

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« ____ » _____ 2025 р.

ДИПЛОМНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Механізація вирощування ярого ячменю з удосконаленням комбінованого
знаряддя для посіву»

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

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Возіян Олександр Олександрович

« ____ » _____ 2025 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Віктор ДЕЙКУН

« ____ » _____ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

_____ Іван ВАСИЛЕНКО

« ____ » _____ 2025 р.

м. Кропивницький

Анотація

У даній роботі представлено механізацію вирощування ярого ячменю з удосконаленням комбінованого знаряддя для посіву.

Розроблено пропозиції щодо вдосконалення базової технологічної карти вирощування ярого ячменю і визначено напрямок проведення модернізації. Відповідно до агротехнічних умов обрано та запропоновано сільськогосподарське знаряддя для виконання даної операції. На основі проведених розрахунків технологічної частини складено операційно-технологічну карту на підготовку ґрунту під посів ярого ячменю.

Проведено теоретичний аналіз процесу висіву насіння під час обробітку ґрунту та обґрунтовано підібрана геометрична форма конічного розподільника; розраховано параметри проходу насіння та придатні для насіння параметри конструкції конічного розподільника; аналітично визначено зону розсіювання у підлаповому просторі робочого органу

Розглянуто особливості умов праці при вирощуванні ярого ячменю, проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів, які можуть виникнути під час роботи на посівному агрегаті.

Ключові слова: ярий ячмінь, посів, розподільник, комбіноване знаряддя для посіву

Abstract

This paper presents the mechanization of spring barley cultivation with the improvement of the combined tool for sowing.

Proposals have been developed to improve the basic technological map of spring barley cultivation and the direction of modernization has been determined. In accordance with the agrotechnical conditions, an agricultural tool has been selected and proposed to perform this operation. Based on the calculations of the technological part, an operational-technological map has been compiled for soil preparation for spring barley sowing.

A theoretical analysis of the seed sowing process during soil cultivation has been carried out and the geometric shape of the conical distributor has been reasonably selected; the parameters of the seed passage and the design parameters of the conical distributor suitable for seeds have been calculated; the scattering zone in the under-hooves space of the working body has been analytically determined.

The peculiarities of working conditions when growing spring barley have been considered, and an analysis of dangerous and harmful production factors that may arise during work on the sowing unit has been carried out.

Keywords: spring barley, sowing, distributor, combined sowing tool

ЗМІСТ

Розділ	Найменування структурних одиниць і розділів	Арк.
1	Вступ	5
2	Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень.	6
	Сучасний стан комбінованих знарядь для посіву.	6
	2.2. Аналіз технології вирощування ярого ячменю.	9
	2.3. Висновки. Мета і задачі досліджень.	12
3	Наукова частина	13
	3.1. Визначення та вибір напрямку досліджень.	13
	3.2. Теоретичні дослідження	17
	3.3. Методика досліджень.	18
	3.4 Експериментальні результати та їх оцінка.	31
	3.5. Наукові висновки.	33
4	Практична реалізація результатів досліджень.	35
5	Охорона праці.	38
6	Загальні висновки.	41
	Список використаної літератури	43
	Додатки.	45

1. ВСТУП

Зернові культури є основою світового сільського господарства, а ярий ячмінь (*Hordeum vulgare* L.) займає одне з ключових місць серед них завдяки своїй універсальності. Його висока біологічна цінність, здатність до вирощування в різних ґрунтово-кліматичних умовах та широке використання у харчовій, кормовій та пивоварній промисловості зумовлюють постійний попит на цю культуру. В умовах зростання населення планети та змін клімату, підвищення урожайності ячменю при одночасному зниженні енерговитрат та збереженні родючості ґрунтів є стратегічним завданням для агропромислового комплексу України.

Для забезпечення високої врожайності ярого ячменю необхідно застосовувати комплексний підхід до обробітку ґрунту: підтримувати його родючість, планувати агрозаходи з урахуванням сівозмін, обирати ефективні попередники, чітко дотримуватися оптимальних строків виконання робіт та використовувати сучасні технічні засоби.

Основним етапом, що безпосередньо впливає на формування майбутнього врожаю, є посів. Якість передпосівного обробітку ґрунту та самого посіву, включаючи рівномірність розподілу насіння, точність глибини загортання та створення оптимального насінневого ложа, критично важливі для забезпечення дружніх і своєчасних сходів. Однак, існуючі традиційні ґрунтообробні та посівні машини часто не забезпечують необхідної якості виконання технологічних операцій, особливо в контексті сучасних ґрунтозахисних технологій (мінімальний або нульовий обробіток), які вимагають специфічних конструктивних рішень.

Метою дипломної роботи є наукове обґрунтування, розробка та експериментальна перевірка конструкції вдосконаленого ґрунтообробного робочого органу для посівного агрегату, що забезпечить підвищення якості передпосівної підготовки ґрунту та посіву ячменю в умовах ресурсозберігаючих технологій.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Сучасний стан комбінованих знарядь для посіву

У сучасних умовах розвитку сільського господарства особливої актуальності набуває застосування комбінованих знарядь, здатних забезпечити виконання кількох операцій за один прохід агрегату. Це дозволяє скоротити витрати пального, зменшити ущільнення ґрунту колесами техніки, підвищити продуктивність і забезпечити більш високий рівень якості виконання польових робіт. Застосування таких агрегатів є важливим чинником у вирощуванні ярого ячменю, де своєчасність та точність посіву мають ключове значення.

Світові тенденції розвитку комбінованих посівних агрегатів

Світові виробники активно впроваджують інноваційні рішення, спрямовані на підвищення точності посіву, економії ресурсів та покращення агротехнічних властивостей ґрунту. Комбіновані агрегати найчастіше поєднують такі операції:

- передпосівне вирівнювання та розпушування ґрунту;
- формування посівного горизонту;
- внесення мінеральних добрив у рядок або під насіння;
- посів зернових культур із контролем норми висіву;
- післяпосівне коткування.

Провідні компанії – **Amazone, Horsch, Vaderstad, Lemken, Kuhn** – впроваджують системи електронного контролю роботи сошників, індивідуального керування нормою висіву, GPS-навігацію, ISOBUS-керування. Завдяки цьому точність висіву зростає, а вплив людського фактора мінімізується. Сучасні агрегати забезпечують стабільну робочу глибину навіть при високих швидкостях (до 15 км/год), що особливо важливо при вирощуванні ярого ячменю, який потребує рівномірних сходів.

Стан комбінованих посівних агрегатів в Україні

На вітчизняному ринку помітне розширення лінійки комбінованих посівних комплексів, як імпортного, так і українського виробництва. Вітчизняні

заводи – «ЕЛВОРТІ», «Лозівські машини», «Краснянське СП Агромаш», «УкрАгроЗахід» – пропонують доступніші рішення, адаптовані до різних ґрунтів та складних умов експлуатації.

Основні напрями розвитку українських комбінованих агрегатів:

- підвищення універсальності робочих органів;
- зменшення тягового опору;
- удосконалення систем загортання та притискання насіння;
- сумісність із технологіями точного землеробства;
- посилення конструкцій для роботи на важких ґрунтах.

Українські моделі стають дедалі конкурентнішими, зберігаючи простоту обслуговування та ремонтпридатність.

Таблиця 2.1

Порівняння комбінованих посівних агрегатів світових виробників

Показник	Horsch Pronto	Amazone Cirrus	Vaderstad Rapid	Lemken Solitair DT
Ширина захвату, м	3–12	3–8	3–8	4–6
Робоча швидкість, км/год	10–15	10–14	10–15	9–12
Тип сошників	дискові TurboDisc	дискові RoTeC/ TwinTeC	дискові SystemDisc	подвійні дискові
Норма висіву	електропривід	електропривід	електропривід Fenix	механічна/електрична
Можливість внесення добрив	так	так	так	так
Точність загортання	висока	висока	дуже висока	висока
Система керування	ISOBUS, GPS	ISOBUS, GPS	ISOBUS, SeedEye	ISOBUS
Особливості	робота на високих швидкостях	універсальність	найвища рівномірність посіву	висока надійність

Порівняння комбінованих посівних агрегатів українського виробництва

Показник	ЕЛВОРТИ Astra	Лозівські машини – Seeder	Краснянське Агромаш – СЗФК	УкрАгроЗахід – КЗС
Ширина захвату, м	3–6	3–8	3–6	3–6
Тип сошників	анкерні/дискові	дискові	анкерні	комбіновані
Робоча швидкість, км/год	8–12	8–10	7–10	8–12
Можливість внесення добрив	так	так	так	так
Рівень надійності	високий	середній/високий	середній	високий
Адаптація до різних ґрунтів	добра	дуже добра	задовільна	добра
Особливості	простота конструкції	підвищена універсальність	низька ціна	посилена рама

Основні тенденції розвитку комбінованих знарядь

- точне землеробство – перехід до індивідуального контролю висіву та внесення добрив.
- скорочення енерговитрат завдяки новим формам сошників і використанню легких, але міцних матеріалів.
- підвищення швидкості роботи, що дає змогу вчасно сіяти ярий ячмінь у стислі агротехнічні строки.
- універсальність — придатність до мінімального і традиційного обробітку ґрунту.
- електронізація — моніторинг тиску на сошник, глибини, норми висіву.

Сучасний рівень розвитку комбінованих посівних агрегатів забезпечує високу точність посіву ярого ячменю, зменшення витрат та покращення агротехнічних показників. Вибір конкретної моделі залежить від умов господарства, типу ґрунту, наявного тракторного парку та фінансових

можливостей. Світові зразки забезпечують найвищу точність і продуктивність, тоді як українські — простоту, доступність і ремонтпридатність.

2.2. Аналіз технології вирощування ярого ячменю

Технологія вирощування ярого ячменю

Ярий ячмінь є однією з найважливіших зернових культур у сільськогосподарському виробництві України. Він характеризується коротким вегетаційним періодом, високою пластичністю до умов вирощування та значним економічним значенням у харчовій, кормовій та пивоварній галузях. Технологія вирощування ярого ячменю базується на комплексі агротехнічних заходів, спрямованих на забезпечення оптимальних умов для проростання, росту й формування врожаю культури.

Вибір попередника

Правильно підібраний попередник має вирішальне значення для формування продуктивності.

Кращі попередники:

- кукурудза на силос;
- картопля;
- зернобобові (горох, соя, вика);
- цукрові буряки;
- озимі зернові, які йдуть після чистого або зайнятого пару.

Недопустимі або менш придатні попередники:

- соняшник (через виснаження ґрунту та ризик хвороб);
- просо (через спільні хвороби);
- ячмінь сам по собі (монокультура знижує врожайність).

2. Обробіток ґрунту

Система обробітку ґрунту має забезпечити:

- накопичення та збереження вологи;
- знищення бур'янів;
- створення дрібногрудкуватої структури орного шару;
- добре підготовлене посівне ложе.

Основні етапи обробітку:

1. **Лущення стерні (6–8 см)** – знищення падалиці і бур'янів.
2. **Оранка або глибоке рихлення:**
 - на чорноземах — оранка 22–25 см,
 - на важких ґрунтах — 25–27 см.
3. **Весняний передпосівний обробіток:**
 - боронування для закриття вологи,
 - культивація на 3–5 см,
 - вирівнювання поверхні,
 - формування посівного горизонту комбінованим агрегатом (рекомендовано).

3. Удобрення

Ярий ячмінь добре реагує на правильне живлення, особливо у період кущіння та виходу в трубку.

Основні норми добрив (орієнтовні):

- N – 40–60 кг/га,
- P – 40–60 кг/га,
- K – 40–50 кг/га.

Рекомендації:

- Фосфор і калій — під основний обробіток.
- Азот — частково під оранку, частково у підживлення навесні.
- Можливе рядкове внесення стартових доз NPK при посіві комбінованим агрегатом.

За потреби проводять позакореневе підживлення мікроелементами (Zn, Mn, Cu, B).

4. Підготовка насіння

Перед сівбою насіння протруюють фунгіцидними препаратами з додатковим інсектицидним ефектом.

Вимоги до насіння:

- схожість — не менше 92 %;
- чистота — понад 98 %;

- крупність — однорідна.

Додатково можливе застосування біостимуляторів росту.

5. Сівба ярого ячменю

Своєчасна сівба — ключ до високих врожаїв. Культура є ранньою, тому польові роботи слід проводити **якомога раніше навесні**, коли ґрунт дозріє.

Оптимальні строки сівби:

- друга половина березня — перша декада квітня.

Глибина загортання:

- на легких ґрунтах — 4–5 см,
- на середніх та важчих — 3–4 см.

Норма висіву:

- 3,5–4,5 млн схожих насінин на 1 га (160–220 кг/га).

Використання комбінованого посівного знаряддя забезпечує:

- формування якісного посівного ложа,
- одночасний висів і внесення добрив,
- економію часу та пального,
- рівномірність розміщення насіння.

Це особливо важливо для ярого ячменю, який швидко реагує на ущільнення, нерівномірність і затримки у польових роботах.

6. Догляд за посівами:

Боротьба з бур'янами: досходове або післясходове застосування гербіцидів: *2,4-Д*, *флорасулам*, *трибенурон-метил*, *дикамба* тощо.

Боротьба зі шкідниками: обробка інсектицидами у фазі куціння/виходу в трубку при перевищенні порогів шкідливості.

Боротьба з хворобами: профілактична фунгіцидна обробка: проти борошнистої роси, плямистостей, гельмінтоспоріозів.

Підживлення: азотне – у фазі куціння або на початку трубкування.

7. Збирання врожаю

Ярий ячмінь збирають прямим комбайнуванням при вологості зерна 14–18%. Затримка зі збиранням може призвести до осипання. Після збирання зерно очищують, досушують (до 12–13%) і закладають на зберігання.

8. Вплив комбінованого посівного знаряддя на технологію

Використання комбінованого знаряддя:

- забезпечує високу точність посіву;
- зменшує кількість проходів техніки;
- запобігає надмірному ущільненню ґрунту;
- забезпечує рівномірні сходи;
- підвищує врожайність на 5–15 %;
- скорочує витрати пального на 20–30 %.

Це робить його особливо ефективним у технології вирощування ярого ячменю.

2.3. Висновки. Мета і задачі досліджень.

У ході роботи нами проаналізовано традиційну технологію вирощування ярого ячменю. З метою зниження собівартості виробництва та підвищення рентабельності запропоновано вдосконалення технологічного процесу, що передбачає заміну операцій лушення стерні, осінньої оранки, культивації та боронування на весняний обробіток ґрунту із використанням посівного комбінованого агрегату. Застосування такого агрегату забезпечує одночасне виконання передпосівного обробітку ґрунту та висіву насіння ярого ячменю за один робочий прохід. При цьому впроваджено стрічковий спосіб висіву.

Мета дослідження – підвищення ефективності та продуктивності вирощування ярого ячменю шляхом застосування стрічкового способу посіву.

Завдання дослідження:

Визначення оптимальних конструктивних параметрів конічного розсіювача та його раціонального положення відносно точки виходу насіння з насіннепроводу та поверхні ґрунту.

Розроблення математичної моделі, що описує залежність ширини розсіювання насіння від параметрів, які впливають на процес його розподілу в підлаповому просторі.

Об'єкт дослідження – процес транспортування й розсіювання насіння по ширині захвату комбінованої робочої лапи.

Предмет дослідження – конструктивні та технологічні параметри конусного розсіювача посівного матеріалу.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Визначення та вибір напрямку досліджень

Удосконалення технологій висіву зернових культур залишається одним із ключових напрямів підвищення їх урожайності та ефективності виробництва. Сучасні комбіновані посівні агрегати забезпечують виконання кількох технологічних операцій за один прохід, що сприяє зменшенню енерговитрат, покращенню структури ґрунту та створенню оптимальних умов для росту і розвитку рослин. Однак одним із найбільш складних та недостатньо досліджених процесів, що відбуваються у таких агрегатах, є рівномірний розподіл насіння у підлаповому просторі робочих органів.

Незважаючи на широке застосування комбінованих посівних знарядь, питання математичного опису руху поодиноких насінин у процесі їх відбивання від конічної поверхні та подальшого розсіювання по ширині підлапового простору залишається недостатньо дослідженим. У науковій літературі майже відсутні моделі, які б кількісно описували вплив конструктивних та технологічних параметрів на ширину та рівномірність зони висіву.

Пропонується оснастити стрілчасту лапу конічним розсіювачем, що дасть змогу забезпечити більш рівномірний розподіл посівного матеріалу.

Особливу увагу слід приділяти формуванню траєкторій руху насіння, яке подається пневматичним потоком на поверхню конічного розсіювача та далі потрапляє у зону за стрілчастою лапою. Цей процес характеризується складною взаємодією повітряного потоку, форми і положення розсіювача, швидкості руху агрегату та параметрів ґрунтового середовища. Відповідно, геометричні характеристики розсіювача, його орієнтація у просторі та положення відносно носка лапи мають суттєвий вплив на рівномірність висіву.

Тому є потреба в проведенні комплексного дослідження, спрямованого на:

- визначення основних факторів, що впливають на процес розсіювання насіння;
- встановлення закономірностей руху насіння після взаємодії з конічним розсіювачем;

- розробку математичної моделі, що дозволить описати ширину розсіювання залежно від конструктивних та технологічних параметрів агрегату;
- формування науково обґрунтованих рекомендацій щодо раціонального встановлення розсіювача в конструкції посівних робочих органів.

Результати цього дослідження дадуть змогу підвищити якість висіву ярого ячменю, зменшити втрати насіння та забезпечити більш рівномірне формування густоти стояння рослин, що є важливою передумовою стабільного отримання високих урожаїв.

Комбіноване знаряддя для посіву, що підлягає модернізації в межах магістерської роботи, призначене для виконання одночасного стрічкового висіву насіння та передпосівного обробітку ґрунту. Конструкція знаряддя є напів-причіпною, а його агрегування здійснюється з тракторами тягового класу 3 кН.

Агрегат (рис. 3.1) структурно складається з таких основних вузлів: рами 1 з опорно-приводними колесами, на якій розміщено бункер 3 із висівними апаратами 4, оснащеними штифтовими котушками; вентилятора 2, що приводиться в дію від вала відбору потужності через клинопасову передачу; ежекторів 5 та насіннепроводів 6. На ґрунторозпушувачі 7, що виконує функцію основного обробного вузла, у верхньому ярусі встановлено комбіновані робочі органи, які забезпечують одночасне розпушування ґрунту та стрічкове внесення насіння.

Під час роботи агрегату передача обертального моменту здійснюється від правого опорно-приводного колеса через ланцюгові передачі та коробку змінних передач на вал висівних апаратів. Насіння з бункера подається котушковими висівними механізмами 4, після чого через лійку надходить у всмоктувальний канал ежектора 5, де захоплюється повітряним потоком. Повітряний потік формується вентилятором 2, який приводиться в дію від вала відбору потужності через клинопасову передачу. Створений потік транспортує повітряно-насінневу суміш по трубопроводах 6 до верхнього ярусу робочих лап 7, де вона спрямовується на розсіювач, що забезпечує рівномірне розподілення насіння в підлапному просторі верхнього робочого ярусу.

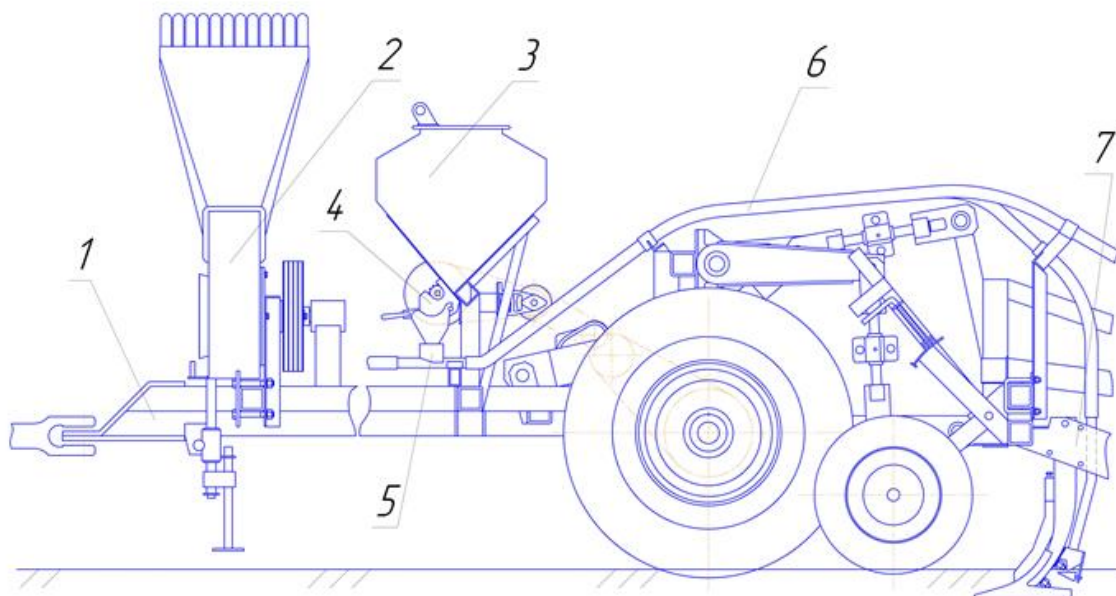


Рис. 3.1 Комбіноване знаряддя для посіву: 1 – рама; 2 – вентилятор;
 3 – бункер; 4 – катушковий висівний апарат; 5 – ежектор; 6 – трубопровід;
 7 – ґрунторозпушувач

Метою магістерської роботи обираємо конструювання насіннепроводу з розсіювачем. Насіннепровід 2 разом із розсіювачем 3 монтується на верхньому ярусі робочих органів 1 (рис. 3.2) знаряддя комбінованого типу за допомогою верхнього болтового з'єднання. Насіннепровід забезпечує подачу насіння разом з повітряним потоком до розсіювача, який виконує рівномірне розподілення насінневого матеріалу в робочому горизонті верхніх лап. Геометрія розсіювача та його розташування відносно вихідного отвору насіннепроводу (зокрема щодо напрямку руху повітряно-насінневої суміші) визначають ступінь рівномірності висіву.

Розсіювач функціонує таким чином: прискорений повітряно-насінневий потік надходить через насіннепровід на його поверхню. Насіння, маючи значну кінетичну енергію, ударяється об конічну поверхню розсіювача та відхиляється від неї. Потрапляючи на різні ділянки конуса, окремі гранули змінюють напрямок руху, відскакуючи під різними кутами. Завдяки цьому насіння рівномірно розподіляється на різній відстані від осі лап знаряддя комбінованого типу, повністю покриваючи площу підлапного горизонту верхнього ярусу.

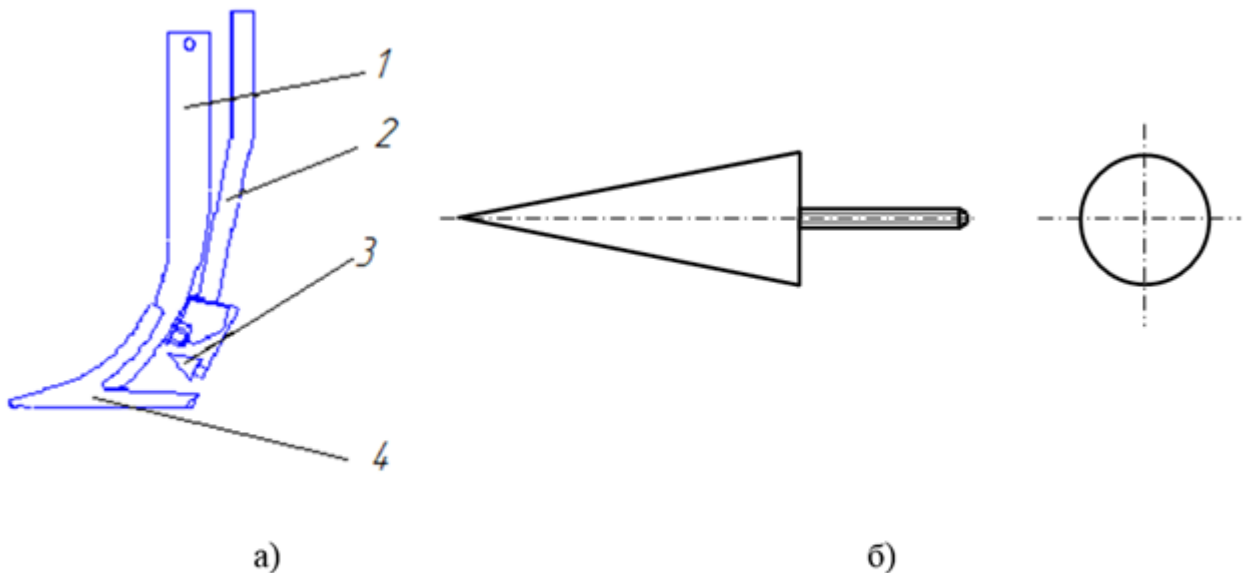


Рис. 3.2. Робочий орган: 1 – лапа; 2 – насіннепровід; 3 – розсіювач.
а – робочий орган; б – конусний розсіювач.

Робочий орган (рис. 3.2, а) складається зі стояка 1, на якому закріплено важку культиваторну лапу 4, насіннепровід 2 та розсіювач 3. Конструкція передбачає можливість переміщення розсіювача відносно точки виходу матеріалу з насіннепроводу як у вертикальній, так і в горизонтальній площинах, що дозволяє налаштувати оптимальні параметри розподілення насінневого матеріалу.

Розсіювач має конічну форму (рис. 3.2, б) і монтується у підлапному просторі робочого органа таким чином, щоб його вісь була перпендикулярною до напрямку руху насіння на виході з насіннепроводу. Сам насіннепровід закріплено на задній стінці стояка лапи, що забезпечує стабільний напрям повітряно-насінневого потоку та коректну взаємодію з поверхнею розсіювача.

Робочий орган функціонує таким чином. Під час руху агрегату стрілочасті лапи 4 виконують розпушування ґрунту, змінюючи напрямок переміщення ґрунтового шару відповідно до кута кришення та робочої швидкості руху. Унаслідок цього під лапами постійно формується вільний простір, у який може надходити насінневий матеріал.

Матеріал, що подається через насіннепровід 2, потрапляє на поверхню конічного розсіювача 3, де відбивається від його робочої поверхні та розподіляється по всій ширині підлапного простору. Оскільки розсіювач 3

закріплений на задній стінці насіннепроводу, частина насіння безперешкодно спрямовується до нижньої частини робочого органа 4 у напрямку носка лапи, що забезпечує додаткове вирівнювання та рівномірність його розподілення.

Регулювання рівномірності висіву здійснюється шляхом зміни кута нахилу верхньої частини конічного розсіювача 3, а також шляхом коригування відстані між насіннепроводом 2 і задньою поверхнею стояка 1 у горизонтальній площині відносно точки сходу матеріалу. Це дозволяє адаптувати параметри руху потоку матеріалу, що вимівається, відповідно до необхідних агротехнічних вимог.

Конструкція також передбачає можливість налаштування насіннепроводу для ефективної роботи зі стрілчастими лапами, що мають інші геометричні та конструктивні параметри.

3.2. Теоретичні дослідження.

Під час роботи зняряддя вентилятор, змонтований на ньому та приведений у дію від вала відбору потужності трактора, формує повітряний потік, який подається до ежекторів (12 шт.) по первинних пневмопроводах. У зоні ежекторів відбувається формування повітряно-насінневої суміші, яка далі по вторинних насіннепроводах одночасно транспортується до розподільників і спрямовується у підлаповий простір верхнього ярусу робочих лап агрегату.

Процес рівномірного розподілення насіння в підлаповому просторі верхнього ярусу є одним із найменш досліджених технологічних елементів роботи агрегату. Для моделювання розсіювання насінневої суміші достатньо точно описувати траєкторії окремих насінин, що відбиваються від різних ділянок поверхні конічного розсіювача.

Метою подальших досліджень є ідентифікація ключових факторів – як геометричних (форма та розміри розсіювача, його кут нахилу, положення щодо насіннепроводу тощо), так і експлуатаційних (швидкість повітряно-насінневого потоку, положення точки скид у просторі) – що визначають якість розподілу насіння. Необхідно аналітично вивести залежності ширини зони розсіювання

насіння від перелічених параметрів та визначити їхню впливову вагу на рівномірність висіву в підлаповому горизонті.

3.3. Методика досліджень.

Математичний опис процесу розсіювання насіння

Для побудови математичної залежності ширини розсіювання насіння від параметрів, що впливають на цей процес, доцільно прийняти наступні припущення:

1. Насінина (далі – частка) має форму сфери;
2. Швидкість частки є сталою та на момент контакту з розсіювачем дорівнює швидкості повітряного потоку у насіннепроводі;
3. Усі зіткнення вважаються абсолютно пружними;
4. Опором повітря можна знехтувати.

Для формулювання математичної залежності розглядаються два характерні випадки відбивання частки від поверхні розсіювача.

У загальному випадку частка відбивається від поверхні розсіювача під певним кутом до горизонту. Конічна форма розсіювача забезпечує, що кут відбивання насіння визначається точкою контакту частки з його поверхнею.

Спочатку доцільно розглянути роботу стержневого циліндричного розсіювача (рис. 3.3) для наочного аналізу траєкторій руху насіння та визначення закономірностей розсіювання.

Після виходу з насіннепроводу насінини набувають певної початкової швидкості. При контакті з розсіювачем відбувається пружний удар, унаслідок якого траєкторія руху часток змінюється, а насіння розсіюється у підлаповому просторі робочого органа.

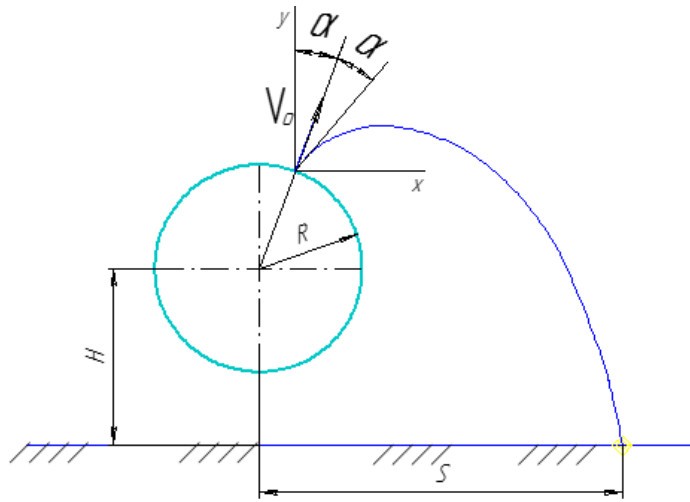


Рис. 3.3. Схема до визначення параметрів розсіювача.

У випадку ідеально пружного зіткнення швидкість частки до та після взаємодії з розсіювачем залишалася б незмінною. Проте на практиці під час удару частина кінетичної енергії частки гаситься, а величина зниження швидкості залежить від фізико-механічних властивостей насінневого матеріалу, таких як пружність, маса та форма насінин.

Оскільки теоретично визначити коефіцієнт зменшення швидкості частки неможливо, його значення буде визначене експериментально шляхом вимірювання швидкості відбиття частки від поверхні розсіювача.

$$g = \frac{V}{V_0}, \quad (3.1)$$

V – швидкість насінини перед контактом з розсіювачем;

V_0 – швидкість насінини після відскоку від розсіювача.

Визначимо необхідну швидкість частки після взаємодії з розсіювачем, яка забезпечить задану ширину розсіювання.

При цьому припускаємо, що кут падіння частки на поверхню розсіювача дорівнює куту її відбивання, після чого можна скласти систему відповідних рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} x: V_0 \cdot t \cdot \sin 2\alpha + R \cdot \sin \alpha &= S \\ y: V_0 \cdot t \cdot \cos 2\alpha - R \cdot \cos \alpha - \frac{gt^2}{2} &= H \end{aligned} \right\}, \quad (3.2)$$

тут t – тривалість польоту частки;

α – кут падіння частки на розсіювач;

R – радіус розсіювача;

S – пройдений шлях частки;

H – висота розміщення осі розсіювача відносно над дном борозни.

З рівняння 3.2 час

$$t = \frac{S - R \sin \alpha}{V_0 \cdot \sin 2\alpha} \quad (3.3)$$

З урахуванням рівняння 3.3 рівняння системи 3.2 набуде вигляду:

$$V_0 \cdot \frac{(S - R \sin \alpha) \cdot \cos 2\alpha}{V_0 \cdot \sin 2\alpha} - R \cos \alpha - \frac{g \cdot (S - R \sin \alpha)^2}{2 \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 2\alpha} = H \quad (3.4)$$

Чи

$$\frac{(S - R \cdot \sin \alpha) \cdot \operatorname{ctg} 2\alpha - R \cos \alpha - \frac{g(S^2 - 2 \cdot S \cdot R \cdot \sin \alpha + R^2 \cdot \sin^2 \alpha)}{2 \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 2\alpha}}{2 \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 2\alpha} = H \quad (3.5)$$

З огляду на рівняння 3.5 початкову швидкість буде наступною:

$$\begin{aligned} & (S - R \cdot \sin \alpha) \cdot \operatorname{ctg} 2\alpha - R \cos \alpha - H = \\ & = \frac{g(S^2 - 2 \cdot S \cdot R \cdot \sin \alpha + R^2 \cdot \sin^2 \alpha)}{2 \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 2\alpha} \end{aligned} \quad (3.6)$$

Нарешті, швидкість, яку необхідно надати частці після взаємодії з розсіювачем для забезпечення заданої ширини розсіювання, визначається за формулою:

$$V_0 = \sqrt{\frac{g \cdot (S^2 - 2 \cdot S \cdot R \sin \alpha + R^2 \sin^2 \alpha)}{2 \sin^2 2\alpha \cdot ((S - R \cdot \sin \alpha) \cdot \operatorname{ctg} 2\alpha - R \cos \alpha - H)}} \quad (3.7)$$

Після розв'язання рівняння 3.7 щодо S отримуємо вираз для визначення ширини зони розсіювання насіння залежно від початкової швидкості його відбиття від поверхні розсіювача.

Виконавши необхідні перетворення, будемо мати:

$$S = \frac{\sin(\alpha)}{2 \cdot g} \cdot \left(2 \cdot g \cdot R - 8 \cdot V^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + 4 \cdot V^2 \cdot \cos(\alpha) + \sqrt{4 \cdot V^4 \cdot \sin^4(\alpha) \cdot \cos^2(\alpha) + 2 \cdot V^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \cdot g \cdot R - 4 \cdot V^4 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos^2(\alpha) - 2 \cdot g \cdot R \cdot V^2 \cdot \cos(\alpha) + V \cdot \cos^2(\alpha) + 2 \cdot g \cdot H \cdot V^2 - 2 \cdot g \cdot V^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot H} \right) \quad (3.8)$$

Графічні залежності ширини зони висіву насіння від початкової швидкості його відбиття від поверхні розсіювача наведені на рис. 3.4.

Згідно з графіком, задана ширина розсіювання насіння $S=0,165$ м забезпечується, якщо часткам надати початкову швидкість приблизно 1 м/с. При цьому початкова швидкість визначається без використання пневматичного транспортування насіннєвого матеріалу, з урахуванням певної ділянки розгону та кута нахилу поверхні розсіювача.

Аналіз показує, що збільшення початкової швидкості часток теоретично призводить до зростання дальності їх польоту. Проте на практиці дальність польоту обмежується шириною захвату культиваторної лапи ($S_{\text{Л}}=2 \cdot S=0,33$ м).

Унаслідок цього відбувається перенасичення насінням крайніх зон, що негативно впливає на рівномірність висіву.

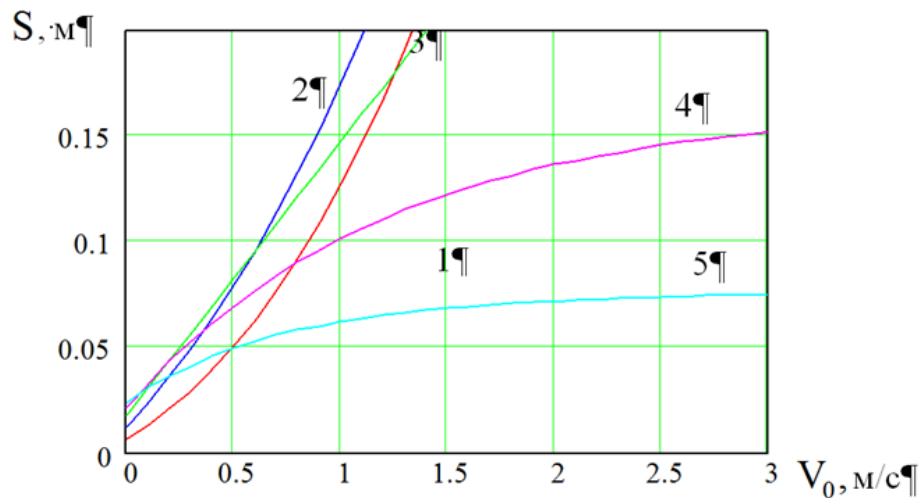


Рис. 3.4. Графіки залежностей зони покриття при розподіленні циліндричним розсіювачем від початкової швидкості частки: 1 – для кута попадання 15°; 2 – для кута попадання 30°; 3 – для кута попадання 45°; 4 – для кута попадання 60°; 5 – для кута попадання 75°.

Зменшення початкової швидкості, навпаки, призведе до того, що насіння не досягатиме граничних зон.

Слід також відзначити, що при використанні циліндричного розсіювача повне покриття підлапового простору неможливе, оскільки безпосередньо під розсіювачем утворюється «мертва» зона. Розмір цієї зони визначається діаметром розсіювача (рис. 3.5).

З урахуванням вищевикладеного можна стверджувати, що використання циліндричного розсіювача не дає змоги забезпечити рівномірний розподіл насінневого матеріалу в підлаповому просторі важкої культиваторної лапи.

Для усунення цієї проблеми необхідно реалізувати розподіл насіння по всій ширині захвату лапи, що дозволить уникнути появи «мертвих» зон.

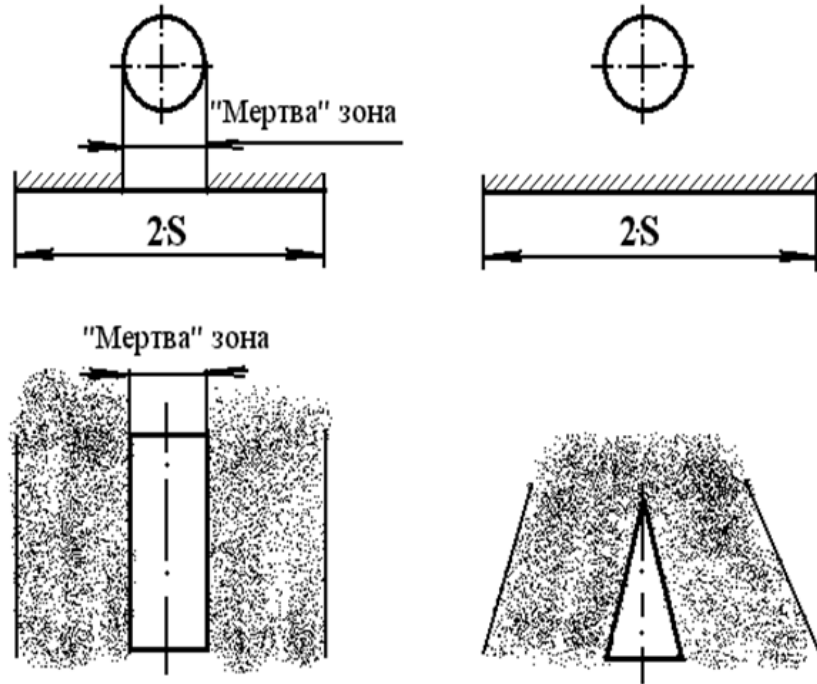


Рис. 3.5. Схеми роботи розсіювачів: а – циліндричного; б – конічного.

Водночас робота конічних розсіювачів має особливість: частинки відбиваються перпендикулярно до твірної поверхні (рис. 3.6), що при однакових початкових швидкостях зменшує ширину покриття. Через це рівняння (3.8) не може бути застосоване для визначення зони розсіву при використанні конічного розсіювача.

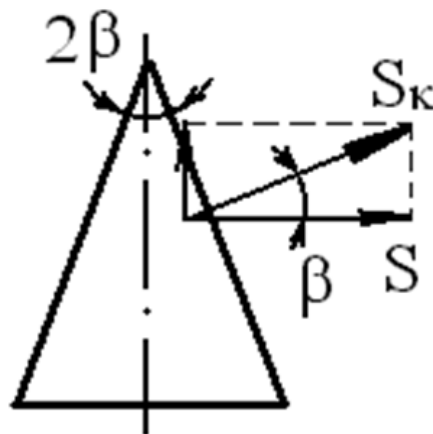


Рис. 3.6. Схема до визначення зони покриття підлапового простору при розподіленні насіння конічним розсіювачем.

Для конічного розсіювача, враховуючи вплив кута твірної на характер відбиття часток, рівняння (3.8) можна подати у зміненому вигляді:

$$S_k = \frac{\sin(\alpha) \cdot \cos(\beta)}{2 \cdot g} \cdot \left(2 \cdot g \cdot R - 8 \cdot V^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha) + 4 \cdot V^2 \cdot \cos(\alpha) + \sqrt{4 \cdot V^4 \cdot \sin^4(\alpha) \cdot \cos^2(\alpha) + 2 \cdot V^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos(\alpha) \cdot g \cdot R - 4 \cdot V^4 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot \cos^2(\alpha) - 2 \cdot g \cdot R \cdot V^2 \cdot \cos(\alpha) + V \cdot \cos^2(\alpha) + 2 \cdot g \cdot H \cdot V^2 - 2 \cdot g \cdot V^2 \cdot \sin^2(\alpha) \cdot H} \right) \quad (3.9)$$

На рис. 3.7. наведено графічні залежності ширини зони покриття під час розподілу часток конічним розсіювачем від їх початкової швидкості

Аналіз побудованих графічних залежностей свідчить, що зі збільшенням кута твірної конічного розсіювача зростає й необхідна початкова швидкість частки, яка забезпечує формування визначеної ширини зони покриття у підлаповому просторі важкої культиваторної лапи.

На рисунку 3.8 наведено траєкторію руху частки в поперечній площині (відносно напрямку руху агрегату) після її відбиття від поверхні конічного розсіювача.

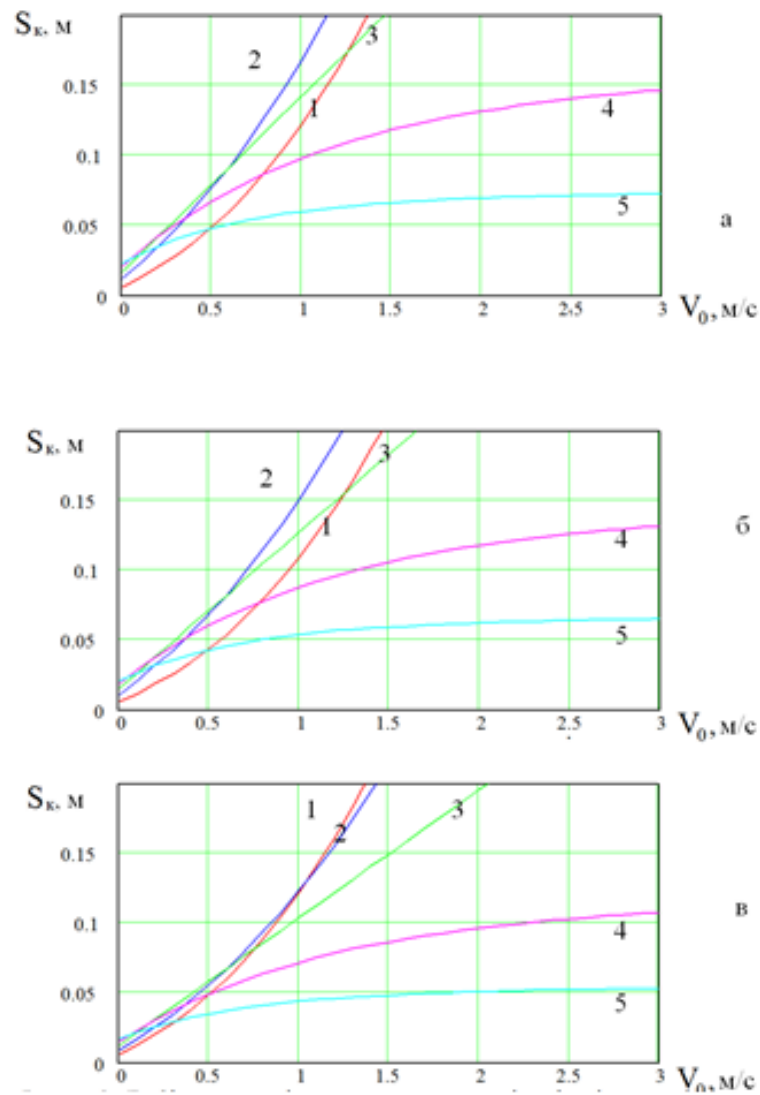


Рис. 3.7. Графіки залежності зони покриття при розподіленні кінічним розсіювачем від початкової швидкості частки: а – для кута твірної 15° , б – для кута твірної 30° , в – для кута твірної 45° ; 1 – для кута попадання 15° ; 2 – для кута попадання 30° ; 3 – для кута попадання 45° ; 4 – для кута попадання 60° ; 5 – для кута попадання 75° .

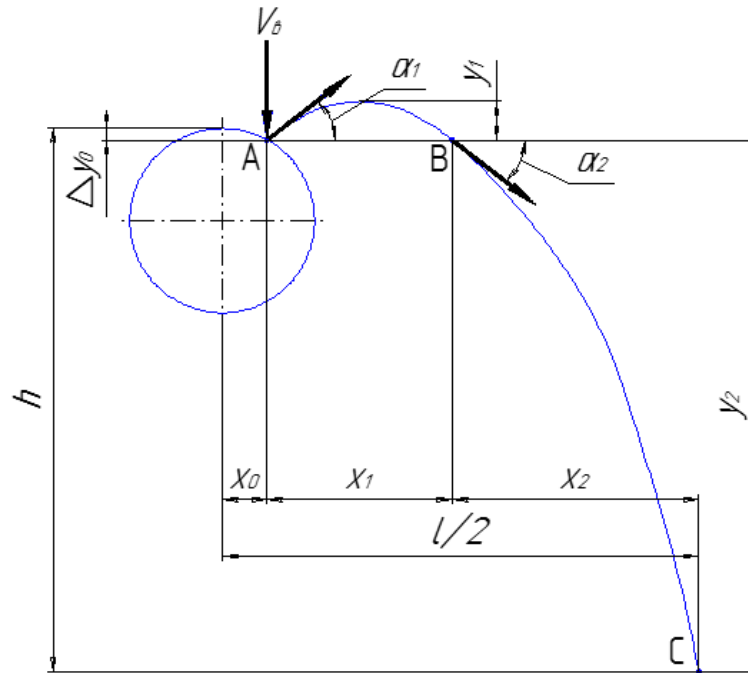


Рис. 3.8. Траекторія руху частки у поперечній площині після її відбиття від твірної розсіювача.

Відповідно до даних, наведених на рис. 3.7, рух частки після відбиття відбувається під дією прискорення вільного падіння. У зв'язку з цим у подальших розрахунках приймаємо значення $g = 9,81 \text{ м/с}^2$.

З метою спрощення математичного опису траєкторії польоту частки її розділено на два окремі відрізки — АВ та ВС, кожен з яких аналізується самостійно.

Для відрізка АВ залежність координат частки від часу описується наступними співвідношеннями::

$$x_1 = V_{x1} \cdot t_1, \quad (3.10)$$

$$V_{x1} = V_e \cdot \cos(\alpha_1), \quad (3.11)$$

$$y_1 = V_{y1} \cdot t_1 - \frac{g \cdot t_1^2}{2}, \quad (3.12)$$

$$V_{y1} = V_e \cdot \sin(\alpha_1), \quad (3.13)$$

Після виконання відповідних математичних перетворень отримуємо такий вираз:

$$x_1 = V_g \cdot \cos(\alpha_1) \cdot t_1, \quad (3.14)$$

$$y_1 = V_g \cdot \sin(\alpha_1) \cdot t_1 - \frac{g \cdot t_1^2}{2}, \quad (3.15)$$

$$t_1 = \frac{x_1}{V_g \cdot \cos(\alpha_1)}, \quad (3.16)$$

Рівняння, що описує траєкторію руху частки на ділянці АВ, матиме такий вигляд:

$$y_1 = x_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1) - \frac{g \cdot x_1^2}{2 \cdot (V_g \cdot \cos(\alpha_1))^2}, \quad (3.17)$$

Згідно з попередніми рівняннями, траєкторія руху частки має параболічну форму. Аналіз цієї траєкторії свідчить, що максимальна координата x (найбільша дальність польоту частки) досягається при $y_1=0$. У цьому випадку можна записати:

$$x_1 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_1) - \frac{g \cdot x_1^2}{2 \cdot (V_g \cdot \cos(\alpha_1))^2} = 0,$$

Вирішивши дане рівняння відносно x_1 , отримаємо:

$$x_{1\max} = \frac{V_g^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha_1)}{g}, \quad (3.18)$$

На відріжку ВС координатна залежність положення частки від часу може бути виражена таким чином:

$$x_2 = V_{x2} \cdot t_2, \quad (3.19)$$

$$V_{x2} = V_g \cdot \cos(\alpha_2), \quad (3.20)$$

$$y_2 = V_{y2} \cdot t_2 + \frac{g \cdot t_2^2}{2}, \quad (3.21)$$

$$V_{y2} = V_g \cdot \sin(\alpha_2), \quad (3.22)$$

Після відповідних перетворень вираз набуде такого вигляду:

$$x_2 = V_0 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot t_2, \quad (3.23)$$

$$y_2 = V_0 \cdot \sin(\alpha_2) \cdot t_2 + \frac{g \cdot t_2^2}{2}, \quad (3.24)$$

$$t_2 = \frac{x_2}{V_0 \cdot \cos(\alpha_2)}, \quad (3.25)$$

Рівняння, що описує траєкторію руху частки на ділянці АВ, можна записати у такій формі:

$$y_2 = x_2 \cdot \operatorname{tg}(\alpha_2) + \frac{g \cdot x_2^2}{2 \cdot (V_0 \cdot \cos(\alpha_2))^2}, \quad (3.26)$$

Після розв'язання рівняння (3.26) відносно x_2 , отримаємо:

$$x_{2\max} = \frac{2 \cdot V_0 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sqrt{(V_0^2 \cdot \sin(\alpha_2) + 2 \cdot g \cdot y_2)} - V_0^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha_2)}{2 \cdot g}, \quad (3.27)$$

Аналіз траєкторії руху частки, показаної на рис. 3.8, дозволяє зробити висновок, що її дальність польоту становитиме:

$$l = 2 \cdot (x_0 + x_{1\max} + x_{2\max}), \quad (3.28)$$

Або ж

$$l = 2 \cdot \left(R \cdot \sin(\alpha) + \frac{V_0^2 \cdot \sin(\alpha_1)}{g} + \frac{2 \cdot V_0 \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sqrt{(V_0^2 \cdot \sin(\alpha_2) + 2 \cdot g \cdot y_2)} - V_0^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha_2)}{2 \cdot g} \right), \quad (3.29)$$

Отже, залежність для y_2 прийме наступний вигляд:

$$y_2 = h - \Delta y_0, \quad (3.30)$$

Або ж

$$y_2 = h - R \cdot (1 - \cos(\alpha)) \cdot \cos(\beta). \quad (3.31)$$

В результаті виконаних перетворень отримано остаточну форму рівняння траєкторії руху частки:

$$l = 2 \cdot \left(R \cdot \sin(\alpha) + \frac{(V_0 \cdot \cos(\beta))^2 \cdot \sin(\alpha_1)}{g} \right) + \quad (3.32)$$

$$+ 2 \cdot \left(\frac{2 \cdot V_0 \cdot \cos(\beta) \cdot \cos(\alpha_2) \cdot \sqrt{((V_0 \cdot \cos(\beta))^2 \cdot \sin(\alpha_2) + 2 \cdot g \cdot (h - R \cdot (1 - \cos(\alpha)) \cdot \cos(\beta))) - (V_0 \cdot \cos(\beta))^2 \cdot \sin(2 \cdot \alpha_2)}}{2 \cdot g} \right)$$

Під час відбивання частки від твірної кінцевого розсіювача паралельно до горизонту попередні припущення для виведення рівняння траєкторії залишаються чинними.

У такому разі залежність координат частки від часу можна подати у вигляді:

$$x_1 = V_{x1} \cdot t_1, \quad (3.33)$$

$$V_{x1} = V_g, \quad (3.34)$$

$$y_1 = V_{y1} \cdot t_1 + \frac{g \cdot t_1^2}{2}, \quad (3.35)$$

$$V_{y1} = 0, \quad (3.36)$$

Після виконання перетворень отримаємо:

$$x_1 = V_g \cdot t_1, \quad (3.37)$$

$$y_1 = \frac{g \cdot t_1^2}{2}, \quad (3.38)$$

$$t_1 = \frac{x_1}{V_g}, \quad (3.39)$$

Вираз для розрахунку траєкторії руху частки на відріжку ВС набуде наступного вигляду:

$$y_1 = \frac{g \cdot x_1^2}{2 \cdot (V_0)^2}, \quad (3.40)$$

Після розв'язання цього рівняння відносно x_1 отримаємо:

$$x_{1\max} = V_0 \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot y_1}{g}}, \quad (3.41)$$

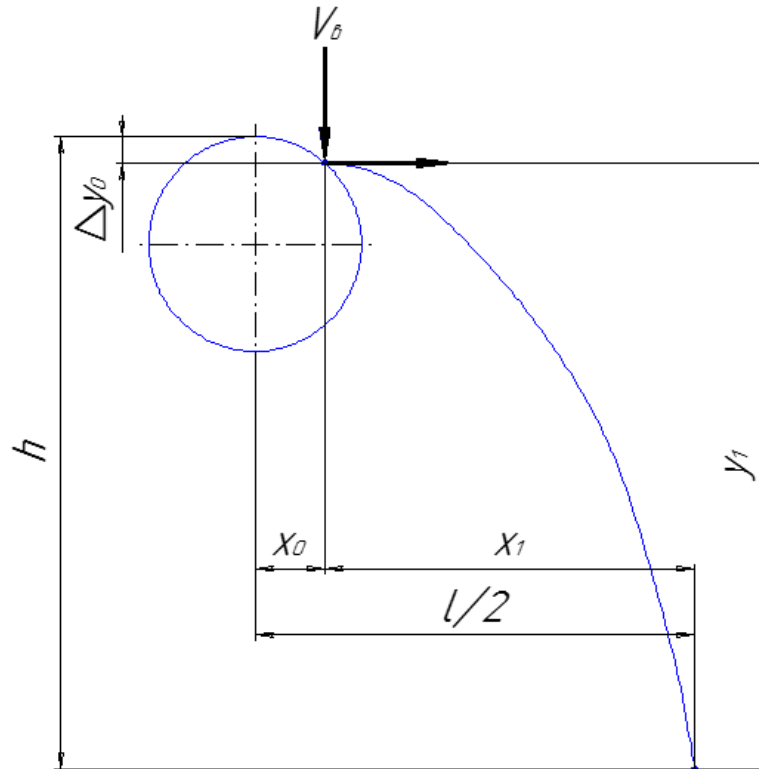


Рис. 3.9 Траєкторія руху частки у поперечній площині після її відбиття від поверхні розсіювача.

Згідно з даними, наведеними на рис. 3.9, залежність набуває наступного вигляду:

$$y_1 = h - \Delta y_0, \quad (3.42)$$

Або ж

$$y_1 = h - R \cdot (1 - \cos(\alpha)) \cdot \cos(\beta), \quad (3.43)$$

Після відповідних перетворень попередніх виразів отримаємо:

$$x_{1\max} = V_0 \cdot \cos(\beta) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (h - R \cdot (1 - \cos(\alpha))) \cdot \cos(\beta)}{g}}, \quad (3.44)$$

Після виконання розрахунків визначимо дальність польоту частки:

$$l = 2 \cdot (x_0 + x_{1\max}), \quad (3.45)$$

Або ж

$$l = 2 \cdot \left(R \cdot \sin(\alpha) + V_0 \cdot \cos(\beta) \cdot \sqrt{\frac{2 \cdot (h - R \cdot (1 - \cos(\alpha))) \cdot \cos(\beta)}{g}} \right), \quad (3.44)$$

Програму та методику експериментальних досліджень наведено в дод. А

3.4. Експериментальні результати та їх оцінка

Щоб визначити оптимальні конструктивні параметри, які забезпечують ширший та більш рівномірний висів насіння у підлаповому просторі верхнього ярусу лап агрегату посівного комбінованого КЗП, а також для розрахунку його продуктивності відповідно до раніше наведеної методики, були проведені експериментальні дослідження на лабораторній установці (див. додаток А).

Лабораторні дослідження виконували з насінням ярого ячменю та використовуючи серійну важку культиваторну лапи, на якій були змонтовані насіннепровід та розсіювач.

Для всебічної оцінки впливу геометричних параметрів конічного розсіювача на ширину висіву насіння експерименти проводилися з розсіювачами різних кутів твірної, кожен з яких фіксувався на п'яти різних висотах відносно горизонту.

Задачею нашого експерименту було встановлення впливу геометричних параметрів розсіювача конічного та висоти встановлення його на ширину висіву

насіння. Її ми реалізували за допомогою пакету Mathcad.

Певні параметри при цьому визначали експериментально, зокрема, швидкість польоту часток або ж швидкість повітряного потоку.

За тиску барометричного $B_a=755$ мм. рт. ст., температурі повітря $t = 19^\circ$, тиску динамічного $P_0=94,14$ Па та тиску статичного $P' =13,73$ Па, швидкість повітряного потоку склала $V=2,135$ м/с.



Рис. 3.10. Серійна лапа комбінованого знаряддя для посіву

Згідно з графіками (рис. 3.11), дальність польоту часток зростає зі збільшенням висоти встановлення розсіювача та діаметра його робочої поверхні.

Водночас при збільшенні цих параметрів темп приросту ширини висіву насіння зменшується.

Крива, що має форму частини параболи, відображає залежність дальності польоту частки від зазначених параметрів.

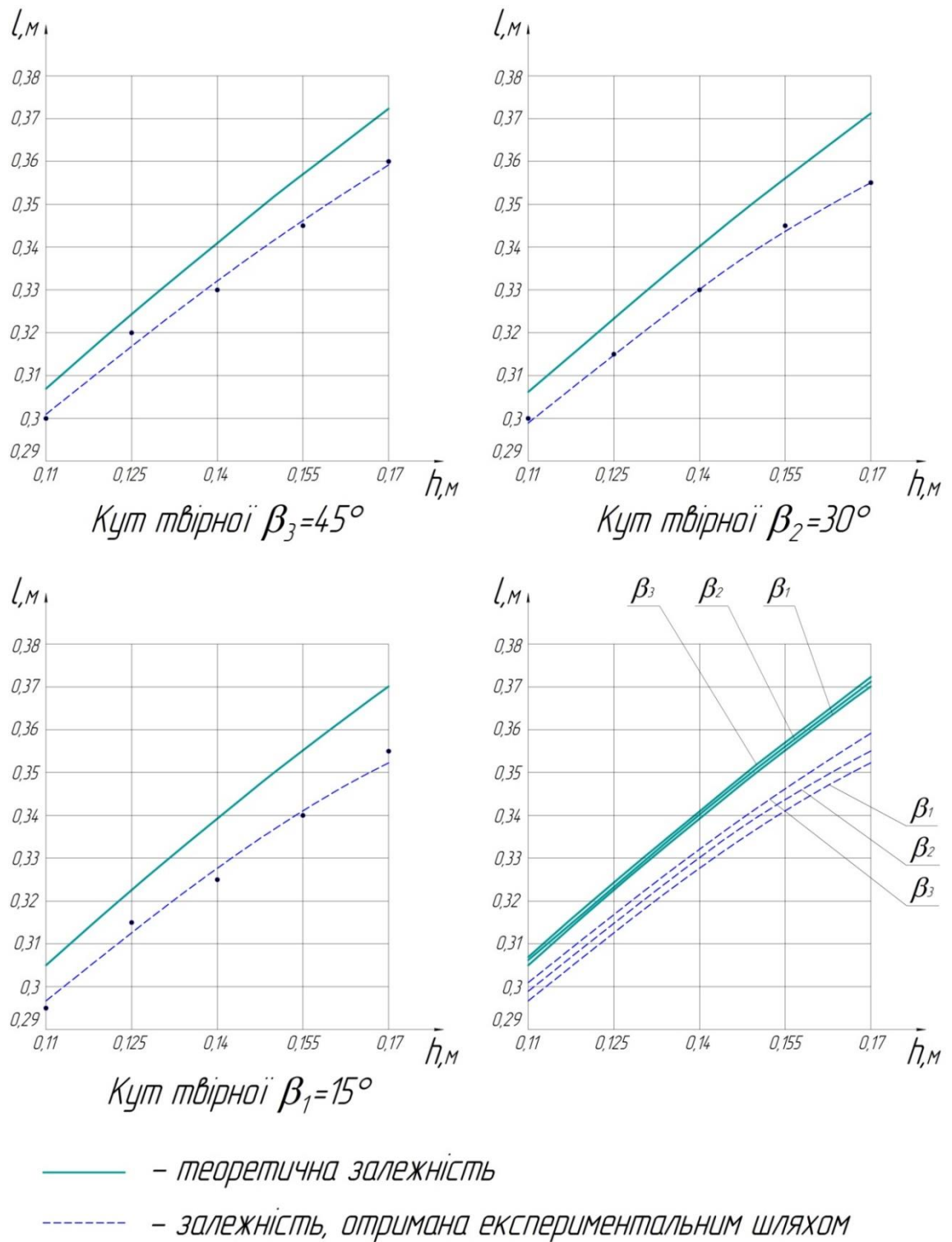


Рис. 3.11. Експериментальні залежності дальності польоту частки від висоти встановлення розсіювача та його геометричних розмірів

3.5. Наукові висновки

При проведенні теоретичного аналізу процесу висіву насіння, що здійснюється одночасно з обробітком ґрунту, було обґрунтовано вибір геометричної форми конічного розсіювача, визначено параметри

насіннепроводу та аналітично встановлено вплив конструктивних характеристик конічного розсіювача на зону розподілу насіння у підлаповому просторі органа робочого.

Порівняння графіків експериментальних і теоретичних залежностей дальності польоту частки від кута твірної конуса та висоти встановлення розсіювача показало, що на експериментальних графіках приріст дальності польоту частки спостерігається значно менший, ніж на теоретичних. Зміни висоти встановлення розсіювача та діаметру його твірної суттєво впливають як на теоретичну, так і на експериментально визначену ширину розсіювання насіння.

Встановлено, що збільшення висоти встановлення розсіювача призводить до зростання ширини розсіву насіння, а зменшення висоти – до відповідного зменшення ширини. Відмінності між теоретичними та експериментальними залежностями пояснюються спрощеними припущеннями, прийнятими при виведенні аналітичних моделей.

У реальних умовах насіння ярого ячменю не є ідеально сферичним або абсолютно пружним. Контакт з поверхнею розсіювача відбувається в різних точках, і частина кінетичної енергії насіння перетворюється на внутрішню енергію насінини та розсіювача, що зменшує початкову швидкість відбиття частинок. Крім того, на рухомі частинки діє опір повітря, що додатково зменшує швидкість польоту. Через це експериментально визначена дальність польоту насіння є меншою від теоретично розрахованої.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

Ефективність сучасних технологій вирощування ярого ячменю значною мірою визначається рівнем механізації та якістю технічного забезпечення. Впровадження комбінованого посівного агрегату дозволяє скоротити кількість проходів техніки, зменшити витрати палива, підвищити продуктивність і забезпечити рівномірний посів. Усі ці фактори формують значну економічну вигоду для господарства.

1. Порівняння традиційної технології та технології з комбінованим знаряддям

Таблиця 4.1

Технологічні операції при традиційному посіві ярого ячменю

№ з/п	Операція	Машини та агрегати	Кількість проходів	Витрати палива, л/га
1	Передпосівна культивация	КПС-4 + МТЗ-80	1	6,0
2	Боронування	БЗСС-1,0	1	3,0
3	Посів	СЗ-3,6	1	6,5
	Разом	–	3 проходи	15,5 л/га

Комбіноване знаряддя виконує за один прохід:

- передпосівне рихлення,
- вирівнювання поверхні,
- формування посівного ложа,
- внесення стартових добрив,
- висів насіння.

Таблиця 2

Технологія посіву комбінованим агрегатом

№	Операція	Машини та агрегати	Кількість проходів	Витрати палива, л/га
1	Комбінована передпосівна підготовка + посів	Комбінований агрегат	1	9,0
	Разом	–	1 прохід	9,0 л/га

2. Економія палива

$$E_p = P_t - P_k,$$

де P_t – витрати палива традиційної технології,

P_k – витрати палива комбінованим агрегатом.

$$E_p = 15,5 - 9,0 = 6,5 \text{ л/га}$$

При площі посіву ярого ячменю 100 га:

$$\text{Економія палива} = 6,5 \times 100 = 650 \text{ л}$$

За ціною дизпального 55 грн/л:

$$\text{Економія коштів} = 650 \times 55 = 35\,750 \text{ грн.}$$

3. Зменшення трудових витрат

Традиційно:

$$3 \text{ проходи} \times 0,8 \text{ люд.-год/га} = 2,4 \text{ люд.-год/га}$$

Комбінованим агрегатом:

$$1 \text{ прохід} \times 0,9 \text{ люд.-год/га} = 0,9 \text{ люд.-год/га}$$

$$\text{Економія} = 2,4 - 0,9 = 1,5 \text{ люд.-год/га}$$

При 100 га: 150 люд.-год економії.

У грошах (середня оплата 120 грн/год):

$$150 \times 120 = 18\,000 \text{ грн}$$

4. Економія часу та зменшення ущільнення ґрунту

Зменшення кількості проходів техніки з 3 до 1 забезпечує:

- скорочення виробничого сезону на 2–3 дні,
- менше ущільнення ґрунту (приріст врожайності 3–5 %),
- кращі умови для рівномірних сходів.

5. Приріст урожайності

Згідно досліджень, комбіновані агрегати покращують якість посівного ложа та рівномірність загортання.

Приріст урожайності ярого ячменю становить 0,3–0,6 т/га.

У розрахунку для 100 га:

$$\text{Середній приріст} = 0,45 \text{ т/га} \times 100 = 45 \text{ т зерна}$$

За ціною 6500 грн/т:

$$\text{Додатковий прибуток} = 45 \times 6500 = 292\,500 \text{ грн}$$

6. Загальний економічний ефект

Таблиця 4.3

Загальний економічний ефект

Стаття вигоди	Сума, грн
Економія палива	35 750
Економія заробітної плати	18 000
Приріст урожайності	292 500
Загальний економічний ефект	346 250 грн/сезон

7. Термін окупності комбінованого знаряддя

Якщо вартість сучасного комбінованого агрегату становить, наприклад, 450 000 грн, то термін окупності:

$$T = \text{Вартість} / \text{Економічний ефект}$$

$$T = 450\,000 / 346\,250 \approx 1,3 \text{ року}$$

Отже, знаряддя окупується приблизно за 1–1,5 сезони, після чого приносить стабільний економічний прибуток.

8. Висновок

Впровадження комбінованого посівного агрегату у технологію вирощування ярого ячменю є економічно доцільним і забезпечує:

- скорочення витрат палива на 30–40 %;
- зменшення трудових витрат у 2,5 рази;
- підвищення врожайності на 8–12 %;
- зниження виробничих витрат на гектар;
- прискорення виконання посівних робіт;
- зменшення ущільнення ґрунту та покращення структури посівного горизонту.

Отже, застосування комбінованого посівного знаряддя не лише підвищує технологічну якість виконання робіт, а й забезпечує значну економічну вигоду, що робить його впровадження обґрунтованим та перспективним для господарств різного масштабу.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

при вирощуванні ярого ячменю з використанням комбінованого знаряддя для посіву

1. Загальні вимоги безпеки

Вирощування ярого ячменю із застосуванням комбінованого знаряддя для посіву передбачає виконання комплексу механізованих робіт, що пов'язані з підвищеною небезпекою для працівників. Тому всі операції повинні виконуватися відповідно до Закону України «Про охорону праці», Правил безпечної експлуатації сільськогосподарської техніки та внутрішніх інструкцій господарства.

До роботи допускаються лише працівники, які:

- пройшли навчання та перевірку знань з охорони праці;
- мають посвідчення тракториста-машиніста відповідної категорії;
- пройшли медичний огляд;
- ознайомлені з інструкціями щодо роботи з комбінованим посівним знаряддям.

Працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту (спецодяг, захисне взуття, рукавиці, окуляри, при роботі з добривами – респіратори).

2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком виконання посівних робіт тракторист зобов'язаний:

Оглянути трактор і комбіноване знаряддя:

- перевірити стан рами, сошників, котків, висівних апаратів;
- переконатися у відсутності тріщин, деформацій, несправностей;
- перевірити наявність та надійність захисних кожухів на обертових частинах.

Перевірити гідросистему та навіску:

- надійність шлангів та з'єднань;
- справність підйомного механізму;

- відсутність витоків оливи.

Переконатися у відсутності людей у зоні дії агрегату перед запуском двигуна й початком руху.

Правильно встановити глибину посіву та швидкість руху, відповідно до технологічних рекомендацій.

Регулювання знаряддя виконується лише при вимкненому двигуні й загальмованому тракторі.

3. Безпечні умови під час виконання польових робіт

Під час вирощування ярого ячменю з використанням знаряддя для посіву необхідно дотримуватися таких вимог:

Загальні заходи

- забороняється перебувати між трактором і агрегатом, коли двигун працює;
- всі переходи й огляди машини виконуються тільки після повної зупинки;
- не допускається очищення робочих органів від ґрунту або рослин у русі;
- водій має забезпечувати пряму і рівномірну траєкторію руху по полю для уникнення переїзду висіяних рядків.

Безпека на схилах та нерівностях

- рух на схилах дозволяється при нахилі не більше 8-10°;
- під час спуску та підйому швидкість повинна бути мінімальною;
- заборонено здійснювати різкі повороти або гальмування.

Робота за несприятливих умов

Не допускається використовувати комбінований агрегат при:

- недостатній видимості (туман, темна пора доби без освітлення);
- сильному вітрі, який може спричинити розсіювання насіння чи добрив;
- перезволоженому ґрунті, що може спричинити забивання робочих органів.

4. Заходи безпеки при роботі з насінням та добривами

При роботі з посівним матеріалом та мінеральними добривами необхідно:

- застосовувати респіратори, рукавиці та захисні окуляри;

– уникати пиловиділення, дотримуватися норм навантаження й розвантаження;

- не допускати зберігання добрив у місцях перебування людей;
- забезпечити наявність аптечки та протипожежного інвентарю.

У разі потрапляння добрив чи протруйників на шкіру або в очі постраждалому негайно надається перша допомога згідно з інструкціями.

5. Вимоги після завершення роботи

Після виконання посівних робіт тракторист зобов'язаний:

- очистити комбіноване знаряддя від залишків ґрунту та рослин;
- перевірити стан робочих органів, болтових з'єднань, гідросистеми;
- від'єднати агрегат і поставити техніку на стоянку;
- здати знаряддя відповідальній особі після огляду.

Усі виявлені несправності повинні бути записані у журнал технічного обслуговування.

6. Протипожежна безпека

У місцях зберігання техніки та виконання робіт повинні бути:

- вогнегасники;
- ящики з піском;
- лопати та інший інвентар;
- попереджувальні знаки пожежної безпеки.

Заборонено палити та використовувати відкритий вогонь поблизу матеріалів, що легко займаються, а також поблизу палива.

Дотримання вимог охорони праці під час вирощування ярого ячменю з використанням знаряддя для посіву забезпечує безпечні умови праці для персоналу, зменшує ризик виробничого травматизму, сприяє надійній роботі техніки та підвищує ефективність виконання технологічних операцій.

6. ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У проведеному дослідженні здійснено науково обґрунтований аналіз базової технології вирощування ярого ячменю та визначено її системні недоліки, що проявляються у значній енергоємності, високій собівартості виконання технологічних операцій та надмірній кількості проходів техніки по полю. Встановлено, що традиційна технологія передбачає виконання луцення стерні, осінньої оранки, багаторазових передпосівних обробітків та окремого процесу сівби, що призводить до додаткових витрат матеріальних ресурсів та підвищення виробничих витрат.

З метою підвищення технологічної та економічної ефективності процесу вирощування ярого ячменю запропоновано замінити комплекс традиційних операцій весняним мінімальним обробітком ґрунту із застосуванням комбінованого посівного агрегату. Такий агрегат забезпечує одночасне формування посівного шару та виконання стрічкового посіву, що суттєво скорочує кількість технологічних операцій і зменшує навантаження на енергетичні засоби.

У роботі аналітично обґрунтовано геометричну форму та конструктивні параметри конічного розсіювача, визначено раціональні розміри та характеристики насіннепроводу, а також встановлено закономірності впливу конструктивних особливостей конусного розсіювача на форму та розміри зони розподілу насіння у підлаповому просторі робочого органа. Отримані результати дозволяють підвищити рівномірність внесення насіння та забезпечити оптимальні параметри його розподілу у ґрунті.

Використання технології мінімального обробітку ґрунту на основі запропонованого комбінованого посівного знаряддя забезпечує скорочення виробничих витрат на передпосівний обробіток та сівбу, що визначено як один із ключових факторів зниження собівартості продукції. Зменшення кількості проходів техніки сприяє скороченню витрат пального, зниженню ущільнення ґрунту та покращенню агрофізичних властивостей орного шару.

Таким чином, упровадження комбінованого посівного агрегату у

технологічний процес вирощування ярого ячменю є технічно доцільним, економічно обґрунтованим та екологічно виправданим. Результати дослідження підтверджують, що застосування удосконаленого агрегату дає змогу підвищити ефективність виробництва, збільшити рентабельність культури та забезпечити стабільні агрономічні показники при зниженні витрат людських та матеріальних ресурсів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Амосов, В. В. Математичне моделювання процесів і машин: навч. посіб.: [для студентів агротехнічних спеціальностей] / В. В. Амосов, В. М. Сало, М. О. Свірень. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 218 с.
2. Бойко А.І., Свірень М.О. Шмат С.І. Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин. Навч. посібник. – К.: 2003. – 202 с.
3. Бондаренко М.Г. Комплектування і використання машинно-тракторного парку в рослинництві / М.Г. Бондаренко, В.А. Демещук. – К.: Вища школа, 1996. – 236 с.
4. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника : навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків : Мачулін, 2016. 204 с.
5. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини: Підр. – К.: Каравела, 2004. – С. 66-82.
6. Законодавство, охорона праці в галузі та інженерна екологія : методичні рекомендації до виконання практичних робіт для здобувачів другого (магістерського) ступеня вищої освіти спеціальності 208 – "Агроінженерія" освітньо-професійна програма "Агроінженерія / [уклад.: П.Г. Лузан, В.В. Амосов, О.Р. Лузан]; М-во освіти і науки України, Центральноукраїн. нац. техн. ун-т, каф. с.-г. машинобуд. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. 48 с.
7. Лімонт А.С. Практикум з машиновикористання в рослинництві/ А.С.Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський та ін.; за ред. І.І. Мельник. – К.:Кондор, 2004. – 282 с. URL: <https://www.twirpx.com/file/1277494/>
8. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами : навч. посіб. / В.Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.
9. Мельник І.І., Гречкосій В.Д., Бондар С.М. Проектування технологічних процесів у рослинництві. Ніжин : Аспект-Поліграф, 2005. 192 с.
10. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсів «Технологія механізованих робіт в рослинництві» та «Машиновикористання в рослинництві» для студентів спеціальностей 208 «Агроінженерія» та 133 «Галузеве машинобудування» / Укладачі: В.М. Сало, С.М. Лещенко, О.М.

Васильковський, Д.І. Петренко, П.Г. Лузан – Кропивницький: ЦНТУ, 2018. – 170 с. URL:<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/bitstream/123456789/8095/1/РўРњР Р % 28РцР %29%202018%20%28Р·%20PSPsPjPμCЪP°C†C–C”Cћ%29.pdf>.

11. Надикто В.Т., Кюрчев В.М., Кувачов В.П. Використання техніки в АПК : підручник. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2020. 268 с.

12. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів / Рудь Ю.С. – 2-е вид., переробл. – Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.

13. Охорона праці (Законодавство. Організація роботи): Навч. посіб. / За заг. ред. к.т.н., доц. І.П. Пістуна. – Львів: “Тріада плюс”, 2010.

14. Самсонов В.В., Сільвестров А.М., Тачиніна О.М. Методологія наукових досліджень та приклади її використання : навч. посібник. Київ : НУХТ, 2022. – 385 с.

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

16. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник /Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін. – К.: Вища освіта, 2005.–464 с.

17. Технологічні карти та витрати на вирощування сільськогосподарських культур з різним ресурсним забезпеченням / За ред. Д.І. Мазоренка, Г.Є. Мазнева. Харків : ХНТУСГ, 2006. 725 с.

18. Шкрегаль О.М. Стан питання та сучасні розробки робочих органів для поверхневого обробітку ґрунту / О.М., Шкрегаль О.С. Вотченко // Збірник наукових праць Луганського національного аграрного університету. – Луганськ: ЛНАУ, 2008. – Вип. 91. – С. 122- 129.

19. Шудренко І.В. Основи охорони праці : навч. посіб. / І.В. Шудренко. Житомир :Видавець О.О. Євенок, 2016. – 214 с.

ДОДАТКИ

Програма і методика експериментальних досліджень

Програма експериментальних досліджень:

Визначення характеристики повітряного потоку: вологості, тиску, швидкості.

Визначення впливу висоти розташування розсіювача по відношенню до горизонту на дальність польоту частки.

Визначення впливу радіуса робочої поверхні розсіювача на дальність польоту частки.

Методика досліджень.

Опис експериментальної лабораторної установки.

Досліди проводяться на експериментальній установці, схема якої приведена на (рис. 1). Основні складові частини установки: бункер 1, котушковий висіваючий апарат 2, вентилятор 3, лійка 4, ежектор 5, пневмо-провід 6, лапа ґрунторозпушувача 7, насіннепровід 8, конусний розсіювач 9.

Принцип роботи установки полягає у наступному:

При приведенні в дію котушкового висіваючого апарату 2, він починає виносити із бункера 1 насіння. Далі воно, насіння, потрапляє до лійки 4 через яку надходить до ежектора 5. У ежекторі відбувається утворення повітряно-насінневої суміші, тобто, насіння, що потрапило до ежектора через лійку, підхоплюються повітряним потоком. Ежектор вхідним кінцем приєднаний до раструбу, який кріпиться до вихідного вікна вентилятора 3, що створює повітряний потік. Далі із ежектора повітряно-насіннева суміш потрапляє у пневмопровід 6. По ньому насіння разом із повітряним потоком направляються до насіннепроводу 8, що встановлений на лапі 7 від ґрунторозпушувача.

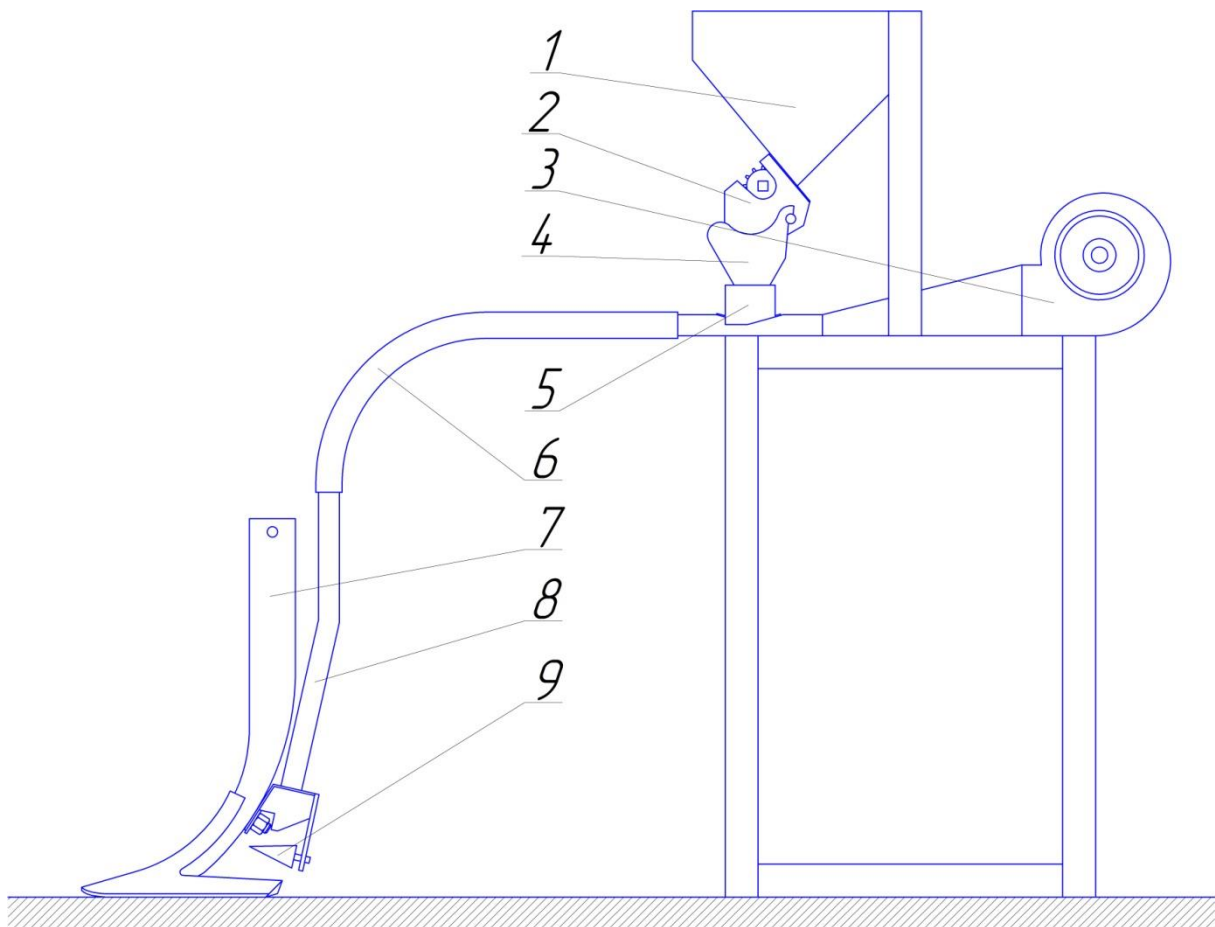


Рис. 1. Схема експериментальної установки: 1 – бункер, 2 – котушковий висіваючий апарат, 3 – вентилятор, 4 – лійка, 5 – ежектор, 6 – пневмопровід, 7 – лапа, 8 – насіннепровід, 9 – розсіювач.

Принцип роботи установки полягає у наступному:

При приведенні в дію котушкового висіваючого апарату 2 він починає виносити із бункера 1 насіння. Далі насіння потрапляє до лійки 4, через яку надходять до ежектора 5. У ежекторі відбувається утворення повітряно-насінневої суміші, тобто, насіння, що потрапило до ежектора через лійку, підхоплюється повітряним потоком. Ежектор вхідним кінцем приєднаний до раструбу який кріпиться до вихідного вікна вентилятора 3, що створює повітряний потік. Далі із ежектора повітряно-насіннева суміш потрапляє у пневмопровід 6. По ньому насіння разом із повітряним потоком направляються до розподільника 8, що встановлений на лапі 7 від ґрунторозпушувача.

Розподільник направляє повітряно-насіннєвий потік у зону висіву насіння, тобто під лапу. Напроти вихідного вікна насіннєпровода встановлений розсіювач 9, який розподіляє насіння ярого ячменю по поверхні на якій встановлена лапа.

Методика визначення характеристики повітряного потоку.

Для побудови графічної залежності ширини висіву насіння (дальності польоту часток) від висоти встановлення розсіювача та його геометричної форми (твірної конуса) згідно з формулою 3.32 пояснювальної записки необхідно дослідним шляхом визначити деякі параметри робочого тіла, а саме швидкість насіння. Швидкість насіння приймаємо рівною швидкості повітряного потоку у насіннєпроводі. Тому методика зводиться до визначення вологості повітря, атмосферного тиску, які необхідні для визначення швидкості повітряного потоку, тобто для швидкості часток.

Методика визначення вологості.

Вологість визначається за допомогою гігрометра ГВ-1 (рис. 2, а), який відповідає технічним умовам МРТУ 01-02-62. Вологість визначається для подальшого використання при визначенні швидкості повітряного потоку. Вологість вимірюється у приміщенні, де виконуються дослідні, тобто у лабораторії, безпосередньо при проведенні дослідів.

Методика визначення атмосферного тиску.

Атмосферний тиск визначаємо за допомогою барометра (рис. 2, б). Атмосферний тиск визначається для подальшого використання при визначенні швидкості повітряного потоку. Атмосферний тиск вимірюється у приміщенні, де виконуються дослідні, тобто у лабораторії, безпосередньо при проведенні дослідів.

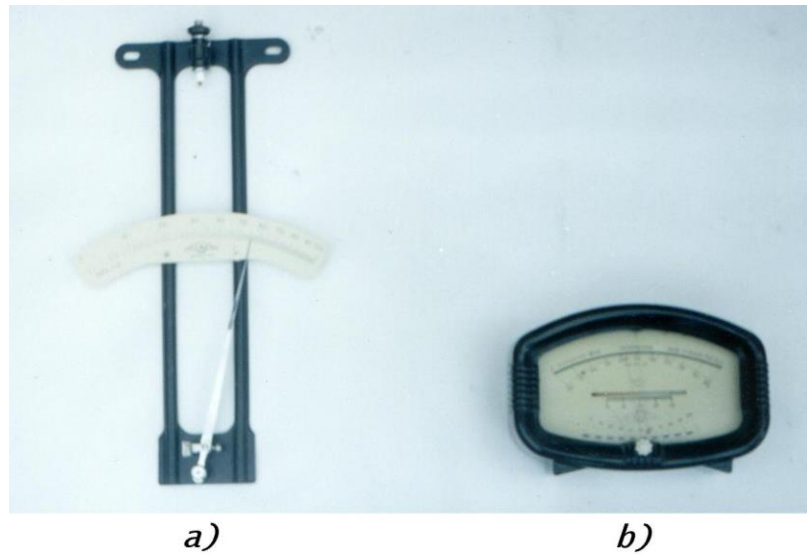


Рис. 2. Прилади для визначення вологості повітря та атмосферного тиску: а – гігрометр ГВ – 1; б – барометр.

Методика визначення швидкості повітряного потоку.

Швидкість повітряного потоку визначаємо за формулою:

$$V = \sqrt{\frac{2 \cdot P_d}{\rho}}, \quad (1)$$

де, V – швидкість повітряного потоку;

P_d – динамічний тиск повітряного потоку;

ρ – густина повітря, що рухається:

$$\rho = \frac{B_a + P'}{R \cdot K_\psi \cdot (t + 273)}, \quad (2)$$

де, B_a – барометричний тиск навколишнього повітряного середовища, Па;

P' – статичний тиск повітряного потоку, Па;

K_ψ – коефіцієнт, що залежить від температури та вологості повітряного потоку, що рухається. При температурі 20°C та $\psi = 50\%$ – $K_\psi = 1$, при $\psi = 100\%$ – $K_\psi = 1,005$;

R – універсальна газова стала, $R = 8,314$ Дж/моль·К;

t – температура повітря, що рухається, $^\circ\text{C}$.

Температуру повітря визначаємо за допомогою термометра.

Як відомо повний тиск повітряного потоку складається з двох складових, а саме динамічного та статичного тиску.

Динамічний тиск P_d являє собою кінетичну енергію, яку необхідно надати нерухомому потоку для приведення його в рух зі швидкістю V_0 .

Статичний тиск P' це потенційна енергія потоку, що діє по нормалі до стінок повітропровода.

Для визначення всіх трьох тисків використовуємо мікроманометр інтегральний типу ММІ із комбінованим приймачем повітряного тиску (рис. 3). Повний тиск та його складові вимірюємо на виході із розподільника.

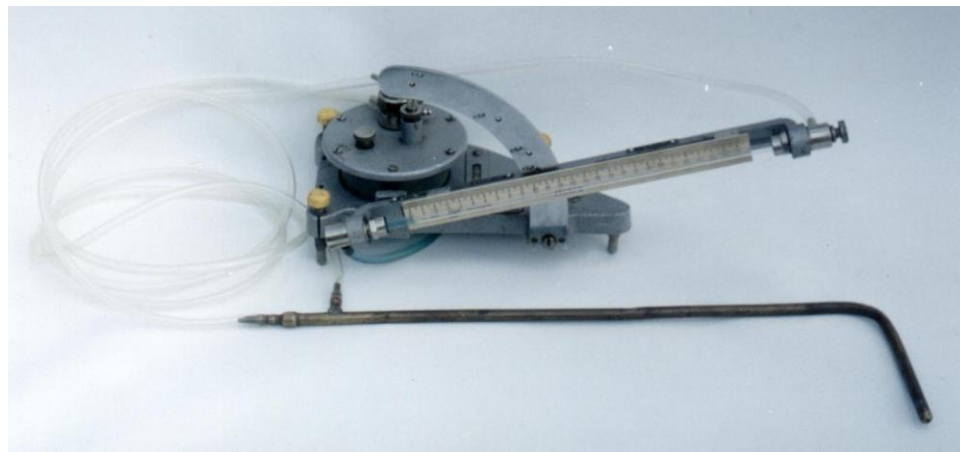


Рис. 3. Інтегральний мікроманометр типу ММІ.

Дійсні значення показників мікроманометра визначаємо за формулою, мм.вод.ст:

$$h_d = k \cdot n \cdot h, \quad (3)$$

де, k – постійна приладу (нанесена на його дузі);

n – поправочний коефіцієнт, що враховує вплив температури повітря та міцність спирту (приведений у таблиці, що йде разом із приладом);

h – відлік по шкалі приладу, мм.

Методика визначення впливу висоти встановлення розсіювача та кута твірної конуса (робочої) поверхні на ширину розсіву насіння (дальність польоту часток).

Для визначення впливу висоти встановлення розсіювача та кута твірної конуса на дальність польоту часток необхідно створити повітряно-насінневий потік і направити його через насіннепровід на розсіювач, який встановлений у нижній частині лапи і рухається у вертикальній площині, а також мати будь-яку липку поверхню (в нашому випадку це папір промащений клеєм), яка б забезпечила надійне прилипання до неї розсіяного насіння.

Створення і направлення повітряно-насінневого потоку забезпечує експериментальна установка (рис. 4).



Рис. 4. Експериментальна установка.

Направляюча вилка, яка кріпиться на верхньому болту лапи, забезпечує зміну висоти розташування розсіювача відносно горизонту, а різьбовий отвір, що в ній зроблений забезпечує зміну розсіювачів, що мають різний кут твірної (робочої) поверхні.

Експериментальні дослідження проводимо наступним чином:

1. встановлюємо лапу на спеціальні підставки;
2. вмикаємо вентилятор і чекаємо 15 хв для створення стабільного повітряного потоку;
3. заміряємо динамічний та повний тиски;
4. вмикаємо котушковий висіваючий апарат і даємо установці попрацювати до створення постійного (усталеного) повітряно-насінневого потоку;
5. протягуємо під лапою липку поверхню;
6. заміряємо максимальну ширину розсіювання часток.

Таким чином, експериментальна установка разом із направляючою вилкою дають змогу дослідити вплив висоти встановлення розсіювача та кута твірної його поверхні на ширину висіву насіння.