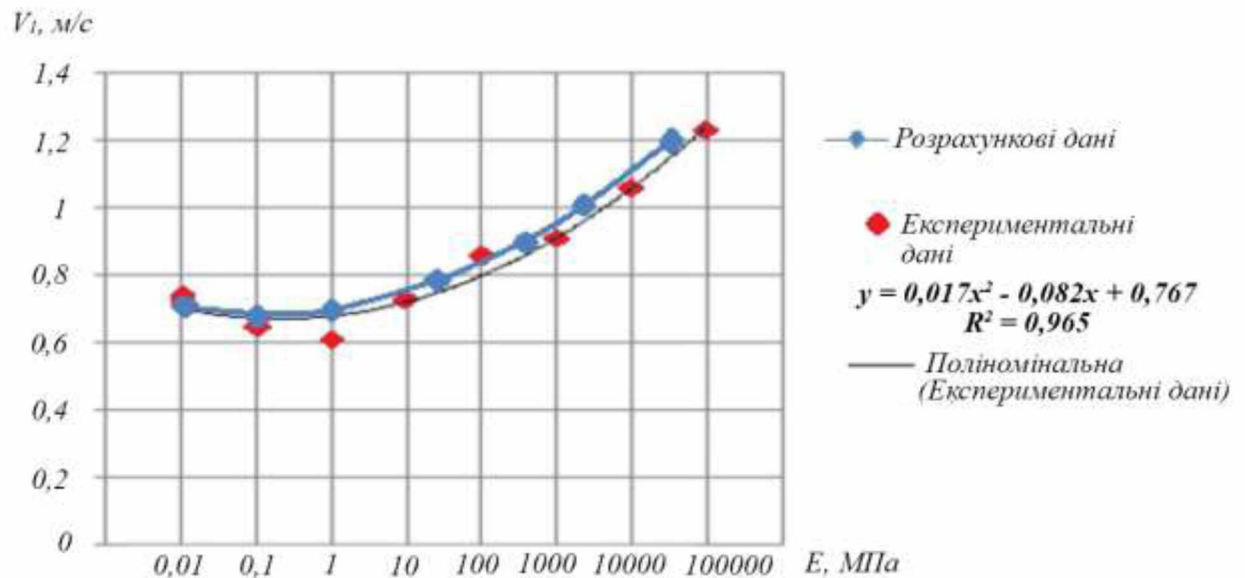


Рисунок 3.6 - Залежність післяударної швидкості польоту зернівки від модуля пружності матеріалу

З графіка видно, що область оптимального значення модуля пружності знаходиться в межах від 0,1 до 10 МПа. Достовірність отриманих даних підтверджується коефіцієнтом детермінації ($R^2 = 0.965$).

Для подальших експериментів, на підставі теоретичних досліджень, було вибрано два матеріали з модулем пружності відповідних обраних галузі і матеріалу прототипу, які представлені в наступній таблиці (3.1).

Таблиця 3.1 – Основні параметри досліджуваного матеріалу

Матеріал	b , м	h , м	E , МПа	l , м
Алюмінієво-марганцевий сплав 3004 (ДСТУ 3753-98)	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01	0,7	0,1
Поліетилентерефталат (ДСТУ 7372:2013)	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01	9	0,1
Листова сталь (ДСТУ 8540:2015)	$3 \cdot 10^{-4}$	0,01	300000	0,1

Результати середнього значення коефіцієнта відновлення K_e показані в таблиці (3.2).

Таблиця 3.2 – Значення коефіцієнта відновлення в залежності від зернової культури і матеріалу розсіювача

Матеріал розсіювача	Середнє значення K_e
Алюмінієво-марганцевий сплав 3004 (ДСТУ 3753-98)	0,34
Поліетилентерефталат (ДСТУ 7372:2013)	0,36
Листова сталь (ДСТУ 8540:2015)	0,54

З таблиці видно, що найменше значення коефіцієнта відновлення K_e вийшло при використанні алюмінієво-марганцевого сплаву.

Так само по вищевикладеній методиці були проведені експерименти по визначенню статичного і динамічного переміщення клавіші розсіювача. При проведенні експериментів параметри розсіювача насіння мали середні значення, але однакові для всіх видів матеріалу виготовлення. Дані експериментів представлені в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Експериментальні значення коефіцієнтів

δ_c , м	δ_d , м	K_e	$K_{\delta d}$	V_I , м/с
$3,1 \cdot 10^{-3}$	$16,1 \cdot 10^{-3}$	0,34	0,51	0,65
$2,8 \cdot 10^{-3}$	$14,5 \cdot 10^{-3}$	0,36	0,68	0,90
$0,1 \cdot 10^{-3}$	$1,2 \cdot 10^{-3}$	0,54	0,83	1,65

Результати розрахункових значень представлені в таблиці (3.4).

Таблиця 3.4 – Розрахункові значення основних показників і коефіцієнтів

V_0 , м/с	δ_c , м	δ_d , м	A , Дж	T_{mp} , Дж	T_0 , Дж	$K_{\delta d}$	V_1 , м/с
3,7	$3,14 \cdot 10^{-3}$	$15,96 \cdot 10^{-3}$	$6,36 \cdot 10^{-5}$	$14 \cdot 10^{-7}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	0,5143	0,637
3,7	$2,89 \cdot 10^{-3}$	$14,28 \cdot 10^{-3}$	$4,21 \cdot 10^{-5}$	$6 \cdot 10^{-7}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	0,674	0,874
3,7	$0,14 \cdot 10^{-3}$	$1,16 \cdot 10^{-3}$	$0,81 \cdot 10^{-5}$	$15 \cdot 10^{-7}$	$2,74 \cdot 10^{-4}$	0,821	1,58

Дані, отримані в ході експериментів, мають незначні відхилення від розрахункових в межах похибки. Найбільш підходящим матеріалом є алюмінієво-марганцевий сплав 3004, який має модуль пружності $E = 0,7$ МПа і забезпечує зниження швидкості до 0,65 м/с. З огляду на це, експериментальні розсіювачі насіння були виконані саме з цього сплаву.

3.3. Результати формування смуги висіву насіння

Після того як були проведені теоретичні дослідження і виконані розрахунки для дослідного доказу оптимальних параметрів розподільника при використанні смугового способу висіву були виготовлені експериментальні зразки. На рисунку (3.7) представлені основні розміри і загальний вигляд виготовлених розсіювачів модифікованого дводискового сошника для смугового посіву зернових культур.

З таблиці (3.4) видно, що найбільш відповідним матеріалом є алюмінієво-марганцевий сплав 3004, який має модуль пружності $E = 7 \cdot 10^5$ Па. З огляду на це експериментальні розсіювачі для формування смуги висіву насіння були виконані саме з цього сплаву. В наступній таблиці (3.5) представлені основні параметри виготовлених клавішних розсіювачів дискового сошника для смугового способу посіву.

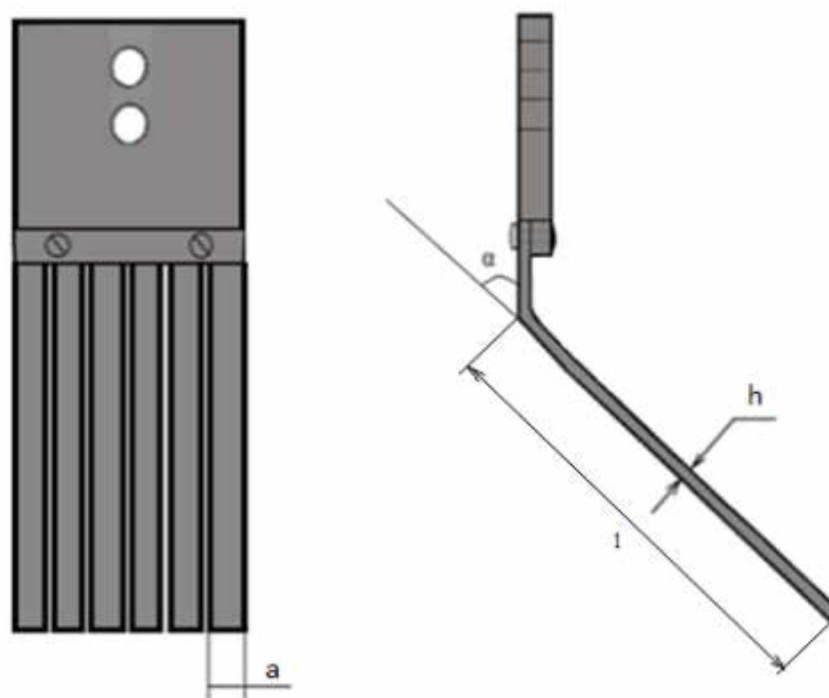


Рисунок 3.7 – Загальний вигляд і умовні позначення розмірів досліджуваних розсіювачів насіння, де l – довжина клавіші розсіювача, м.; a – ширина клавіші розсіювача, м.; h – товщина клавіші розсіювача, м.; α – кут нахилу клавіші розсіювача, рад.

Таблиця 3.5 – Основні показники досліджуваних розсіювачів

Розсіювач насіння	l , м	a , м	h , м	α , рад
Експериментальний 1	0,07	0,015	$3 \cdot 10^{-4}$	0,8
Експериментальний 2	0,09	0,014	$3 \cdot 10^{-4}$	0,8
Експериментальний 3	0,11	0,017	$3 \cdot 10^{-4}$	0,8
Експериментальний 4	0,07	0,018	$3 \cdot 10^{-4}$	0,8

Після проведення досліджень з експериментальними сошниками на лабораторній установці були отримані результати, які представлені в порівнянні з серійними в таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 – Основні показники якості роботи дводискових сошників з нормою висіву насіння пшениці 5 млн. шт. на га.

Показники	Сошники	
	Серійний	Експериментальний
Швидкість агрегату, м/с	1,9	
Рівномірність розподілу насінин по площі живлення		
Кількість насінин в комірках (5x5 см), шт.	Кількість насінин в комірках, %	
0	48	11
1	21	66
2	20	15
3	6	5
4	4	3
5	1	0
Кількість насінин, з розрахунковою площею живлення (25 см²), %	21	67
Число незасіяних комірок, %	52	11

На підставі отриманих даних з таблиці (3.6) побудований графік (рисунок 3.8).

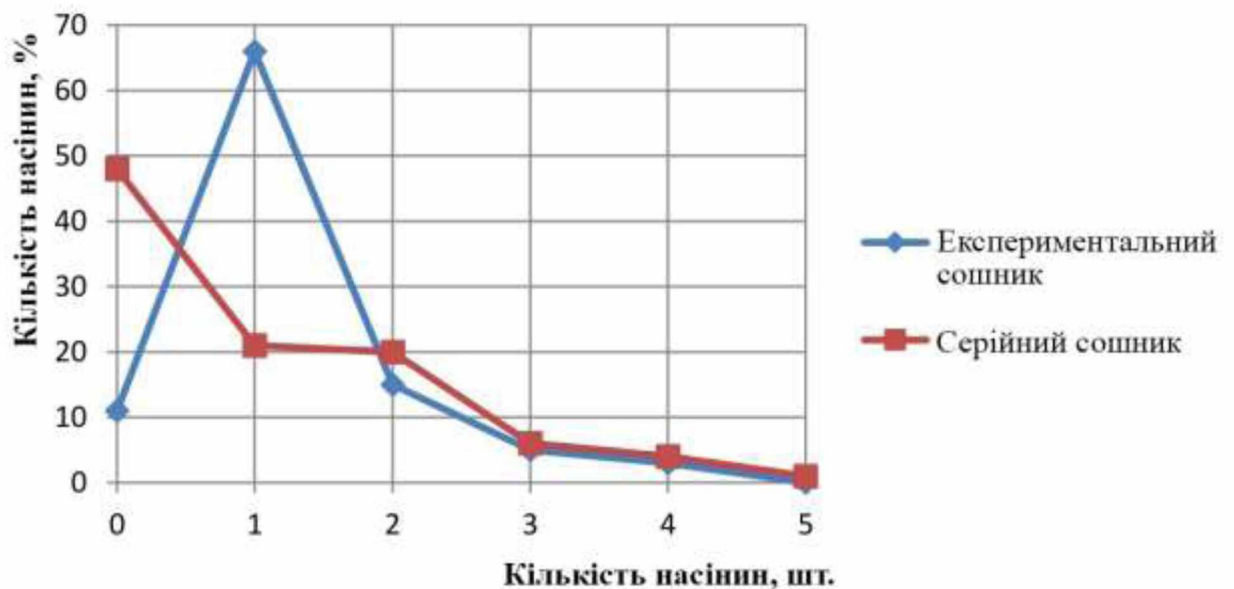


Рисунок 3.8 – Рівномірний розподіл зернівки по площі живлення

З рисунка (3.8) видно, що робочий орган сівалки з встановленими експериментальними розподільниками насіння більш повно задовольняють вимоги рівномірного розподілу насіння по дну борозенки, в порівнянні з серійним сошником.

3.4. Результати досліджень параметрів розсіювача насіння

Результати розрахунків залежності довжини клавiш розсіювача від післяударної швидкості польоту зернівки представлені в наступній таблиці (3.7).

Таблиця 3.7 – Розрахункові дані залежності довжини клавiш розсіювача від післяударної швидкості зернівки

№	Довжина клавiш, м	Післяударна швидкість насіння (V_I), м/с
1	0,05	0,9
2	0,06	0,83
3	0,07	0,76
4	0,08	0,7
5	0,09	0,67
6	0,1	0,65
7	0,11	0,67
8	0,12	0,7
9	0,13	0,76

Лабораторний дослід включав в себе визначення залежності післяударної швидкості польоту зернівки і довжини клавiш розсіювача.

Довжина клавiшi варіювалася в межах від 0,05 до 0,13 м. Результати однофакторного експерименту представлені в наступній таблиці (3.8).

Таблиця 3.8 – Результати проведення однофакторного експерименту залежності післяударної швидкості зернівки від довжини клавів розсіювача

Довжина клавів, м	Післяударна швидкість насіння (V_l), м/с		Середнє значення
	Вихід 1	Вихід 2	
0,05	0,83	0,87	0,85
0,06	0,82	0,8	0,81
0,07	0,72	0,68	0,7
0,08	0,65	0,65	0,65
0,09	0,65	0,65	0,65
0,1	0,65	0,61	0,63
0,11	0,63	0,65	0,64
0,12	0,76	0,76	0,76
0,13	0,84	0,76	0,8

В результаті проведених розрахунків і дослідів була отримана графічна залежність, яка представлена на наступному рисунку (3.9).

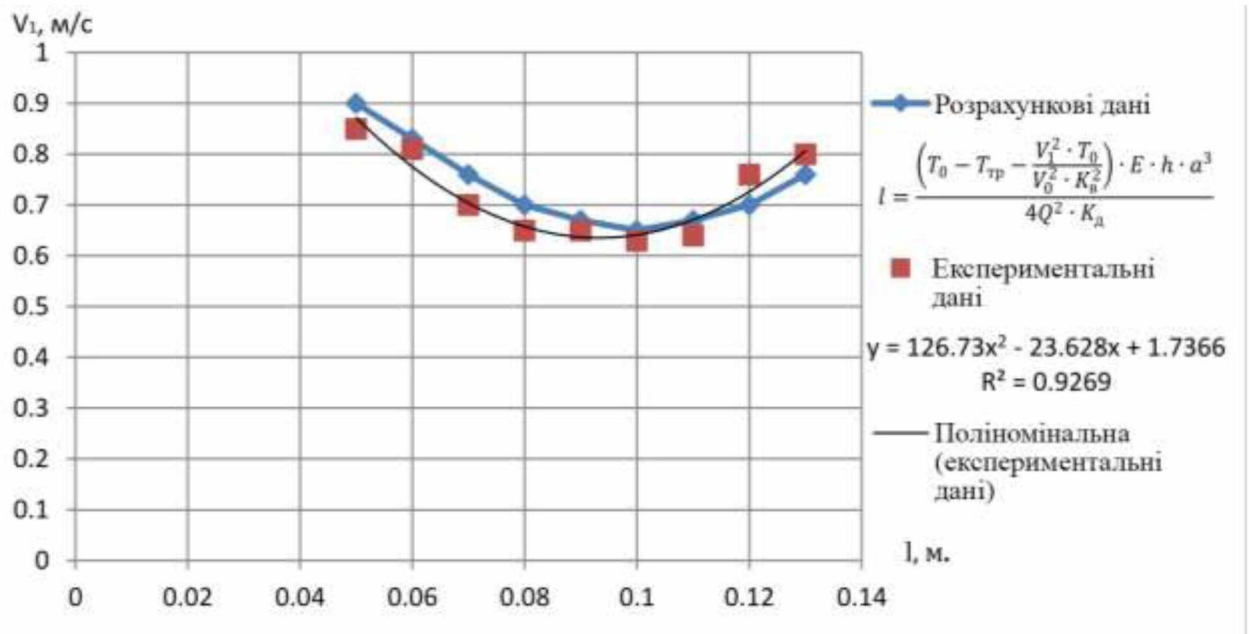


Рисунок 3.9 – Залежність післяударної швидкості зернівки (V_l) від довжини клавів розсіювача (l)

З рисунка (3.9) видно, що найбільш оптимальне значення довжини клавiшi розсiювача знаходиться в межах вiд 0,08 до 0,11 м.

Результати проведених розрахункiв залежностi пiсляударної швидкостi польоту зернiвки вiд кута нахилу клавiш розсiювача представленi на наступному рисунку (3.10).

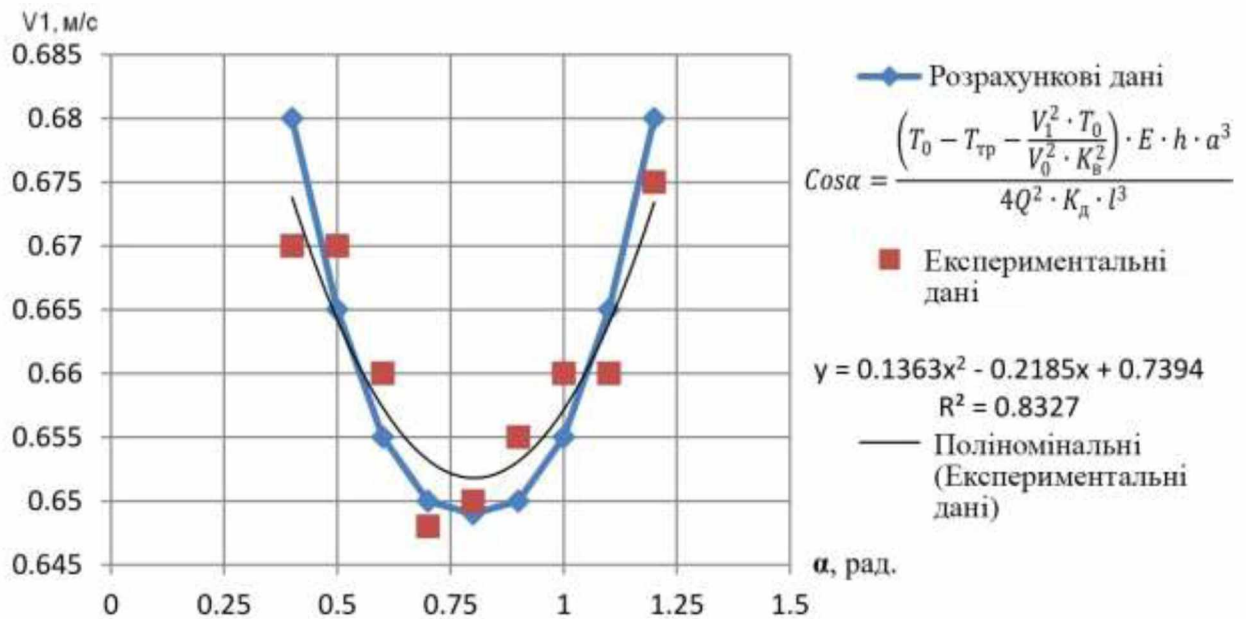


Рисунок 3.9 – Залежність післяударної швидкості зернівки (V_1) від кута нахилу клавiш розсiювача (α)

При аналізі отриманих даних було виявлено оптимальне значення фактора на нульовому рівні, таким чином інтервали варіювання є несуттєвими.

Отримані дані підтверджують теоретичні передумови, що при ударі насіння об клавiшу розсiювача відбувається деформація останньої.

Кнопка за рахунок динамічного переміщення в напрямку удару змінює кут нахилу, за рахунок чого насіння втрачає частину кінетичної енергії.

Прогинання клавiшi відбувається на один і той же кут незалежно від початкового положення. Початковий кут установки розсiювача впливає, в основному, на тертя при ударі, проте дана величина є несуттєвою.

Висновки

За результатами досліджень, можна зробити наступні висновки:

1. Розроблено математичну модель руху зернівки після удару з розсіювачем, що дозволяє визначати кінцеву швидкість насіння з урахуванням властивостей матеріалу і параметрів робочого органу сошника.

Теоретично і експериментально встановлено оптимальне значення кута нахилу розсіювача ($\alpha = 0,8$ рад.), довжини ($l = 0,1$ м), ширини ($a = 0,01$ м) і товщини ($h = 3 \cdot 10^{-4}$ м) клавiшi розсіювача насіння дискового сошника.

2. Обґрунтовано вибір матеріалу клавiшного розсіювача насіння. Застосування набору клавiш виконаних з алюмінієво-марганцевого сплаву 3004 (ДСТУ 3753-98) призводить до зниження післяударної швидкості зернівки до 76,53% в порівнянні з існуючим цільнометалевим розсіювачем.

3. За результатами проведених експериментів отримана середня відстань між насінням $y = 0,057$ м., при висоті установки розсіювача над дном борозенки $h_p = 0,051$ м., довжині клавiшi розсіювача $l = 0,09$ м і швидкості руху сошника $V = 2,294$ м/с. Середнє квадратичне відхилення відстані між насінням $\sigma = 0,003$.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

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

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

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

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

4.2. Охорона праці

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

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

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

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

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

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

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

Висновки щодо підвищення стану охорони праці

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

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

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок

Одним з базових показників визначення ефективності нової техніки є річний приведений економічний ефект, що складається з різниці приведених витрат існуючої і дослідної техніки, через нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень:

$$E_p = \left[(\Pi_{\text{ит.б}} - \Pi_{\text{ит.н}}) + \Delta Y \right] \cdot B_z, \quad (4.1)$$

де $\Pi_{\text{ит.б}}$ і $\Pi_{\text{ит.н}}$ – питомі витрати базового і дослідного агрегату відповідно, грн./га;

ΔY – додатковий економічний ефект при зміні кількості продукції, одержуваної новою технікою, грн./га;

B_z – зональне річне напрацювання техніки, год.

Питомі приведені витрати:

$$\Pi_{\text{ит}} = Z_{\text{ит}} + E_n \cdot K_{\text{ит}}, \quad (4.2)$$

де $\Pi_{\text{ит}}$ – експлуатаційні витрати, грн./га;

E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень 0,15;

$K_{\text{ит}}$ – питомі капітальні вкладення, грн./га.

Для визначення капітальних питомих вкладень скористаємося формулою:

$$K_{\text{нм}} = \frac{B}{T_3 \cdot W_{\text{ек}}}, \quad (4.3)$$

де B – балансова вартість техніки, грн.;

$W_{\text{ек}}$ – продуктивність машини за годину, га/год.;

T_3 – річне зональна завантаження, год.

Вартість машини включає в себе витрати на транспортування, монтаж, торгову націнку.

Ціна модифікованої сівалки розраховується за такою формулою:

$$K_{\text{ем}} = \frac{M_e}{M_q} \cdot K_q, \quad (4.4)$$

де K_q – ціна базової моделі сівалки, грн.;

M_q – маса базової моделі сівалки СЗУ-3,6, кг;

M_e – маса експериментальної сівалки, кг.

Так само необхідно визначити продуктивність експериментального посівного агрегату:

$$W_e = 0,360 \cdot V \cdot B \cdot \tau, \quad (4.5)$$

де V – швидкість посівної машини, м/с;

B – ширина захвату, м;

τ – коефіцієнт використання змінного часу ($\tau = 0,75$).

Потім визначаємо питомі експлуатаційні витрати:

$$Z_{\text{нм}} = P + A + Z + \Gamma + \Pi, \quad (4.6)$$

де P – витрати на планове технічне обслуговування, а також поточний ремонт грн./рік;

A – амортизаційні відрахування на реновацію, грн./га;

$З$ – заробітна плата грн./га;

Γ – вартість ПММ, грн./га;

Π – інші витрати, грн./га.

Для визначення витрат на поточний ремонт скористаємося такою формулою:

$$P = \frac{B \cdot (R_k + R_t)}{W_e \cdot T_3}, \quad (4.7)$$

де R_k, R_t – коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт.

Визначення приблизної вартості ПММ:

$$\Gamma = \frac{N_{\text{дв}} \cdot q \cdot \alpha \cdot \Pi}{100 \cdot W_e}, \quad (4.8)$$

де q – питома витрата палива, кг/кВт год.;

$N_{\text{дв}}$ – номінальна потужність двигуна, кВт;

α – коефіцієнт використання потужності двигуна;

Π – комплексна ціна одного кілограма дизпалива, грн./кг.

Також до витрат відноситься переобладнання, використання допоміжного персоналу та техніки, а також вартість всіх оборотних коштів.

Додатковий ефект від коливання кількості виробленої продукції:

$$\Delta U = [\Pi + (C_{\text{б}} - C_{\text{н}})] \cdot A_{\text{н}}, \quad (4.9)$$

де Π – ціна закупівлі одиниці продукції, грн./ц;

$A_{\text{н}}$ – підвищення врожаю від впровадження дослідної техніки, ц/га;

$C_{\text{б}}$ і $C_{\text{н}}$ – собівартість однієї продукції за різними варіантами, грн./ц.

В наступній таблиці (4.1) представлені результати розрахунку річного економічного ефекту, отриманого і застосуванням запропонованої і базової техніки.

Таблиця 4.1 – Розрахунок річного економічного ефекту

Показники	Одиниці вимірювання	Серійна сівалка СЗУ-3,6	Експериментальна на базі СЗУ-3,6
Прейскурантна ціна	грн.	360000	361254
Балансова вартість	грн.	383800	385137
Продуктивність за одиницю часу	а/год.	3,24	2,43
Річне навантаження	год.	70	70
Річне напрацювання	га	227	170
Обслуговуючий персонал	люд.	2	2
Затрати праці	люд.год./га	0,62	0,82
Елементи питомих експлуатаційних витрати:			
а) амортизаційні відрахування (на реновацію, поточний ремонт та ін.)	грн./га	81,35	88,45
б) вартість ПММ	грн./га	111,35	148,47
в) заробітна плата	грн./га	29,32	39,09
г) інші витрати	грн./га	21,15	28,53
Всього:	грн./га	375,67	444
Питомі капітальні вкладення	грн./га	1692,24	2264,18
Сума приведених витрат	грн./га	629,51	783,63
Додатковий економічний ефект від збільшення кількості виробленої продукції	грн./га		423

Розрахунок основних економічних показників показує, що впровадження експериментальних робочих органів зернової сівалки, дозволяє отримати річний економічний ефект у розмірі 51284 грн. на одну посівну машину. Термін окупності проекту становить 0,5 року.

Висновок

Проведена екологічна експертиза свідчить, що запропонований експериментальний робочий орган зернової сівалки є безпечним для навколишнього середовища.

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

Розрахунок основних економічних показників показує, що впровадження експериментальних робочих органів зернової сівалки, дозволяє отримати річний економічний ефект у розмірі 51284 грн. на одну посівну машину. Термін окупності проекту становить 0,5 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Розроблено математичну модель руху зернівки після удару з розсіювачем, що дозволяє визначати кінцеву швидкість насіння з урахуванням властивостей матеріалу і параметрів робочого органу сошника.

Теоретично і експериментально встановлено оптимальне значення кута нахилу розсіювача ($\alpha = 0,8$ рад.), довжини ($l = 0,1$ м), ширини ($a = 0,01$ м) і товщини ($h = 3 \cdot 10^{-4}$ м) клавіші розсіювача насіння дискового сошника.

2. Обґрунтовано вибір матеріалу клавішного розсіювача насіння. Застосування набору клавіш виконаних з алюмінієво-марганцевого сплаву 3004 (ДСТУ 3753-98) призводить до зниження післяударної швидкості зернівки до 76,53% в порівнянні з існуючим цільнометалевими розсіювачами.

3. За результатами проведених експериментів отримано середню відстань між насінням $y = 0,057$ м, при висоті установки розсіювача над дном борозенки $h_p = 0,051$ м, довжині клавіші розсіювача $l = 0,09$ м і швидкості руху сошника $V = 2,294$ м/с. Середнє квадратичне відхилення відстані між насінням $\sigma = 0,003$.

4. Розрахунок основних економічних показників показує, що впровадження експериментальних робочих органів зернової сівалки, дозволяє отримати річний економічний ефект у розмірі 51284 грн. на одну посівну машину. Термін окупності проекту становить 0,5 року.