

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ПОЛІСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет інженерії та енергетики  
Кафедра механіки та інженерії агроecosистем

Кваліфікаційна робота  
на правах рукопису

**ХВАТОВ АРТЕМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ**

**УДК 631.331**

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**

**Розробка однодискового сошника для посівних  
агрегатів**

208 “Агроінженерія”

Подається на здобуття освітнього ступеня магістр кваліфікаційна робота містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

\_\_\_\_\_ А.О. Хватов

**Керівник роботи**  
Забродський П.М.  
к.т.н., доцент

**Житомир – 2021**

## АНОТАЦІЯ

**Хватов Артем Олесандрович. Розробка однодискового сошника для посівних агрегатів.** – *Кваліфікаційна робота на правах рукопису.*

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 – Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2021.

В магістерській роботі встановлено, що установка дисків з нульовим кутом атаки та крену на однодискових сошниках дозволяє проводити посів на високих швидкостях, при цьому зменшити до мінімуму розкид ґрунту убік, скоротити відстань між рядами сошників (при дворядному розташуванні на посівних машинах та агрегатах), значно зменшити тяговий супротив, створити ущільнення ложа не тільки дна, а й стінок борозен.

Аналіз дослідних даних показує, що при глибині загортання насіння до 4 см швидкість руху випробуваних сошників незначно впливає на зміну ширини борозенки, а при закладенні насіння на глибину більше 4 см ширина борозенки збільшується зі збільшенням швидкості.

Встановлено, що для розробленої конструкції однодискового сошника за існуючих агрономічних (15 %) відхилення глибини від заданої становить 0,005 м. При цьому на глибині до 2 см допустима швидкість руху машино-тракторного агрегату до 36 км/год, на глибині 3 см – до 30 км/год, на глибині 4 см – до 23 км/год, на глибині 5 см – до 20 км/год, на глибині 6 см – до 16 км/год.

Встановлено, що однодискові сошники добре заглиблюються на мульчованих ґрунтах, прорізають у ній борозни на задану глибину, не порушуючи технологічного процесу укладання насіння.

*Ключові слова:* однодисковий сошник, диск, швидкість руху, глибина загортання

## ANNOTATION

**Khvatov Artem Alesandrovich. Development of a single-disc opener for sowing units.** – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 – Agricultural Engineering. – Polissya National University, Zhytomyr, 2021.

In the master's thesis it is established that the installation of disks with zero angle of attack and roll on single-disc coulters allows sowing at high speeds, while minimizing the spread of soil to the side, reduce the distance between rows of coulters (with two-row arrangement reduce traction resistance, create a seal of the bed not only the bottom but also the walls of the grooves.

Analysis of experimental data shows that when the seed wrapping depth is up to 4 cm, the speed of the tested openers slightly affects the change in furrow width, and when laying the seed to a depth of more than 4 cm furrow width increases with increasing speed.

It is established that for the developed design of a single-disc opener under the existing agricultural requirements (15%) the deviation of depth from the set is 0.005 m. / h, at a depth of 4 cm - up to 23 km / h, at a depth of 5 cm - up to 20 km / h, at a depth of 6 cm - up to 16 km / h.

It is established that single-disc openers are well deepened on mulched soils, cut furrows in it to a given depth, without disrupting the technological process of seed placement.

*Key words: single-disc opener, disk, speed, wrapping depth*

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР.....	10
РОЗДІЛ 2. РОЗРОБКА ОДНОДИСКОВОГО СОШНИКА З ДВОСТОРОННІМИ (СИМЕТРИЧНИМИ) РЕБОРДАМИ-БОРОЗНОУТВОРЮВАЧАМИ.....	21
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОДНОДИСКОВИХ СОШНИКІВ.....	27
ВИСНОВКИ.....	35
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	36

## ВСТУП

**Актуальність теми дослідження.** Відомо, що врожайність сільськогосподарських культур в першу чергу залежить від якості посіву і тільки потім від інших важливих чинників. Так, висока врожайність напряму залежить від рівномірної глибини загортання насіння і досягається при отриманні рівних і дружних сходів необхідної густоти.

Умовами отримання рівних і дружних сходів необхідної густоти є дотримання оптимальної технології посіву.

По-перше, це створення ущільненого ложа, що забезпечує постійний капілярний приплив вологи до висіяного насіння, а отже, їх швидке набухання і дружне проростання. По-друге, оптимальне розміщення насіння по глибині і рівномірний розподіл по площі, що забезпечує їм адекватний водний, тепловий і харчовий режими, що вимагається для проростання і формування потужного вузла кущіння, вторинних коренів. Саме в цей період закладаються основи майбутньої високої врожайності, стійкості до вилягання, стресових факторів. Процес посіву, будучи найважливішою ланкою в технології обробки зернових і льону, залежить насамперед від конструкції робочих органів, що укладають насіння в ґрунт.

Для поліпшення якості ґрунту і досягнення оптимальної урожайності особливу увагу в першу чергу приділяється посівним робочим органам - сошників.

Багаторічний досвід різних країн світу показує, що втрати рослин і колосків на одиниці площі можуть досягати 60%, що пов'язано перш за все з якістю підготовки ґрунту і сівби. Початковий період розвитку рослин є критичним, вони ще не мають розвинених органів живлення, тому найбільш чутливі до стресів і пред'являють надзвичайно високі вимоги до якості обробки ґрунту і формування посівного шару (насінневого ложа) певних параметрів.

У зв'язку з цим важливим напрямом розвитку сільськогосподарського виробництва рослинницької продукції є перехід до диференційованих технологій точного землеробства. (Точне землеробство – це оптимальне управління продуктивністю посівів з урахуванням місця розташування рослин для кожного квадратного метра поля.) Метою такого управління є отримання максимального прибутку за умови оптимізації сільськогосподарського виробництва, економії господарських і природних ресурсів. При цьому відкриваються реальні можливості виробництва якісної продукції та збереження навколишнього середовища. Такий підхід, як показує міжнародний досвід, забезпечує набагато більший економічний ефект і найголовніше, дозволяє підвищити відтворення ґрунтової родючості і рівень екологічної чистоти сільськогосподарської продукції.

У посівних машинах найважливішим робочим органом є сошник, який формує борозну, створює щільне ложе на глибині закладення насіння для підтягування до них вологи. Насіння має бути рівномірно закрито шаром ґрунту для проникнення тепла, кисню, вологи та прискороного розчинення мінеральних добрив для харчування рослин

Сошник повинен задовольняти такі вимоги: відкривати борозни однаково заданої глибини; не виносити нижні шари ґрунту на поверхню, щоб уникнути втрати вологи; ущільнювати дно борозен на відновлення капілярності ґрунту; не порушувати рівномірність потоку насіння. На існуючих сівалках та посівних агрегатах нині застосовуються різні сошники, від правильного вибору та застосування яких багато в чому залежить доля врожаю [2].

В даний час при конструюванні посівних машин перевага надається дисковим сошникам, які добре працюють на будь-яких типах ґрунтів. Це пов'язано з тим, що останніми роками на сучасних зернозбиральних комбайнах є пристрої для подрібнення соломи та розкидання її по поверхні поля. В результаті подальшої обробки ґрунту комбінованими агрегатами подрібнена солома перемішується з ґрунтом і створюється мульчувальний шар, у тому числі і на

глибині закладення насіння зернових культур. Кількоподібні сошники при роботі на мульчувальному ґрунті звантажують пожнивні та рослинні залишки перед собою, які потім збираються між сошниками і порушують технологічний процес загортання насіння на задану глибину.

Найбільш перспективними в даний час є одно- та дводискові сошники, які добре працюють на різних типах ґрунтів, у тому числі засмічених рослинними та пожнивними залишками, а також при мінімальному та нульовому обробітку ґрунту [5].

Одно- та дводискові сошники добре заглиблюються на мульчованих ґрунтах, прорізають у ній борозни на задану глибину, не порушуючи технологічного процесу укладання насіння.

Недоліками таких сошників є висока нерівномірність розподілу насіння по глибині, захоплення насіння дисками, що обертаються, з викидом їх за межі борозен і у верхні шари ґрунту, нерівномірне осипання борозен, у зв'язку з чим насіння закладається на різну глибину. Крім того, у дводискових сошників висока металомісткість, а їх диски мають кут атаки від  $6^\circ$  до  $18^\circ$  (відповідно для широкорядного посіву – 0,15 м та вузькорядного – 0,075 м), що зі збільшенням швидкості понад 8 км/год викликає відкидання ґрунту, закидання сусідніх рядків, підвищений тяговий опір, а також високу гребнистість після проходу сошників [5]

Цей недолік дводискових сошників призводить до розстановки їх, як правило, у два ряди з метою зменшення впливу закидання ґрунту на сусідні рядки та порушення заданої глибини загортання насіння. Однак із збільшенням робочої швидкості машино-тракторних агрегатів, наприклад більше 10 км/год, відбувається закидання сусідніх рядків насіння. Саме тому існує гостра необхідність розробки нових робочих органів для посіву зернових, які дозволять досягти поставлених завдань за рахунок створення оптимальних умов для якісного проростання насіння.

**Мета та завдання дослідження** Мета роботи полягала у розробці однодискового сошника та обґрунтування раціональних режимів його експлуатації.

**Завдання досліджень:**

1. Проаналізувати існуючі конструкції сошників зернових сівалок;
2. Розробити одно дисковий сошник, який дозволить збільшити швидкість руху посівного агрегату;
3. Провести експериментальні дослідження.

**Об'єкт дослідження** – процес посіву зернових культур однодисковими сошниками.

**Предмет дослідження** – закономірність впливу швидкості руху посівних агрегатів та конструкції сошників на якість посіву зернових культур.

**Методи дослідження.** Експериментальні дослідження проводилися в лабораторіях кафедри механіки та інженерії агроєкосистем Поліського національного університету, а польові у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств Житомирської області. Аналіз літературних джерел здійснювався аналітико-монографічним методом. Обробку експериментальних даних виконували за допомогою методів математичної статистики з використанням прикладних програм.

**Перелік публікацій за темою роботи:**

1. Забродський П., **Хватов А.** Удосконалення способу посіву зернових культур. Матеріали XIII Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки». Кропивницький: ЦНТУ. 2021. С. 50-51.

2. Савченко В.М., Степанчук О.В., **Хватов А.О.** Вплив якості посіву на урожайність сільськогосподарських культур «Сучасні проблеми та перспективи розвитку машинобудування України», присвяченої 20-й річниці з дня створення факультету конструювання та дизайну Національного університету біоресурсів і природокористування України. м. Київ. 2021. С. 181-182.



3. Хватов А.О. Сучасний стан і проблеми вдосконалення посіву зернових культур. Збірник тез VI-ї всеукраїнської науково-практичної конференції *«Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»* 39-10 квітня 2020 року. Житомир : ЖАТК. С. 226-229.

**Практичне значення одержаних результатів.** Практичний інтерес для сільськогосподарських підприємств представляє розроблений однодисковий сошник зернових сівалок.

**Структура та обсяг роботи.** Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 15 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 37 сторінок комп'ютерного тексту, містить 22 рисунки та 5 таблиць.

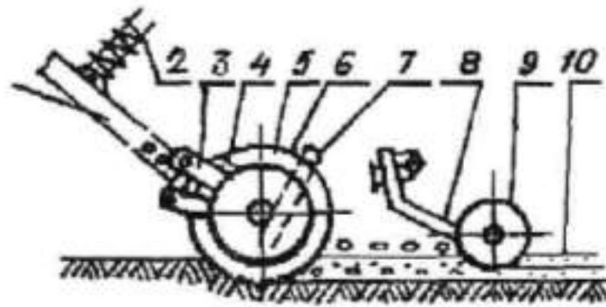
## РОЗДІЛ 1

### СУЧАСНИЙ СТАН І ПРОБЛЕМИ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПОСІВУ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

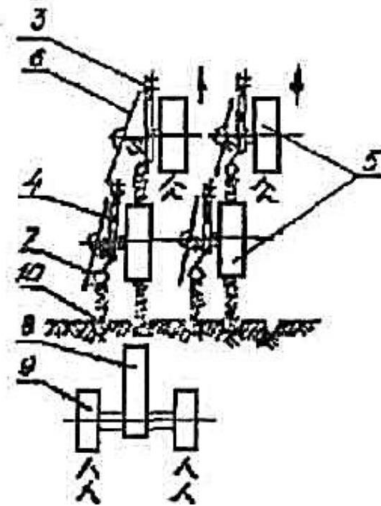
Відповідно до агротехнічних вимог насіння при сівбі повинне укладатися (вдавлюватися) у щільний шар ґрунту та прикриватися землею. Недоліком дискових сошникових груп є нерівномірна глибина загортання насіння (0...10 см), завищення норми висіву зернових культур на 10...15 %, відсутність ущільненого ложа для насіння. Переваги полягають у здатності працювати на погано окультурених ґрунтах та у великому діапазоні глибини ходу та загортання насіння. Кілеподібні та полозкові сошники, забезпечуючи створення щільного ложа ґрунту під насіння та більш рівномірну глибину загортання, вимагають високої якості передпосівної підготовки ґрунту. Серійно випускаються сівалки сімейства СЗ-3,6А з дисковими сошниками не забезпечують виконання агротехнічних вимог по закладенню 80% насіння, що висівається, на необхідну глибину.

На кафедрі Поліського національного університету була розроблена однодискова сошникова група з опорно-прикочувальними котками до серійної зернотукової сівалки СЗ-3,6А (рис. 1.1.).

Дисковий робочий орган розкриває борозенку, в яку укладається насіння, що надходять по сім'япроводу 7. Потім насіння 10, нерівномірно розподілені у вертикальній площині, вдавлюються в ґрунт на однакову глибину гумовим котком, що створює одночасно і щільне ложе для них. Ланцюговий загортач сівалки закриває насіння пухким шаром ґрунту.



а



б

Рис. 1.1. Технологічний процес роботи однодискової сошникової групи: 1 – повідець; 2 – натискна штанга; 3 – корпус сошника; 4 – регулятор глибини ходу; 5 – опорно-прикочувальний каток; 6 – робочий диск сошника; 7 – сім'япровід; 8 – пружинний поводок прикочу вального вузла; 9 – прикочу вальний каток; 10 – насіння.

Каточки, перекочуючись по ґрунту, не дозволяють дисковому робочому органу заглиблюватися більш ніж на задану глибину, що дає можливість використовувати сівалку на сівбі насіння, що вимагають неглибоку (1...2 см) і глибше (5...7 см) закладання. Регулювання необхідної глибини сошників здійснюється протягом 8...10 хв. (рис. 1.2.).

Застосування розробленої сошникової групи з прикочу вальними котками дозволяє в 1,5...1,8 рази зменшити розкид насіння по глибині, підвищити його польову схожість і у зв'язку з цим скоротити на 10...15 % норму висіву насіння зернових культур.

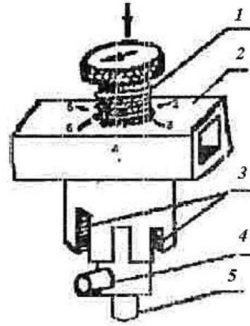


Рис. 1.2. Регулятор глибини сошника: 1 – головка стрижня; 2 – корпус сошника; 3 – лаз; 4 – штифт; 5 – стрижень.

Рівномірний розподіл насіння по глибині та площі живлення при посіві зернових культур дисковими сошниками може бути досягнуто при обладнанні їх опорно-прикочувальними котками.

При повороті головки 1 один паз заглиблення змінюється на 2 см.

1. Дводисковий сошник (рис. 1.3) включає корпус 1, два плоских (лівий і правий) диска 2 з ребордами 3. Диски розташовані вертикально, паралельно один до напрямку руху сошника.

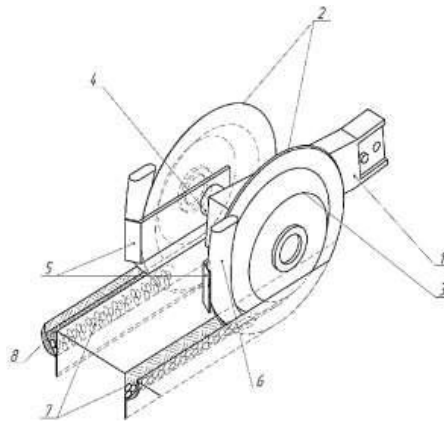


Рис. 1.3. Технологічна схема дводискового сошника із зовнішніми симетричними усічено-конусними ребордами та нульовим кутом атаки дисків: 1 – корпус; 2 – диски; 3 – реборда; 4 – вісь; 5 – пластини; 6 – насіненапрямляч; 7 – насіння; 8 – борозна.

На корпусі закріплено дві осі 4, на яких встановлені два диски з ребордами. Вони обертаються на підшипниках кочення. Реборди мають форму зрізаних конусів і закріплені із зовнішніх сторін обох дисків. На корпусі також

закріплені дві пластини 5, яких прикріплені насіннепроводи 6, розміщені за ребордами.

Цей сошник при висіві насіння зернових, зернобобових трав та інших сільськогосподарських культур може забезпечити найменший тяговий опір під час роботи на високих швидкостях. У зв'язку з цим дозволить значно підвищити продуктивність посівних машин та агрегатів.

2. Комбінований однодисковий сошник для вузькорядного посіву насіння зернових культур та льону (рис. 1.4) складається з корпусу 5, який приєднується до повідця сівалки; осі 8, на якій кріпиться без кута атаки до напрямку руху плоский диск 1 з встановленими на його обох сторонах внутрішніми та зовнішніми ребордами 2 і 4, що мають форму усіченого конуса, з борозноутворювачами 3; насіннепроводами 6 з клапанами 10, мають форму ідентичну формі реборд, і встановленими у їх підстави сферичними дисками 9 на осях 11; закріплених на корпусі чистиків 7, які копіюють форми робочих поверхонь реборд та борозноутворювачів; прикочувального котка 13, закріпленого на осі 12, який у поперечному перерізі має форму рівнобедреного трикутника, симетричну формі реборд, з встановленим на повідку чистиком 14.

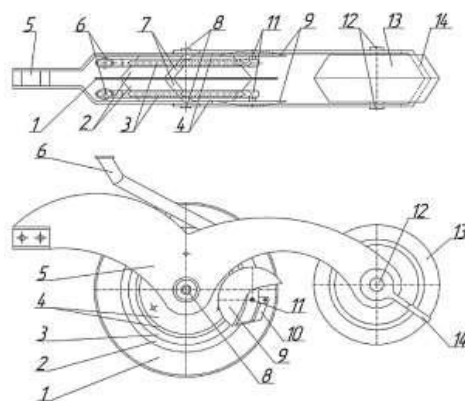


Рис. 1.4. Комбінований однодисковий сошник для вузькорядного посіву: 1 – плоский диск; 2, 4 – реборди; 3 – борозноутворювач; 5 – корпус; 6 – насіннепровід; 7, 14 – чистики; 8, 11, 12 – осі; 9 – диск; 10 – клапан; 13 – каток, що прикочує.

Технологічна схема роботи комбінованого однодискового сошника для вузькорядного посіву показано на рис. 1.5.

Плоский диск 1, що вільно обертається на осі 8, встановлений без кута атаки до напрямку руху. При русі в ґрунті він розрізає заточеною кромкою пожнивні та рослинні залишки, утворюючи вузьку щілину 17, а встановлені на ньому з внутрішньої та зовнішньої сторони реборди 2 і 4 створюють по обидва боки від щілини ущільнені під кутом до горизонту ложа 15. В ущільнених ложах встановлені на ребордах борозноутворювачі 3 із закругленими кромками видавлюють борозни з відстанню  $b = 62,5$  мм між ними. Потоки насіння прямують у насіннепроводи 6, з яких під силою тяжіння в утворені борозноутворювачами борозни укладається насіння 16 дрібнонасінневих культур, а сферичні диски 9, встановлені на осях 11 біля основи насіннепроводів, створюють борозни 19 і запобігають тим самим обсіпанням стінок борозни в районі висіву насіння. Встановлений за сошником на корпусі 5 коток 13, що прикочує, за рахунок наданої йому форми утворює над борознами з покладеними в них насінням прошарок ґрунту 18 неоднакової щільності. За рахунок встановленого на повідку чистика 14 копіюючої форми ковзанки, ґрунт не налипає на його поверхню. Утворена плоским диском тонка щілина заповнюється ґрунтом пухкої структури, створюючи тим самим невеликий запас повітря, що сприяє кращій схожості насіння.

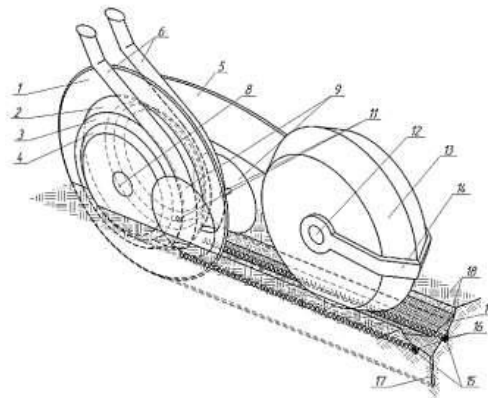


Рис. 1.5. Технологічна схема роботи комбінованого однодискового сошника для вузькорядного посіву: 1 – плоский диск; 2, 4 – реборди; 3 – борозноутворювач; 5 – корпус; 6 – насіннепровід; 8, 11, 12 – осі; 9 – диск; 11, 12 – вісь; 13 – коток, що прикочує; 14 – чистик; 15 – ложа; 16 – насіння; 17 – щілина; 18 – прошарок ґрунту; 19 – борозна.

3. Дводисковий чотирирядковий сошник (рис. 1.6), включає корпус 1, два плоскі диски 2, на яких симетрично закріплені внутрішні і зовнішні реборди-бороздкоутворювачі 3. Диски з ребордами-бороздкоутворювачами розташовані вертикально, паралельно один одному і напрямку руху сошників.

На корпусі закріплені дві осі 4. На осях встановлені два диски з внутрішніми та зовнішніми ребордами бороздкоутворювачами. Вони обертаються на підшипниках кочення.

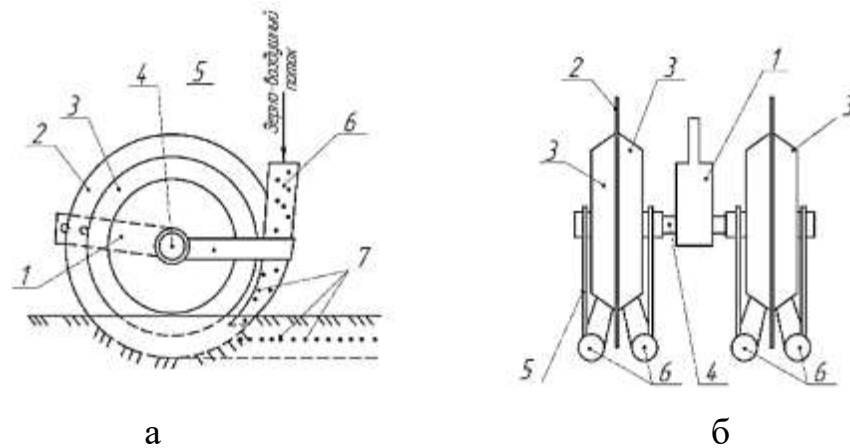


Рис. 1.6. Технологічна схема роботи дводискового чотирирядкового сошника з усічено-конусними ребордами та нульовим кутом атаки дисків: а – вид збоку; б – вид зверху; 1 – корпус; 2 – диск; 3 – реборда; 4 – вісь; 5 – пластина; 6 – насіннепровід; 7 – насіння.

Реборди-бороздноутворювачі закріплені на дисках симетрично, мають однакові діаметри та утворюють до периферії диска рівнобедрений трикутник (рис. 1.6, б).

Робочі кромки внутрішніх та зовнішніх реборд-бороздноутворювачів мають гострий кут. На корпусі також закріплені дві пластини 5, до яких прикріплені насіннепроводи 6. Вони розміщені за внутрішніми та зовнішніми ребордами-бороздкоутворювачами.

4. Комбінований однодисковий сошник із двосторонніми ребордами (рис. 1.7) складається з корпусу 4, який приєднується до повідця сівалки; осі 5, на якій кріпиться з нульовим кутом атаки до напрямку руху плоский диск 2 з встановленими на його обох сторонах ребордами-бороздкоутворювачі 1 і 3, що

мають форму усічених конусів різних діаметрів, ширини та кутів входження в ґрунт; насіннепровід 6 та тукопровід 7, що мають форму концентричну формі відповідних їм реборд; пластин 11, на яких вони закріплені, і встановленого за диском, на осі 9 повідця 8, котка, що прикочує 10 з поверхнею ступінчастої форми і різними кутами прикочують кромки.

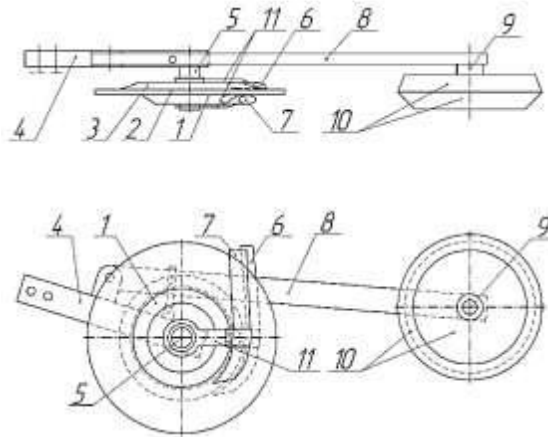


Рис. 1.7. Комбінований однодисковий сошник з двосторонніми ребордами-бороздкоутворювачами з різними діаметрами та нульовим кутом атаки дисків: 1, 3 – ущільнювачі; 2 – плоский диск; 4 – корпус; 5, 9 – осі; 6 – сім'янаправитель; 7 – туконаправитель; 8 – повідець; 10 – коток, що прикочує; 11 – пластини.

Схема технологічного процесу комбінованого однодискового сошника із двосторонніми ребордами представлена на рис. 1.7. Диск 2, вільно обертається на осі 5, при русі в ґрунті розрізає пожнивні і рослинні залишки, утворюючи вузьку щілину 15, а встановлені на ньому з внутрішньої і зовнішньої сторони реборди-ущільнювачі 1 і 3 за рахунок різних діаметрів, ширини і кутів створюють по обидва боки від щілини борозенки різної ширини на різній глибині з ущільненими під різними кутами ложами 14. В утворені борозни на ущільнене ложе з тукопроводу 7 і відповідно по насіннепроводу 6 під силою тяжіння подають добрива 13 і насіння 12 культур.





сферичних дисків 9 на осях 11; закріплених на корпусі чистиків 7, які копіюють форми робочих поверхонь реборд та борозноутворювачів.

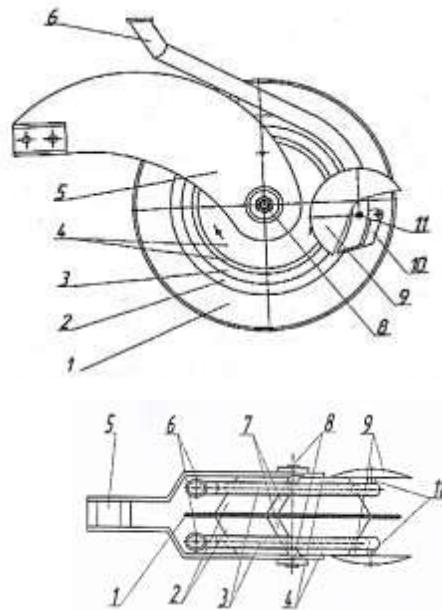


Рис. 1.9. Комбінований однодисковий сошник з двосторонніми ребордами та сферичними дисковими загортачами для вузькорядного посіву: а – вид збоку; б – вид зверху; 1 – плоский диск; 2, 4 – реборди; 3 – борозноутворювачі; 5 – корпус; 6 – насіннепроводи; 7 – чистики; 8 – вісь; 9 – сферичні диски; 10 – клапан; 11 – осі.

Комбінований однодисковий сошник із двосторонніми ребордами та сферичними дисковими загортачами (рис. 1.10) працює так само, як і сошник на рис. 1.6, але без коточка, що прикочує. Застосування даної конструкції однодискового сошника дозволяє: добитися рівномірності загортання насіння в ґрунт за рахунок отримання борозенок однакової форми та глибини та нарізаних щілин; усунути завантажування та відкидання ґрунту; виключити обсіпання стінок борозен у районі висіву насіння та запобігти пошкодженню насіннянаправників за рахунок використання сферичних дисків; підвищити схожість насіння за рахунок використання реборд, що створює ущільнені ложа, залучаючи тим самим вологу; знизити тяговий опір за рахунок встановлення сошників без кута атаки; зробити раціональним використання конструкції при

вужькорядному висіві дрібнонасіневих культур за рахунок використання борозноутворювачів.

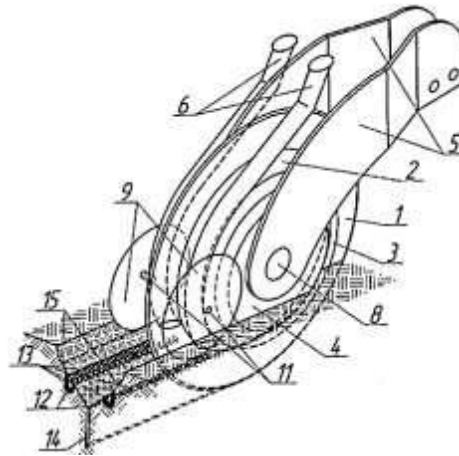


Рис. 1.10. Технологічна схема роботи комбінованого однодискового сошника з двосторонніми ребордами та дисковими загортачами для вужькорядного посіву: 1 – плоский диск; 2 – внутрішня реборда; 3 – борозноутворювач; 4 – зовнішня реборда; 5 – корпус; 6 – насіннепровід; 8, 11 – осі; 9 – сферичні диски; 12 – ложа; 13 – насіння; 14 – щілина; 15 – борозенки.

Установка дисків з нульовим кутом атаки та крену на дводискових та однодискових сошниках дозволяє проводити посів на високих швидкостях, при цьому зменшити до мінімуму розкид ґрунту убік, скоротити відстань між рядами сошників (при дворядному розташуванні на посівних машинах та агрегатах), значно зменшити тяговий супротив, створити ущільнення ложа не тільки дна, а й стінок борозен.

### Висновки по розділу

Одно- та дводискові сошники добре заглиблюються на мульчованих ґрунтах, прорізають у ній борозни на задану глибину, не порушуючи технологічного процесу укладання насіння.

Недоліками таких сошників є висока нерівномірність розподілу насіння по глибині, захоплення насіння дисками, що обертаються, з викидом їх за межі

борозен і у верхні шари ґрунту, нерівномірне осипання борозен, у зв'язку з чим насіння закладається на різну глибину. Крім того, у дводискових сошників висока металомісткість, а їх диски мають кут атаки від  $6^\circ$  до  $18^\circ$  (відповідно для широкорядного посіву – 0,15 м та вузькорядного – 0,075 м), що зі збільшенням швидкості понад 8 км/год викликає відкидання ґрунту, закидання сусідніх рядків, підвищений тяговий опір, а також високу гребнистість після проходу сошників [5].

Цей недолік дводискових сошників призводить до розстановки їх, як правило, у два ряди з метою зменшення впливу закидання ґрунту на сусідні рядки та порушення заданої глибини загортання насіння. Однак із збільшенням робочої швидкості машино-тракторних агрегатів, наприклад більше 10 км/год, відбувається закидання сусідніх рядків насіння. Саме тому існує гостра необхідність розробки нових робочих органів для посіву зернових, які дозволять досягти поставлених завдань за рахунок створення оптимальних умов для якісного проростання насіння.

## РОЗДІЛ 2

### РОЗРОБКА ОДНОДИСКОВОГО СОШНИКА З ДВОСТОРОННІМИ (СИМЕТРИЧНИМИ) РЕБОРДАМИ-БОРОЗНОУТВОРЮВАЧАМИ

Новий макетний зразок однодискового сошника із симетричними ребрами борозноутворювачами виготовлений на базі плоского диска діаметром 400 мм, діаметр реборди 286 мм, кут конуса реборди  $30^\circ$  (рис. 2.1, 2.2).



Рис. 2.1. Новий макетний зразок однодискового сошника із симетричними ребрами (вид збоку).



Рис. 2.2. Новий макетний зразок однодискового сошника із симетричними двосторонніми ребрами-борозноутворювачами (вид ззаду).

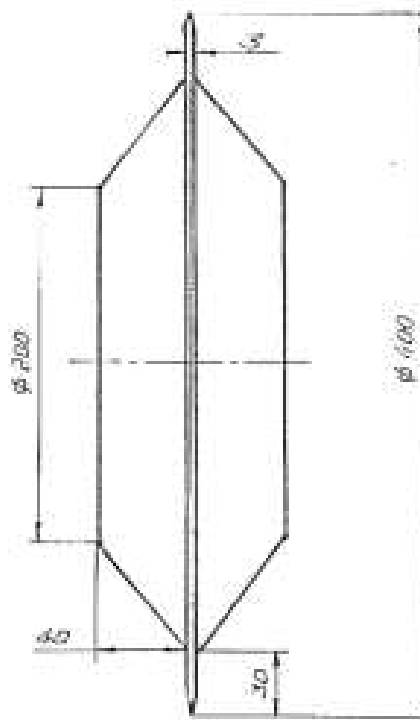


Рис. 2.3. Диск із ребордою для однодискового сошника (варіант 1).

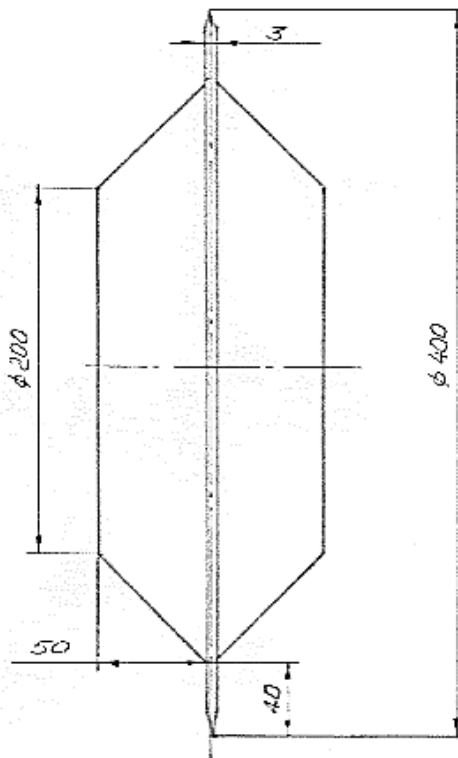


Рис. 2.4. Диск з ребордою для однодискового сошника (варіант 2)

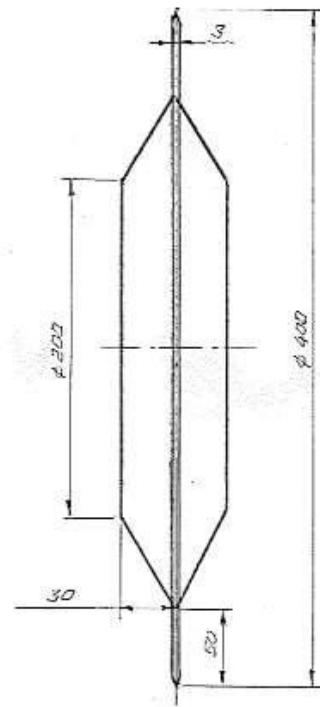


Рис. 2.5. Диск з ребордою для однодискового сошника (варіант 3)

Макетні зразки однодискових сошників із симетричними ребордами-борозноутворювачами виготовлені на базі плоских дисків завтовшки 3 мм, діаметром 400 мм. Діаметр зовнішньої сторони реборди 200 мм, кут конуса реборди 30°.

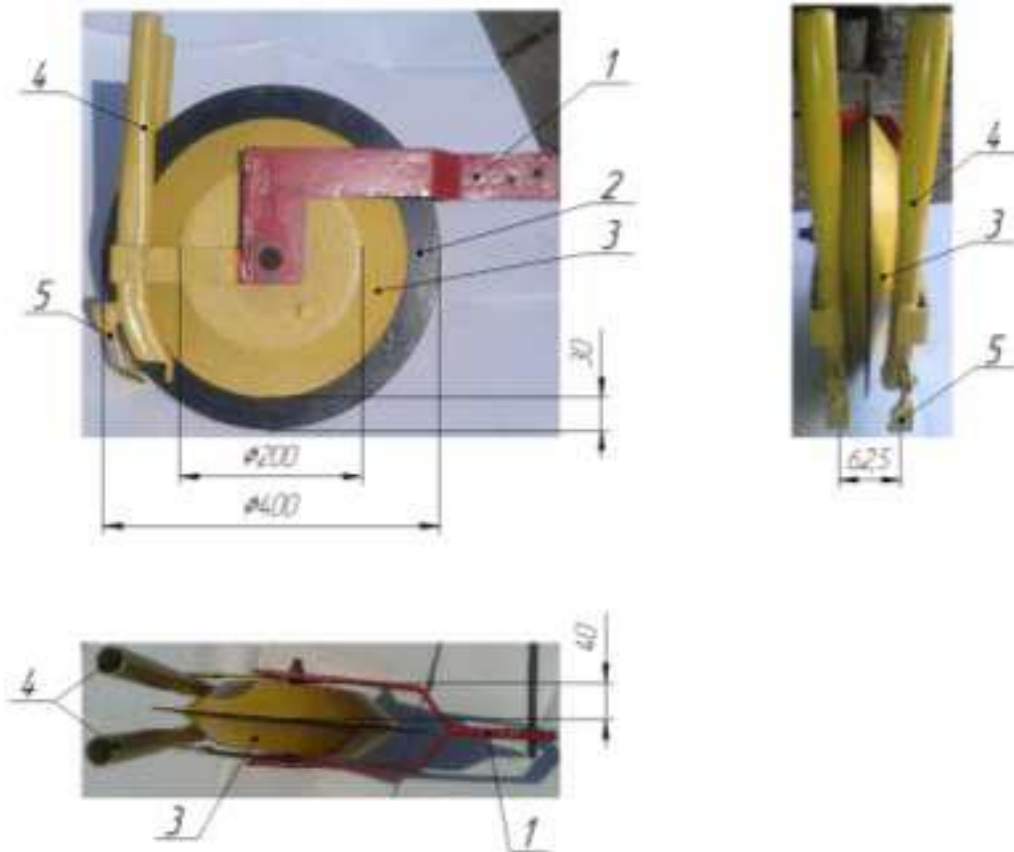


Рис. 2.6. Новий макетний зразок однодискового сошника із зовнішніми симетричними ребордами-борозноутворювачами (варіант 1): 1 – корпус сошника; 2 – диск; 3 – реборда-борозноутворювач; 4 – насіннепровід; 5 – клапан насіннепроводу.

Макетний зразок першого варіанта виготовлення має такі конструктивні розміри:

- товщина реборди – 40 мм;
- відстань від кромки диска до реборди - 30 мм.

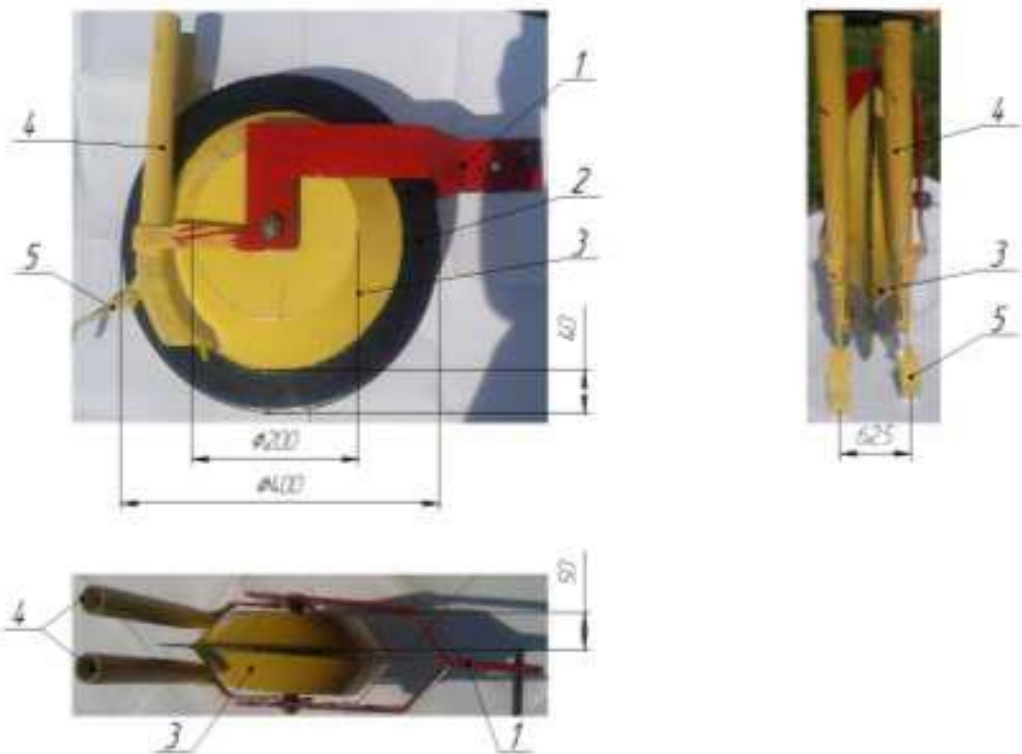


Рис. 2.7. Новий макетний зразок однодискового сошника із зовнішніми симетричними ребрами-борозноутворювачами (варіант 2): 1 – корпус сошника; 2 – диск; 3 – ребра-борозноутворювач; 4 – насіннепровід; 5 – клапан насіннепровода.

Макетний зразок другого варіанту виготовлення має такі конструктивні розміри:

- товщина ребри - 50 мм;
- відстань від кромки диска до ребри - 40 мм.



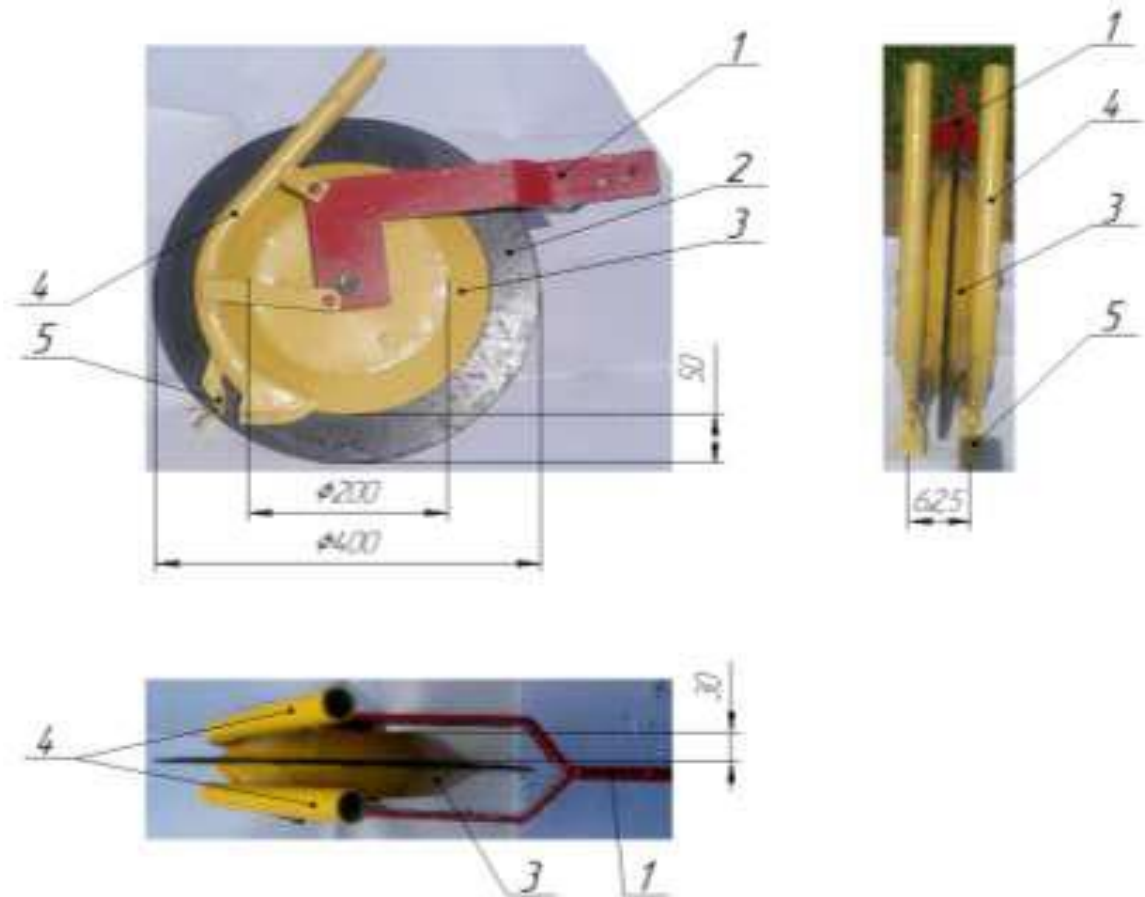


Рис. 2.8. Новий макетний зразок однодискового сошника із зовнішніми симетричними ребордами-борозноутворювачами (варіант 3): 1 – корпус сошника; 2 – диск; 3 – реборда-борозноутворювач; 4 – насіннепровід; 5 – клапан насіннепровода.

Макетний зразок третього варіанту виготовлення має такі конструктивні розміри:

- товщина реборди - 30 мм;
- відстань від кромки диска до реборди - 50 мм.

Однодискові сошники виготовлені в трьох варіантах для проведення експериментів, що відсівають, і лабораторних досліджень повнофакторного експерименту для встановлення оптимальних конструктивних і технологічних параметрів.

Апробація однодискового сошника проведена у ґрунтовому каналі на швидкостях 8,6 та 10,3 км/год. Ґрунт суглинний, вологість ґрунту 14–16 %. Установча глибина ходу сошника (реборди-борозноутворювача) 3 см.

Нами мірялася ширина борозни, що залишається після проходу однодискового сошника.



Рис. 2.9. Вид на борозну після проходу однодискового сошника на швидкості 8,6 км/год.



Рис. 2.10. Вид на борозну після проходу макетного зразка однодискового сошника на швидкості 10,3 км/год.

### РОЗДІЛ 3

## РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ОДНОДИСКОВИХ СОШНИКІВ

У своїх експериментах під час руху до оптимуму результуючих факторів використовували кроковий метод. З векторного аналізу відомо, що напрямок найшвидшої зміни функції визначає її вектор-градієнт:

$$\overrightarrow{grad}(\varphi) = \frac{\partial \varphi}{\partial x_1} \vec{i} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_2} \vec{j} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_3} \vec{k} + \frac{\partial \varphi}{\partial x_4} \vec{p}, \quad (3.1)$$

$\vec{i}, \vec{j}, \vec{k}, \vec{p}$  – орти координатних осей відповідних факторів.

Встановлено, що координати вектор-градієнта в точці дорівнюють відповідним коефіцієнтам регресії полінома першого ступеня, що апроксимує поверхню відгуку в околиці даної точки. Тому на першому етапі досліджень шукали коефіцієнти  $b_0, b_1, b_2, \dots, b_4$  лінійної моделі, що апроксимує експериментальні дані:

$$y = b_0 + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3 + b_4 x_4 \quad (3.2)$$

Для відшукання лінійної моделі фактори варіювали на двох рівнях, які умовно приймалися «нижнім» та «верхнім» відповідно. Як ці рівні були взяті межі факторного простору з табл. 3.1, позначені знаками "-1" - нижній рівень, "1" - верхній рівень. При цьому був реалізований повнофакторний експеримент (ПФЕ) типу  $2^4$  з матрицею планування  $X$ , що має 16 поєднань рівнів факторів (число дослідів  $N = 2^4 = 16$ ). На цьому кроці використовували матрицю ПФЕ  $B_4$  Бокса – Бенкіна з двома рівнями варіювання незалежних факторів (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Матриця ПФЕ для побудови лінійної моделі

Номер досліджу	$x_0$	$x_1$	$x_2$	$x_3$	$x_4$	$Y_1$	$Y_2$
1	1	1	1	1	1	0,0155	0,2005
2	1	1	1	1	-1	0,0185	0,1770
3	1	1	1	-1	1	0,0030	0,1020
4	1	1	1	-1	-1	0,0045	0,0815
5	1	1	-1	1	1	0,0095	0,2155
6	1	1	-1	1	-1	0,0130	0,1945
7	1	1	-1	-1	1	0,0025	0,1225
8	1	1	-1	-1	-1	0,0005	0,1050
9	1	-1	1	1	1	0,0014	0,1025
10	1	-1	1	1	-1	0,0030	0,0955
11	1	-1	1	-1	1	0,0005	0,0980
12	1	-1	1	-1	-1	0,0006	0,0970
13	1	-1	-1	1	1	0,0005	0,0985
14	1	-1	-1	1	-1	0,0020	0,0960
15	1	-1	-1	-1	1	0,0010	0,1055
16	1	-1	-1	-1	-1	0,0010	0,1095

Після підтвердження на підставі критерію Кохрена гіпотези про однорідність низки скоригованих дисперсій було визначено емпіричні коефіцієнти регресії (табл. 3.2), які у матричному вигляді підраховувалися за формулою

$$B = (X^T X)^{-1} X^T Y_j \quad (3.3)$$

де  $B$  – вектор-стовпець емпіричних коефіцієнтів регресії;

$X$  – матриця ПФЕ;

$X^T$  – транспонована до  $X$  матриця;

$(X^T X)^{-1}$  – операція знаходження зворотної матриці до заданої;

$Y_j$  – вектор-стовпець, складений з результатів експериментів по кожному з параметрів.

Таблиця 3.2 – Коефіцієнти лінійної моделі досліджуваних процесів

Коефіцієнти лінійної моделі	У кодованому вигляді			У розкодованому вигляді
$b_0$	0,004813	0,125063	-0,00875	0,048516
$b_1$	0,003563	0,02475	0,000867	0,00602
$b_2$	0,001063	-0,00581	0,10625	-0,58125
$b_3$	0,03113	0,022438	0,155625	1,121875
$b_4$	-0,00058	0,005563	$-5,7 \cdot 10^{-6}$	$5,56 \cdot 10^{-5}$

Для оцінки якості отриманих моделей та повноти набору пояснювальних факторів, що входять до них, у своїх дослідженнях ми використовували такі статистичні характеристики, як коефіцієнти детермінації  $R^2$  та множинної кореляції  $R$ , а також критерії

Фішера ( $F$ -критерій) та Стьюдента ( $t$ -критерій). При цьому використовували стандартні методики визначення, розглянуті в роботах [3, 5]. Статистичну оцінку отриманих моделей проводили у прикладній програмі Microsoft Excel при рівні значущості, що дорівнює 0,05 (табл. 3.3).

Таблиця 3.3 – Статистичні оцінки лінійних моделей багатфакторного експерименту

Статистичні оцінки	$Y_1 = -0,00875 + 0,000867 x_1 + 0,10625 x_2 + 0,155625 x_3 - 5,7 \cdot 10^{-6} x_4$		$Y_2 = 0,048516 + 0,00602 x_1 - 0,58125 x_2 + 1,121875 x_3 + 5,56 \cdot 10^{-5} x_4$	
$R^2$	0,72	72% змін функції відгуку пояснюються включеними в модель факторами	0,65	65% змін функції відгуку пояснюються включеними в модель факторами
$R$	0,85	Зв'язок значний	0,80	Зв'язок значний
$t_{b0}$	7,30	$R^2$ незначний *	5,00	$R^2$ незначний *
$t_{b1}$	5,35	Значимо**	1,06	Незначний *
$t_{b2}$	3,95	Значимо**	3,22	Значимо**
$t_{b3}$	1,18	Незначний *	-0,76	Незначний **
$t_{b4}$	3,45	Значимо**	2,95	Значимо**
$t_{b5}$	-0,64	Незначний *	0,72	Незначний **

\*При  $F_{кр} = 2,59$ ; \*\*при  $t_{кр} = 2,02$ .

Аналіз лінійних моделей показав, що включені в моделі фактори не всі значущі, але вони добре пояснюють зміни результуючих факторів і між ними

існує значний зв'язок. Однак порівняльна оцінка розрахункових та табличного критеріїв Фішера показала, що гіпотезу про опис результатів експериментів лінійними моделями слід відкинути, тому в подальших дослідженнях з метою вивчення та опису області оптимуму використовувалися моделі вищого порядку.

Незважаючи на те, що лінійні моделі для залежностей, що розглядаються, виявилися неадекватними, нами на підставі отриманих коефіцієнтів лінійних регресій у кодованому вигляді (див. табл. 3.4.) було проведено рух градієнтом. При цьому ми мали на меті встановити більш сприятливі умови для проведення наступних стадій експериментальних досліджень.

Такий рух здійснювали шляхом пропорційної зміни факторів залежно від відповідних коефіцієнтів лінійної моделі, які оцінки координат векторградієнта. Рух починали з центру плану (з нульового рівня) шляхом додавання до нього послідовно кроку, подвоєного кроку, потроєного кроку тощо, тим самим отримували умови уявних дослідів. При цьому крок руху за кожним фактором у натуральних одиницях визначали за формулою

$$\Delta X_i = \pm a b_i I_i \quad (3.4)$$

де  $a$  – коефіцієнт пропорційності;

$I_i$  – відстань від центру плану за досліджуваним фактором до будь-якої межі (в натуральних одиницях).

Знак  $+$  у формулі відповідає руху до максимуму функції відгуку, а знак  $-$  до мінімуму. Коефіцієнт пропорційності  $a$  вибирали після визначення всіх творів  $b_i I_i$ . Найменший за абсолютною величиною твір для значущих у відповідній моделі факторів приймали за основу, тобто  $\min |b_i I_i| = b_0 I_0$ . Тоді ж визначалося так:

$$a = I / b_0 \quad (3.5)$$

Після встановлення кроків  $\Delta X_i$  по кожному з факторів їх коригували до зручних для проведення експерименту величин  $\Delta X'_i$ . Рух по градієнту продовжували до отримання найкращого значення функції відгуку або досягнення меж кожного з факторів. При русі градієнтом фактор, який досяг

однієї з меж області визначення, фіксувався на цьому кордоні, а рух по інших факторах тривало.

Незначні чинники під час руху градієнтом фіксувалися на нульовому рівні. Результати руху по градієнту з результуючих факторів показані в табл. 3.4, 3.5.

Таблиця 3.4 – Результати руху за градієнтом для результуючого фактора  $Y_1$

Фактори	$x_1^*$	$x_2^{**}$	$x_3^*$	$x_4^{**}$	$Y_1$	Примітка	
0-рівень	5,89	0,04	0,04	350		За результуючим фактором $Y_1$ $\min  b_i I_i  = 0,0000623$ , тобто $b_{\delta} I_{\delta} = 0,0000623$ , $b_{\delta} = 0,003113$ , $a = 1/0,003113 = 321,2$	
$I_i$	4,11	0,01	0,02	100			
$b_i$	0,003563	0,003563	0,003113	-0,00058			
$b_i I_i$	0,014	$1,063 \cdot 10^{-5}$	$6,23 \cdot 10^{-5}$	-0,058			
Розрахунковий крок $\Delta X_i$	-4,7	-0,003	-0,02	18,7			
Коригований крок $\Delta X'_i$	-1,94	-0,003	-0,01	20			
Рух градієнтом (при крутому спуску)							
Рух до оптимуму	1	5,89	0,04	0,04	350	0,0050	Крапки на околиці оптимуму
	2	3,95	0,037	0,03	370	0,0021	
	3	2,01	0,034	0,02	390	0,0007	
	4	1,78	0,031	0,02	410	0,0005	
	5	1,78	0,030	0,02	430	0,0005	
	6	1,78	0,030	0,02	450	0,0004	

\*Знакові в моделі фактори; \*\*незначущі в моделі фактори.

Таблиця 3.5 – Результати руху по градієнту для результуючого фактора  $Y_2$

Фактори	$x_1^*$	$x_2^{**}$	$x_3^*$	$x_4^{**}$	$Y_1$	Примітка	
0-рівень	5,89	0,04	0,04	350		За результуючим фактором $Y_1$ $\min  b_i I_i  = 0,00045$ , тобто $b_{\delta} I_{\delta} = 0,00045$ , $b_{\delta} = 0,022438$ , $a = 1/0,022438 = 44,57$	
$I_i$	4,11	0,01	0,02	100			
$b_i$	0,02475	-0,00581	0,022438	0,005563			
$b_i I_i$	0,10172	$-5,8 \cdot 10^{-5}$	0,00045	0,5563			
Розрахунковий крок $\Delta X_i$	-4,50	-0,0026	-0,02	-25			
Коригований крок $\Delta X'_i$	-1,94	-0,0025	-0,01	-25			
Рух градієнтом (при крутому спуску)							
Рух до оптимуму	1	5,89	0,04	0,04	350	0,1255	Крапки на околиці оптимуму
	2	3,95	0,0425	0,03	325	0,1055	
	3	2,01	0,045	0,02	300	0,0995	
	4	1,78	0,0475	0,02	275	0,0975	
	5	1,78	0,05	0,02	250	0,0985	

Ці дослідження дозволили встановити зони оптимального варіювання незалежних факторів:

– за результуючим параметром  $Y_1$ :  $x_1 \in [1,78; 5,89]$ ,  $x_2 \in [0,03; 0,04]$ ,  $x_3 \in [0,02; 0,04]$ ,  $x_4 \in [350; 450]$ ;

– для параметра  $Y_2$ :  $x_1 \in [1,78; 5,89]$ ,  $x_2 \in [0,04; 0,05]$ ,  $x_3 \in [0,02; 0,04]$ ,  $x_4 \in [250; 350]$ .

Дослідження показали, що за результуючими параметрами  $Y_1$  та  $Y_2$  зони оптимального варіювання незалежних факторів  $x_1$  та  $x_3$  збігаються, а для незалежних факторів  $x_2$  та  $x_4$  відрізняються. Оскільки нами передбачається використання випробуваних сошників

для посіву різних культур, для проведення подальших експериментальних досліджень доцільно незалежні фактори  $x_2$  та  $x_4$  зафіксувати на рівнях  $x_2 = 0,04$ ,  $x_4 = 350$ , а для незалежних факторів  $x_1$  та  $x_3$  розглянути відповідні інтервали варіювання:  $x_1 \in [1,78; 5,89]$ ,  $x_3 \in [0,02; 0,06]$ .

Встановлено, що для більш точного визначення оптимуму необхідне детальне вивчення поверхні відгуку на його околиці, в якій, як правило, кривизна поверхні відгуку сильно змінюється, тому лінійну модель використовувати вже не можна. Необхідно шукати нелінійні моделі, що містять цілі ступені факторів.

Схема пошукових досліджень передбачала поетапне варіювання одного з факторів при фіксованих параметрах інших факторів на рівнях опорних точок.

На підставі ранжирування факторів спочатку вивчали вплив швидкості запропонованої конструкції сошника і глибини загортання насіння, що налаштовується, при зафіксованих на середніх рівнях інших параметрах:  $b = 0,04$  м і  $F_n = 350$  Н. Дана графічна залежність представлена на рис. 3.1.



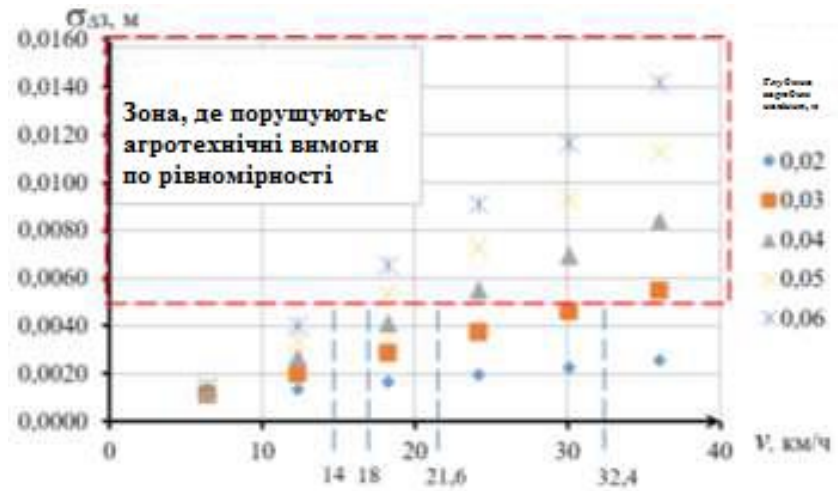


Рис. 3.1. Залежність середнього квадратичного відхилення закладення насіння від фіксованої настановної глибини при зміні швидкості руху випробуваного сошника.

Вона показує, що середнє квадратичне відхилення закладення насіння від фіксованої настановної глибини (далі відхилення) збільшується зі збільшенням швидкості руху сошника і фіксованої настановної глибини закладення насіння. На підставі існуючих агротехнічних вимог дані відхилення не повинні перевищувати  $\pm 0,005$  м. Цей факт дозволив на представленій графічній залежності виділити зону, де порушуються агротехнічні вимоги щодо рівномірності висіву насіння (виділено на рисунку пунктирною рамкою) і швидкісні межі випробуваного сошника при глибині загортання насіння.

Встановлено, що за існуючих агрономічних вимог (15 %) відхилення глибини від заданої становить 0,005 м. При цьому на глибині до 2 см допустиме використання швидкості до 36 км/год, на глибині 3 см – до 30 км/год, на глибині 4 см – до 23 км/год, на глибині 5 см – до 20 км/год, на глибині 6 см – до 16 км/год.

Апроксимація дослідних даних допустимих швидкостей посіву  $v_{\text{доп}}$  (м/с) залежно від глибини загортання насіння  $\Delta_{\text{н.г.}}$  (м) для випробуваного сошника показано на рис. 5.16 і описується математично:

$$v_{\text{доп}} = 166667 \Delta_{\text{н.г.}}^3 - 18571 \Delta_{\text{н.г.}}^2 + 469,05 \Delta_{\text{н.г.}} + 6,8 \quad (3.1)$$

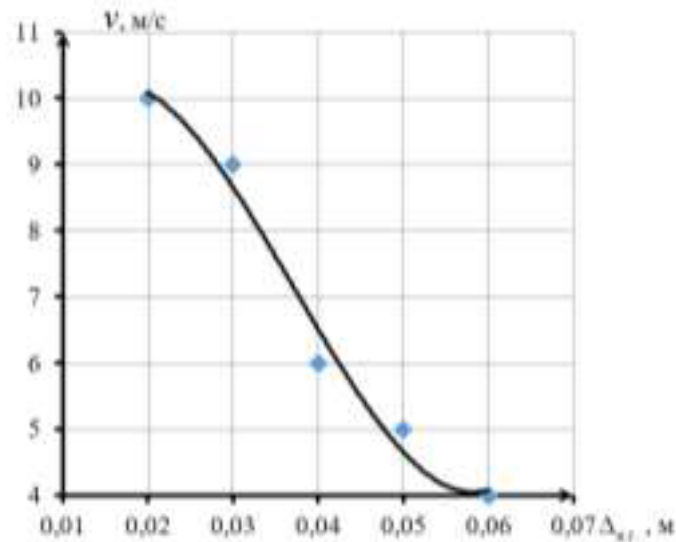


Рис. 3.2. Графік залежності допустимих швидкостей посіву від глибини закладення насіння

### Висновки по розділу

Аналіз впливу швидкості пропонованої конструкції сошника і налаштовується глибини загортання насіння при зафіксованих на середніх рівнях інших параметрах ( $b = 0,04$  м і  $F_n = 350$  Н) на ширину борозенки, що утворюється,  $b_{бор}$  показав її пропорційне збільшення зі зростанням швидкості і глибини загортання насіння. При цьому динаміка досвідчених даних показує, що при глибині загортання насіння до 4 см швидкість руху випробуваних сошників незначно впливає на зміну ширини борозенки, а при закладенні насіння на глибину більше 4 см ширина борозенки збільшується зі збільшенням швидкості.

## ВИСНОВКИ

Установка дисків з нульовим кутом атаки та крену на однодискових сошниках дозволяє проводити посів на високих швидкостях, при цьому зменшити до мінімуму розкид ґрунту убік, скоротити відстань між рядами сошників (при дворядному розташуванні на посівних машинах та агрегатах), значно зменшити тяговий супротив, створити ущільнення ложа не тільки дна, а й стінок борозен.

Аналіз впливу швидкості пропонованої конструкції сошника і налаштовується глибини загортання насіння при зафіксованих на середніх рівнях інших параметрах ( $b = 0,04$  м і  $F_n = 350$  Н) на ширину борозенки, що утворюється,  $b_{бор}$  показав її пропорційне збільшення зі зростанням швидкості і глибини загортання насіння. При цьому динаміка досвідчених даних показує, що при глибині загортання насіння до 4 см швидкість руху випробуваних сошників незначно впливає на зміну ширини борозенки, а при закладенні насіння на глибину більше 4 см ширина борозенки збільшується зі збільшенням швидкості.

Встановлено, щодля розробленої конструкції однодискового сошника за існуючих агрономічних умов (15 %) відхилення глибини від заданої становить 0,005 м. При цьому на глибині до 2 см допустима швидкість руху машино-тракторного агрегату до 36 км/год, на глибині 3 см – до 30 км/год, на глибині 4 см – до 23 км/год, на глибині 5 см – до 20 км/год, на глибині 6 см – до 16 км/год.

Встановлено, що однодискові сошники добре заглиблюються на мульчованих ґрунтах, прорізають у ній борозни на задану глибину, не порушуючи технологічного процесу укладання насіння.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Аулін В. В., Тихий А. А. Трибофізичні основи підвищення зносостійкості і надійності робочих органів ґрунтообробних машин з різальними елементами : монографія. Кропивницький : 2017. 278 с.
2. . Мельник І. І., Сапсай В. І., Барабаш Г. І. Математична модель визначення оптимального складу агрегатів у рослинництві. Кіровоград: 2011. 325 с.
3. Зубко В. М. Технологічна та техніко-економічна оцінка машинних агрегатів при виконанні основного обробітку ґрунту. Харків: 2013. 135 с.
4. Мельник І. І., Зубко В. М., Хворост Т. В. Інформаційна технологія оцінки роботи машинних агрегатів. Харків: 2015. 345 с.
5. Деркач О.Д. Визначення і порівняння відносної абразивної стійкості полімерних матеріалів Київ: 2017. 132с.
6. Zubko V., Kuzina T. Investigation of the influence of winter wheat's location on plant's germination energy. TeKa. Commission of motorization and energetics in Agriculture. 2015. Vol. 15. No 4. P. 103–106.
7. Проблеми забезпечення точності з'єднань із полімерних композитів / О.Д. Деркач, Б.Г. Харченко, Д.О. Макаренко // Миколаїв: 2014. 257 С.
8. Науменко М.М. Побудова математичної моделі процесу взаємодії дисково-анкерного сошника з ґрунтом при динамічних навантаженнях Харків: 2017. 267с.
9. Деркач О.Д. Розробка системи підвищеної коректності копіювання поверхні ґрунту Кам'янецьПодільський: 2017. 82 с.
10. Веденяпин Г.В. Общая методика экспериментального исследования и обработки опытных данных. Москва: 1973. 199 с.
11. Титова И.В. Технология сельскохозяйственного машиностроения. Воронеж: 2019. 255 с.

12. Войтов В.А. Про розташування матеріалів в парах тертя за твердістю та конструктивні способи підвищення зносостійкості. Харків: 1994. 460 с.
13. Іващенко Є.В. Формування поверхневого зміцненого шару при хіміко- термічній обробці заліза, поєднаній з електроіскровим легуванням : довідник. Луцьк: 2010. 142 с.
14. Вітвіцький В. В., Кисляченко М. Ф., Лобастов І. В., Нечипорук А. А.Методика нормування ресурсів для виробництва продукції рослинництва Київ : Укراгропромпродуктивність, 2006. 106 с.
15. Органічне виробництво і продовольча безпека : зб. матеріалів доп. учасн. III Міжнар. наук.-практ. конф. / Житомир. нац. агроекол. ун-т. Житомир : Полісся, 2015. 648 с.