

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

Факультет інженерії та енергетики
Кафедра агроінженерії та технічного сервісу

Кваліфікаційна робота
на правах рукопису

Размахнін Дмитрій Володимирович

УДК 631.331.5:633.1

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ПІДВИЩЕННЯ РІВНОМІРНОСТІ
ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ
ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР ЗА РАХУНОК
ВДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СОШНИКА
СТЕРНЬОВОЇ СІВАЛКИ**

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

_____ Размахнін Д.В.

Керівник роботи

Грудовий Р.С.

кандидат технічних наук, доцент

Житомир – 2025

АНОТАЦІЯ

Размахнін Дмитрій Володимирович. Підвищення рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння зернових культур за рахунок вдосконалення конструкції сошника стерньової сівалки. – Кваліфікаційна робота на правах рукопису.

Кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра за спеціальністю 208 Агроінженерія. – Поліський національний університет, Житомир, 2025.

У магістерській роботі розв'язано актуальну науково-практичну задачу підвищення рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння зернових культур шляхом удосконалення конструкції сошника стерньової сівалки. На основі аналізу існуючих способів посіву зернових культур і сучасних посівних агрегатів встановлено, що внутрішньогрунтовий розкидний спосіб посіву є найбільш перспективним з точки зору формування оптимальної площі живлення рослин. Водночас доведено, що наявні конструкції сошників не забезпечують необхідної дальності та рівномірності розподілу насіння за шириною захвату.

У роботі розроблено та запропоновано конструкцію сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву зернових культур із розподільником, поверхня якого утворена кривою другого порядку. За результатами лабораторних досліджень встановлено, що найвища рівномірність розподілу насіння за довжиною та шириною смуги досягається за параметрів розподільника: кут розподілу насіння $\alpha_p = 60^\circ$ та ексцентриситет установаження насіннепроводу $\varepsilon = 0,003$ м.

Лабораторно-польові дослідження підтвердили відповідність експериментальних сошників агротехнічним вимогам щодо рівномірності загортання насіння на задану глибину. Кількість рослин, забезпечених необхідною розрахунковою площею живлення, становила 63 %, а частка незасіяних квадратів – 15 %. Аналіз очікуваної врожайності показав, що використання експериментальних сошників забезпечує середнє підвищення врожайності зернових культур на 9,5 % за базової врожайності 38 ц/га.

Ключові слова: зернові культури, стерньова сівалка, сошник, внутрішньогрунтовий розкидний посів, рівномірність розподілу насіння, врожайність.

ANNOTATION

Razmakhnin Dmytro Volodymyrovych. Improving the uniformity of intra-soil distribution of cereal crop seeds through the improvement of the stubble seeder opener design. – *Qualification work on the rights of the manuscript.*

Qualifying work for a master's degree in specialty 208 Agricultural Engineering.
– Polissia National University, Zhytomyr, 2025.

The master's thesis solves a relevant scientific and practical problem of improving the uniformity of in-soil distribution of cereal crop seeds by improving the design of the opener of a stubble seeder. Based on the analysis of existing methods of cereal crop sowing and modern seeding machines, it has been established that the in-soil broadcast sowing method is the most promising in terms of forming an optimal plant nutrition area. At the same time, it has been proven that the existing opener designs do not ensure the required spreading distance and uniformity of seed distribution across the working width.

The thesis develops and proposes a design of an opener for in-soil broadcast sowing of cereal crops equipped with a distributor whose surface is formed by a second-order curve. According to the results of laboratory studies, it was found that the highest uniformity of seed distribution along the length and width of the sown strip is achieved with the following distributor parameters: seed spreading angle $\alpha_p = 60^\circ$ and eccentricity of seed tube installation $\varepsilon = 0.003$ m.

Laboratory and field studies confirmed that the experimental openers meet agrotechnical requirements for uniform seed placement at the задан depth. The proportion of plants provided with the required calculated nutrition area was 63%, while the share of unsown squares amounted to 15%. Analysis of the expected yield showed that the use of experimental openers provides an average increase in cereal crop yield of 9.5% at a baseline yield level of 38 c/ha.

Keywords: cereal crops, stubble seeder, opener, in-soil broadcast sowing, seed distribution uniformity, yield.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
РОЗДІЛ 1. СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	8
1.1. Агротехнічні вимоги до посіву зернових культур.....	8
1.2. Огляд конструкцій сошників для внутрішньогрунтового розкидного посіву.....	12
РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СОШНИКОМ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОГРУНТОВОГО РОЗКИДНОГО ПОСІВУ.....	22
2.1 Опис конструкції та принципу роботи сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву.....	22
2.2. Визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту.....	23
2.3. Обґрунтування вибору поверхні, що утворює розподільник.....	28
2.4. Обґрунтування конструктивних параметрів розподільника.....	30
РОЗДІЛ 3. ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	36
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	44
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	46

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Зернові культури є основою продовольчої безпеки України та займають провідне місце у структурі посівних площ. Рівень їх урожайності значною мірою визначається якістю виконання посівних робіт, зокрема рівномірністю розміщення насіння в ґрунті за площею та глибиною загортання. Недотримання агротехнічних вимог до посіву призводить до нерівномірних сходів, зниження площі живлення рослин, посилення конкуренції між ними та, як наслідок, до втрат урожаю.

В умовах сучасного землеробства, що характеризується обмеженими ресурсами, зростанням вартості матеріально-технічного забезпечення та необхідністю впровадження ресурсозберігаючих технологій, особливого значення набуває вдосконалення посівної техніки. Перспективним напрямом є внутрішньогрунтовий розкидний спосіб посіву, який дає змогу забезпечити більш рівномірний розподіл насіння в підсошниковому просторі та оптимальні умови формування рослинного стеблостою. Однак наявні конструкції сошників стерньових сівалок не повною мірою відповідають вимогам щодо дальності та рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння, особливо за роботи в умовах мінімального та нульового обробітку ґрунту.

Удосконалення конструкції сошника стерньової сівалки з метою підвищення рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння є актуальним науково-практичним завданням, яке поєднує вимоги агротехніки та сучасного машинобудування. Реалізація цього завдання сприятиме підвищенню ефективності використання посівної техніки, поліпшенню умов росту і розвитку зернових культур, зростанню їх урожайності та зниженню виробничих витрат. Саме тому обрана тема магістерської роботи є актуальною, має важливе практичне значення для аграрного виробництва та відповідає сучасним напрямам розвитку сільськогосподарської науки і техніки.

Мета дослідження – підвищення рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння зернових культур за рахунок розробки та обґрунтування конструктивних параметрів розподільника сошника стерньової сівалки.

Завдання дослідження:

Провести аналіз літературних і патентних джерел і на його основі визначити перспективний напрямок вдосконалення внутрішньогрунтового розподілу насіння при посіві зернових культур.

Розробити конструкцію сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву і обґрунтувати конструктивні параметри розподільника насіння.

Провести лабораторно-польові дослідження.

Об'єкт дослідження – процес внутрішньогрунтового розподілу насіння зернових культур модернізованим сошником зернової сівалки СЗС-2,1.

Предмет дослідження – вплив конструктивних параметрів розподільника сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву на рівномірність розподілу насіння зернових культур по засіяній площі.

Методи наукового дослідження. У роботі застосовувалися аналітичні та експериментальні методи дослідження. Теоретичні дослідження процесу взаємодії насіння зернових культур з поверхнею розподільника виконані відповідно до основних законів класичної механіки та прикладної математики. Обробка результатів експериментів проводилася за допомогою математичної статистики, а також у програмі Microsoft Excel з використанням ПК.

Перелік **публікацій** за темою роботи:

1. Размахін Д.В. Сошники для сівалок, які працюють за технологією no-till. Студентські читання–2025: матеріали науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 46-48.

2. Derevyanko D.A., Kinert V.V., Kuskovsky O.P., Parkhomchuk M.P., Razmakhin D.V. Methods of mechanized distribution of sown seeds across the sowing

area . Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2025 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. С. 177-179.

3. Грудовий Р.С., Размахін Д.В., Сілецький Д.В., Груницький М.Р., Шевчук О.А. Опис конструкції та принципу роботи сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву. XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (01-17 жовтня 2025 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html>.

Практична значущість. Практичний інтерес для підприємств агропромислового комплексу України представляє обґрунтована та розроблена конструкція сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву

Структура та обсяг роботи. Кваліфікаційна робота складається з вступу, трьох розділів, висновків, списку використаних джерел з 25 найменувань. Загальний обсяг роботи становить 48 сторінок комп'ютерного тексту, містить 29 рисунків та 1 таблицю.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ. МЕТА І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Агротехнічні вимоги до посіву зернових культур

Підготовка ґрунту перед посівом зернових має забезпечити вирівнювану, дрібногрудкувату поверхню з достатньою вологістю. Зернові культури висівають за оптимальної вологи ґрунту (для чорноземів – ~15–18% масової, для супісків – 40–70% від повної вологоємності). Роботи ведуться в декілька операцій: після збирання попередника поле оброблюють дисковими боронами або луцильниками, а безпосередньо перед сівбою – культиваторами, що закладають насіння на робочу глибину (наприклад, 10–12 см на першому проході і до глибини загортання насіння перед посівом). Глибина передпосівної культивації повинна відповідати глибині загортання насіння, щоб зерно не потрапило в пересушений шар ґрунту. Прикочування та боронування після посіву використовують для вирівнювання поверхні й створення оптимального контакту зерна з вологим шаром ґрунту. Якісний передпосівний обробіток запобігає надмірному ущільненню та сприяє швидким сходам зернових.

Строки сівби зернових культур значною мірою залежать від біологічних особливостей виду та клімату. Озимі зернові (пшениця, ячмінь, жито) висівають восени, зазвичай наприкінці вересня – початку жовтня, щоб рослини сформували 2–4 пагони до зупинки вегетації і пішли в зиму з сильним вузлом куціння. Вважається, що за такого розвитку (сума добових температур ~500–580 °С) озимі зернові забезпечують найвищий урожай. Занадто пізній посів знижує врожайність, оскільки рослини не встигають нормально розвинутися до зими. Ярі зернові (ярий ячмінь, овес, яра пшениця, горох) сіють навесні, одразу після настання фізичної стиглості ґрунту і сприятливих температур: ранні ярі (яра пшениця, ячмінь, овес) можуть проростати вже при +1...+6 °С, середньостиглі (кукурудза, просо, соя, гречка) – після прогріву ґрунту до +7...+10 °С.

Наприклад, кукурудзу висівають, коли температура ґрунту на глибині 10 см досягає +10–12 °С (зазвичай у Поліссі й Лісостепу – починаючи з кінця квітня, на півдні – з 20–30 квітня). Своєчасний, але не надто ранній посів сприяє кращому використанню весняної вологи та належному розвитку рослин, тоді як затримка з осіннім чи весняним посівом призводить до зрідження сходів і зниження врожаю. Так, дуже ранній посів жита може викликати переростання і полегання рослин.

Норма висіву зернових культур залежить від маси тисячі зерен і умов вирощування. Орієнтовні середні значення для основних культур (в кг/га):

- Пшениця – 160–250,
- Жито – 150–200,
- Ячмінь – 150–250,
- Овес – 130–180,
- Просо (крупа дрібне) – близько 16–22 (рядовий посів) та 16–18 (широкорядний),
- Кукурудза (на зерно) – 15–45. Фактичний висів також виражають у мільйонах насінин на гектар (наприклад, пшениця – 4,0–4,5 млн насінин/га). Норми варіюють за погодних умов: у вологіших районах чи за пізнього строку сівби норми, як правило, збільшують. Підвищення густоти посіву призводить до більшої конкуренції за світло, затримує куціння, тому оптимум досягається при врівноваженні густоти й умов зростання. сучасні посівні агрегати забезпечують точне дозування: відхилення фактичної норми від заданої не повинне перевищувати $\pm 3\%$. При надмірній густоті зерен зростає ризик полегання, особливо за осіннього перезволоження.

Глибина загортання насіння визначається видом культури, типом ґрунту та вологістю. Озимі пшениця, ячмінь та гібридні жито рекомендують сіяти неглибоко – на 2–3 см, що забезпечує швидке формування міцного вузла куціння. Наприклад, за глибини 2–3 см рослина ефективніше витрачає поживні речовини зернівки на розвиток коренів та пагонів, а занадто глибокий посів (6–7

см) різко знижує врожайність озимої пшениці. У степових умовах України загортають насіння глибше (5–8 см), у Лісостепу – 4–6 см; на важких, пересушених ґрунтах заглиблення збільшують до 6–10 см. Для кукурудзи стандартна глибина – 4–6 см (на легких ґрунтах та за суховей більше, на вологих – 3–4 см). Дрібнонасінні культури (овес, гречка, просо) сіють менш глибоко (3–4 см). Найголовніше – забезпечити рівномірну глибину: при мілкій (менше 2 см) сівбі в сухому ґрунті через слабкий контакт насінини з вологою з'являються зріджені сходи. З іншого боку, занадто глибока сівба утруднює підйом проростка та збільшує енергетичні витрати на проростання. Тому ґрунтообробка повинна забезпечувати сприятливу аеробну, помірно вологу товщу для насінин на обраній глибині.

Для посіву зернових застосовують спеціальні зернові сівалки. Рядовий висів є найбільш поширеним: насіння висівають у рівномірно розташовані рядки. Наприклад, кукурудзу сіють пунктирним (гніздовим) способом із міжряддям 70 см (модельні сівалки СУПН, УПС, «Оптіма» тощо). Більшість культур (пшениця, овес, ячмінь, жито, просо, гречка) сіють суцільним стрічковим посівом стандартною міжрядною відстанню (15–20 см). Нині використовують і технології No-Till: сівалки «нулевого обробітку» мають міцні сошники з великим тиском і одночасно вносять мінеральні добрива. Наприклад, зернова сівалка KASI No Till виконує рядковий посів пшениці, жита, ячменю та інших культур з одночасним внесенням гранульованих добрив по технології нульового обробітку. Такі агрегати дозволяють без передпосівного культивування обробітку закладати насіння у стерню попередника. Усі види сівалок повинні забезпечувати рівномірну подачу насіння та точне дотримання заданої норми й глибини посіву. Наприклад, агротехнічні вимоги передбачають, що відхилення фактичної глибини загортання не перевищує $\pm 0,5$ –1 см (в залежності від встановленої глибини). У процесі сівби техніку слід регулярно перевіряти й регулювати для підтримання заданих параметрів.

Сівозміна є одним з найважливіших агротехнічних принципів. Зернові культури не висівають із року в рік на тому самому полі; найчастіше повертають пшеницю через 3–4 роки і обирають добрі попередники. Оптимальними попередниками для озимої пшениці, ячменю, жита є бобові культури (люцерна, конюшина, горох, вика), а також озимий ріпак і кормові буряки. Після бобових ґрунт збагачується азотом і органічною масою, покращується структура, знижується забур'яненість. Добрі попередники – також гречка, ранні просапні (картопля, цукрові буряки, кукурудза на силос) і навіть чорний пар (особливо в умовах Степу), які після збирання вносять багато органіки. Натомість найбільш небажані попередники для зернових – самі зернові (особливо за суцільного посіву на одному місці) або важкі злакові трави, що спричиняють накопичення збудників хвороб кореневої системи. Наукові рекомендації (напр. Інститут землеробства НААН) підкреслюють: чим більш різноманітний сівозмінний цикл із включенням бобових і олійних культур, тим вищою є стабільність урожайності зернових. До того ж сівозміна полегшує обробіток ґрунту та дає можливість застосувати інші агрометоди (засів, удобрення, захист рослин) залежно від попередника.

Озимі зернові (пшениця, жито, ячмінь) вимагають підготовки до зимівлі: після сівби рослини мають утворити 2–4 пагони і добре вкоренитися. Передпосівна обробка озимого посіву зазвичай включає протруєння насіння фунгіцидами та комплексне мінеральне підживлення (азот+фосфор), щоб підтримати початковий ріст. Посів озимих здійснюють у вологий ґрунт, адже недостатня осіння вологість може призвести до нерівномірних сходів і слабого розвитку. Озимі культури сіють агрегатами із щільним ущільненням по дну борозни, щоб запобігти випаданню насінин.

Ярі зернові сіють рано навесні, одразу ж після настання сприятливих умов. Їм властиве повільніше початкове зростання і відсутність періоду зимового спокою. Тому ярові висівають, коли ґрунт достатньо зволожений і прогрітий (див. вище про температурні пороги). Особливістю посіву ярих є потреба

швидко використати ранньовесняну вологу та забезпечити рівномірний розвиток за коротшого вегетаційного періоду. Інколи застосовують елементи технології точного землеробства – диференційовані норми висіву або контроль глибини на окремих ділянках – для оптимізації сходів. Важливо також уникати зволікання: затримка з весняним посівом ярих культур на 10–15 днів призводить до зрідження стеблостою і втрати врожайності.

Висновок. Системний підхід до сівби зернових культур базується на суворому дотриманні агротехнічних параметрів: ретельній підготовці ґрунту, оптимальному строку посіву, точних нормах висіву, правильній глибині й методах сівби, а також вдало спланованій сівозміні. Комплексне виконання цих вимог забезпечує дружні сходи, сильну рослину з оптимальною густотою та, як наслідок, максимальне використання потенціалу культури.

1.2. Огляд конструкцій сошників для внутрішньогрунтового розкидного посіву

В даний час для внутрішньогрунтового розкидного посіву насіння використовуються розподільники посівного матеріалу різних конструкцій, в яких розподіл посівного матеріалу в підсошниковому просторі відбувається лише за рахунок геометричної форми розподільника. У реальних, виробничих умовах більшість розроблених конструкцій сошників для внутрішньогрунтового розкидного способу посіву не забезпечують необхідну ширину розподілу насіння в підсошниковому проторі [3].

Спроби створення першого сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву насіння зернових культур були зроблені на початку 30-х років професором К.Н. Васильєвим. У ньому в якості наральника використовувалася плоскоріжуча культиваторна лапа, з розташованим під нею розкидачем насіння.

Однак дані сошники не отримали широкого поширення, оскільки лапи з великою шириною захвату збільшували тяговий опір посівного агрегату і погіршували його прохідність.

У зв'язку з цим, в даний час триває робота по створенню робочих органів для внутрішньогрунтового розкидного посіву, які будуть відповідати сучасним агротехнічним вимогам до посіву.

Розглянемо сучасні конструкції робочих органів для здійснення внутрішньогрунтового розкидного способу посіву.

Сошник для внутрішньогрунтового розкидного посіву (рис. 1.1).

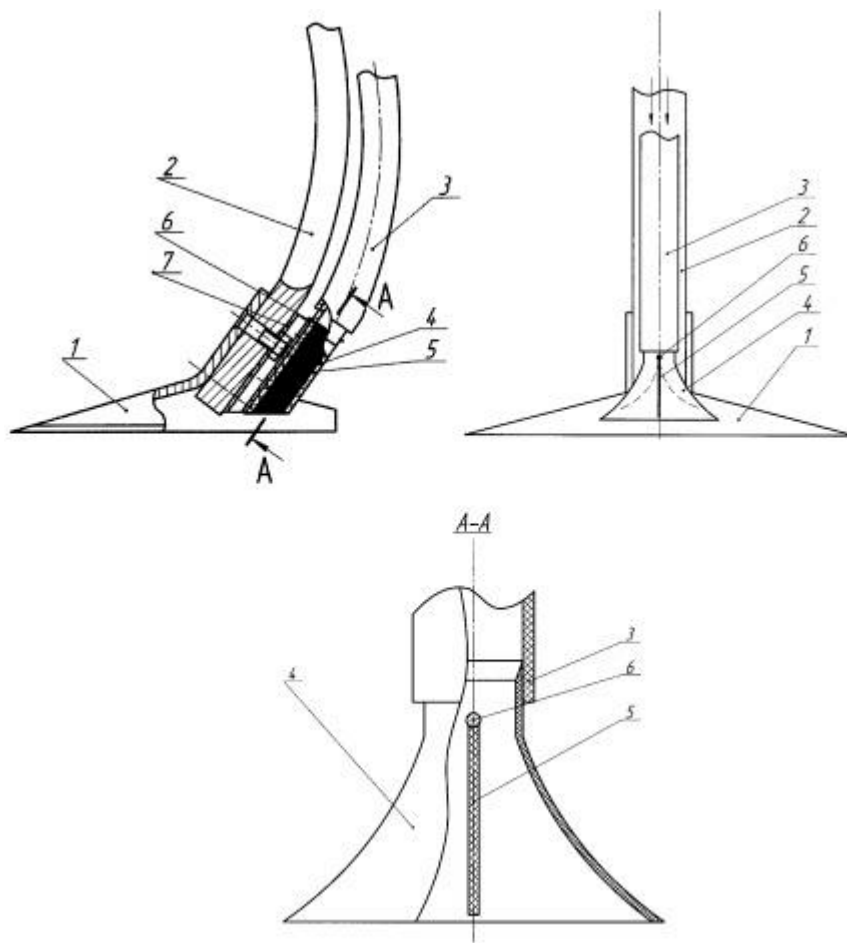


Рис. 1.1. Сошник для внутрішньогрунтового розкидного посіву: 1 – стрілчаста лапа; 2 – стійка; 3 – насіннево-повітряний канал; 4 – розподільник насіння; 5 – еластичний розсікач; 6 – вісь; 7 – тримач.

Робота даного сошника здійснюється наступним чином: посівний матеріал надходить з висівного апарату в насіннепровід, де, підхоплюючись потоком

повітря, подається в розподільник насіння, де під впливом повітряного потоку еластичний розсікач приводиться в коливальний рух, тим самим здійснюючи розподіл посівного матеріалу в підсошнику стрілкової лапи.

Однак даній конструкції сошника притаманні наступні недоліки.

Застосування обраної конструкції розподільника сприяє розподілу посівного матеріалу по краях стрілкової лапи, внаслідок чого середина засіяної сошником смуги залишається незасіяною, що призведе до нерівномірного розподілу посівного матеріалу на засіяній площі поля; застосування розподілу насіння повітряним потоком неминуче призведе до травмування посівного матеріалу; дорожняча виготовлення конструкції сошника.

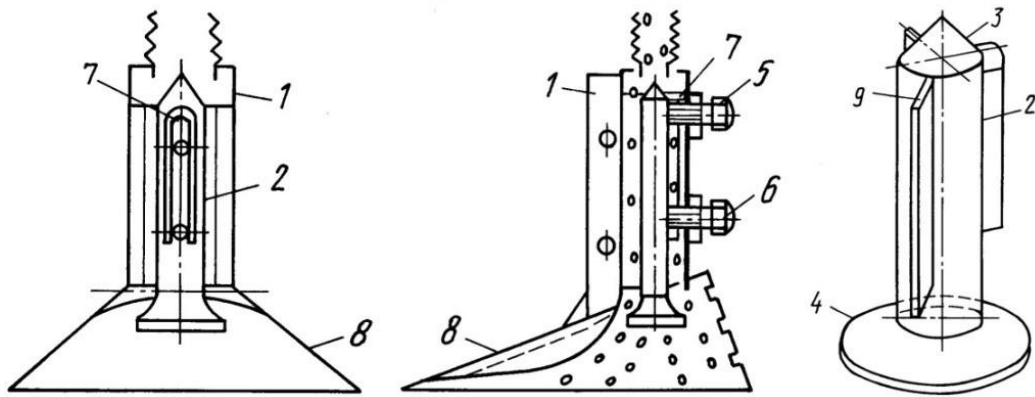


Рис. 1.2. Сошник для розкидного посіву: 1 – стійка-насіннепровід; 2 – шток; 3 – конусна частина штока з прямолінійною утворюючою; 4 – криволінійна утворююча штока; 5,6 – регулювальні болти; 7 – відбивач; 8 – стрілчаста лапа; 9 – розсікачі насіння.

Сошник працює наступним чином: насіння, що надходить в сошник і знаходиться в стані вільного падіння всередині підвідного насіннепроводу, спочатку в верхній частині порожнистої стійки-насіннепроводу 1 потрапляє на верхню конусну частину 3 штока, де здійснюється перший етап їх рівномірного розподілу в насіннепроводі. Потік насіння за допомогою розсікачів 9 розподіляється по трьох поздовжніх напрямних каналах. Три розсіяних у потоку насіння потрапляють на нижню частину штока 2 з криволінійною утворюючою 4, після відскоку, від якої рівномірно розподіляються в борозні по всій ширині захвату лапи. Частина насіння, що потрапила після відскоку від верхньої

конусної частини 3 штока на відбивач 7, розподіляється на ліву і праву частини заднього каналу. Дальність польоту насіння після відскоку їх від криволінійної утворюючої 4 штока регулюється шляхом його підйому або опускання за допомогою болтів 5, 6.

Недолік даного сошника полягає в тому, що при проходженні декількох ступенів розподілу, насіння втрачає свою кінетичну енергію, внаслідок чого максимальна дальність відскоку знижується. Також до недоліків можна віднести складність у виготовленні розподільника, його регулювання і схильність розподільника до забивання насінням.

НМЦ «ІМЕСГ» пропонує конструкцію сошника (рис. 1.3) для підґрунтового розкидного посіву [8].

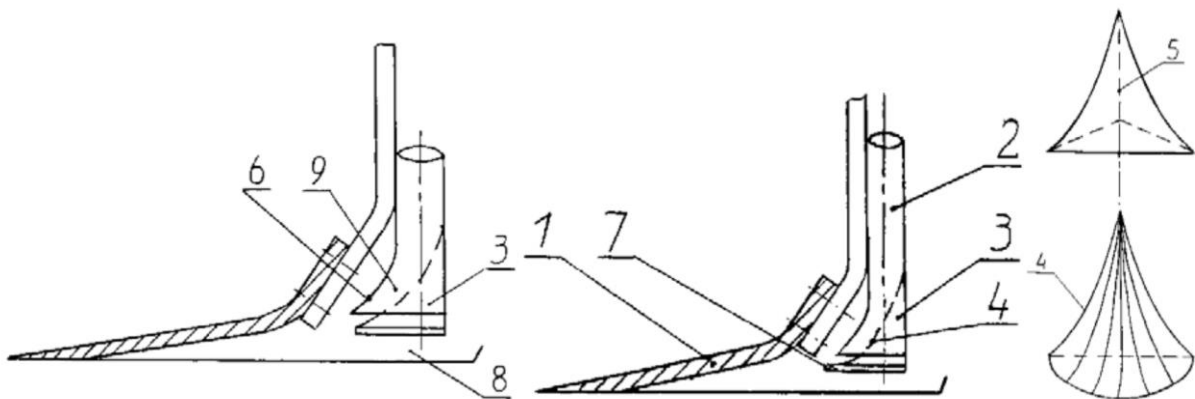


Рис. 1.3. Сошник ННЦ «ІМЕСГ»: 1 – стрілочаста лапа; 2 – насіннепровід; 3 – розподільник; 4 – піраміда з профільованими увігнутими гранями; 5 – тригранна піраміда; 6 – нижня частина труби; 7 – днище; 8 – зазор для рівномірного розподілу насіння в ґрунті; 9 – зазор, що забезпечує вільний прохід насіння і добрив.

Сошник працює наступним чином: з бункера насіння надходить у насіннепровід, рухаючись по ньому, насіння надходить на профільовані грані розподільника, зісковзуючи з поверхні розподільника, насіння потрапляє на дно борозни. Рівномірність розподілу насіння в даній конструкції сошника забезпечується за рахунок граней розподільника.

Недоліком даного сошника є розподіл насіння не по всій ширині захвату, оскільки насіння, що скочується з розподільника, потрапляє в передню частину підлапового простору сошника в бік, протилежний руху посівного агрегату, у зв'язку з чим виникає нерівномірність розподілу посівного матеріалу по довжині засіяної смуги. Також до недоліків можна віднести складність у виготовленні розподільників, що застосовуються в даному сошнику.

Всеросійський науково-дослідний і проектно-технологічний інститут з використання техніки і нафтопродуктів у сільському господарстві пропонує сошник (рис. 1.4) для розкидного висіву насіння і добрив [2].

Сошник складається з стрілчастої лапи 1, прикріпленої до стійки 2, до якої через кронштейн 3 і хомут 4 кріпиться насіннепровід 5. Насіннепроводом служить труба, нижня частина якої овального перетину. У підсошникувальному просторі лапи встановлений пасивний розподільник насіння, закріплений до стійки 2, що складається з розсікача 6 і відбивача 7, жорстко з'єднаних між собою. Розсікач 6 являє собою тригранну піраміду. Задня грань розсікача рівнобедрений трикутник з кутом при вершині 60° розташована перпендикулярно осі симетрії лапи 1. Дві інші грані мають кут при вершині, рівний 125° . Відбивач 7 являє собою циліндричну поверхню, утворену обертанням продовження нижньої сторони задньої грані розсікача 6 відносно її вершини до перетину з третім ребром розсікача 6. Верхня частина відбивача має конфігурацію склепіння підсошного простору і приварена до пластини подовжувача 8 лапи 1 так, що задня кромка пластини-подовжувача перекриває нижню кромку відбивача на 20 мм, яка приварена до захисної пластини 9. Нижня точка вихідного вікна насіннепроводу знаходиться на відстані 16 мм від вершини розсікача по горизонталі, паралельній осі симетрії лапи сошника.

Сошник працює наступним чином: насіння, потрапляючи з висівного апарату в насіннепровід 5, рухається по ньому, утворюючи в нижній частині його потік, спрямований на вершину розсікача 6, де розподіляється на три потоки. Потік, відбитий від задньої грані розсікача 6, розподіляється в середній частині

дна борозни, а два інших потоки, відбиваючись від бічних граней розсікача 6, надходять на крила відбивача 7 і, ковзаючи по них, сходять на дно борозни по всій ширині захвату сошника, а ґрунт, що сходить з лапи, закриває їх. Це призводить до утворення посівів з рівномірним розподілом рослин по всій площі посіву.

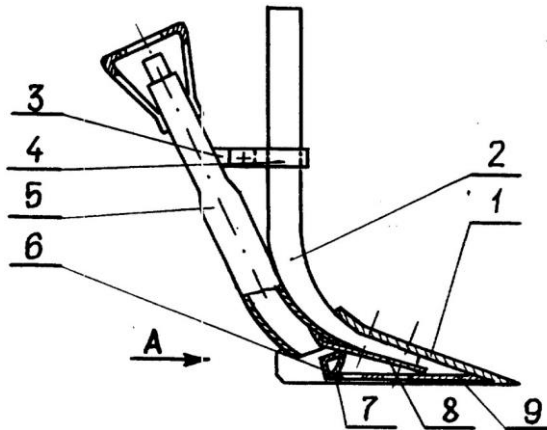


Рис. 1.4. Сошник для розкидного висіву насіння і добрив: 1 – стрілочаста лапа; 2 – стійка; 3 – кронштейн; 4 – хомут; 5 – сім'япровід; 6 – розсікач; 7 – відбивач; 8 – подовжувач; 9 – захисна пластина

Недоліком даного сошника є недостатня ширина розподілу насіння засіяної смуги, а також розподіл насіння по краях стрілочасті лапи через застосування клиноподібного розсікача посівного матеріалу.

Харківський національний технічний університет сільського господарства пропонує конструкцію сошника [3] (рис. 1.5).

Сошник працює наступним чином. Насіння під дією повітряного потоку надходить по насіннепроводу до наконечника, де напрямляч-розподільник насіння формує спрямований потік насіння, рівномірно розподіляючи його в ґрунт.

До недоліків даної конструкції сошника можна віднести використання відбивного елемента при пневматичній системі подачі насіння, що в свою чергу неминуче призведе до травмування посівного матеріалу, яке негативно позначиться на рості і розвитку рослин і в підсумку призведе до зниження врожайності засіяних культур.

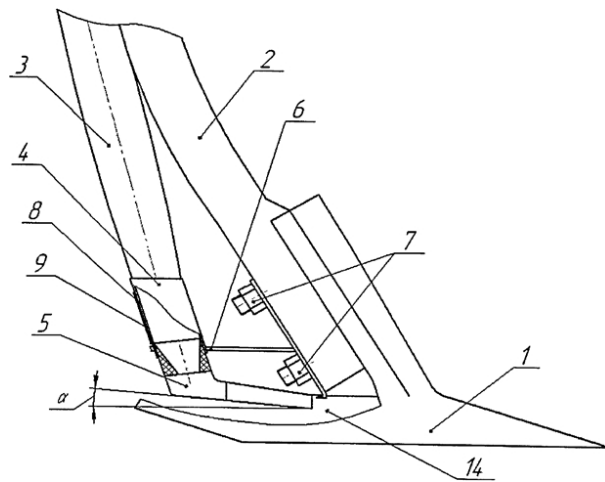


Рис. 1.5. Сошник ХНУСГ ім. П.Василенка

Також, для підземного розкидання насіння використовуються сошники, що мають активний розкидальний диск.

За таким принципом працює сошник для внутрішньогрунтового розкидного посіву (рис.1.6).

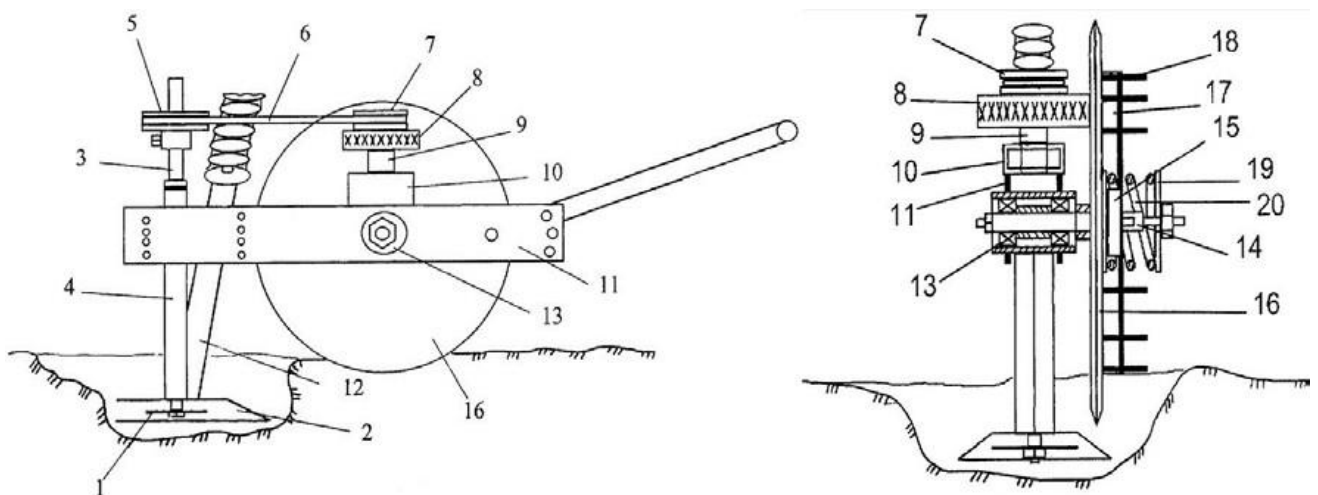


Рис. 1.6. Сошник для внутрішньогрунтового розкидного посіву: 1 – розкидний диск; 2 – ніж; 3 – вертикальний вал; 4 – порожниста стійка; 5 – ведений шків; 6 – клиноподібний ремінь; 7 – ведучий шків 8 – каток; 9 – вісь; 10 – труби; 11 – пластинчасті повідки; 12 – трубчастий насіннепровід; 13 – корпус; 14 – валик; 15 – маточина; 16 – приводний диск; 17 – обмежувальне кільце; 18 – ґрунтозачіп; 19 – шайба; 20 – спіральна пружина

Розподіл насіння в даній конструкції сошника відбувається за рахунок застосування активного розподільника, який приводиться в рух за допомогою ремінної передачі від приводного диска сівалки Основним недоліком даної

конструкції є її велика металоємність, а також складність у її виготовленні та складанні. Також через прослизання розкидального ножа при зносі фрикційного матеріалу обода підвищується травмування насіння.

Сошник (рис. 1.7) розроблений Гужиним І.М. [7] працює за принципом сходження посівного матеріалу з криволінійної поверхні розподільника.

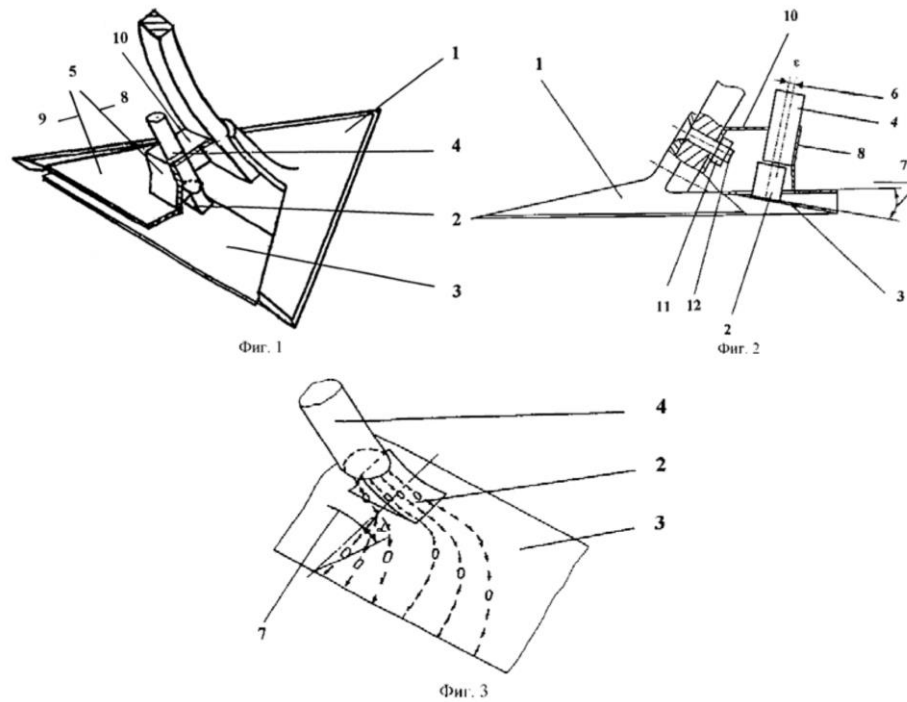


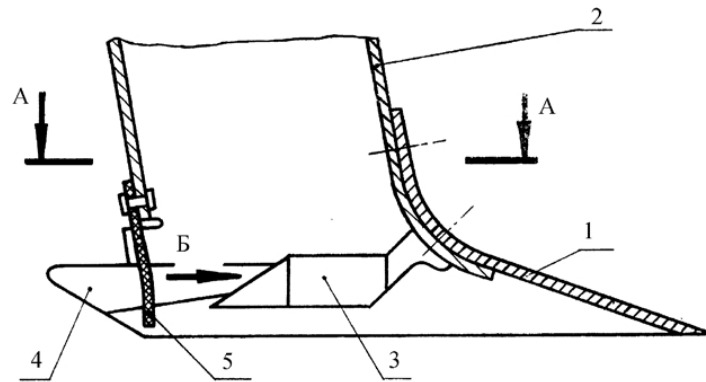
Рис. 1.7. Сошник для безрядкового посіву насіння зернових культур: 1 – нарильник; 2 – розподільник насіння; 3 – похила платформа; 4 – насіннепровід; 5 – ґрунтозахисний пристрій; 6 – величина ексцентриситету; 7 – кут відхилення похилої платформи; 8 – короб; 9 – майданчик; 10 – кришка; 11 – гвинт; 12 – гайка

Принцип роботи сошника полягає в наступному: насіння, надходячи з насіннепроводу на криволінійну поверхню розподільника, при русі по поверхні розподільника, насіння плавно змінює напрямок свого руху і надходить на похилу платформу, яка рівномірно розподіляє насіння по ширині захвату сошника, після сходу насіння з похилої платформи воно падає на дно борозни.

Недоліком даного сошника є складність у виготовленні і висока точність установки розподільника і похилої площини. Також можливе погіршення розподілу насіння через нерівномірний рух посівного агрегату в процесі посіву.

НУБІП України запропонував наступну конструкцію сошника (рис. 1.8) для підгрунтового розкидного посіву [6].

Сошник працює наступним чином: насіння, що подається висівними апаратами, по стійці-насіннепроводу направляється на робочу поверхню розподільника. Відбиваючись від бічних і задніх граней розподільника, насіння розподіляється в підлаповому просторі сошника по всій його ширині



Фиг.1

Рис. 1.8. Сошник НУБІП України: 1 – стрілочаста лапа; 2 – насіннепровод; 3 – розподільник насіння; 4 – склепінні косинки; 5 – еластична стінка

Недоліками даного сошника є недостатня дальність розподілу посівного матеріалу через застосування еластичної стінки, наявність незасіяних ділянок посередині сошника через клиноподібний тип розподільника насіння.

Сошник для розкидного посіву [4], розроблений Ю.В. Комаровим і А.П. Зизевським (рис. 1.9), що включає в себе порожнисту стійку, екстирпаторну лапу з розсіювачем висівного матеріалу, що відрізняється тим, що в порожнистій стійці встановлений конусоподібний відбивач для рівномірного розподілу висівного матеріалу по поверхні розсіювача, причому робоча поверхня розсіювача виконана у вигляді лінійчастої поверхні зі змінним кутом нахилу, що утворює дно борозни.

Сошник працює наступним чином. Висіваний матеріал через порожнисту стійку 1 з відбивачем 4 надходить на розсіювач 3 і розкидається під крила екстирпаторної лапи 4.

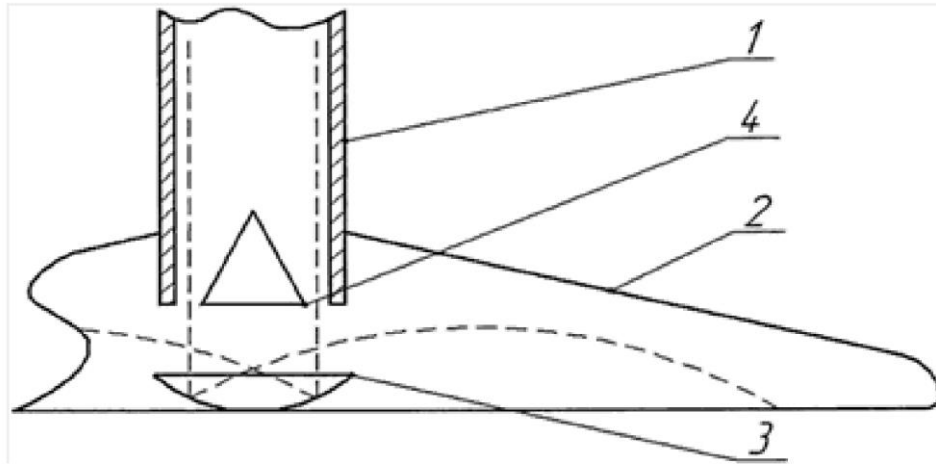


Рис. 1.9. Сошник для розкидного посіву: 1 – порожниста стійка; 2 – ексцирпаторна лапа; 3 – розсіювач; 4 – відбивач.

Однак конструкція даного сошника має ряд недоліків: Увігнута форма розсіювача збирального характеру, буде поступово накопичувати в собі посівний матеріал, що призведе до повного її заповнення і втрати працездатності.

Нерівномірний розкид насіння по ширині засіяної смуги Відсутність в універсальності при висіві інших сільськогосподарських культур через малий зазор між краями конусоподібного відбивача і порожнистої стійки.

Мета дослідження – підвищення рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння зернових культур за рахунок розробки та обґрунтування конструктивних параметрів розподільника сошника стерньової сівалки.

Завдання дослідження:

Провести аналіз літературних і патентних джерел і на його основі визначити перспективний напрямок вдосконалення внутрішньогрунтового розподілу насіння при посіві зернових культур.

Розробити конструкцію сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву і обґрунтувати конструктивні параметри розподільника насіння.

Провести лабораторно-польові дослідження.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РОЗПОДІЛУ НАСІННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР СОШНИКОМ ДЛЯ ВНУТРІШНЬОҐРУНТОВОГО РОЗКИДНОГО ПОСІВУ

2.1 Опис конструкції та принципу роботи сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву

У технологічному процесі розподілу насіння в підсошниковому просторі вирішальну роль відіграватимуть конструктивні особливості розподільного пристрою, пружні властивості насіння та швидкість удару зерна об розподільний елемент [3].

Сошник для розкидного висіву (рис. 2.1) складається з порожнистої стійки 1, що має сплющену форму в поперечному перерізі, напівсферичного розподільника 2, який забезпечує розподіл насіння по всій ширині засіваної смуги, та екстирпаторного лемеша 3.

Сошник працює таким чином. Висівний матеріал через порожнисту стійку 1, що має неправильну форму в перерізі, надходить на розподільний елемент, який розкидає посівний матеріал під крила екстирпаторного лемеша на всю його ширину [3].

Зміна конструкції сошника дає змогу висівати різні види зернобобових культур, а також рівномірно розподіляти насіння по площі поля без незасіяних проміжків між ними, що сприяє ефективному росту і розвитку рослин [3].

Фізико-механічні властивості насіння зернових культур безпосередньо впливають на процес висіву та розподілу насіння в підсошниковому просторі сошника. У зв'язку з цим, для подальших теоретичних розрахунків процесу розподілу насіння в підсошниковому просторі та обґрунтування конструктивних параметрів твірної поверхні розподільника, необхідно детальніше розглянути

фізико-механічні властивості посівного матеріалу, що використовується під час внутрішньогрунтового розкидного висіву зернових культур [3].

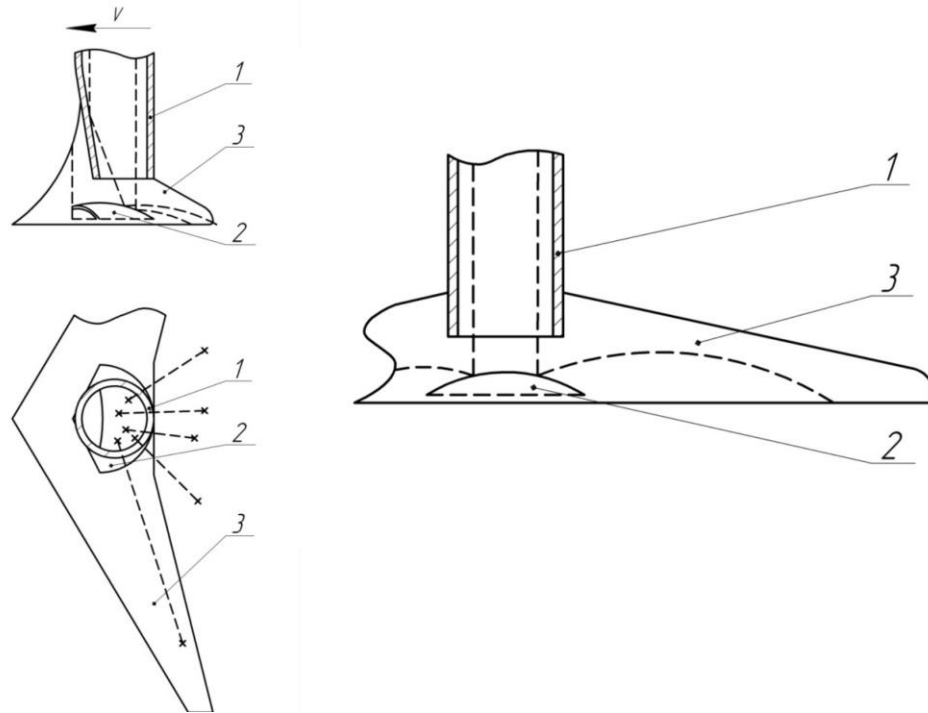


Рис. 2.1. Схема конструкції сошника для розкидного висіву: 1 – насіннепровід; 2 – розподільний елемент; 3 – екстирпаторний леміш [3].

2.2. Визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту

При використанні внутрішньогрунтового розкидного посіву, велике застосування знайшли конструкції робочих органів з використанням розподільника. Однак часто такі конструкції не дозволяють домогтися розподілу насіння по всій ширині засіяної смуги. Це пов'язано з тим, що при внутрішньогрунтовому розкидному способі посіву дальність польоту насіння після удару об поверхню розподільника обмежена підсошним простором, який залежить від розмірів і конструктивних параметрів стрілкової лапи.

У зв'язку з цим при конструюванні розподільників необхідно забезпечити такі конструктивні параметри розподільника, щоб забезпечити оптимальну дальність польоту насіння після удару об поверхню розподільника. В іншому

випадку, перевищення дальності польоту насіння призведе до нерівномірного розподілу насіння, зменшення площі живлення кожної окремої рослини, що в підсумку призведе до конкуренції рослин за поживні речовини, збільшення загибелі рослин у період вегетації і, як наслідок, до зниження польової схожості та погіршення врожайності. Недостатня дальність польоту насіння також призведе до нерівномірного розподілу насіння по всій ширині засіяної смуги, що також призведе до зниження врожайності та погіршення схожості насіння.

Метою проведення лабораторних досліджень з визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні плоского розподільника, встановленого під кутом до горизонту, було визначення оптимальних конструйованих параметрів розподільних елементів при використанні сошника для внутрішньогрунтового розкидного способу посіву зернових культур.

Для проведення даних експериментів нами була розроблена і виготовлена лабораторна установка (рис. 2.2–2.4).

Лабораторна установка складається з основи 7, на яку кріпиться штатив 4, на ньому за допомогою кріплень 3 зафіксований насіннепровід 2 з встановленим на ньому механізмом подачі насіння 1. Під насіннепроводом встановлений плоский сталевий розподільний елемент 5 з можливістю регулювання кута нахилу до горизонту. Для вимірювання дальності польоту насіння використовувалася вимірювальна рамка 6 з розмірами 0,6 x 0,5 м, що має поперечні перегородки через кожні 0,02 м. Для фіксації зерен після відскоку використовувалася прозора плівка, змащена клейким матеріалом, і закріплена поверх вимірювальної рамки [2, 5].

Експеримент проводився за такою методикою. Плоский сталевий розподільний елемент (виготовлений зі сталі марки Ст.3) за допомогою кутоміра [6] встановлювався і фіксувався на заданий кут нахилу до горизонту. Потім в механізм подачі насіння завантажувалася задана кількість зразків насіння озимої пшениці «Миронівська 17». Після чого проводився висів насіння. Значення

дальності польоту насіння, зафіксованого на прозорій плівці вимірювалася лінійкою з міліметровими поділками.

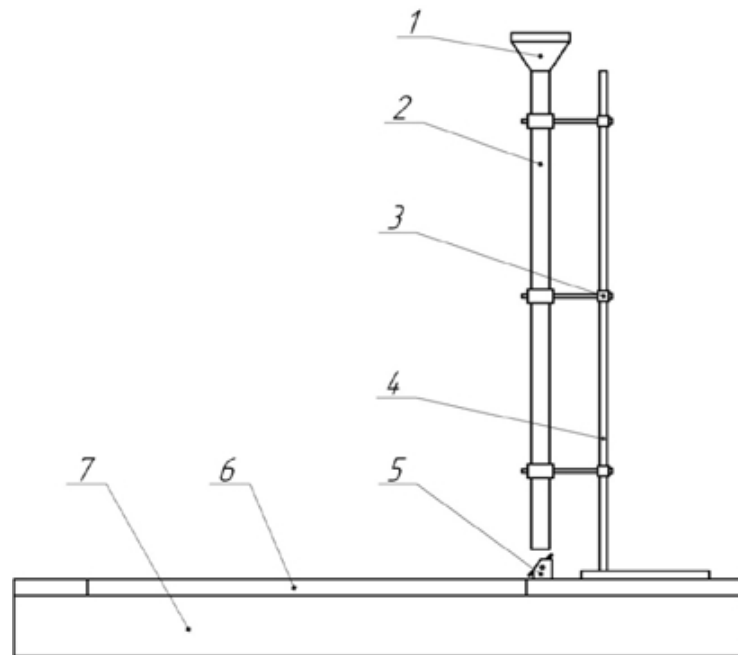


Рис. 2.2. Схема лабораторної установки для визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту: 1 – механізм подачі насіння; 2 – насіннепровід; 3 – кріплення; 4 – штатив; 5 – розподільний елемент; 6 – вимірювальна рамка; 7 – основа.



Рис. 2.3 Загальний вигляд установки для визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту

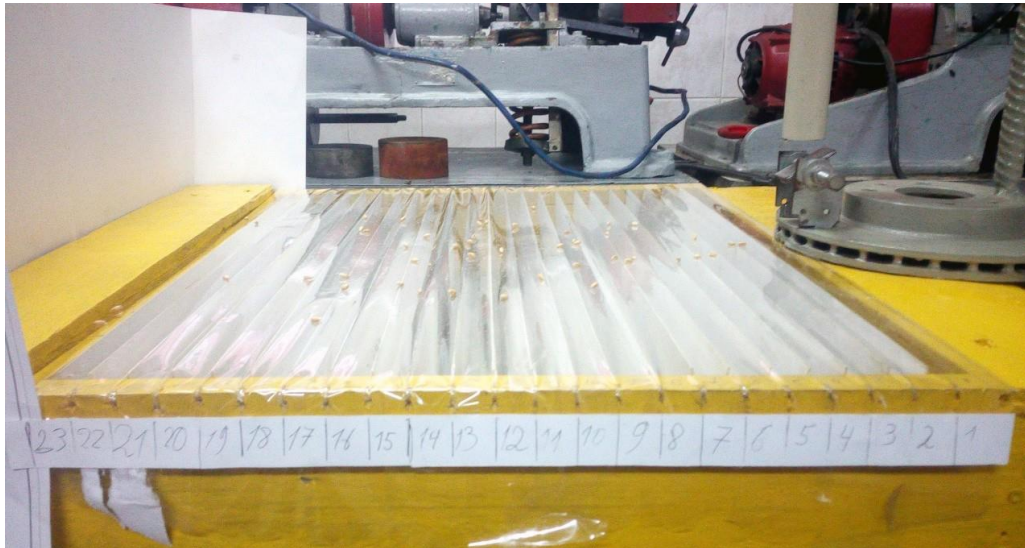


Рис. 2.4. Дослідження з визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту

При проведенні лабораторних випробувань проводилися два види експерименту:

- Висів по одному зерну.
- Висів невеликими навісками, з розрахунку норми висіву під площу вимірювальної рамки.

Такі способи висіву обумовлені тим, що при теоретичному обґрунтуванні конструктивних параметрів розподільних елементів часто розглядається одиничний удар зерна об поверхню розподільника, з подальшим описом траєкторії падіння зерна [3]. Однак на практиці процес висіву характеризується не одиничним висівом зерна, а висівом постійним потоком, при якому, імовірно, відбувається взаємодія насіння між собою, тому дальність польоту насіння при висіві потоком буде відрізнятися від дальності польоту при одиничному висіві зерна.

Обробка експериментальних даних проводилася за методом статистичної обробки, з знаходженням математичного очікування і коефіцієнта варіації, після чого будувалися графічні залежності дальності відскоку насіння в залежності від різних кутів установки розподільника.

Дослідження з визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту, проводилися з використанням плоского розподільника, встановленого під різними кутами нахилу до горизонту, які змінювалися від 30 до 70 градусів.

Після проведення експерименту підраховувалася кількість насіння, що випало в кожному комірці вимірювальної рамки, а також вимірювалася значення дальності відскоку кожного зерна лінійкою з міліметровими поділками і проводилася статистична обробка. За результатами проведення досліджень будувалася графічна залежність дальності польоту зерна після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом до горизонту, представлена на рис. 2.5.

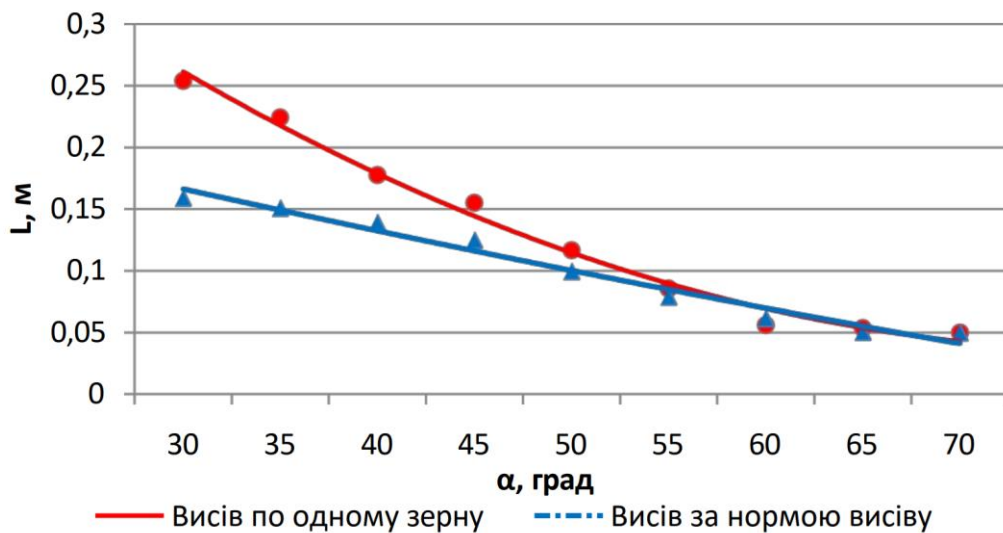


Рис. 2.5. Графік залежності дальності польоту насіння пшениці сорту «Миронівська 17» після відскоку від поверхні розподільника, встановленого під кутом α до горизонту.

Аналіз графіка 2.5 показав, що дальність польоту насіння зі збільшенням кута нахилу розподільника до горизонту знижується, а дальність польоту насіння з урахуванням норми висіву менше дальності польоту одного зерна. Такі відмінності пояснюються взаємодією насіння при їх висіві постійним потоком, що можна описати коефіцієнтом висіву насіння постійним потоком. Однак даний коефіцієнт справедливий лише при постійній висоті установки розподільника по

вертикалі, що використовується при проведенні лабораторних досліджень. Розроблений нами розподільник має сферичну поверхню, внаслідок чого висота падіння і відскоку насіння від його поверхні буде змінюватися в залежності від координати падіння зерна на поверхню розподільника, тому нам необхідно провести теоретичні дослідження з визначення дальності польоту насіння після відскоку від поверхні розподільника.

2.3. Обґрунтування вибору поверхні, що утворює розподільник

Проведений нами патентний аналіз конструкцій сошників для розкидного посіву зернових культур і застосовуваних в них розподільних пристроїв, розглянутих у розділі 1, показав, що найбільш поширеним типом розподільників насіння є розподільники пасивної дії.

Аналізуючи поверхні розподільників насіння пасивної дії, що застосовуються в конструкціях сошників для розкидного посіву, можна зробити висновок про те, що в конструкціях застосовуються розподільники з різними формами утворюючої поверхні. Твірні поверхні розподільних пристроїв можна поділити на два види: прямолінійні твірні (пластини, конуси, призми) і криволінійні твірні (у вигляді парабол, поліномів і брахістохронів) Також, слід зазначити, що конструкції розподільників з прямолінійною утворюючою працюють за принципом відскоку зерна від його поверхні, а конструкції з криволінійною утворюючою набули поширення при роботі за принципом зісковзування зерна з поверхні розподільника.

Розподільники, які працюють за принципом зісковзування зерна з їхньої поверхні, мають поверхню, що плавно змінює напрямок руху зерна з метою мінімізації втрати його кінетичної енергії. Недоліком таких розподільників є параметри формувальної поверхні, які не дозволяють розмістити розподільник у підсошниковому просторі для розподілу насіння проти напрямку руху посівного агрегату. Тому розподільники цього типу доцільно використовувати для

розподілу насіння в підсошниковому просторі у напрямку руху посівного агрегату.

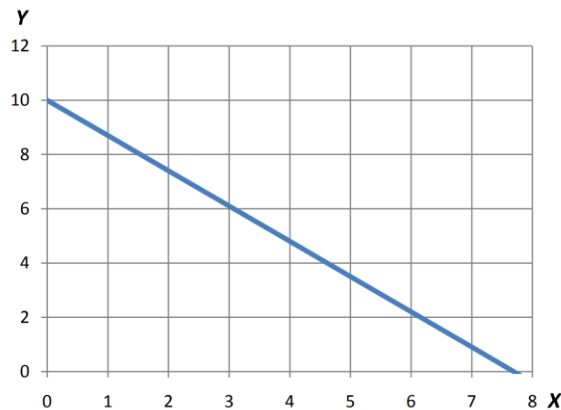


Рис. 2.6. Прямолінійна твірна поверхня розподільника насіння.

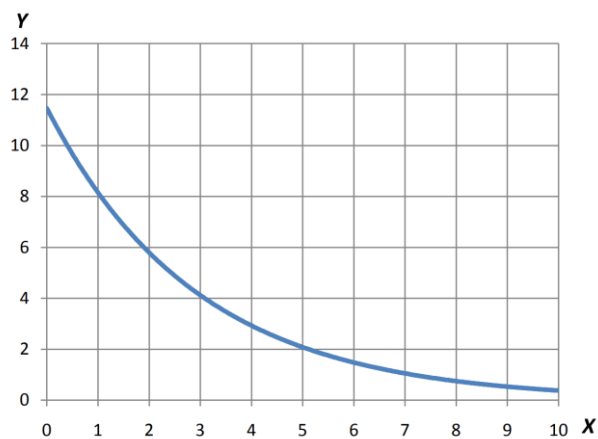


Рис. 2.7. Криволінійна твірна поверхня розподільника насіння.

Головним недоліком розподільників насіння з прямолінійною твірною поверхнею є те, що ці розподільні елементи мають фіксоване значення кута нахилу робочої поверхні розподільника до горизонту. Як показали проведені нами експерименти, за використання розподільника з фіксованими значеннями кута його нахилу до горизонту можна досягти необхідної дальності розподілу насіння, проте при цьому спостерігається нерівномірність розподілу насіння за довжиною.

Для досягнення необхідної дальності розподілу насіння, а також рівномірності його розміщення необхідно, щоб твірна поверхня розподільника мала плавну зміну кутів нахилу до горизонту в заданих межах. Найпростішою функцією з плавною зміною кутів є крива другого порядку – парабола.

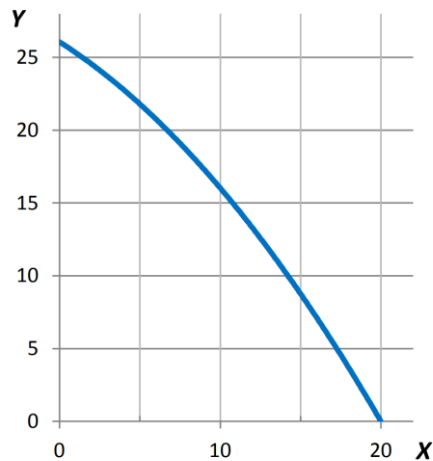


Рис. 2.8. Криволінійна твірна поверхня розподільника насіння другого порядку

За використання цієї кривої як твірної поверхні розподільника насіння можна забезпечити плавну зміну кутів нахилу поверхні твірної до горизонту в заданих межах, досягаючи необхідної дальності та рівномірності розподілу насіння.

2.4. Обґрунтування конструктивних параметрів розподільника

Серед конструктивних параметрів розподільника можна виділити кут розподільника, що визначає ширину розподілу насіння і величину зміщення осі обертання утворюючої розподільника, для визначення даних параметрів нам необхідно визначити положення розподільника в підсошнику, при якому буде забезпечуватися розподіл посівного матеріалу на всю ширину захвату сошника.

Для цього, виходячи з конструктивних розмірів сошника, нам необхідно визначити крайні положення поверхні розподільника, при яких буде забезпечуватися розподіл насіння на всю ширину стрілкової лапи.

Знаючи довжину утворюючої розподільника l , необхідну нам ширину розподілу зерна $B = 0,24$ м і дальність польоту насіння від поверхні утворюючої розподільника, ми можемо визначити кут розподільника, що визначає ширину розподілу насіння і величину зміщення осі обертання утворюючої

розподільника, які, як видно з малюнка 2.20, склали відповідно $\alpha_p = 55^\circ$ градусів і $r_{cm} = 0,022$ м. Однак, для виключення попадання зерна за межі поверхні розподільника, при його виході з насіннепроводу, необхідно збільшити кут розподільника, що визначає ширину розподілу насіння на 5 градусів, тоді $\alpha_p = 60^\circ$.

Оскільки підсошниковий простір обмежений радіусом, утвореним лезом стрілкової лапи R_l , дальність польоту зерна по всій ширині не повинна перевищувати розміри підсошникового простору, в іншому випадку насіння буде розподілятися нерівномірно. Для цього, як показано на малюнку 2.21, знаючи дальність польоту насіння від поверхні розподільника при різних кутах установки розподільника до горизонту, ми можемо знайти на центральній осі сошника точку удару зерна об поверхню розподільника, від якої дальність польоту не перевищуватиме розміри підсошникового простору. Апроксимуючи крайні і центральну точки, ми отримаємо дві лінії: лінію удару насіння об поверхню розподільника $l_{пит}$ і лінію розподілу насіння l_p після удару об поверхню розподільника по лінії удару.

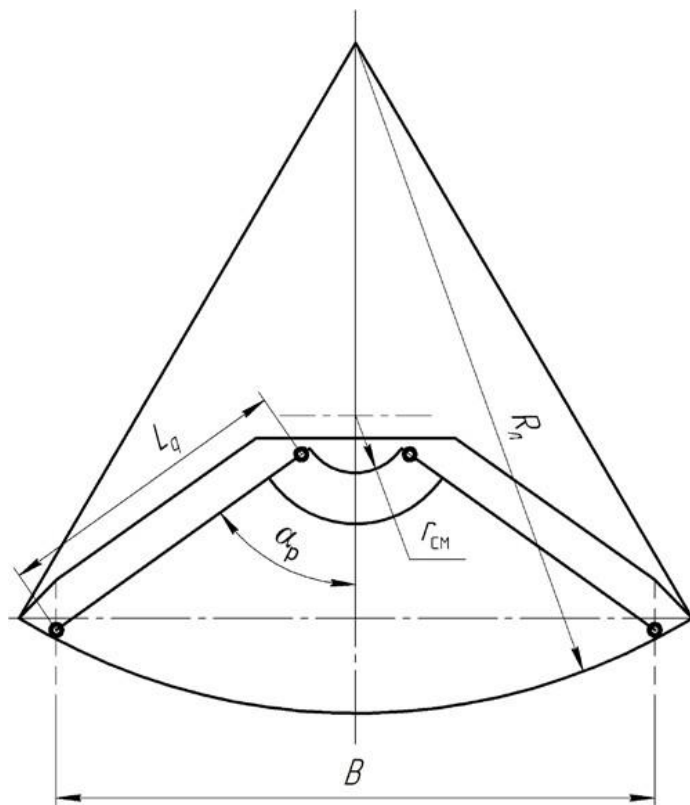


Рис. 2.9. Схема визначення конструктивних параметрів розподільника.

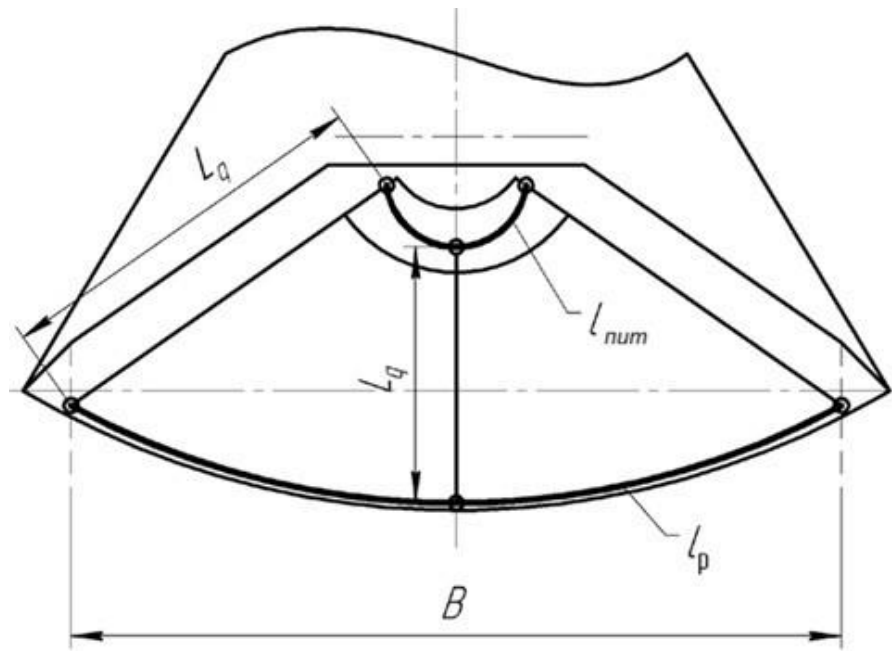


Рис. 2.10. Схема визначення лінії удару насіння об поверхню розподільника і лінії розподілу насіння.

Оскільки твірна поверхні розподільника являє собою криву другого порядку і має зміщення осі її обертання, для опису поверхні розподільника змістимо утворюючу поверхні на значення r_{cm} і продовжимо її таким чином, щоб її вершина знаходилася в початку координат (рис. 2.8).

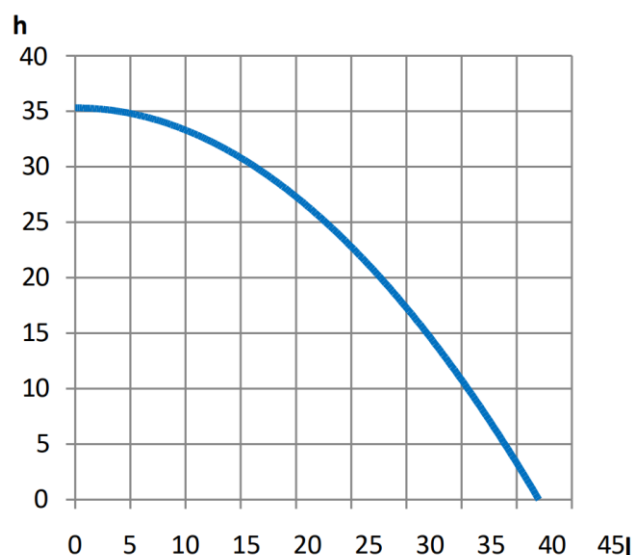


Рис. 2.11. Графік твірної розподільника з урахуванням осі зміщення осі обертання твірної.

З урахуванням конструктивних параметрів утворюючої розподільника, величини зміщення осі обертання утворюючої розподільника і кута розподільника, що визначає ширину засіяної сошником смуги, поверхня розподільника буде представляти собою усічений параболоїд обертання з областю визначення по осях x , y і z .

По висоті (осі z) поверхня розподільника буде обмежена висотою твірної, яка дорівнює $h_0 = 0,026$ м і визначатися відповідно. Щоб знайти область визначення по осях x і y , прийемо вісь змішування обертання поверхні розподільника r_{cm} за початок координат рис. 2.12.

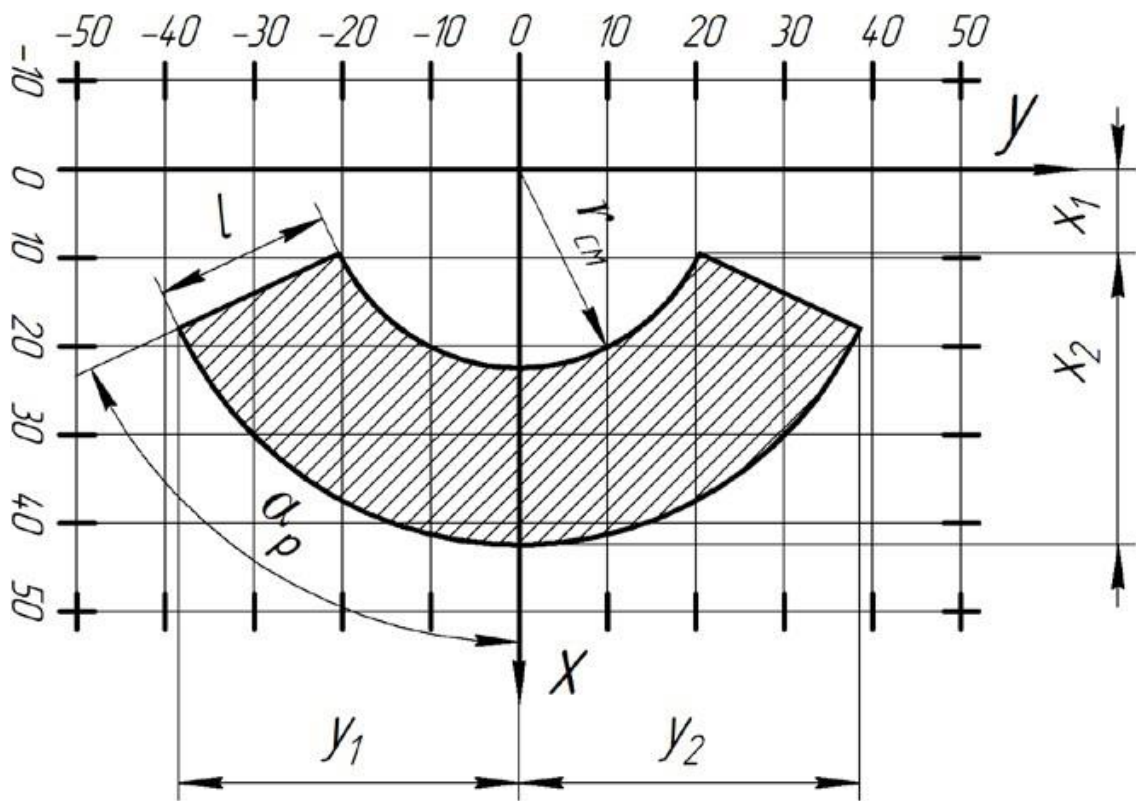


Рис. 2.12. Схема знаходження області визначення поверхні розподільника.

Вимірявши межі поверхні розподільника, показані на рис. 2.12, отримаємо наступні значення областей визначення: по осі $x = [9:42]$ а, по осі $y = [-38:38]$. Тоді поверхня розподільника (рис. 2.13) буде задаватися рівнянням:

$$z = 35,3 - \left(\frac{x^2 + y^2}{42} \right) \quad (2.1)$$

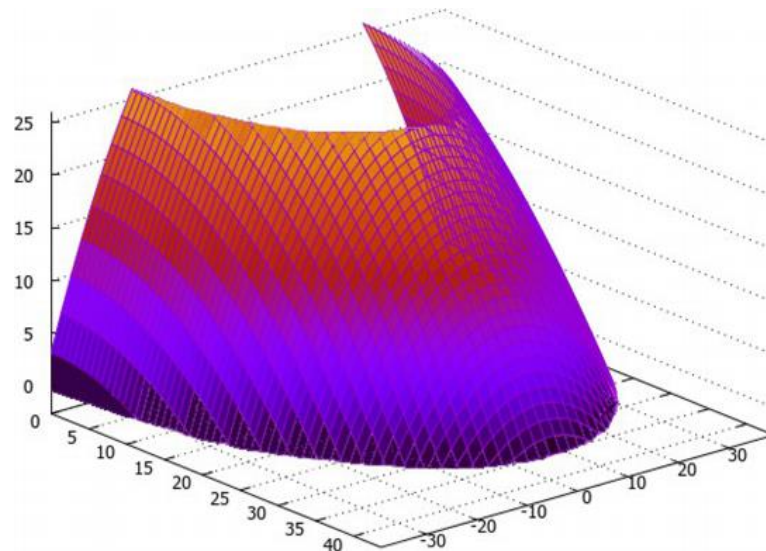


Рис. 2.13. Поверхня розподільника, утворена кривою другого порядку.

Проведена зміна вихідного отвору насіннепроводу дозволить створити спрямований потік насіння на поверхню розподільника, утвореного кривою другого порядку, в результаті чого, як показано на рис. 2.14, насіння буде розподілятися рівномірно в підсошниковому просторі, на всю ширину засіяної сошником смуги.

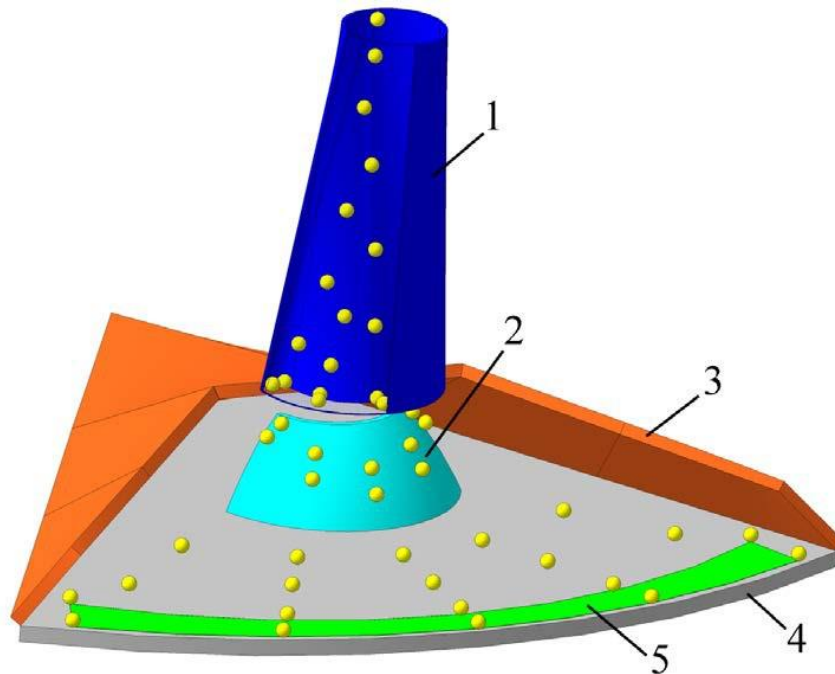


Рис. 2.14. 3D модель розподілу насіння в підсошниковому просторі: 1 – насіннепровід зі зміненим вихідним отвором; 2 – розподільний елемент, утворений кривою другого порядку; 3 – сошник; 4 – підсошниковий простір; 5 – розрахункова зона розподілу насіння.

Висновки по розділу

Проведені теоретичні дослідження технологічного процесу розподілу насіння в підсошниковому просторі дають змогу зробити такі висновки:

На підставі проведеного аналізу запропоновано конструкцію сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву зернових культур.

Визначено кут розподільника, що визначає ширину розподілу насіння, $\alpha_p = 60^\circ$, а також значення величини зміщення осі обертання утворювальної поверхні розподільника $r_{sm} = 0,022$ м. Визначено форму поверхні розподільника.

РОЗДІЛ 3

ПРОВЕДЕННЯ ЛАБОРАТОРНО-ПОЛЬОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

У ході проведення лабораторно-польових досліджень визначалися такі показники роботи зернової стерньової сівалки СЗС-2,1 з установленими на ній експериментальними сошниками для внутрішньо-грунтового розкидного посіву:

- рівномірність розподілу насіння по засіяній площі;
- рівномірність загортання насіння на задану глибину;
- очікувана врожайність на засіяних експериментальних ділянках.

Рівномірність розподілу насіння під час проведення лабораторно-польових досліджень визначалася на основі стандартної методики [3, 7].

Визначення рівномірності розподілу насіння по засіяній площі на експериментальних ділянках у процесі лабораторно-польових досліджень здійснювалося після повної появи всіх сходів шляхом накладання на експериментальну ділянку поля вимірювальної рамки розміром 0,5×0,5 м, яка всередині була поділена на квадрати зі сторонами, що дорівнювали 0,05 м.

Отримані дані зводилися в таблицю, після чого виконувалася їх статистична обробка, а далі визначалась кількість квадратів із різною кількістю сходів у відсотках до загальної кількості квадратів. За отриманими даними будувався графік рівномірності розподілу насіння по засіяній площі поля.

Одним із найважливіших показників якості проведеного посіву зернових культур є рівномірність глибини загортання насіння, оскільки відповідно до агротехнічних вимог 80 % насіння не повинні відхилитися від заданої глибини більш ніж на ± 1 см, а також не допускається наявність незагорнутого насіння на поверхні поля.

Під час проведення лабораторно-польових досліджень глибину загортання насіння визначали шляхом вимірювання етіольованої частини рослини. Показником глибини загортання насіння є відстань від поверхні ґрунту до центра зернівки.

Вимірювання етіольованої частини рослин здійснювали шляхом виривання рослин і вимірювання за допомогою вимірювальної лінійки відстані від верхньої точки підземної частини рослини до центра зернівки з точністю до 1 мм.

Вимірювання проводили не менш ніж у 200 рослин, після чого отримані дані вимірювань етіольованої частини рослин зводилися в таблицю з подальшим побудуванням та аналізом відповідних графічних залежностей за результатами проведених експериментів.

Урожайність засіяної культури з одиниці площі є одним із основних критеріїв визначення ефективності роботи сівалки, обладнаної експериментальними сошниками для внутрішньогрунтового розкидного посіву.

Очікувану врожайність визначали з перерахунком на 14 % вологості та 100 % чистоти. Визначення очікуваної врожайності проводиться не пізніше ніж за 74 години до початку збирання врожаю. Для цього з кожної експериментальної ділянки відбирали зразки снопів і після їх аналізу підраховували кількість рослин та їх стебел. Визначення інших показників урожаю здійснювали шляхом відбору зі снопа 25 типових зразків стебел, за якими визначали середню довжину колоса, середню кількість колосків у колосі та середню кількість насінин у колосі.

Лабораторно-польові дослідження проводилися з метою перевірки виконаного теоретичного аналізу розподілу насіння зернових культур, а також для підтвердження даних, отриманих у ході лабораторних досліджень. З цією метою в виробничих умовах було проведено випробування експериментального сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву насіння зернових культур (рис. 3.1) з метою оцінювання його якісних показників, а саме: розподілу насіння по засіваній площі поля та за глибиною загортання насіння в ґрунт. Для порівняння якісних показників роботи експериментального сошника за базовий було прийнято серійний сошник сівалки СЗС-2,1.



Рис. 3.1. Експериментальний сошник.

Під час проведення посіву використовувалася експериментальна сівалка СЗС-2,1 (рис. 3.2, 3.3), на якій серійні сошники були замінені на експериментальні сошники з розподільниками, твірна поверхня яких сформована кривою другого порядку.



Рис. 3.2. Сівалка обладнана експериментальними сошниками.



Рис. 3.3. Експериментальні сошники.

У процесі проведення лабораторно-польових досліджень здійснювалася оцінка якості розподілу посівного матеріалу експериментальним сошником по засіяній площі поля на вибраних ділянках для проведення випробувань. Експериментальні сошники встановлювалися на рамі сівалки у три ряди відповідно до рекомендацій [1, 5] з відстанню між суміжними стояками, що дорівнювала 24 см.

Після проведення посіву та появи сходів виконувалася оцінка якості роботи експериментальних сошників у порівнянні із серійними сошниками за такими показниками:

- рівномірності розподілу насіння по засіяній площі;
- рівномірності загортання насіння на задану глибину;
- очікуваної врожайності на експериментальних ділянках.

Аналіз отриманих даних показав, що рівномірність розподілу насіння по площі поля в експериментального сошника є значно вищою, ніж у серійних сошників. Кількість рослин, забезпечених необхідною розрахунковою площею живлення, в експериментального сошника становила 63 %, тоді як у серійного сошника – 16 %. Кількість незасіяних квадратів вимірювальної рамки в експериментального сошника становила 15 %, а у серійного – 60 %.

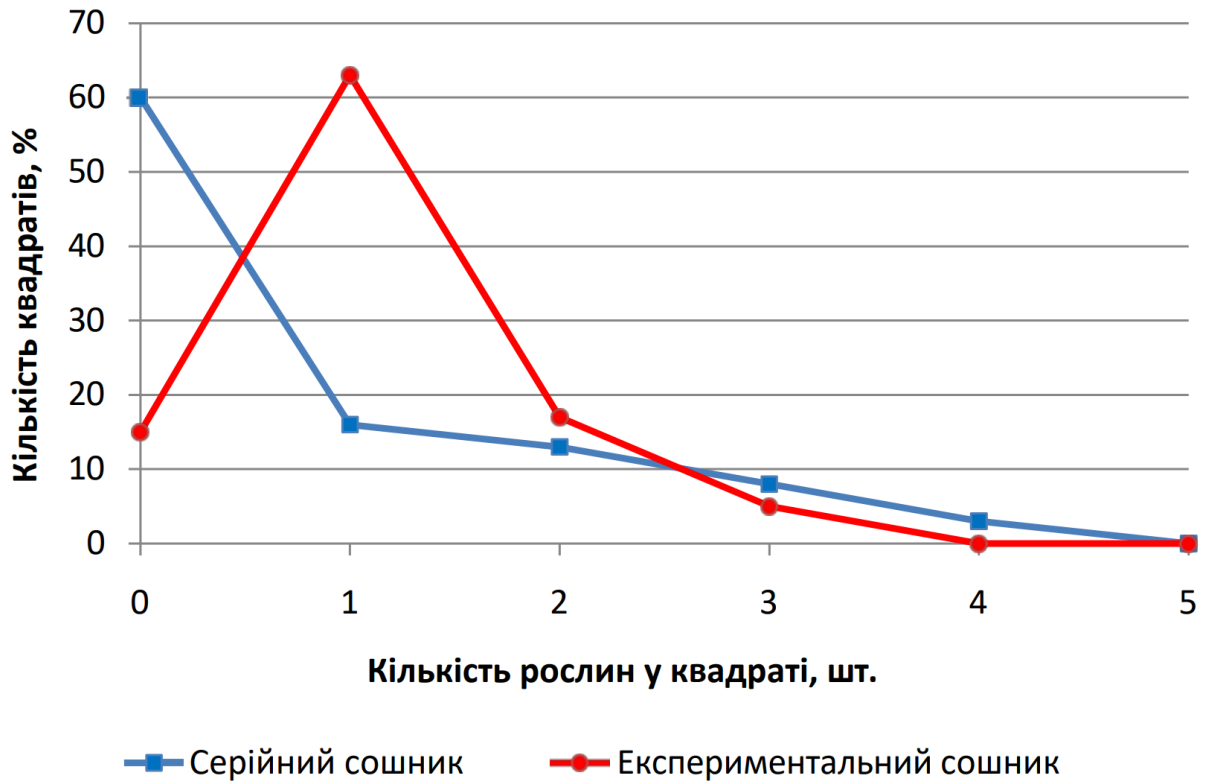


Рис. 3.4. Варіаційні криві рівномірності розподілу насіння по засіяній площі поля.

Рівномірність загортання насіння на задану глибину визначалася за етіольованою частиною рослин (рис. 3.5). За отриманими даними щодо глибини загортання рослин будувався графік рівномірності загортання насіння на задану глибину (рис. 3.6).

З графіка видно, що рівномірність загортання насіння на задану глибину в експериментальних сошників істотно не відрізняється від рівномірності загортання насіння серійними сошниками та відповідає агротехнічним вимогам, що висуваються до глибини загортання насіння. Це дає змогу зробити висновок про те, що експериментальні сошники працюють коректно, а потрапляння насіння на дно борозни відбувається до моменту осипання ґрунту після його сходу з поверхні сошника. Кількість насіння, загорнутого на задану глибину ± 1 см, у експериментального сошника становила 77 %, тоді як у серійного сошника — 75 %.



Рис. 3.5. Визначення рівномірності глибини закладення по етіольованій частині рослин

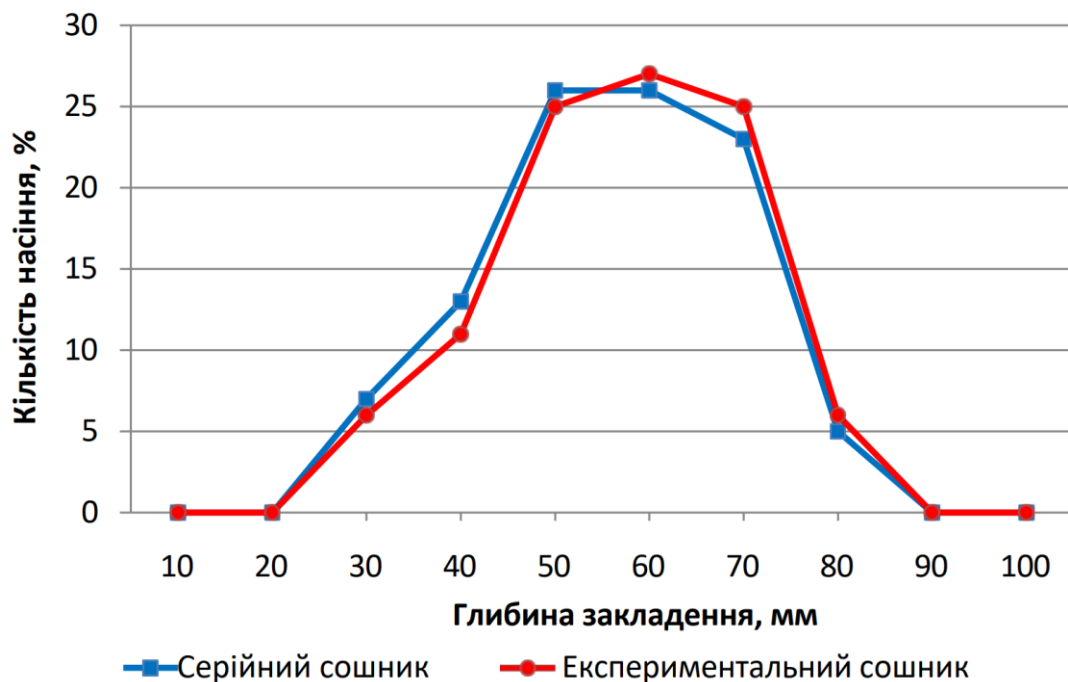


Рис. 3.6. Варіаційні криві рівномірності закладення насіння на задану глибину.

Остаточним показником для оцінки якості роботи експериментального сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву порівняно з серійним сошником слугувала очікуваною, біологічна врожайність, на засіяних

експериментальних ділянках, яка визначається шляхом вимочування зерен з рослин снопового зразка, з подальшим їх зважуванням на спеціальних вагах. Результати аналізу очікуваного врожаю представлені в табл. 3.1.

Як видно з таблиці 3.1, аналіз посівів на експериментальних ділянках показав, що із застосуванням експериментальних сошників для внутрішньогрунтового розкидного посіву з розподільниками, утвореними кривою другого порядку, очікуване збільшення врожайності в середньому складе 9,5 %, при середній врожайності 38 ц/га.

Таблиця 3.1 – Аналіз очікуваного врожаю

Показники	Серійний сошник		Експериментальний сошник	
	Яра пшениця	Озима пшениця	Яра пшениця	Озима пшениця
	2025	2025	2025	2025
Кількість рослин на 1 м ² , шт.	376	374	385	386
Висота рослин, см.	95,4	96,2	96,9	97,8
Довжина колоса, см.	4,1	4,7	4,6	5,3
Кількість насінин у колосі, шт.	11,3	11,6	12,5	12,9
Вага 1000 насінин, г.	41,3	42,2	42,5	43,4
Очікувана врожайність, ц/га	24,1	45,4	26,4	49,7

Висновки по розділу

За результатами проведення лабораторно-польових досліджень та визначення економічної ефективності від впровадження сівалки, обладнаної експериментальними сошниками для внутрішньогрунтового розкидного посіву, можна зробити наступні висновки:

1. Рівномірність закладення насіння на задану глибину у експериментальних сошників відповідає агротехнічним вимогам, що пред'являються до глибини закладення насіння. Кількість рослин, забезпечених необхідною розрахунковою площею живлення, у експериментального сошника

склала 63 %, а у серійного сошника – 16 %. Кількість незасіяних квадратів вимірювальної рамки у експериментального сошника склала 15 %, а у серійного – 60 %.

2. Аналіз посівів показав, що із застосуванням експериментальних сошників для внутрішньогрунтового розкидного посіву в порівнянні з серійними сошниками, очікуване збільшення врожайності в середньому складе 9,5 %, при середній врожайності 38 ц/га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській роботі розв'язано одну з найважливіших сільськогосподарських задач – підвищення рівномірності внутрішньогрунтового розподілу насіння зернових культур за рахунок удосконалення конструкції сошника стерньової сівалки.

Проведений аналіз існуючих способів посіву зернових культур та наявних посівних агрегатів показав, що найбільш перспективним є внутрішньогрунтовий розкидний спосіб посіву. Однак існуючі конструкції сошників для внутрішньогрунтового розкидного посіву не забезпечують необхідної дальності та рівномірності розподілу насіння за шириною захвату сошника. У зв'язку з цим було розроблено та запропоновано конструкцію сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву зернових культур.

Проведені лабораторні дослідження показали, що найбільш рівномірний розподіл насіння за довжиною та шириною смуги, засіваної сошником, спостерігається за використання розподільника з поверхнею, утвореною кривою другого порядку, який має такі параметри: кут розподільника, що визначає ширину розподілу насіння, $\alpha_p=60^\circ$, ексцентриситет установаження насіннепроводу відносно розподільника $\varepsilon = 0,003$ м.

Проведені лабораторні дослідження показали, що найбільш рівномірний розподіл насіння за довжиною та шириною смуги, засіваної сошником, спостерігається за використання розподільника з поверхнею, утвореною кривою другого порядку, який має такі параметри: кут розподільника, що визначає ширину розподілу насіння, $\alpha_p=60^\circ$, ексцентриситет установаження насіннепроводу відносно розподільника $\varepsilon = 0,003$ м.

Лабораторно-польові дослідження підтвердили, що рівномірність загорання насіння на задану глибину у експериментальних сошників відповідає агротехнічним вимогам; кількість рослин, забезпечених необхідною розрахунковою площею живлення становила 63 %, кількість незасіяних

квадратів – 15 %. Аналіз очікуваного врожаю показав, що за застосування експериментальних сошників очікуване підвищення врожайності в середньому становитиме 9,5 % за середньої врожайності 38 ц/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Размахін Д.В. Сошники для сівалок, які працюють за технологією по-till. Студентські читання–2025: матеріали науково-практичної конференції науково- педагогічних працівників та здобувачів вищої освіти факультету інженерії та енергетики. 30 жовтня 2025 р. Житомир: Поліський національний університет, 2025. С. 46-48.
2. Derevyanko D.A., Kinert V.V., Kuskovsky O.P., Parkhomchuk M.P., Razmakhin D.V. Methods of mechanized distribution of sown seeds across the sowing area . Збірник тез доповідей XXVI Міжнародної наукової конференції "Сучасні проблеми землеробської механіки" (17–19 жовтня 2025 року). МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України. С. 177-179.
3. Грудовий Р.С., Размахін Д.В., Сілецький Д.В., Груницький М.Р., Шевчук О.А. Опис конструкції та принципу роботи сошника для внутрішньогрунтового розкидного посіву. XIV Міжнародна науково-технічна конференція «Технічний прогрес у тваринництві та кормовиробництві» (01-17 жовтня 2025 р.). URL: <http://animal-conf.inf.ua/conf.html>.
4. Бабич А. О. Сівба зернових культур: теорія і практика. Київ : Урожай, 2018. 312 с.
5. Булгаков В. М., Адамчук В. В. Сільськогосподарські машини. Теорія і конструкції. Київ : Аграрна наука, 2019. 456 с.
6. Григор'єв О. В. Агротехнічні вимоги до сівби зернових культур. Вісник аграрної науки. 2020. № 5. С. 45–52.
7. Коваль С. М. Якість посіву та її вплив на врожайність зернових культур. Механізація та електрифікація сільського господарства. 2019. № 12. С. 23–29.
8. Мельник І. І., Лещенко С. М. Сівалки та їх робочі органи. Харків : ХНТУСГ, 2017. 284 с.

9. Погорілий Л. В. Механізація посівних робіт. Київ : Аграрна освіта, 2016. 198 с.
10. Тарасенко В. О. Внутрішньогрунтовий розкидний спосіб сівби зернових культур. Техніка і технології АПК. 2021. № 3. С. 17–22.
11. Шевченко М. С. Обґрунтування параметрів сошників зернових сівалок. Вісник НУБіП України. 2022. № 310. С. 88–95.
9. Hunt D. Farm Power and Machinery Management. 11th ed. Ames : Iowa State University Press, 2016. 368 p.
10. Srivastava A. K., Goering C. E., Rohrbach R. P. Engineering Principles of Agricultural Machines. St. Joseph : ASABE, 2019. 601 p.
11. Karayel D. Seed distribution uniformity of grain drills. Applied Engineering in Agriculture. 2018. Vol. 34(2). P. 189–196.
12. Grisso R. D., Perumpral J. V. Planter and seeder design parameters affecting seed placement. Transactions of the ASAE. 2017. Vol. 60(4). P. 1121–1130.
13. Baker C. J., Saxton K. E., Ritchie W. R. No-Tillage Seeding: Science and Practice. Wallingford : CAB International, 2018. 372 p.
14. Singh G. Agricultural Machinery: Principles and Applications. New Delhi : PHI Learning, 2020. 524 p.
15. Li Y., Chen J. Effect of opener shape on seed distribution in soil. Soil & Tillage Research. 2021. Vol. 206. Article 104839.
16. Bouthier A. Machines agricoles : semoirs et techniques de semis. Paris : Éditions France Agricole, 2017. 295 p.
17. Dupont J. Influence de la répartition des graines sur le rendement des céréales. Revue Agricole. 2019. Vol. 74(2). P. 55–61.
18. Lefèvre P., Martin C. Conception des organes de semis pour le semis direct. Techniques Agricoles. 2020. № 8. P. 34–40.
19. Moreau L. Le semis sous couvert et le semis direct des céréales. Paris : INRAE, 2018. 214 p.

20. Rousseau G. Qualité du semis et performance agronomique. *Agronomie Moderne*. 2021. Vol. 9(1). P. 71–78.
21. FAO. *Mechanization of Cereal Production Systems*. Rome : FAO, 2019. 178 p.
22. ISO 7256/1. *Sowing equipment — Test methods*. Geneva : ISO, 2018.
23. ASABE EP291.3. *Terminology and definitions for seeders*. St. Joseph : ASABE, 2020.
24. European Commission. *Precision seeding technologies in cereal production*. Brussels, 2021. 94 p.
25. Godwin R. J. *Agricultural engineering in development: seed placement and soil interaction*. *Biosystems Engineering*. 2022. Vol. 214. P. 1–12.