

Луцький національний технічний університет
(повне найменування вищого навчального закладу)
Факультет аграрних технологій та екології
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))
Кафедра аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до кваліфікаційної роботи

магістра

на тему: «Дослідження технології вирощування органічного гороху з розробкою посівної секції»

Виконав: студент 2 курсу, групи АІм- 21
спеціальності 208 Агроінженерія
за освітньо-професійною
програмою «Агроінженерія»

Матеуш А.А.

(прізвище та ініціали)

Керівник Цизь І.Є.

(прізвище та ініціали)

Гарант ОП Хомич С.М.

(прізвище та ініціали)

Рецензент Дацюк Л.М.

(прізвище та ініціали)

Луцьк 2025

**ЛУЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Факультет	<i>аграрних технологій та екології</i>
Кафедра	<i>аграрної інженерії ім. проф. Г.А.Хайліса</i>
Галузь знань	<i>20 Аграрні науки та продовольство</i>
Освітній ступінь	<i>магістр</i>
Спеціальність	<i>208 Агроінженерія</i>
Освітньо-професійна програма	<i>Агроінженерія</i>

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри аграрної інженерії
ім. проф. Г.А.Хайліса

доцент, к.т.н. _____ С.М. Хомич
«01» липня 2025 р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Матеушу Андрію Андрійовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи Дослідження технології вирощування органічного гороху з розробкою посівної секції

керівник роботи Цизь Ігор Євгенович, доцент, к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджена наказом ЛНТУ від «01» липня 2025 р. № 459/01-07

2. Термін здачі студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4 Зміст пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)

1. Титульний аркуш .
2. Завдання на роботу магістра.
3. Реферат.
4. Зміст.
5. Вступ.
6. Основну частину.
7. Загальні висновки.
8. Перелік джерел посилань.
9. Додатки

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

	к-сть листів
1. Вихідні дані	1 лист
2. Теоретичні положення	1 лист
3. Апаратура та обладнання для експериментальних досліджень	1 лист
4. Результати експериментальних досліджень	1 лист
5. Планування та результати експерименту з використанням математичного методу планування	1 лист
6. Схема експериментальної установки чи досліджуваної машини (функціональна або принципова)	1 лист
7. Складальне креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	1 лист

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Нормоконтроль	Юхимчук С.Ф., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Огляд літератури за темою, формування завдань досліджень	01.07. – 16.07.2025 р.	
2	Обґрунтування конструкції і теоретичні дослідження	20.08 – 31.08.2025 р.	
3	Розробка схеми експериментальної установки чи досліджуваної машини	01.09 – 30.09.2025 р.	
4	Розробка програми і методики експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2025 р.	
5	Реалізація та обробка результатів експериментальних досліджень	01.10 – 15.10.2025 р.	
6	Експериментальні дослідження з використанням математичного методу планування	15.10 – 01.11.2025 р.	
7	Розробка креслення розроблюваного чи удосконаленого вузла	01.11 – 15.11.2025 р.	
8	Узагальнення результатів та оформлення пояснювальної записки	15.11 – 25.11.2025 р.	
9	Оформлення ілюстративного матеріалу для захисту магістерської роботи	15.11 – 25.11.2025 р.	
10	Нормоконтроль	до 04.12.2025 р.	
11	Представлення кваліфікаційної роботи на перевірку на плагіат	04.12.– 14.12.2025 р.	

Студент

_____ (підпис)

Матеуш А.А.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Цизь І.Є.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

_____ (підпис)

Хомич С.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Матеуш А.А. Дослідження технології вирощування органічного гороху з розробкою посівної секції. Рукопис.

Кваліфікаційна робота магістра ОП «Агроінженерія» спеціальності 208 Агроінженерія. Луцький національний технічний університет. Луцьк, 2025.

Кваліфікаційна робота магістра складається з вступу, чотирьох розділів, висновків і пропозицій, списку використаних джерел, додатків (згідно структури кваліфікаційної роботи, затвердженої кафедрою).

У роботі наведено результати комплексних теоретичних та експериментальних досліджень, які дозволили розробити конструкцію посівної секції для посіву зернобобових культур загалом та гороху зокрема за стрічковою технологією.

Ключові слова:

Горох, стрічка, посів, спосіб, органічна продукція, колесо, сошник, врожайність, маса насінин.

ABSTRACT

Mateusz A.A. Research on organic pea growing technology with the development of a sowing section. Manuscript.

Master's qualification work of EP "Agricultural engineering" specialty 208 Agricultural engineering. Lutsk National Technical University. Lutsk, 2025.

The master's qualification work consists of an introduction, four sections, conclusions and proposals, a list of used sources, appendices (according to the structure of the qualification work approved by the department).

The paper presents the results of comprehensive theoretical and experimental research, which allowed developing the design of a sowing section for sowing legumes in general and peas in particular using strip technology.

Keywords:

Pea, strip, sowing, method, organic production, wheel, coulter, productivity, seed weight.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	3
ABSTRACT.....	4
ЗМІСТ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Загальна характеристика гороху та технології його вирощування...	10
1.2. Аналіз робочого процесу та конструкцій машин для посіву гороху.	19
1.3. Огляд сучасних досліджень науковців у галузі посіву зернових та зернобобових культур.....	31
1.4. Постановка проблеми, мета та завдання дослідження.....	33
РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ	35
2.1. Опис запропонованої конструкції машини для стрічкового посіву зернобобових культур	36
2.2. Розрахунок параметрів опорних коліс посівної секції.....	38
2.3. Обґрунтування параметрів пружини довантаження посівних секцій.....	42
2.4. Теоретичне дослідження тягового опору посівної секції.....	47
2.5. Висновок.....	49
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	51
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	51
3.2. Опис лабораторного обладнання, що використовувалось під час проведення дослідів.....	52

3.3. Методика експерименту з дослідження впливу схеми розташування рядків за стрічкового посіву гороху на його врожайність.....	54
3.4. Методика визначення врожайності та маси тисячі насінин.....	57
3.5. Методика визначення вологості зерна гороху.....	59
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	60
4.1. Результати дослідження вологості зібраного врожаю гороху.....	60
4.2. Результати дослідження врожайності та маси 1000 насінин гороху.....	61
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	65
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	68
ДОДАТКИ.....	70

ВСТУП

Актуальність дослідження. Останніми роками суттєво зросли витрати на логістику для експортноорієнтованих культур. «Братня» підтримка фермерів Польщі змушує шукати інші логістичні ланцюги та ринки збуту. У той же час перелік країн споживачів вітчизняного гороху дозволяє доставити їм продукцію без використання польської логістики. Тому виробництво гороху за органічними технологіями слід вважати одним із перспективних напрямів зважаючи на його біологічні особливості, цінність як джерела білкового живлення, та значення саме як експортної культури. Таке рішення може бути ефективним до впровадження для господарств із невеликими розмірами земельного банку.

Аналіз технології вирощування гороху показує, що у теперішніх умовах практично не реалізуються агротехнічні заходи боротьби із бур'янами, які є доволі ефективним для даної культури. Під час планування комплексу механізованих робіт з вирощування гороху треба враховувати, що він має короткий вегетаційний період і підвищені вимоги до вологості. Тому висівати його слід на родючих структурних ґрунтах і після попередників які не виснажують ґрунт за запасами вологості.

У той же час проаналізовані технологічні рішення провідних вітчизняних та світових виробників для посіву зернових та зернобобових культур засвідчує тенденцію переходу до ґрунтозберігаючих, екстенсивних технологій у рослинництві. Одним із проявів такого підходу є посів зернових та зернобобових культур із міжряддя у 25 чи 33,3 см, а також використання смугового посіву.

Наведені висновки створюють передумови до удосконалення та пропагування органічної технології вирощування гороху, яка передбачає запровадження науково обґрунтованого чергування культур у сівозміні, застосування поживних посівів та соломи для удобрення, здійснення смугового посіву із наступним міжрядним обробітком для знищення бур'янів.

Мета і задачі дослідження. Метою даного дослідження є обґрунтування схеми машини, яка забезпечує посів зернобобових культур загалом та гороху

зокрема за стрічковою технологією, і встановлення закономірностей впливу схеми розташування рядків у стрічці на показники врожайності культури.

Для реалізації поставленої мети були сформульовані завдання досліджень:

1. Обґрунтувати схему машини для посіву гороху за стрічковою технологією.

2. Теоретично обґрунтувати параметри сівалки для посіву зернобобових культур за стрічковою технологією.

3. Розробити методику та провести дослідження впливу схеми розташування рядків гороху за стрічкового його посіву на кількість та якість зібраного врожаю.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес посіву зернобобових культур за стрічковою технологією.

Предмет дослідження. Залежність кількісних та якісних показників врожайності гороху від схеми розташування рядків у стрічці під час посіву.

Методи та способи вирішення поставлених завдань. У роботі були застосовані методи теоретичних та експериментальних досліджень. Так теоретичне обґрунтування параметрів стабілізуючих коліс проведено на основі методів теоретичної механіки та опору ґрунтів. Реалізація експериментальних досліджень базувалась на використанні сучасного вимірювального обладнання та статистичних методів опрацювання результатів.

Науково-технічна новизна одержаних результатів:

1. Обґрунтувати схему машини для посіву зернових культур за стрічковою технологією.

2. Теоретично обґрунтувати параметри машини для посіву зернових культур за стрічковою технологією.

2. Розробити методику та провести дослідження впливу схеми розташування рядків ярого ячменю за стрічкового його посіву на кількість та якість врожаю.

Практичне значення одержаних результатів. Комплекс теоретичних та експериментальних досліджень дозволив розробити конструкцію посівної секції для посіву зернобобових культур загалом та гороху зокрема за стрічковою технологією.

Апробація роботи. Основні положення наукових досліджень, що містяться в роботі, доповідались й обговорювались на засіданні наукового гуртка «Агротех».

Публікації. Основні дослідження магістерської роботи підготовлені до опублікування у науковому виданні.

Положення що виносяться на захист. Конструкція робочого посівної секції сівалки та теоретично і експериментально обґрунтовані конструкційні та технологічні її параметри.

Структура і обсяг магістерської роботи. Необхідність розв'язання поставлених задач зумовила наступну структурно-логічну будову роботи: вступ, чотири розділів, висновки, список джерел посилання з 16 назв та 1 додатка. Основна частина магістерської роботи розміщена на 69 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Загальна характеристика гороху та технології його вирощування

Вирощування гороху здійснюють в основному, як продовольчу та кормову культуру. Таке використання обумовлене тим, що насіння гороху за середніми показниками містить 28% білка, 52% вуглеводів, 1,6% жиру, 2,5-3% зольних речовин. Горох, як і усі зернобобові культури, за кількістю білка переважає зернові злакові культури в 1,5-2,5 рази. Адже, наприклад, у зерні твердої ярої пшениці середній вміст білка становить лише 16%, хоча серед зернових злакових це чи не найвищий показник. У той же час білок гороху краще засвоюється, ніж білок злакових, що спричинено більшим вмістом і кращим співвідношенням в ньому амінокислот. Так білок гороху міститься 4,7% лізину та 11,4% аргініну. А от у складі білка пшениці лізину тільки 2,32% та 3,6% аргініну. До недоліків білка гороху належить нестача метіоніну і триптофану [1, 2].

Зерно гороху добре розварюється завдяки чому він має високі смакові якості як продукт харчування. Окрім цього через вміст білку – характеризується високою поживністю. У якості продуктів харчування використовуємо горохові крупи, борошно, консервовані недозрілі зерна сортів гороху із підвищеним вмістом цукру. В зелених недозрілих зернах гороху міститься до 25-30% цукру, багато вітамінів (А, В₁, В₂, С) інших мінеральних речовин [1, 2]. Такий продукт ми звикли споживати під назвою "зелений горошок".

Зерно гороху може використовувати безпосередньо як концентрований корм для тварин та птиці. Але значно зростає його цінність у випадку використання в якості білкового компоненту для комбикормів. Адже 1 кг зерна міститься 1,17 корм. од., а також 180-240 г перетравного протеїну. Також

ефективним є згодовування тваринам зеленої маси стебел, виготовлення на їх основі сіна. Також відома практика використання соломи гороху, кормова цінність якої, завдяки високому вмісту білка, перевищує злакові культури. Горохо–злакові сумішки використовують для приготування сінажу, трав'яного борошна, використання у зеленому конвеєрі. [2].

Велике агротехнічне значення має гороху, як і усіх зернобобових культур. Адже він здатний засвоювати азот із атмосферного повітря за допомогою бульбочкових бактерій, які паразитують на його корінні. Встановлено, що 1 га посіву зернобобових культур фіксує від 100 до 400 кг азоту повітря. Більша частина накопиченого азоту виноситься із врожаєм, але за високої агротехніки вирощування горох здатен лишити в ґрунті 50-70 кг/га азоту. Завдяки цьому горох є хорошим попередником для зернових культур [1, 2].

Вирощуванням гороху людина займається дуже давно. Його поширення очевидно розпочалось з Центральної, Передньої і Південно-Східної Азії (Іран, Закавказзя, Туркменія). У країнах середземномор'я (Іспанія, Італія, країни Балкан) згідно історичних свідчень, був відомий за 5 тис. років до н.е. Історичні підтвердження культивування гороху на території України належать до 500 років до н.е. Свідченням цьому є результати археологічних розкопок проведені поблизу Харкова.

На сьогоднішній час горох розповсюджений в усіх країнах Європи, в США, Канаді, Китаї, Індії тощо. Світові площі посіву гороху коливаються від 14 до 15 млн. га. В нашій країні, серед зернобобових, з горохом конкурує лише соя. Ще на початку 2000-х в нашій державі горох на площі до 1,0 млн. га. Найбільші площі посіву були зосереджені в Лісостеповій зоні. Це близько 55% від загальних площ посіву. Вирощувався горох в Степу на 25% посівних площ і на Поліссі решта 20%. У 2024 р. площі посіви гороху займали найбільшу площу за остання три роки – 212 тис. га. Таке скорочення пов'язане із військовою агресією рф та втратою значної кількості посівних площ нашою країною. Середня урожайність гороху у 2024 р. складала 24,6 ц/га. Основними країнами експортерами українського гороху у 2023-2024 рр. стали (% від

загального експорту): Туреччина - 27%; Італія - 13%; Бангладеш - 12%; Індія - 9%; Малайзія - 6%.

Значне поширення гороху спричинене його біологічними особливостями. Преш за все тому, що горох холодостійка, не вимоглива до тепла рослина. Насіння звичайного гороху проростає за температурі 1-2 °С, а цукрового – при 4-5°С. Сходи гороху здатні витримують приморозки до мінус 6-7 °С. Більшою стійкістю до приморозків володіє польовий горох (пелюшка). Незрілі, з підвищеним вмістом вологи зерна підмерзають за мінус 2-3°С. Але оптимальною для проростання насіння і росту рослин гороху в першу половину вегетації є температура 15-18 °С. У період дозрівання зерна – близько 25°С. [2].

У той же час горох вимогливий до потреб у волозі. Для проростання насіння гороху поглинає 100-110% води від початкової маси. Має високу витрату вологи через листову поверхню - транспіраційний коефіцієнт складає 400-450. Оптимальна вологість ґрунту для гороху 70-80% польової вологості. Найбільшою є потреба гороху у волозі у період цвітіння та формування бобів. Як наслідок - нестача вологи в цей час лімітує процеси цвітіння, плодоутворення та об'єм врожаю. За надмірної кількості опадів у рослин гороху розвивається велика вегетативна маса та вони інтенсивно уражуються хворобами [2].

Високу вимогу у гороху і до ґрунтів. Оскільки гарно росте, розвивається і формує високі врожаї на середніх за механічним складом суглинкових і супіщаних чорноземних ґрунтах, які багаті фосфором, калієм, кальцій, та мають нейтральну або слабкокисло реакцією ґрунтового розчину (рН 6-7). Хороші врожаї забезпечує на осушених торфовищах. У той же час легкі піщані та ущільнені глинисті ґрунти, які мають кислу реакцію ґрунтового розчину та підвищену вологість для вирощування гороху непридатні. Окрім цього за підвищеної кислотності ґрунтового розчину пригнічується діяльність бульбочкових бактерій [1-3].

За біологічними особливостями горох належить до культур довгого світлового дня. Завдяки цьому він швидше розвивається північних районах. За

звичайних для гороху характерне самозапилення. Проте за посухи та надмірних температур можливе і перехресне запилення. У процесі розвитку рослин гороху прийнято виділяти такі фази: проростання насіння, поява сходів, бутонізація-цвітіння, досягання. Ці фази у свою чергу поділені на 12 етапів органогенезу. Але через суттєвої протяжності тривалості в часі та мінливості генеративних органів, орієнтуватись на формування складових врожаю за етапами органогенезу дуже важко. Тому етапи органогенезу розділили на 3 періоди органогенезу: 1-й (I-II етапи) – формування і ріст вегетативних органів та кореневої системи, стебла, листя; 2-й (III-VIII етапи) – закладання, формування та ріст генеративних органів; 3-й (IX-XII етапи) – формування, ріст і досягання репродуктивних органів (бобів із насінням).

До біологічних переваг гороху належить його скоростиглість, адже період вегетації коливається у межах від 75 до 115 днів.

Найбільш поширеними сортами гороху вітчизняної селекції є: Аграрій, Акціонер, Вінничанин, Інтенсивний 92, Інтенсивний 96, Надійний, Світязь, Топаз 2, Таловиць 50, Харківський 85, Харківський янтарний. А також закордонні сорти: Грегор, Мадонна, Зекон.

Описані біологічні особливості гороху визначають наповнення складових технології його вирощування. Кращими попередниками для гороху, як і для більшості інших культур, є ті які лишають поля чистими від бур'янів, не висушують забирають запаси вологи та поживних речовин. Тому залежно від ґрунтово-кліматичних умов попередниками для гороху обирають: озимі зернові та ярі зернові, кукурудзу, картоплю. У зоні достатнього зволоження це може бути і цукровий буряк. У той же час вирощування гороху як монокультури недопустиме. Період ротації для гороху повинен складати 5-6 років. Оскільки за меншого періоду очікування він страждає від розвитком різних хвороб, особливо корневих гнилей, до негативно позначається на урожайності. Таке явище називають «гороховим ґрунтом» [3].

Не варто сіяти горох після соняшника, адже він сильно висушує ґрунт. Також не сіють горох після інших зернових бобових і багаторічних бобових

трав, які мають спільні хвороби та шкідників. Також для гороху є необхідність у просторовій ізоляції від посівів інших бобових культур на віддалі не менше як 500 м. У той же час горох також добрий попередник для озимих та ярих зернових, кукурудзи тощо [1-3].

Горох через наведені вище біологічні особливості має підвищені вимоги до якості обробітку ґрунту, а тому має бути пухким та чистим від бур'янів. За класичною схемою для гороху рекомендовано зяблеву оранку. Після зернових культур обов'язковим заходом є лушення стерні. Даний захід провокує проростання бур'янів, а наступна оранка знищує ці сходи. Глибина оранки під горох на полях після лушення складає 20-22 см. На глинистих та перезволожених ґрунтах доцільно проовдити глибоке чизелювання або щілювання на 40-50 см. Після картоплі, також рекомендується оранка на глибину 20-22 см. [2].

У той же час під горох недопустимо проводити оранку навесні. Це спричинює втрату вологи та втрату оптимальних термінів посіву гороху. У випадку, коли через несприятливі погодні умови тощо, восени не вдалось реалізувати необхідні заходи з обробітку ґрунту то з економічної точки зору доцільно провести поверхневу культивуацію та сівбу спеціальними сівалками.

У якості першого весняного заходу з передпосівного обробітку в сьогоднішніх умовах слід розглядати закриття вологи боронами. Якщо ж з точки зору допустимих термінів та наявного технічного забезпечення це допустимо то закриття волого можна поєднати з передпосівним обробітком комбінованим знаряддями. Завдання передпосівного обробітку ґрунту під горох є формуванню такої структури ґрунту коли насінини вкладаються на ущільнене ложе і вкриваються структурованим шаром ґрунту. Для максимального збереження вологи перерва у часі між передпосівним обробітком і сівбою не повинна перевищувати 0,5-1 год.

Реалізацію потенційних сортових характеристик можна забезпечити лише насінням високих репродукцій. При цьому використовують насіння з масою 1000 зерен 40-50 г та силою росту не менше 80% [2].

Вирівняне за розміром, здорове та однорідне насіння забезпечує одержання потужних сходів та рівномірний розвиток рослин протягом вегетації. З точки зору посівних якостей велике значення має маса 1000 насінин адже це необхідний запас поживних речовин під час проростання та надійний старт біологічному розвитку рослин.

Горох для формування врожаю виносить з ґрунту з 1 т зерна та відповідною кількістю соломи 45-60 кг азоту, 17-20 кг фосфору, 35-40 кг калію. Безпосередньо під гороху вносять лише мінеральні добрива. Внесення органічних добрив допустиме внесених під попередники. [3].

Особливість азотного живлення гороху визначається здатністю отримувати його із атмосферного повітря завдяки симбіозу з бульбочковими бактеріями. Тому азот під горох вносять тільки на бідних дерново-підзолистих та інших ґрунтах де низький вміст гумусу. А от внесення під горох фосфорних та калійних добрив, сприяє кращому розвитку його кореневої системи і підвищує активність бульбочкових бактерій. Вносять ці види добрив під основний обробіток ґрунту, а азотні (за потреби) – під передпосівну культивуацію. Для цього використовують як правило розкидачі із дисковими робочими органами. У рядки, під час посіву гороху доцільно вносити фосфорні добрива у розрахунку 10-15 кг/га у діючій речовині. За даними науково-дослідних установ, для формування врожаю потрібно забезпечити наявність доступних для рослин гороху по 45-60 кг/га у діючій речовині азоту, фосфору та калію [1].

Формування покращених умов для життєдіяльності бульбочкових бактерій відбувається за умови достатньої кількості у ґрунті таких мікроелементів як молібден та бор. Для поповнення його запасів при посіві в рядки вносять гранульований суперфосфат, збагачений молібденом і бором. Альтернативою є обробка насіння гороху молібдатом амонію та борною кислотою перед його сівбою. Кращі результати отримуються за умови внесення одного мікроелементу із суперфосфатом в рядки, а іншого – за рахунок обробки насіння. Особливої уваги заслуговує контроль кислотності ґрунтового озчину.

У випадку підвищення цього показника ґрунт під горох обов'язково необхідно вапнувати [1].

Якісні та вирівняні сходи гороху можна отримати лише у випадку використання для сівби добре сформованого, крупного, неушкодженого гороховим зернодом (брухусом) кондиційного насіння 1-3 репродукції. Не раніше ніж за 2-3 тижні до сівби насіння гороху протруюють фундазолом (3 кг/т), тигамом (4-6 кг/т) та ін.

Також розроблені для гороху інокулянти. Так препарат Оптимайз Пульс (*Rhizobium Leguminosarum* $2,0 \times 10^9$ + Ліпо-хітоолігосахарид $1 \times 10^{-7}\%$) забезпечує обробку насіння гороху чистою культурою азотфіксуючих бактерій *Rhizobium leguminosarum*, в комплексі із молекулою ліпо-хітоолігосахаридом. Таке поєднання дозволяє підвищити ефективність утворення мікоризних зв'язків бактерій із корінням і раніше отримати бульбочки, які будуть насичувати рослину атмосферним азотом. Також у складі препарату є спеціальна поживна речовина, завдяки якій період зберігання життєздатності бактерій збільшено до 7 днів.

Найкращим способом сівби гороху є такий, що забезпечує рівні площі живлення рослини. За вузькорядного способу посіву звуження міжряддя сприяє досягненню рівномірнішого розподілу площі живлення через збільшення віддалі між рослинами у рядку. Класична агрономічна наука твердить, що з «підвищенням рівномірності розподілу насіння по площі зростає врожайність». З цієї точки зору рядковий спосіб посіву для гороху є не раціональним через підвищену густоту насіння в рядку. Проте найбільшого поширення для гороху набув рядковий спосіб із шириною міжряддя 12-15 см [2].

Норма висіву насіння гороху визначається такими показниками для різних природно-кліматичних зон: Полісся 1,4-1,5 млн. схожих насінин на 1 га; Лісостеп - 1,3-1,4 млн.; Степ 0,9-1 млн. У випадку використання низькорослих сортів їх сіють на 0,1 -0,2 млн. насінин густіше, ніж високорослі. Також рідше сіють сорти із крупнішим зерном у порівнянні із сортами з дрібнішим зерном.

У випадку застосування вузькорядного способу сівби норму висіву збільшують на 10-15% [2].

Застосування вузькорядного способу дозволяє вдвічі зменшити міжряддя а отже і вдвічі збільшити віддаль між насінинами до 2,2-2,6 см. Але існуючі з дводискові сошники сучасних сівалок не можуть забезпечити рівномірність розташування насіння за глибиною. Відомі дослідження науковців проведені правда на насінні ячменю вказують, що за зменшення ширини міжрядь з 19 до 10 см забезпечується зростання схожості насіння з 81,9 до 96,8%. Але реалізації такого вказаного вузькорядного посіву для гороху обмежена відсутністю ефективних технічних рішень для практичної реалізації описаного способу посіву. Подібних висновків дійшли німецькі вчені, які вже вказують що стрічковий та розкидний спосіб посіву може забезпечити вищу врожайність у порівнянні із рядковим. І тут знову констатуємо, що наразі відсутнє технічне рішення машини для стрічкового посіву зернобобових культур загалом і гороху зокрема. Тому і надалі у аграрних підприємствах лишається доступним до практичного використання рядковий посів із міжряддям 12- 15 см [2].

Біологічною особливістю гороху є те, що при проростанні його насіння сім'ядолі не виносяться на поверхню ґрунту. Тому горох висівають на глибину 8-10 см. На важких ґрунтах насіння ця глибина зменшується до 4-5 см, а на середніх і легких складає 6-7 см. За зменшення глибини загортання насіння його схожість падає.

Зважаючи на необхідність значних запасів вологи для проростання насіння горох сіють одночасно з ранніми ярими зерновими (ячмінь, овес). Завдяки цьому його посіви менше вражаються борошнистою росою та попелицею. Затримання із термінами сівби на 5-10 днів спричинює втрати врожаю від 4 до 8 ц/га.

Хоча, як уже зазначалось кращим для гороху є вузькорядний посів у виробничих умовах його висівають звичайними рядковими сівалками, як відомі із минулого сторіччя СЗ-3,6, СЗП – 3,6 так і сучасні їх реінкарнації Alfa чи

Astra із різною шириною захвату. А також подібні машини закордонного виробництва.

До першочергових заходів із догляду за посівами гороху, які мають особливе значення за умов нестачі вологи, є післяпосівне коткування поля кільчасто-шпоровими котками. Завдяки такому заходу відбувається підтягуванню вологи із нижніх шарів та забезпечення кращого контакту насіння з ґрунтом. З метою знищення паростків бур'янів ефективним заходом є досходове і післясходове (в фазі 3-5 листків до утворення вусиків) боронування посівів легкими зубовими або відповідно відрегульованим штригельними боронами. Післясходове боронування, як і для будь яких інших культур, слід проводити вдень в суху погоду, коли рослини втрачають тургор. Таке правило запобігає травмуванню рослин. Для боротьби з бур'янами в посівах гороху наявні гербіциди селективної дії, які пропонують різні виробники. Застосовують гербіциди у фазі 3-4 листків шляхом обприскування штанговими обприскувачами [1]. Відома також технологія вирощування гороху і без застосування гербіцидів, яка базується на агротехнічних методах боротьби з бур'янами. Основою цієї технології є до сходове та після сходове боронування посівів.

Важливими під час вирощування гороху є заходи боротьби із шкідниками. Особливої шкоди посівам завдає бульбочковий довгоносик. Тому сходи гороху у фаз 3-4 листків обприскують інсектицидом. Проти попелиці у фазі бутонізації посіви гороху обробляють іншою групою інсектицидів. В фазі цвітіння посіви обробляють інсектицидом для знищення зерноїда. Для ефективного знищення зерноїда обприскування повторюють через 6-8 днів зменшеною на 40-50% дозою препарату.

Боби гороху дозрівають спочатку у нижніх, пізніше у верхніх ярусах рослини. Далі рослини з дозрілими бобами вилягають, боби розтріскуються, а зерно висипається на землю. Через це втрачається найцінніше насіння. Тому збирання розпочинають у фазі коли 70-75% бобів пожовтіє а насіння у них затвердне, а його вологість знизиться до 30-35%. Не слід поспішати із

збиранням, бо це призводить до зменшення маси 1000 насінин. Адже даний показник недозрілого насіння на 10-20 г менший від нормального [1].

У попередні десятиріччя практикувався роздільний спосіб шороху. При цьому скошування гороху проводили валковими самохідними або причіпними жатками. Скошування проводили у стислі терміни (до 4-5 днів). На 3-4-й день після скошування та підсихання валків проводили контроль вологості зерна. Якщо вологість зерна знизиться до 16-18% то проводили підбирання валків та обмолот зерновими комбайнами за умови, що частота обертання знижувалась до 450-600 об./хв. Таке регулювання запобігає травмуванню зерен.

Завдяки досягненням сучасної селекції з'явилися сорти гороху, що не обсипаються та мають вкорочене стебло. Такі сорти збираються прями комбайнуванням зернозбиральними комбайнами із стандартними жатками при повній стиглості бобів з вологістю насіння 14-1% [3]. Підвищити якість підбирання бобів що розташовані у нижніх ярусах стебла дозволяють сучасні жатки із гнучким ріжучим брусом – флокс жатки. Пряме комбайнування є особливо виправданим за сучасної високої вартості паливно-мастильних матеріалів.

1.2. Аналіз робочого процесу та конструкцій машин для посіву гороху

Як було зазначено у попередньому пункті сівбу гороху проводять рядковими сівалками. Для здійснення рядкового способу посіву вітчизняне підприємство ПАТ «Ельворті» випускає лінійку сівалок із різною шириною захвату, які є удосконаленим до сучасних технологій варіантів зернових сівалок із 100-річною історією – СЗ-3,6. Такі сівалки випускаються під назвою «ALFA» та «Astra». Підприємство пропонує споживачам сівалки даних серій із шириною захвату 3; 3,6; 4; 5,4; 6 м. Сівалки серії «ALFA» призначені для сівби за мінімального обробітку ґрунту. Обидві серії призначені для сівби насіння пшениці, жита, ячменю, вівса, сої, гороху тощо.

Основою сівалка є 1 (рис. 1.1) на якій змонтовані усі робочі та допоміжні органи. Основну частину займає зерно-туковий бункер 3. У ньому наявні відсік для насіння та мінеральних добрив [4].

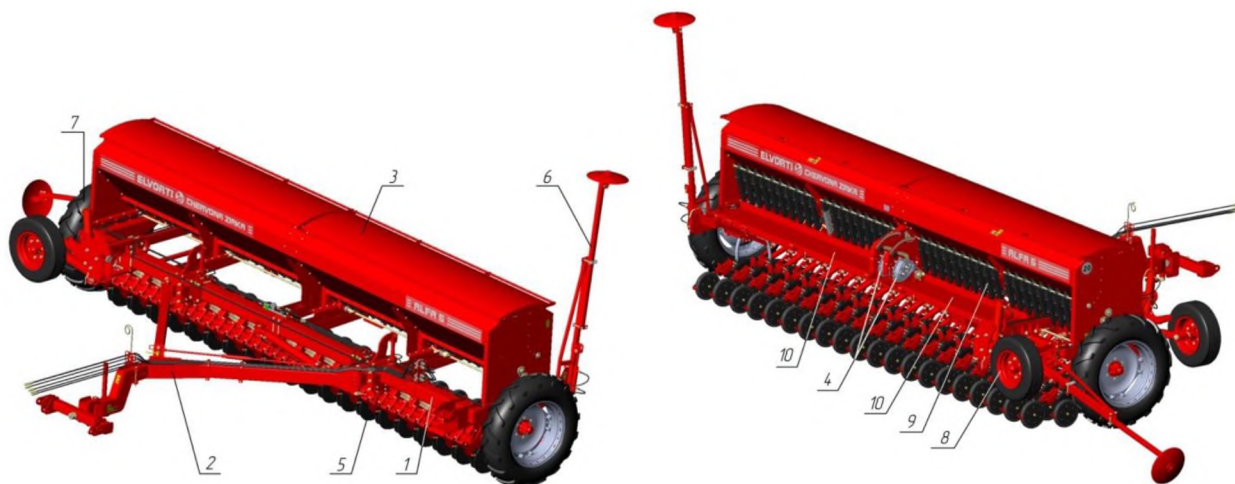


Рисунок 1.1 Сівалка ALFA 6 [4]: 1 – рама; 2 – причіпний пристрій; 3 – зерно-туковий бункер; 4 – варіатори; 5 – сошник; 6 – маркер; 7 – опорно-приводне колесо; 8 – колесо для транспортування; 9 – висівний апарат; 10 – підніжна дошка; 11 – ланцюговий загортач

Зерно-туковий бункер знизу містить прикріплені висівні апарати 9 для насіння та міндобрив. З'єднання сівалки із тракторним тягачем забезпечує поворотний причіпний пристрій 2.

Для плавного безступеневого регулювання передатного відношення передачі обертального руху від опорно-привідних коліс 7 до висіваючих апаратів на рамі закріплені варіатори 4. Правий варіатор призначений для приводу висівних апаратів насіння, а лівий забезпечує обертання тукових висівних апаратів [4].

У передній частині рами наявний сошниковий брус, до якого кріпляться повідці сошників 5. Підймання та опускання сошників із повідцями забезпечують гідроциліндри. Описуваний варіант комплектації сівалки містить дводискові сошники з ущільнюючими колесами 1 (рис. 1.2). для очищення коліс 1 від вологого ґрунту передбачено чистик 5, а хід сошника у ґрунті визначається положенням важеля 4 на секторі 3.

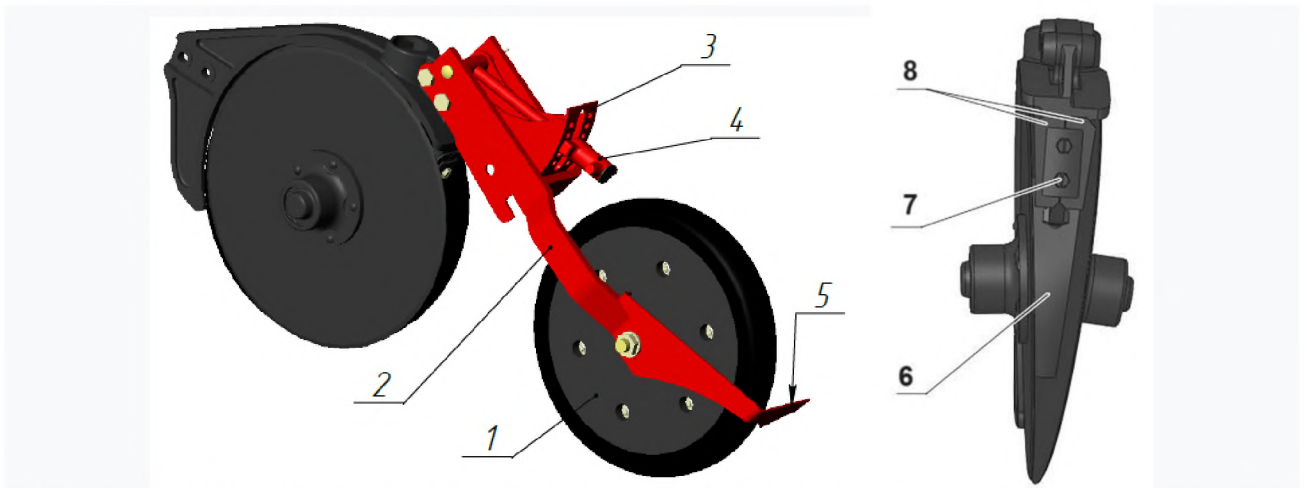


Рисунок 1.2 Дводисковий сошник сівалки ALFA із прикочу вальним колесом [4]: 1 – колесо прикочувальне; 2 – повідець колеса; 3 – сектор; 4 – важіль; 5 – чистик; 6 – направляюча пластина; 7 – болт; 8 – чистики диска

Скерування потоку насіння до борозенки забезпечують змонтовані у задній частині сошника направляючий клин 6. Для звільнення внутрішніх поверхонь дисків сошника від прилиплої ґрунту між ними до корпусу кріпляться чистики 3.

У процесі взаємодії із диском робочі кромки чистиків зношуються. Через це зростає проміжок між диском сошника і чистиком та припиняється очищення диска. Для регулювань положення чистиків необхідно трохи вигвинтити два гвинти 2 та шляхом поперечного переміщення чистиків забезпечити їх контакт із поверхнею дисків. Допустимий зазор між кромкою чистиків і бічною поверхнею диска не повинен перевищувати 3 мм [4].

Прикочуюче колесо 1 через повідець 2 шарнірно з'єднано із сектором 3 регулювання глибини. Сектор у свою чергу жорстко з'єднаний із корпусом дводискового сошника. Для регулювання глибини проникнення сошника у ґрунт здійснюють переміщення важеля 4 по сектору 3. Завдяки наявності на кожному сошникові важелем 4 та сектором 3 забезпечена можливість індивідуального регулювання глибини входження у ґрунт сошників. Забезпечення очищення ободу ущільнюючого колеса від налиплої ґрунту здійснює чистик 5 [4].

Наявність у конструкції прикочуючого колеса 1 особливо ефективним є під час посіву зернобобових культур загалом та гороху зокрема. Адже завдяки його дії забезпечує надійний контакт ґрунту з насінинами. У свою чергу це забезпечує живлення насіння вологою. Яка підтягується капілярами з нижніх шарів ґрунту та передбачає рівномірну появу сходів із наступним формуванням хорошого об'єму врожаю. Також слід відмітити, що комплектування кожного сошника механізмом регулювання величини їх проникнення у ґрунт забезпечує рівномірну глибину висіву насіння.

Смуговий посів сільськогосподарських культур забезпечують сошники та висівючі апарати, якими обладнан сівалка ALCOR 7,5 також вироблена ПАТ «Ельворті». Ця широкозахватна сівалка забезпечує сівбу зернових, зернобобових (із дрібним та середнім розміром насіння) та деяких інших культур із одночасним подаванням в рядки гранульованих мінеральних добрив. Дана сівалка забезпечує транспортування насіння від висіваючи апаратів до сошників повітряним потоком. Сошник у свою чергу забезпечують посів насіння вказаних раніше культур смугами завширшки 120-260 мм і на глибину від 40 - 120 мм. Основними складовими сівалки ALCOR 7,5 (рис. 1.3), є: посівна та культиваторна частини і пневматична система [4].

Посівна частини має класичне для сучасних посівних систем виконання у вигляді одновісного напівпричіпа. На його рамі змонтовано два відсіки бункера. У нижній частині кожного бункера змонтовано катушкові висівні апарати. За звичайних умов один відсік бункера призначений для насіння культури, що висівається, а у інший засипають гранульовані мінеральні добрива.

Культиваторна або сошникова частина сівалки ALCOR 7,5, завдяки особливостям будови сошників, здатна виконувати як посів сільськогосподарських культур так і поверхневий обробіток. Все це досягається завдяки тому, що сошник сівалки має форму стрільчатої лапи. [4].

Основними складовими пневматичної система сівалки-культиватора є вентилятор та механізм його приводу, розподільник потоку повітря, гнучкі пневмопроводи, горизонтальні та радіальні ділильні головки.



Рисунок. 1.3 Фото пневматичної сівалки ALCOR 7,5 [4]:

1 – культиваторна частина; 2 – посівна частина; 3 – пневматична частина

Як уже зазначалось основним робочим органом культиваторної частини є стрічасті лапи (рис. 1.4, а), які під час руху агрегату полем проводять суцільний обробіток ґрунту. Для регулювання глибини обробітку передбачено опорні колеса. Одночасно із поверхневим обробітком лапа формує посівне ложе для розміщення посівного матеріалу (насіння і добриво). Ширина посівного ложа може коливатись у межах від 120 до 200 мм. Кріплення лапа-сошник до рами здійснюється через пружинний механізм 1. Під час перевантаження лапи за рахунок зустрічі із перешкодою пружини стискаються і лапа виходить із ґрунту. До задньої частини стійки 3 прикріплено патрубки 4 і 5, які слугують для під'єднання гнучких трубопроводів пневматичної частини. Цими патрубками у внутрішню порожнину лапи-сошника подаються відповідно насіння і добрива [4].

Наступним рядом після підпружинених лап на рамі сошникової системи закріплені два ряди штригельної борони (рис. 1.4, б), які розрівнюють рослинні залишки поверхнею поля. Основою цього робочого органу є трубки із закріпленим пружними зубами.

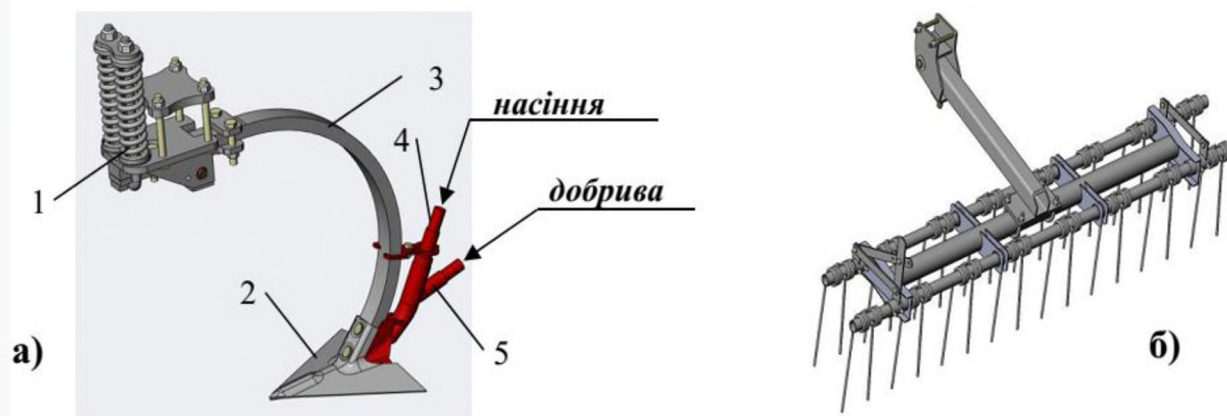


Рисунок 1.4 Схема лапи-сошника (а) та пружинна борона (б) [4]

Для забезпечення надійного контакту між насінням та ґрунтом у задній частині рами культиваторної частини закріплено опорно-прикочувальні колеса [4]. Завдяки описаним особливостям конструкції сівалки ALCOR 7,5 формується суцільний шар засіяний насінням та добривами за усією шириною захвату машини (рис. 1.5)



Рисунок 1.5 Схема робочого процесу сівалки ALCOR 7,5

Впровадженням інноваційних у конструкцій машин для обробки ґрунту, сівки та внесення добрив за традиційної та смугової системи землеробства

характеризується вітчизняна фірма «Велес-агро». Для посіву зернових та зернобобових культур загалом за смговою системою обробітку, дана фірма пропонує інноваційну посівну систему STS Magia (рис. 1.6).

STS Magia, як і сівалка ALCOR 7,5 включає три основних частин: бункерна система із висіваючими апаратами 1 (виробники називають «носій»); робочі секції 2 (за суттю сошникові системи) та пневматичну систему 3. На рис. 1.6 зображено носій 1, який виконаний у вигляді напівпричіпної платформ із мостом у вигляді двох блоків спарених коліс. За наведеної комплектації носій містить змонтовано три бункери. Призначення одного – для насіння, а два інші – різні види мінеральних добрив. Виробник декларує, що бункери для добрив є універсальними і можуть бути використані як для рідких так і твердих мінеральних добрива. Окрім цього, конструкція бункерів та висіваючих апаратів забезпечує можливість внесення органічних добрив у гранульованій формі. Наприклад для внесення гранульованого курячого посліду. Встановлені у нижній частині кожного бункера висіваючі апарати обладнані електричним приводом. Також на даній платформі, як і ALCOR 7,5 змонтовано нагнітальний вентилятор пневматичної системи.

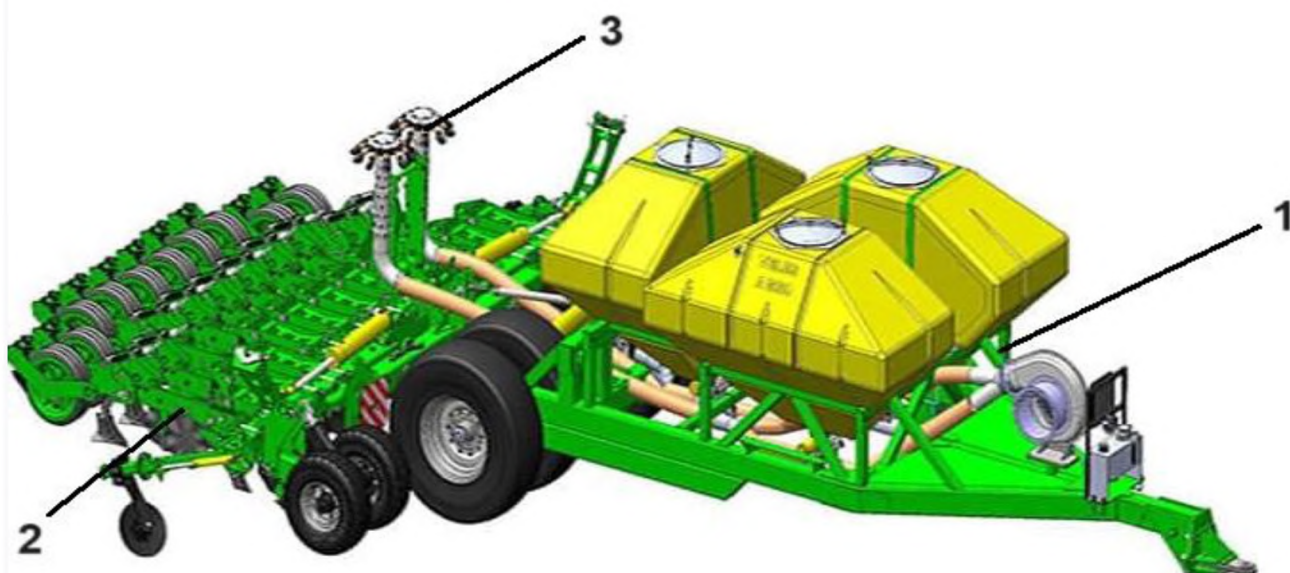


Рисунок 1.6 Комп'ютерна модель посівної системи STS Magia [5]: 1 – бункерна система («носій»); 2 – робочі секції; 3 – пневматична система

Виконання обробітку смуг ґрунту шириною 20 см та на глибину 15 см забезпечують робочі секції даної сівалки (рис.1.7). Окрім цього дані секції забезпечують і основну функцію сівалки - посів насіння та внесення мінеральних добрив. Посів насіння зернових культур здійснюється у смугу із 2 рядків між якими віддаль у 12 см, а віддаль між крайніми рядками у кожній смузі 28 см. Тобто отримуємо схему смуги 12-28-12 см. На перший погляд таке розташування рядків суперечить наведеній у попередньому пункті вимозі про максимальну рівномірність розподілу насіння сільськогосподарських культур за площею живлення. Проте, у даному випадку, як стверджує виробник, спрацьовує ефект так званого «крайнього рядка». Тобто рядка що розташований на краєві поля чи ділянки та отримує максимум сонячного освітлення, поживних елементів та площі для розвитку. У той же час міжряддя завширшки 28 см є не обробленим із збереженням на його поверхні поживними рештками. Завдяки цьому тут накопичується волога та відбувається інтенсивна життєдіяльність мікроорганізмів (рис. 1.8).

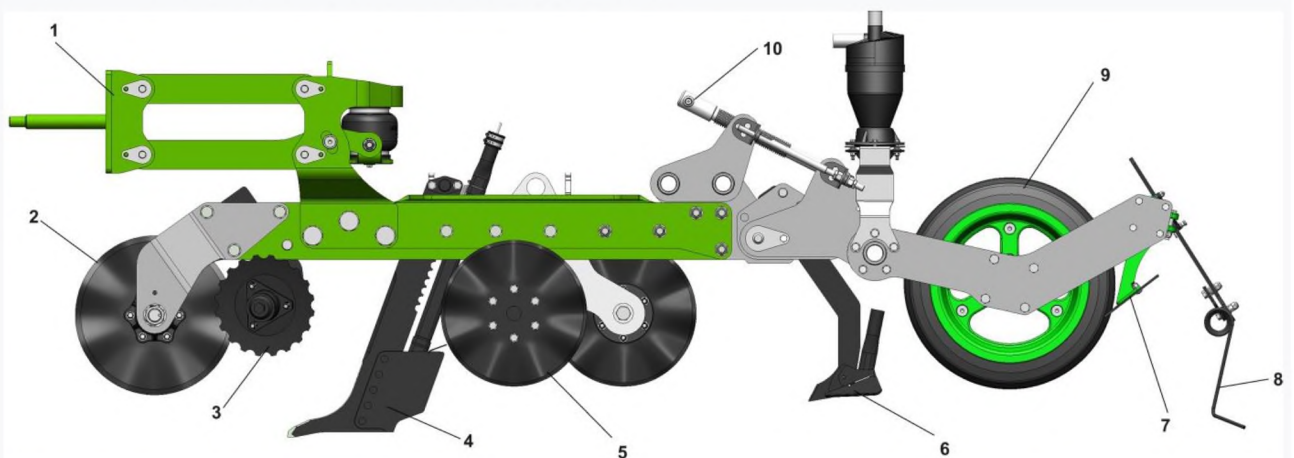


Рисунок 1.7 Робоча секція [5]: 1 – паралелограмний механізм з'єднання; 2 – прорізний диск; 3 – очисний диск; 4 – сошник мінеральних добрив; 5 – розпушуючі турбодиски; 6 – сошник насіння, 7 – читсик; 8 – загортач; 9 – прикочуюче колесо; 10 – гвинтовий механізм регулювання глибини ходу сошника

Можливість максимального копіювання мікрорельєфу поля для кожної секції робочих органів посівної системи STS Magia забезпечує

паралелограмний механізм 1 її кріплення до балки рами. Для зменшення опору від рслинних решток та недопущення їх зависання на сошниках першим робочим органом секції є прорізний диск 2. Далі відбувається очищення смуги що обробляється, від рослинних решток двома очисними дисками 3. Сошник мінеральних добрив, аналогічно до сошника сівалки ALCOR 7,5, не лише вносить мінеральні добрива, а ще й здійснює обробіток ґрунту на глибину до 15 см. Із боків смуга обробляють двома вертикальними турбодисками 5. Сошник для висіву насіння 6 має форму подібну до універсальної стрільчатої лапи, що забезпечує можливість формування рівного горизонтального ложа для вкладання насіння. Для забезпечення формування двох рядків насінні лапа має внутрішню порожнину та два задніх вихідних отвори із патрубками. Через ці патрубки і надходять підведені пневматичною системою потоки повітря із насінням. Для забезпечення вказаної раніше системи посіву віддаль між осями цих патрубків складає 12 см.

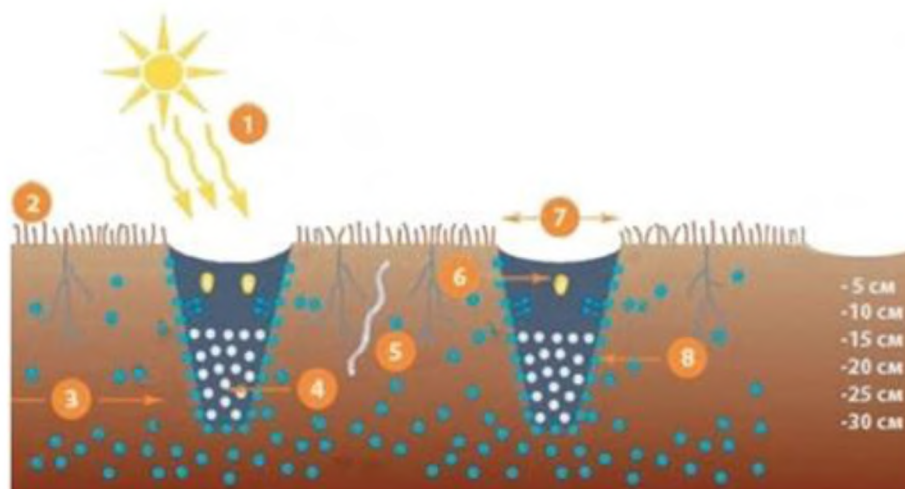


Рисунок 1.8 Технологічна схема обробітку ґрунту та посіву зернових та зернобобових культур за смугової технології: 1 – сонячні промені; 2 – рослинні рештки; 3 – смуги ґрунту, що не обробляються, 4 – добрива; 5 – біота ґрунту; 6 – насіння; 7 оброблена смуга ґрунту; 8 - волога

Прикочуюче колесу 9 окрім функції ущільнення ґрунту над рядком забезпечує можливість регулювання механізмом 10 та дотримання встановленої глибини посіву. Загортач 8 забезпечує остаточне вирівнювання поверхні

обробленої та засіяної смуги. Чистик 7 призначений для очищення прикочуючого колеса 9 від налиплого ґрунту.

Зважаючи на значні габарити описаної конструкції STS Magia виробник пропонує варіант із навісним двосекційним бункером. Такий бункер навішується на передню навіску трактора і носій із власними опорними колесами відсутній (рис. 1.9).



Рисунок 1.9 Фото сівалки STS Magia із двосекційним бункером навішеним на передню навіску трактора [5]

Одним із світових лідерів з виробництва сівалок, у тому числі і для зернобобових культур, є фірма AMAZONE. До новинок посівних комплексів для зернобобових культур належить причіпна машина KONDOR (рис. 1.10).

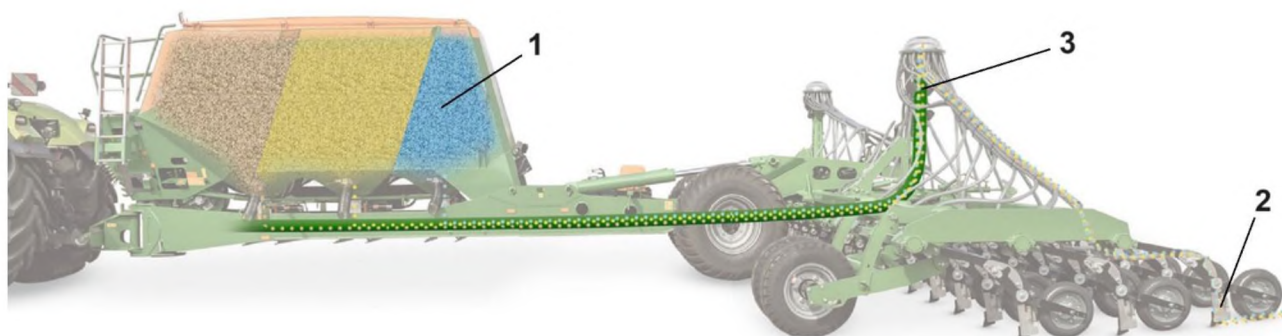


Рисунок 1.10 Схема сівалки KONDOR фірми AMAZONE [6]: 1 – бункерна система; 2 – сошниковая система; 3 – пневматична система

Трисекційний бункер сівалка KONDOR призначений для реалізації посіву сільськогосподарських культур за наведеними на рис. 1.14 схемами.

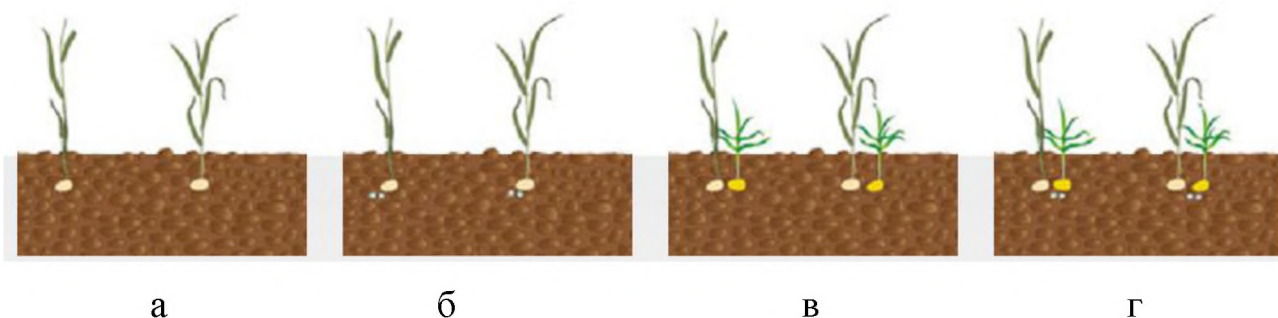


Рисунок 1.11 Варіанти використання технологічних можливостей сівалки KONDOR [6]: а – лише посів насіння; б – посів насіння та мінеральних добрив у одному горизонті; в – висів двох видів насіння у одному горизонті; г – висів двох видів насіння та мінеральних добрив в одному горизонті.

Особливості будови сошникової системи забезпечує можливість посіву насіння із міжряддям 25 см або 31,3/33,3 см. Коли є значний дефіцит вологи у ґрунті рекомендованим є висів із шириною міжряддя у 31,3/33,3 см. Також особливістю посівної системи є сошники, які дозволяють здійснювати посів за мінімального обробітку ґрунту за збережених рослинних рештках на його поверхні (рис. 1.12). Такий підхід забезпечує висівання насіння у вологий шар ґрунту та його вкривання захисним шаром пожнивних решток

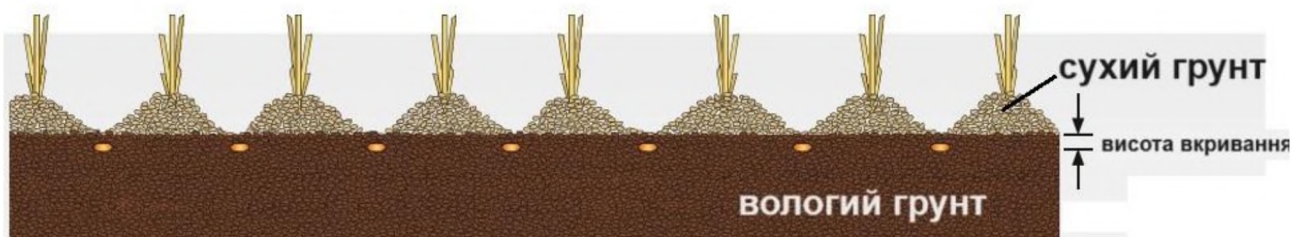


Рисунок 1.12 Схема розташування насіння у вологому ґрунті завдяки конструкції посівних секцій сівалки KONDOR [6]

Такий результат забезпечує посівна секція обладнана анкерний сошником 1 (рис.1.13) та прикочуючим колесом 2. Транспортування насіння та

мінеральних добрив від бункерної системи 1 (див. рис. 1.10) здійснюється повітряним потоком через насіннепровід 3 (рис. 1.13). Для зменшення впливу кінетичної енергії повітряного потоку на розкид особливо дрібного насіння у борозні передбачено клапан скидання тиску повітря 4. Індивідуальне регулювання глибини висіву кожної секції здійснюється зміною положення прикочуючого колеса 2 шляхом переміщення зубчастого сектору регулювального механізму 5.

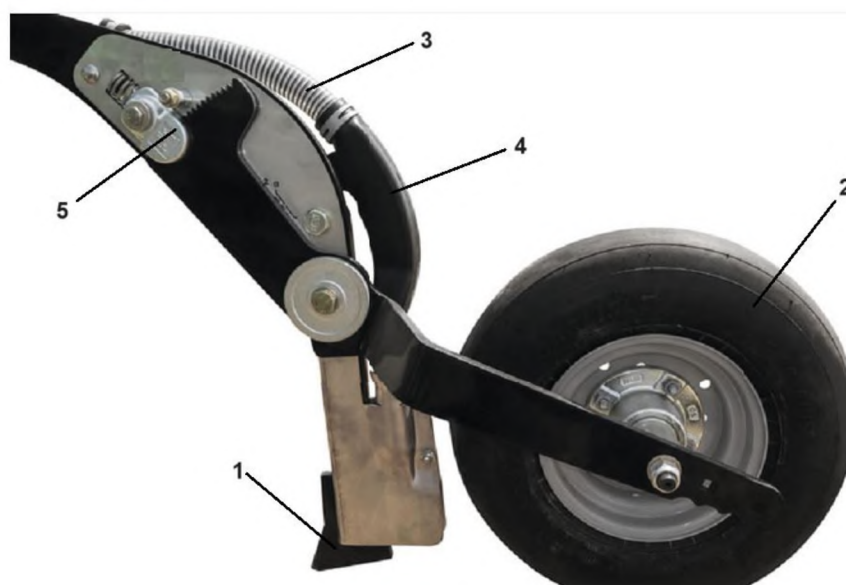


Рисунок 1.13 Загальний вигляд посівної секції сівалки KONDOR [6]: 1 – сошник, 2 прикочуюче колесо; 3 – насіннепровід; 4 – клапан скидання тиску повітря; 5 – механізм регулювання глибини висіву

Проведений аналіз конструкцій та технологічних рішень для сівби зернобобових культур вказує на перехід до ґрунтозберігаючих, екстенсивних технологій. Такими інноваційними технологічними рішеннями є:

- збільшення ширини міжряддя посіву до 25 чи 33,3 см у сівалці KONDOR фірми AMAZONE або використання смугового посіву за схемою 12-28-12 см у сівалці STS Magia фірма «Велес-агро» для ощадливого використання наявних запасів вологи;

- відхід від понять рівномірної площі живлення взамін використання ефекту «крайнього рядка»;

- здійснення посіву за максимального збереження стерні попередника шляхом вертикального або смугового обробітку ґрунту.

Заслуговують на увагу такі конструктивні рішення, як використання анкерних сошників, котрі за забезпечують високу якість посіву за вказаної ширини міжрядь та способів обробітку ґрунту. А завдяки використанню сошників у формі стрільчатої лапи створює умови для смугового посіву зернобобових культур.

1.3. Огляд сучасних досліджень науковців у галузі посіву зернових та зернобобових культур

Значний внесок у дослідження та розробку нових конструкцій сівалок для зернових та зернобобових культур вніс доцент кафедри аграрної інженерії імені професор Г.А. Хайліса Шведик М.С. Так ним на онові проведеного аналізу робочого процесу сошникових систем сівалок запропоновано використовувати для роботи по щойно виораному полю оригінальну ґрунтообробно-посівну секцію (рис1.14) [7].

Розроблена автором конструкція дозволяє стабілізувати водно-повітряний режим у свіжообробленому ґрунті завдяки дії кільчатих котків, що забезпечить якісні сходи насіння. Аналітичні дослідження заглиблення кільчастих котків у ґрунт від вертикального навантаження забезпечила отримання залежності для розрахунку такого навантаження.

Застосування методів аналізу та синтезу дало можливість отримати структурно-технологічну схему гравітаційного подільника насінневого потоку, яка дозволяє розділити потік насінневого матеріалу на чотири складові. Теоретично обґрунтовано максимальний допустимий кута від вертикалі такого подільника з точки зору забезпечення рівномірності поділу основного насінневого потоку на підпотоки. Встановлено, що граничне значення цього кута - 28° [7].

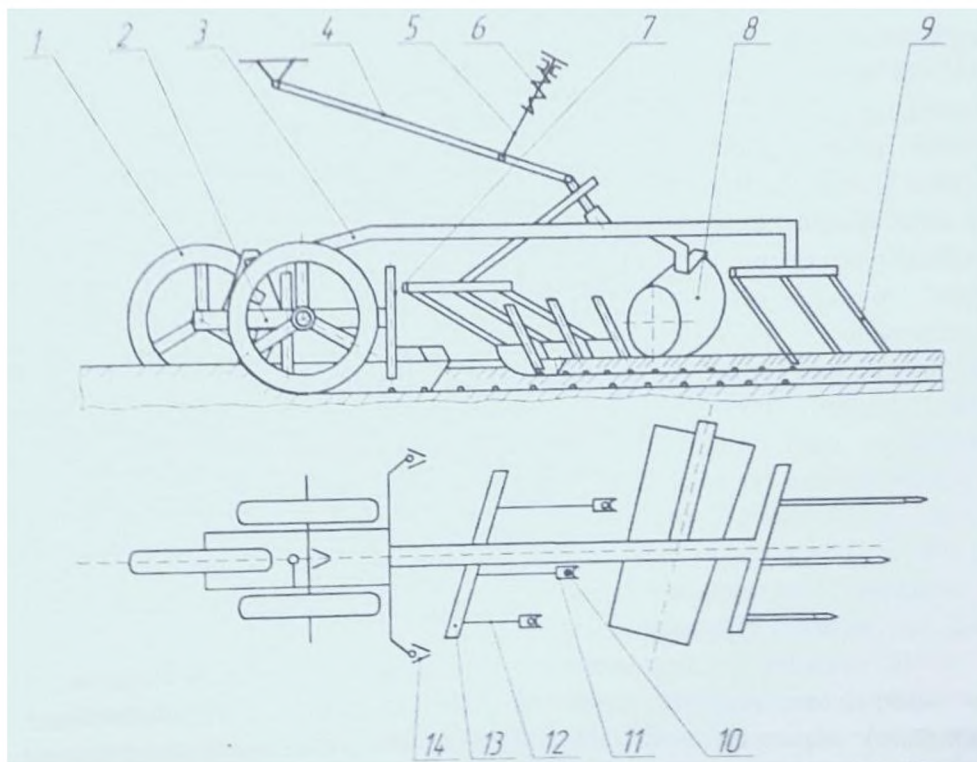


Рисунок 1.14 Схема ґрунтообробно-посівної конструкції М.С. Шведика [7]: 1 – кільчатий коток; 2 – рамка; 3 – штаба; 4 – повідець; 5 - натискна штанга; 6 – пружина; 7 – тукопровід; 8 – конічний коток; 9 – зубовий загортач; 10 – насіннепровід; 11 – кілевидний сошник; 12 – повідець; 13 – траверса; 14 – загортач

Значну увагу дослідженням підготовки насінневого ложа для ярих зернових та зернобобових культур надають у Швеції. Це підтверджує огляд досліджень даного питання, що наведений у праці [8]. Підсумовуючи дослідники рекомендують на глинистих ґрунтах мілке посівне ложе, адже така особливість збільшила як кількість рослин, так і врожайність на 5% порівняно з глибоким посівним ложем. Також доведено, що на коткування після посіву покращує кінцеві сходи зернових на 4 % і врожайність зерна на 2 %. У той же час надранні терміни посіву у вологий ґрунта без будь-якої попередньої підготовки посівного ложа забезпечив приріст врожайності близько 20% на піщаних ґрунтах, а також такі терміни є вигідним навіть на глинистих ґрунтах.

У праці [10] наведено дослідження ротаційного сошника сівалки, що призначена для посів рису по фоні із нульовим обробітком. Польові

дослідження описаної сівалки за умов нульового обробку ґрунту, вищий ККД, а отже і нижчу витрата палива у порівнянні із контролем. Одним із факторів, що вплинув був нижчий коефіцієнт ковзання коліс. У описаному дослідженні зазначається, що була отримана вища врожайності рису за посіву по нульовому обробітку у порівнянні з комбінованою ґрунтообробкою та посівною технікою, яка перевірялась в дослідженні як контрольна.

Вплив швидкості руху на рівномірність загортання насіння однодисковим сошником сівалки досліджено у праці [9]. У дослідженні наведено результати польового експерименту де вимірювалась глибина вкладання насіння окремими сошниками. Робота сівалки досліджувалась на трьох різних робочих швидкостях. Перед дослідом встановлювалась глибина посіву у 30 мм. За результатами дослідження встановлено, що середня глибина ходу сошника зменшувалась у випадку збільшенням швидкості сівалки. Так для швидкості 4 км/год. Реальна глибина складала –22,1 мм, а за швидкості 12 км/год. Уже 19,0 мм. Порівнюючи ці значення із регульованим на початку експерименту дослідники вказують на значний блоковий ефект від опору ґрунту. Також, було виявлені значні коливання глибини між окремими із одинадцяти досліджуваних сошників. Так коливання глибини були у діапазоні від 14,2 до 25,9 мм. Авторами підтверджено вплив рушія трактора на роботу сошника адже найменша глибина у 14,2 мм була у сошника, що рухався колією трактора.

1.4. Постановка проблеми, мета та завдання дослідження

Постановка проблеми. Сучасна ситуація на аграрному ринку та вплив військового стану змушує виробників шукати культури, які здатні забезпечити прибуток за викликів теперішнього часу. Особливо важливими стали витрати на логістику для експортно орієнтованих культур. «Братня» підтримка фермерів Польщі змушує шукати інші логістичні ланцюги та ринки збути. Тому виробництво горох за органічними технологіями слід вважати одним із перспективних напрямів за умов, що склалися. Адже наведений раніше перелік

країн споживачів вітчизняного гороху дозволяє доставити їм продукцію без використання польської логістики. Зважаючи на його біологічні особливості, цінність як джерела білкового живлення, та значення саме як експортної культури. Таке рішення може бути ефективним до впровадження для господарств із невеликими розмірами земельного банку.

Аналіз технології вирощування гороху показує, що у теперішніх умовах практично не реалізуються агротехнічні заходи боротьби із бур'янами, які є доволі ефективним для даної культури. Під час планування комплексу механізованих робіт з вирощування гороху треба враховувати, що він має короткий вегетаційний період і підвищені вимоги до вологості. Тому висівати його слід на родючих структурних ґрунтах і після попередників які не виснажують ґрунт за запасами вологості.

У той же час проаналізовані технологічні рішення провідних вітчизняних та світових виробників для посіву зернових та зернобобових культур засвідчує тенденцію переходу до ґрунтозберігаючих, екстенсивних технологій у рослинництві. Одним із проявів такого підходу є посів зернових та зернобобових культур із міжряддя у 25 чи 33,3 см, а також використання смугового посіву.

Наведені висновки створюють передумови до удосконалення та пропагування органічної технології вирощування гороху, яка передбачає запровадження науково обґрунтованого чергування культур у сівозміні, застосування поживних посівів та соломи для удобрення, здійснення смугового посіву із наступним міжрядним обробітком для знищення бур'янів.

Метою даного дослідження є обґрунтування схеми машини, яка забезпечує посів зернобобових культур загалом та гороху зокрема за смуговою технологією, і встановлення закономірностей впливу схеми розташування рядків у смузі на показники врожайності культури. Об'єкт досліджень – технологічний процес посіву зернобобових культур за смуговою технологією. Предмет досліджень – залежність кількісних та якісних показників врожайності гороху від схеми розташування рядків під час посіву.

Поставлена мета буде досягнута шляхом виконання таких завдань досліджень:

4. Обґрунтувати схему машини для посіву гороху за смуговою технологією.

5. Теоретично обґрунтувати параметри сівалки для посіву зернобобових культур за смуговою технологією.

6. Розробити методику та провести дослідження впливу схеми розташування рядків гороху за смугового його посіву на кількість та якість зібраного врожаю.

РОЗДІЛ 2

ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ

2.1. Опис запропонованої конструкції машини для стрічкового посіву зернобобових культур

Машина, що розробляється, призначена для стрічкового посіву зернобобових культур за схемою 8-37-8 см. Тобто вона забезпечуватиме висів стрічки з двох рядків між якими міжряддя складає 80 мм, а віддаль між крайніми рядками сусідніх стрічок складає 37 см. У такому випадку відстань між осями двох сусідніх стрічок складатиме 45 см (рис. 2.1).

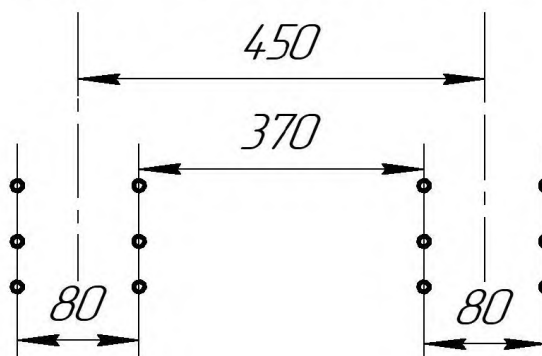


Рисунок 2.1 Схема розташування рядків за запропонованого стрічкового способу посіву зернобобових культур

За базову машину для модернізації оберемо рядкову сівалку Astra 4 ПАТ «Elvorti». За базової комплектації сівалка має 26-ть висіваючих апарати завдяки чому забезпечує посів зернових та зернобобових культур рядковим способом із міжряддям 15 см. У процесі модернізації передбачається встановлення на сівалку розробленої нами секції для стрічкового посіву. Для збереження ширини захвату машини будемо встановлювати 9 посівних секцій, що забезпечить нову ширину захвату у 4,05 м. За таких умов у сівалки буде працювати лише 9 висіваючих апаратів на відміну від базової сівалки (рис. 2.2).

У випадку модернізації уже виготовленої сівалки ці висіваючі апарати можуть бути відключені шляхом перекривання заслінки або демонтовані, а на їх місце встановлені заглушки.

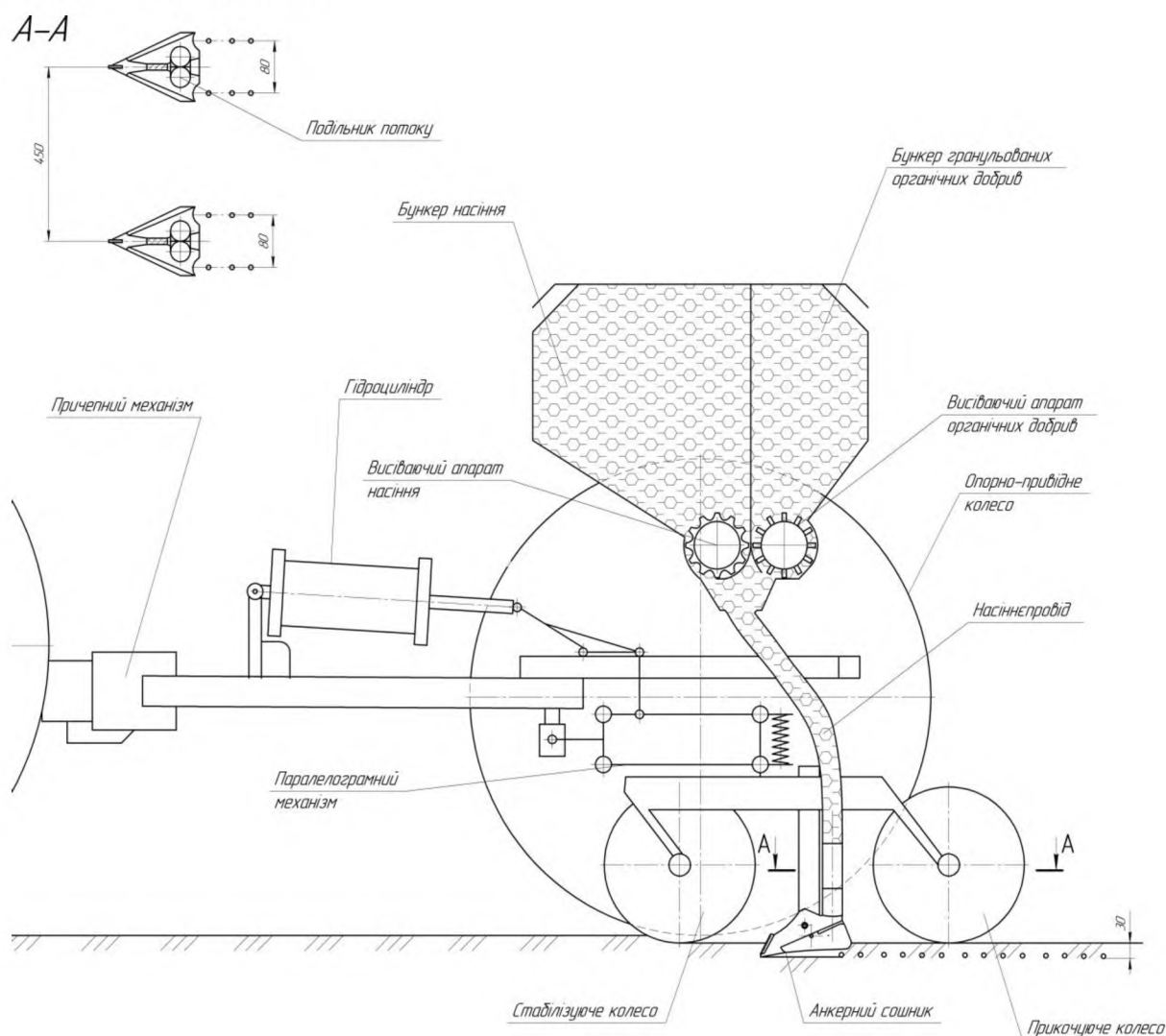


Рисунок 2.2 Схема модернізованої сівалки стрічкового посіву із розробленою посівною секцією

Для транспортування насіння до секції відбувається під дією сил гравітації штатним насіннепроводом. У посівній секції насіння потрапляє спочатку у подільник потоків, який формує два потоки технологічного матеріалу. Кожен із потоків далі потрапляє у свою порожнину анкерного сошника із наступним вкладанням на дно борозни. Віддаль між осями вихідних отворів сошника складає 8 см, що і забезпечує описану вище схему посіву. Транспортування насіння до сошника та борозенки під діє сил гравітації унеможлиблює його

хаотичний рух у порожнині сошника, як ще має місце у випадку транспортування повітряним потоком.

Завдяки обладнанню посівної секції двома опорними колесами, які зв'язані між собою поздовжньою рамкою, має місце стабільне розташування посівної секції відносно поверхні ґрунту. Також кожна секція має пристосування для регулювання глибини ходу у ґрунті анкерного сошника. Секція шарнірно кріпиться до рами сівалки через змонтований у її передній частині паралелограмний механізм. Підіймання та опускання секції відбувається завдяки тязі приєднаної до верхнього важеля паралелограмного механізму. Для регулювання ступеня довантаження, та відповідно тиску на ґрунт, кожної індивідуальної посівної секції передбачено механізм із циліндричною пружиною стиснення.

Встановлення двох опорних коліс окрім стабілізації положення посівної секції забезпечують ущільнює та подрібнює грантові агрегати чим забезпечує стабілізацію водно-повітряного режиму поверхневого шару ґрунту (переднє колесо) та загортання борозенки і ущільнення ґрунту над смугами насіння (заднє колесо), завдяки чому створюються умови для швидкого проростання насіння.

2.2. Розрахунок конструктивних параметрів коліс посівної секції

Основними конструктивними параметрами коліс посівної секції є радіус та ширина ободу. Мінімальний необхідний діаметр опорних коліс отримаємо з умови їх плоского руху з формуванням сліду (колії) певної глибини. Для цього здійснимо аналіз схеми зображеної на рис.2.3.

Для адекватного виконання функцій опорними колесами, за мінімального їх ковзання відносно опорної поверхні, що забезпечить зменшення енергетичних затрат на їх перекочування, вони повинні неперервно защемлювати та підминати під обід шар ґрунту висотою h . Для цього повинна виконуватись умова

$$F_1 + F_2 \cdot \cos \alpha > N_2, \quad (2.1)$$

де F_1 і F_2 - сила тертя, що виникають через взаємодію колеса із горизонтальною та фронтальною частиною ґрунту утвореної колії, Н.

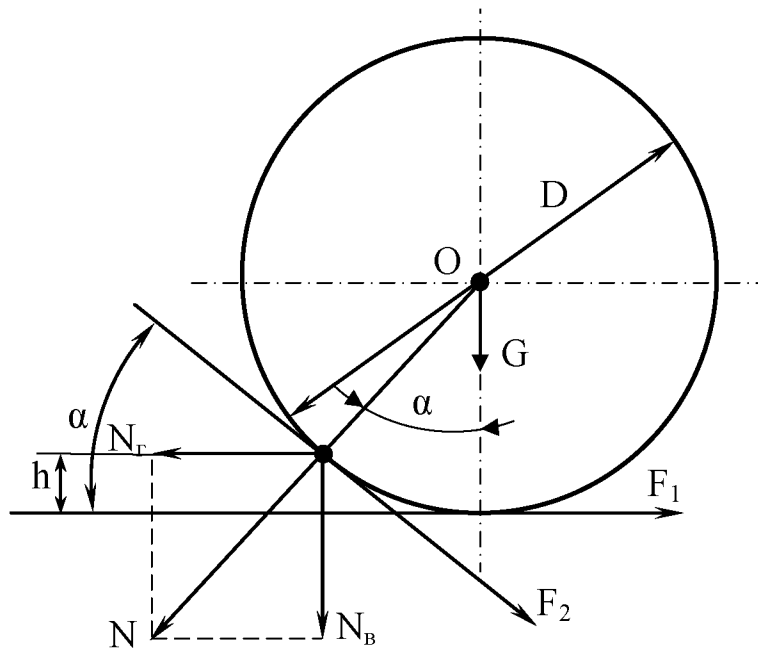


Рисунок 2.3 Схема взаємодії опорного колеса із ґрунтом та утворення колії глибиною h

На основі рис. 2.3 та відомих залежностей для сили тертя

$$N_2 = N \sin \alpha, \quad F_2 = N \operatorname{tg} \varphi, \quad F_1 = G \operatorname{tg} \varphi.$$

де α - половина кута, що відповідає дузі охоплення колеса ґрунтом;

φ - кут тертя між ободом колеса та ґрунтом,

Спроектувавши сили на вертикальну вісь із рис. 2.3

$$G = N_g + F_2 \sin \alpha = N \cos \alpha + N \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha.$$

Та підставивши у (2.1) значення G маємо

$$(N \cos \alpha + N \operatorname{tg} \varphi \sin \alpha) \cdot \operatorname{tg} \varphi + N \operatorname{tg} \varphi \cdot \cos \alpha > N \sin \alpha.$$

Або

$$2 \operatorname{tg} \varphi > \operatorname{tg} \alpha (1 - \operatorname{tg}^2 \varphi).$$

$$\frac{2 \operatorname{tg} \varphi}{1 - \operatorname{tg}^2 \varphi} > \operatorname{tg} \alpha. \quad (2.2)$$

Застосувавши відому тригонометричну залежність отримаємо

$$\operatorname{tg} \alpha < \operatorname{tg}(2\varphi). \quad (2.3)$$

Оскільки

$$\cos \alpha = \frac{r-h}{r} = \frac{D-2h}{D} = 1 - \frac{2h}{D},$$

а

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\sqrt{1 - \cos^2 \alpha}}{\cos \alpha} = \frac{2\sqrt{hD - h^2}}{D - 2h}$$

Тому

$$\operatorname{tg}(2\varphi) \geq \frac{2\sqrt{hD - h^2}}{D - 2h}. \quad (2.3)$$

На основі розв'язку нерівності (2.3) отримаємо значення граничне (мінімальне) значення діаметру колеса

$$D^2 \operatorname{tg}^2(2\varphi) - D(4h \operatorname{tg}^2(2\varphi) + 4h) + 4h^2 \operatorname{tg}^2(2\varphi) + 4h^2 = 0$$

Для проектного розрахунку візьмемо $\varphi = 30^\circ$. Тоді

$$3 \cdot D^2 - 16h \cdot D + 16h^2 = 0.$$

Дискримінант квадратного рівняння буде

$$D = (16 \cdot h)^2 - 12 \cdot 16 \cdot h^2 = 64 \cdot h^2;$$

Звідки

$$D = \frac{16 \cdot h \pm \sqrt{64 \cdot h^2}}{2 \cdot 3} = \frac{16 \cdot h \pm 8 \cdot h}{6}$$

Використавши корінь, який більше значення, отримаємо

$$D = 4 \cdot h.$$

Зважаючи на екстремальність роботи в умовах щойно розпушеного поля візьмемо для розрахунків $h = 0,06$ м за якого діаметр колеса складатиме $D = 0,24$ м.

Ширину обода колеса визначимо із відомої залежності для розрахунку глибини колії, що утворює колесо [14]

$$h = \frac{1.3 \cdot G^{2/3}}{b^{2/3} \cdot q^{2/3} D^{1/3}}, \quad (2.4)$$

де h - глибина колії, що формує колесо, м;

G - частка ваги посівної секції та зусилля довантаження від пружини котра припадає на одне колесо, Н;

b - ширина обода колеса, м;

q - коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, Н/м³

З метою обґрунтування ширини обода проведемо теоретичне дослідження даного параметру, за умов що вага посівної секції та зусилля довантаження розподілене рівномірно між двома колесами. Для довантаження секції обираємо діапазон зміни ступеня стиску пружини у межах 600-1800 Н. Коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, який залежить від механічного складу та його вологості і згідно літературних джерел знаходиться у межах $(1...3) \cdot 10^6$ Н/м³. Взявши за основу наведені значення змінних факторів було проведено теоретичні розрахунки та побудовано графічні залежності за формулою (2.4) з урахуванням зміни ширини обода у межах 0,10-0,20 м. Результати таких досліджень наведено на рис. 2.4

Аналіз отриманих поверхонь показує, що за ширини обода колеса **0,1 м** спостерігається зростання глибини колії понад допустиме значення у 0.04 м (обмеження наведено на рис. 2.4 площиною 4). У той же час таке зростання відбувається за максимального стикання пружини посівної секції та її роботи на пухкому ґрунті за коефіцієнта об'ємного зминання менше $1,25 \cdot 10^6$ Н/м³. Зважаючи на викладене можна рекомендувати опорні колеса із шириною обода **0,01 м** для обраних умов роботи посівної секції за відповідного регулювання довантаження циліндричною пружиною.

Таким чином до складу посівної секції будуть входити колеса діаметром $D = 0,24$ м та шириною обода $b = 0,10$ м.

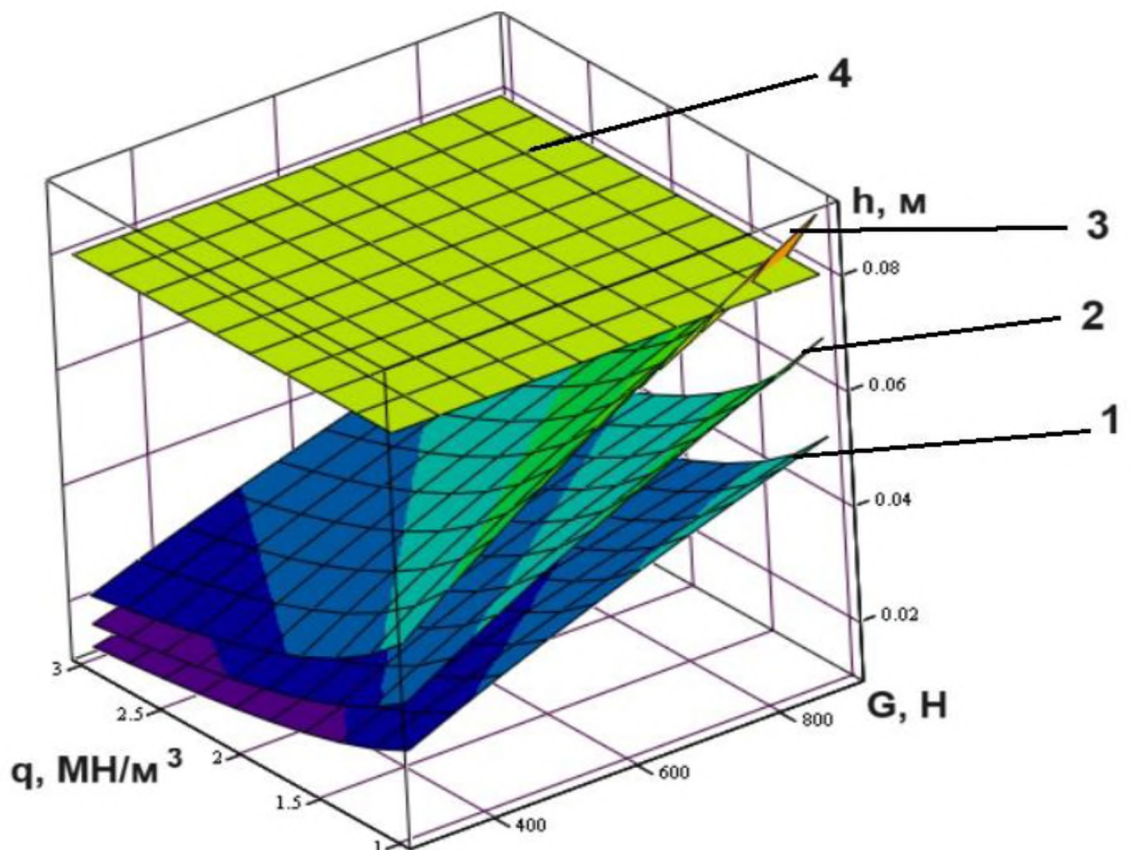


Рисунок 2.4 Графіки глибини колії опорного колеса побудовані за формулою (2.4) за змінної ваги посівної секції G , об'ємного змінання ґрунту q за ширини його ободу: 1 - $b=0,20$ м; 2 - $b=0,15$ м; 3 - $b=0,10$ м

2.3. Обґрунтування конструктивних параметрів циліндричної пружини довантаження посівних секцій

Аналіз конструкцій існуючих посівних секцій показав, що для забезпечення руху сошника сівалки у ґрунті за різних показників його твердості та механічного складу необхідним є її довантаження. Таке довантаження здійснюється за допомогою пружинного механізму, гідравлічних амортизаторів або вантажів. Для нашого випадку посівної секції обрано циліндричну пружину. Для встановлення необхідного зусилля, яке має створювати пружина, розглянемо розрахункову схему наведену на рис. 2.5.

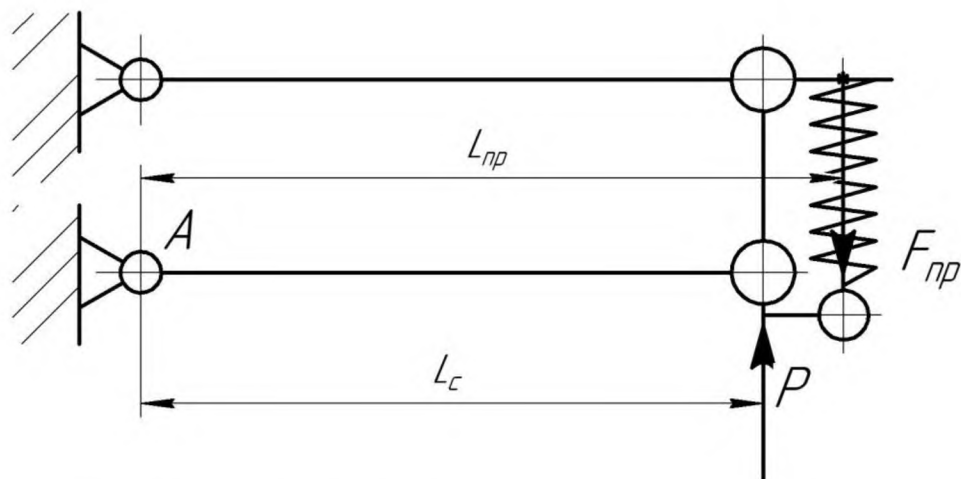


Рисунок 2.5 Схема до розрахунку зусилля, яке має створювати пружина довантаження посівної секції

На рис. 2.5 наведено паралелограмний важільний механізм, який кріпиться до рами сівалки, а до нього у свою чергу рамка із опорними колесами та сошником. Нижній важіль механізму сприймає навантаження P від реакції секції на заглиблення сошника у ґрунт. Пружина, яка створює довантажуюче зусилля, верхнім кінцем опирається один важіль паралелограмного механізму, а нижнім - на рамку посівної секції.

Умова рівноваги даного важільного механізму у моментах прикладених сил відносно точки A має вигляд

$$\sum M_A = F_{пр} \cdot l_{пр} - P \cdot l_c = 0. \quad (2.5)$$

За умовою (2.5) отримаємо

$$F_{пр} = P \frac{l_c}{l_{пр}}. \quad (2.6)$$

Для проектного розрахунку приймемо, що вага посівної секції складає 400 Н. У такому випадку мінімальне зусилля довантаження, за обраного раніше зусилля притискання посівної у **600-1800 Н**, складатиме $P_{min} = 200$ Н. А максимальне - $P_{max} = 1400$ Н. Також згідно аналізу конструкції паралелограмних механізмів існуючих посівних секцій та ескізного компонування приймемо $l_c = 0,4$ м, а $l_{пр} = 0,5$ м.

У такому випадку зусилля яке повинна розвивати довантажувальна пружина буде знаходитись у діапазоні:

$$\text{- мінімальне } F_{np} = 200 \frac{0,4}{0,5} = 160 \text{ Н};$$

$$\text{- максимальне } F_{np} = 1400 \frac{0,4}{0,5} = 1120 \text{ Н}.$$

На основі отриманого діапазону розрахуємо основні параметри циліндричної пружини. Для цього за довідковою літературою визначаємо, що у випадку циклічного навантаження і видом пружини – пружина стиску маємо проектувати пружину II класу. Для таких пружин межа витривалості складає $N_F = 1 \cdot 10^5$.

Розрахуємо зусилля максимально здеформованої пружини

$$F_{max} = \frac{F_2}{1 - 0,05} \dots \frac{F_2}{1 - 0,25}, \quad (2.7)$$

де F_2 - максимальне зусилля стискання пружини, яке для нашого випадку відповідає максимальному значенню F_{np} , Н.

Тому

$$F_{max} = \frac{1120}{1 - 0,05} \dots \frac{1120}{1 - 0,25} = 1179 \dots 1493 \text{ Н}.$$

За довідковими даними стандартизованих розмірів пружин для II класу із 3 розряду обираємо пружину, яка має зусиллям $F_{max} = 1250$ Н. Для неї діаметр дроту $d = 5$ мм, зовнішній діаметр $D_1 = 36$ мм, жорсткістю одного витка $c_1 = 251,4$ Н/мм, та найбільшим прогином одного витка $s'_3 = 6,073$ мм. Для даної пружини розрахункове зсуваюче напруження $\tau_3 = 960$ МПа.

Важлива характеристика пружини - критична швидкість стискання розраховується за формулою

$$v_k = \frac{\tau_3 \left(1 - \frac{F_2}{F_{max}} \right)}{\sqrt{2G\rho \cdot 10^{-3}}}, \quad (2.8)$$

де $G = 7,85 \cdot 10^4$ МПа – модуль зсуву матеріалу пружини (пружинної сталь);

$\rho = 8 \cdot 10^3$ Н·с²/м⁴ - динамічна щільність матеріалу.

Після підстановки маємо

$$v_k = \frac{960 \cdot \left(1 - \frac{1120}{1250}\right)}{\sqrt{2 \cdot 7,85 \cdot 10^4 \cdot 8 \cdot 10^3 \cdot 10^{-3}}} = 2,85 \text{ м/с.}$$

Встановимо жорсткість пружини за формулою

$$c = \frac{F_2 - F_1}{h}, \quad (2.9)$$

де $F_1 = 160$ Н – мінімальне зусилля пружини, яке у нашому випадку рівне мінімальному зусиллю довантаження;

h - конструктивна висота пружини, яку на основі ескізного компонування приймемо рівною **80** мм.

$$c = \frac{1120 - 160}{80} = 12 \text{ Н/мм.}$$

За таких умов кількість робочих витків пружини становитиме

$$n = \frac{c_1}{c} = \frac{251}{12} \approx 21 \text{ виток.}$$

За **21** витка жорсткість складе

$$c = \frac{c_1}{n} = \frac{251}{21} = 11,95 \approx 12 \text{ Н/мм.}$$

Забезпечення опорної поверхні торців пружини забезпечуємо наявністю $n_2 = 1,5$ неробочих витки пружини. Тому остаточна кількість витків пружини становитиме

$$n_1 = n + n_2 = 21 + 1,5 = 22,5 \text{ витки.}$$

Середній діаметр пружини становить

$$D = D_1 - d = 36 - 5 = 31 \text{ мм.}$$

Деформація пружини за мінімального зусилля довантаження складатиме

$$s_1 = \frac{F_1}{c} = \frac{160}{12} = 13,3 \text{ мм.}$$

Максимальна деформація пружини буде за умови максимального зусилля довантаження посівної секції та складатиме

$$s_2 = \frac{F_2}{c} = \frac{1120}{12} = 93,3 \text{ мм.}$$

Максимально можлива деформація пружини буде у випадку максимального довантаження секції

$$s_3 = \frac{F_{max}}{c} = \frac{1250}{12} = 104,2 \text{ мм.}$$

У такому випадку довжина пружини за максимальної можливої деформації складе

$$l_3 = (n_1 + 1 - n_2) \cdot d = (22,5 + 1 - 1,5) \cdot 5 = 110 \text{ мм.}$$

Довжина пружини у вільному стані складатиме

$$l_0 = l_3 + s_3 = 110 + 104,2 = 214,2 \text{ мм.}$$

Монтажна довжина пружини буде за мінімального зусилля стиску і складатиме

$$l_0 = l_0 - s_1 = 214,2 - 13,3 = 200,9 \text{ мм.}$$

Довжина пружини за максимального зусилля довантаження складатиме

$$l_2 = l_0 - s_2 = 214,2 - 93,3 = 120,9 \text{ мм.}$$

Крок пружини у вільному стані складе

$$t = s'_3 + d = 6,073 + 5 = 11,073 \text{ мм.}$$

Напруження, що виникатимуть у дроті пружини за мінімального зусилля довантаження

$$\tau_1 = \frac{F_1}{F_{max}} \cdot \tau_3 = \frac{160}{1250} \cdot 960 = 122,88 \text{ МПа.}$$

За максимального зусилля довантаження посівної секції напруження у дроті пружини складе

$$\tau_1 = \frac{F_2}{F_{max}} \cdot \tau_3 = \frac{1120}{1250} \cdot 960 = 860,16 \text{ МПа.}$$

2.4. Теоретичне дослідження тягового опору посівної секції

Баланс тягового опору розроблюваної посівної секції складемо на основі елементів, які входять до складу даної секції

$$R_c = R_{c.k.} + R_{n.k.} + R_c, \quad (2.10)$$

де $R_{c.k.}$ і $R_{n.k.}$ - опір, що затрачається на перекочування коліс: стабілізуючого та прикочуючого, Н;

R_c - опір, що затрачається на деформацію ґрунту анкерним сошником, Н.

Опір, що затрачається на перекочування коліс встановимо за формулою Грандвуане [14]

$$R_k = \frac{0,86 \cdot G^{4/3}}{b^{1/3} \cdot q^{1/3} D^{2/3}}, \quad (2.11)$$

де складові, які входять до даної формули ті ж що і у формулі (2.4).

Тяговий опір, що затрачається на деформацію ґрунту анкерним сошником встановимо за формулою для тягового опору ґрунтообробного знаряддя

$$R_c = k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2, \quad (2.12)$$

де k - питомий опір на деформацію ґрунту, Па;

a та b - відповідно довжина та ширина переріз ґрунту, що деформується знаряддям, що у розглядуваному випадку відповідає глибині ходу сошника та ширина його захвату, м;

ε - коефіцієнт швидкісного опору знаряддя при його русі у ґрунті, Н·с²/м³;

v - швидкість руху знаряддя, що рівне швидкості руху сівалки, м/с.

Для проектного розрахунку вважатимемо, що обидва колеса спричинюють однаковий опір, а оскільки і їх конструктивні параметри однакові то розраховуємо опір коліс, як подвоєний доданок. Величину G прийматимемо такою як наведена у п. 2.2.

Ширину захвату анкерного сошника, яка відповідно для забезпечення ширини смуги у **80 мм** складатиме **100 мм**. У такому випадку формула для розрахунку тягового опору посівної секції матиме вигляд

$$R_c = \frac{17,2 \cdot G^{4/3}}{b^{1/3} \cdot q^{1/3} D^{2/3}} + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2. \quad (2.13)$$

Для теоретичного дослідження зміни тягового опору посівної секції коефіцієнт питомого опору ґрунту прийmemo $k=20$ кПа, а коефіцієнт швидкісного опору $\varepsilon=1,5 \cdot 10^3$ Н·с²/м³. Діапазон глибини посіву насіння, який досліджувався приймали відповідно до значень вказаних у п. 1.1 та може змінюватись залежно від запасів вологи у ґрунту та термінів посіву у межах від **0,04** до **0,10** см. Також швидкості руху посівного агрегату досліджували у межах від 5 до 15 км/год. За результатами розрахунків по формулі (2.13) було побудовано графічні залежності, які наведено на рис. 2.6.

Отримані розрахункові графіки виявили, що максимальний тяговий опір посівної секції дещо перевищує **500 Н** під час руху сівалки зі швидкістю **15 км/год**, максимального довантаження секції та глибини посіву насіння **100 мм**. У випадку обладнання сівалки дев'ятьма такими посівними секціями максимальний сумарний тяговий опір складе **4500 Н**.

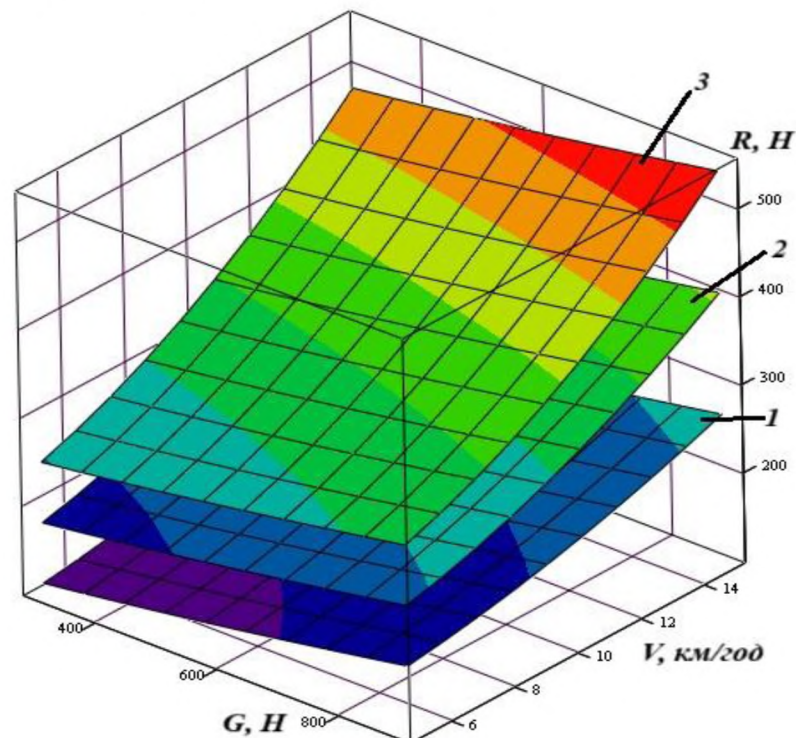


Рисунок 2.6 Графічна залежність тягового опору розроблюваної посівної секції від зусилля довантаження G , робочої швидкості сівалки V за глибини посіву насіння: 1 - $a=40$ мм; 2 - $a=70$ мм; 3 - $a=100$ мм

А у випадку посіву на глибину $a=40$ мм за робочої швидкості сівалки у межах $10...12$ км/год та довантаження посівної секції у 600 Н тяговий опір секції не перевищує 200 Н. Слід мати на увазі, що отримані значення тягового опору відповідають умовам роботи секції по щойно обробленому ґрунту із мінімальним коефіцієнтом об'ємного зминання, що відповідає умовам підвищеного опору на перекочування. На основі викладеного можна зробити висновок, що розроблена посівна секція окрім забезпечення можливості вирощування зернобобових культур за органічними технологіями забезпечує і зниження затрат енергії на процес посіву. Оскільки машина аналог Alfa 4 вимагає роботи трактор із тяговим зусиллям у 14 кН.

2.5 Висновок

Здійснені у даному розділі теоретичні дослідження та обґрунтування раціональних параметрів посівної секції для стрічкового посів гороху дозволили встановити такі конструктивні її параметри:

- діаметр стабілізуючих коліс – $0,24$ м;
- ширина ободу стабілізуючих коліс – $0,12$ м;
- мінімальне зусилля стиску пружини довантаження секції – 160 Н;
- максимальне зусилля стиску пружини довантаження секції – 1120 Н;
- діаметр дроту витків пружини довантаження секції – $0,05$ мм;
- жорсткість пружини довантаження секції - $251,4$ Н/мм;
- довжина пружини за мінімального зусилля довантаження (монтажна довжина) – $200,9$ мм.

Розрахунок тягового опору посівної секції виявив, що максимальне його значення лише не значно перевищує 500 Н за робочої швидкості руху сівалки у 15 км/год, максимального довантаження секції та глибини зароблення насіння 100 мм. Тому за обладнання сівалки дев'ятьма такими посівними секціями складе сумарний тяговий опір не перевищуватиме 4500 Н. Хоча отримане значення не враховує опір від опорно-привідних коліс сівалки на привід

висіваючи апаратів. А у випадку посіву на глибину $a=40$ мм за робочої швидкості сівалки у межах $10...12$ км/год та довантаження посівної секції у 600 Н тяговий опір секції не перевищує 200 Н. Слід мати на увазі, що отримані значення тягового опору відповідають умовам роботи секції по щойно обробленому ґрунту із мінімальним коефіцієнтом об'ємного зминання, що відповідає умовам підвищеного опору на перекочування. На основі викладеного можна зробити висновок, що розроблена посівна секція окрім забезпечення можливості вирощування зернобобових культур за органічними технологіями забезпечує і зниження затрат енергії на процес посіву. Оскільки машина аналог Alfa 4 вимагає роботи трактор із тяговим зусиллям у 14 кН.

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Проведений літературний огляд за темою роботи показав, що є актуальним дослідження можливості запровадження органічної технології вирощування гороху, яка передбачала механічну боротьбу із бур'янами завдяки стрічковому його посіву. Такий метод можна реалізувати за наявності посівної секції, що може висівати насіння гороху стрічкою у 2 або 3 рядки із вузьким міжряддям.

Для дослідження впливу схеми розміщення рядків у смузі на кількісні та якісні показники врожайності гороху було проведено польові дослідження в умовах ґрунтової ділянки агрополігону кафедри аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Хайліса ЛНТУ. З метою реалізації такого дослідження була розроблена програма, яка містила такі роботи:

- а) висів гороху за схемою 7-7-31-7-7 см та 8-37-8 см.
- б) знищення бур'янів шляхом міжрядного обробітку;
- в) збирання врожаю із визначенням врожайності та маси 1000 насінин за варіантами досліду .

З метою реалізації в умовах дослідної ділянки наведеної вище програми досліджень було сформовано до вирішення такі завдання:

- на основі використання ручної однорядної сівалки розробити методику посіву гороху за схемою 8-37-8см та 7-7-31-7-7 см;
- розробити методику визначення врожайності гороху для схем посіву, що досліджувались;
- розробити методику визначення маси 1000 насінин зібраного врожаю за досліджуваних схем посіву гороху;
- провести налаштування культиватор КУ-1,6 на обробіток міжрядь гороху та здійснити такий обробіток.

3.2. Опис лабораторного обладнання, що використовувалось під час проведення дослідів

Для реалізації процесу посіву гороху за розробленою схемою стрічок було використано ручну однорядну сівалку наведену рис. 3.1.

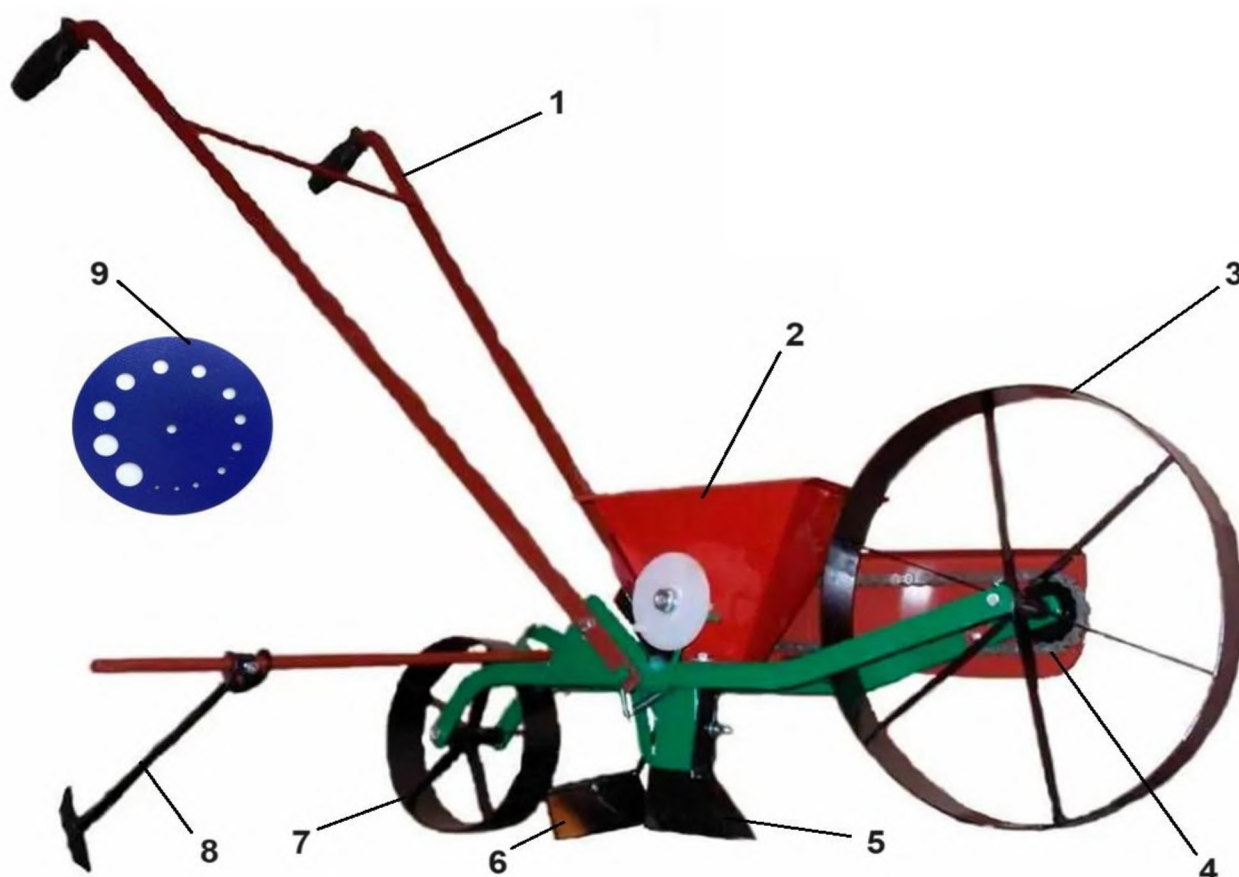


Рисунок 3.1 Фото ручної сівалки: 1 – рукоятки; 2 – бункер з висіваючим апаратом; 3 – опорно-привідне колесо; 4 – привідний ланцюг; 5 – сошник; 6 – загортач; 7 – ущільнюоче колесо; 8 – маркер; 9 – диск висівний

Завдяки широкій універсальності дана сівалка використовується для посіву широкого спектру насіння сільськогосподарських культур на присадибних ділянках за різних норм висіву. Вказане забезпечується використанням висівних дисків із різним діаметром отворів 9. Переміщення сівалки полем здійснюється зусиллям людини, яке прикладається через ручки 1. У бункері 2 змонтована дозуюча котушка, привід якої здійснюється від опорно-привідного

колеса 3 через ланцюгову передачу 4. Насіння вкладається у сформовану сошником 5 борозенку, а її загортання загортачем 6. Для зрівноваження сили що діє на сівалку передбачено колесо 7. Дане колесо також забезпечує ущільнення ґрунту над висіяним. Для висіву культур із вибраним міжряддям передбачено маркер 8.

Для реалізації міжрядного обробітку гороху було використано культиватор КУ-1,6 (рис. 3.2). З метою забезпечення міжрядного обробітку послаблювали різьбові кріплення лап до рами та зсували вздовж поперечного бруса таким чином, щоб між їх стійками була віддаль у 45 см.



Рисунок 3.2 Фото культиватора КУ-1,6 у комплектації для суцільного обробітку ґрунту

Під час встановлення врожайності гороху використовували рулетку для визначення площі ділянки (довжина стрічки) та вагу електронна ТВЛ-05 (рис. 3.3, а). Під час встановлення вологості зібраного зерна гороху додатково використовували бюкси (рис 3.3, б), ексікатор (рис 3.3, в) та сушильну шафу (рис 3.3, г).



а



б



в



г

Рисунок 3.3 Лабораторне обладнання для визначення врожайності та вологості зібраного врожаю гороху

3.3. Методика експерименту з дослідження впливу схеми розташування рядків за стрічкового посіву гороху на його врожайність

Польовий дослід реалізовувався на земельній ділянці агрополігону кафедри аграрної інженерії ім. проф. Г.А. Хайліса ЛНТУ. Попередником до

гороху на даній ділянці був ярий ячмінь. Після збирання ячменю у останній декаді липня була висіяна гірчиця. На початку жовтня була проведена оранка восени, якою було зароблено у ґрунті зелену масу гірчиці яка на той момент мала врожайність за зеленою масою у 30 т/га (рис. 3.4, а). Весною, перед посівом гороху, проведено передпосівний обробіток комбінованим знаряддям у складі культиватора із пружинними лапами та котком (3.4, б).



а



б

Рисунок 3.4 Обробіток ґрунту під посів гороху: а – осінній оранка; в – весняний передпосівний

Далі за допомогою підбору отворів висівних дисків 9 ручної сівалки (рис. 3.1) добивались рекомендованої норми висіву на м². Для посіву використовували сорт гороху Стабіль фірми Saatbau Linz. Для налаштування сівалки масу насіння у грамах, яка має висіватись за один оберт опорно-привідного колеса, розраховували за формулою

$$m_1 = \frac{\pi \cdot D \cdot B \cdot Q}{10 \cdot n}, \quad (3.1)$$

де D - діаметр опорно-привідного колеса, м;

B - віддаль між осями смуг насіння, що висівалися, м;

Q - норма висіву насіння у кг/га.

n - кількість рядків що висівалися у смузі.

Норма висіву Q для даної сорту згідно рекомендацій оригінатора насіння складає від **180** до **270 кг/га**. У наших дослідженнях ми здійснювали посів із нормою висіву **180 кг/га** та **200 кг/га**.

Оскільки діаметр опорно-приводного колеса сівалки становить $D = 0,32$ м, а віддаль між осями смуг насіння, що висівалися $B = 0,45$ м то

- для дворядкової смуги

при нормі висіву $Q = 180$ кг / га

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,32 \cdot 0,45 \cdot 180}{20} = 4,1 \text{ гр.}$$

при нормі висіву $Q = 200$ кг / га

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,32 \cdot 0,45 \cdot 200}{20} = 4,5 \text{ гр.}$$

- для трирядкової смуги

при нормі висіву $Q = 180$ кг / га

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,32 \cdot 0,45 \cdot 180}{30} = 2,7 \text{ гр.}$$

при нормі висіву $Q = 200$ кг / га

$$m_1 = \frac{3,14 \cdot 0,32 \cdot 0,45 \cdot 200}{30} = 3,0 \text{ гр.}$$

Для отримання усередненого значення налаштування норми висіву проводили для 30 обертів опорно-привідного колеса.

Далі після налаштування сівалки на норму висіву, шляхом встановлення відповідного отвору диска, натягували шнур по якому і вели опорно-привідне колесо сівалки за схемою 8-37-8 см та двох смуг за схемою 7-7-29-7-7 см (рис. 3.5)

У процесі вегетації було проведено одноразове розпушення міжрядь культиватором КУ-1,6 (рис. 3.6). Після досягнення повної стиглості провели визначення врожайності та маси 1000 насінини, а також вологості зібраного врожаю за описаними нижче методиками.



Рисунок 3.5 Фото посіву рядків стрічок гороху



Рисунок 3.6 Фото посів гороху до (а) та після (б) міжрядного обробітку культиватором КУ-1,6

3.4. Методика визначення врожайності та маси тисячі насінини

Для визначення показників врожайності вирощеного за варіантами посіву гороху за допомогою рулетки відміряли 1 м довжини смуги посіву і відривали

вручну боби на стеблах. Боби поміщали у поліетиленовий кульок та нумерували. Збір бобів здійснювали на кожній із трьох стрічок посіву відповідного варіанту таким чином, що для першої смуги це був один край поля, для іншої смуги – середина поля, а для третьої – інший край поля. Таким чином забезпечували три повторюваності у експерименті.

Після цього зібрані боби доставлялось у лабораторію де здійснювали їх розкривання та відокремлення вручну зерен п (рис.3.8). Потім отримані зразки очищеного насіння зважували на електронній вазі ТВЛ 0,5 описаній у п.3.2 з точністю до 0,01 гр. Та розраховували врожайність у т/га за формулою

$$Q = \frac{10^{-2} \cdot m_z}{B}, \quad (3.3)$$

де m_z - маса очищених зерен гороху зібраних з 1 м смуги посіву, г;

$B = 0,45$ м - віддаль між осями смуг рядків, що збиралися, м;



а



б

Рисунок 3.8 Фото зразка зібраних бобів (а) і виділене з них зерно (б)

Таку методику застосовували для кожного зібраного зразка.

Далі із кожної проби відраховували 1000 насінин та зважували їх на вагах ТВЛ 0,5 з точністю до 0,01 г. Отримана маса приймалась за масу 1000 насінини.

3.5. Методика визначення вологості зерна гороху

Після очищення зібраних зерен гороху відбирали проби для встановлення його вологості.

Брали наважки зерен гороху масою 3-5 г та поміщали в бюкси та важили з точністю до 0,01г. Бюкси попередньо просушували та тарували, відповідно до рекомендацій джерела [15].

Після цього поміщали їх у нагріту сушильну шафу (див рис. 3.3, г). Сушильну шафу нагрівали до 100 ± 5 °С. Таку температуру підтримували на протязі усього періоду експерименту. Після 1 год сушіння бюкси із горохом виймали з шафи та зважували з точністю до 0,01 г. Далі бюкси знову повертали у сушильну шафу. Наступні зважування проводили через 20 хв. Якщо різниця в масі зразка зерна гороху не перевищувала 1 % від початкової маси проби, дослід припиняли. При збільшенні маси наважки для розрахунків приймали її мінімальне значення. Значення заносили у зошит та проводили розрахунок відповідно до рекомендацій з джерела [15].

Вміст вологи розраховували по наступній залежності:

$$W = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m}, \quad (3.4)$$

де W – вологість матеріалу, %;

m – маса наважки зерен гороху до сушіння, г;

m_1 – маса наважки зерен гороху після сушіння, г.

Дослідження проводились одночасно для трьох наважок (матеріал брали з трьох відібраних зон стрічки) і остаточним результатом приймали середньоарифметичне значення цих результатів відповідно до джерела [15].

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати дослідження вологості зібраного врожаю гороху

Дослідження вологості зібраних зерен врожаю гороху проводили з використанням обладнання описаного у п. 3.2 за методикою описаною у п. 3.5. Для отримання досліджуваних зразків змішували усі проби зерна гороху зібраного з усіх рядків після визначення врожайності та маси 1000 насінини. Після цього відбирали із загальної маси проби у 3-5 г та поміщали у алюмінієві бюкси (рис. 4.1).



Рисунок 4.1 Фото відібраних проб зерна гороху

Отримані у результаті експерименту значення маси розрахована вологість наведені у табл. 4.1

Таким чином середнє значення вологості зерна гороху на момент збирання врожаю склала 11,3 %, що є нижчим від допустимого значення під час закладання на зберігання майже на 3%. Таким чином і наведені нижче значення врожайності та маси 1000 насінин відповідають стандартизованим значенням.

Таблиця 4.1. – Результати експериментального дослідження вологості зерна гороху

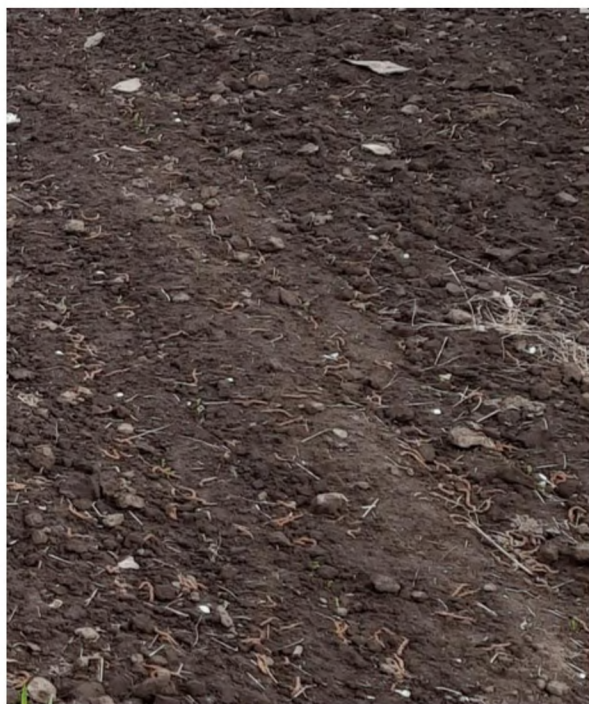
№ бюкса	Маса, г							Вологість, %
	бюкса	бюкса із зерном	бюкса із зерном через			вологого зерна	сухого зерна	
			60 хв.	80 хв.	100 хв			
143	20,06	24,52	24,38	24,02	24,03	4,46	3,97	10,9
209	19,68	24,88	24,39	24,29	24,27	5,2	4,59	11,8
229	19,14	24,11	24,19	24,02	24,02	4,42	4,88	11,1
Середнє значення								11,3

4.2. Результати дослідження врожайності та маси 1000 насінин гороху

У процесі реалізації експерименту з визначення впливу схеми посіву на врожайність та масу 1000 насінин гороху здійснювалось візуальне спостереження за станом посіву у процесі вегетації. Так поява сходів відбулась на 14 день після посіву (25.04). Зважаючи на мінімальну кількість опадів сходи були нерівномірними за обох схем розташування рядків у смугах (рис.4.2, а). У подальшому відбувалась вегетація рослин гороху була активнішою за мінімальної забур'яненості та ураження хворобами та шкідниками. (рис. 4.2, б)

Проте уже через місяць після посіву (14.05) на ділянці з'явилися бур'яни (рис. 4.3, а) і 16.05 було проведено міжрядний обробіток (рис. 4,3, б) Не зважаючи на певні труднощі із процесом міжрядного обробітку протягом тижня після обробітку рослини повністю відновили свою вегетацію. Але завдяки покращення водно-повітряного режиму ґрунту міжрядь обробіток інтенсифікував біологічні процеси у рослинах рис. 4.4.

Нажаль у подальшому на посіві у момент формування бобів з'явилися широколисті бур'яни (лобода), які не сприяли повній реалізації сортового потенціалу рослин (рис. 4.5).



а



б

Рисунок 4.2 Фото перших сходів (а) та початкового етапу вегетації (б) гороху на дослідній ділянці



а



б

Рисунок 4.3 Ділянка гороху до (а) та після (б) обробки міжрядь



Рисунок 4.4 Фото стану посіву гороху через тиждень після міжрядного обробітку



Рисунок 4.5 Фото стану посіву гороху на момент формування бобів

Збір врожаю та обробка результатів проведена за методикою описаною у п.3.4 дозволив отримати результати наведені у табл. 4.2 та 4.3.

Таблиця 4.2. – Результати дослідження врожайності гороху

Схема посіву	повторності			Середнє значення
	1	2	3	
8-39-8 см	37,0	39,52	38,75	38,72
7-7-31-7-7 см	38,48	39,39	38,68	38,85

Отримані у результаті експериментального дослідження значення врожайності дещо нижчі від потенційної врожайності за характеристикою сорту Стабіль (50-55 ц/га). Відхилення у значеннях для досліджуваних схем посіву знаходяться в межах статистичної похибки, що засвідчує відсутність впливу вищої рівномірності розподілу рослин по площі живлення у способі 7-7-31-7-7 см. У той же час покращення умов для міжрядного обробітку вказує саме на доцільність застосування у виробничих умовах семи посіву 8-39-8 см.

Таблиця 4.2. – Результати дослідження маси 1000 насінин гороху

Схема посіву	Повторності			Середнє значення
	1	2	3	
8-39-8 см	248,06	259,27	228,83	245,56
7-7-31-7-7 см	259,26	247,46	230,93	245,88

Аналогічні результати за впливом схеми посіву виявлені на масі 1000 насінин. Тому можна констатувати, що використання стрічкового способу посіву забезпечує зменшення хімічного навантаження на оточуюче середовище через відсутність впливу гербіцидів. А показники якості та кількості врожаю гороху зберігаються на рівні технологій із застосуванням хімічних методів боротьби з бур'янами.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Сучасна ситуація на аграрному ринку та вплив військового стану змушує виробників шукати культури, які здатні забезпечити прибуток за викликів теперішнього часу. Особливо важливими стали витрати на логістику для експортно орієнтованих культур. «Братня» підтримка фермерів Польщі змушує шукати інші логістичні ланцюги та ринки збути. Тому виробництво гороху за органічними технологіями слід вважати одним із перспективних напрямів за умов, що склалися. Адже наведений раніше перелік країн споживачів вітчизняного гороху дозволяє доставити їм продукцію без використання польської логістики. Зважаючи на його біологічні особливості, цінність як джерела білкового живлення, та значення саме як експортної культури. Таке рішення може бути ефективним до впровадження для господарств із невеликими розмірами земельного банку.

Аналіз технології вирощування гороху показує, що у теперішніх умовах практично не реалізуються агротехнічні заходи боротьби із бур'янами, які є доволі ефективним для даної культури. Під час планування комплексу механізованих робіт з вирощування гороху треба враховувати, що він має короткий вегетаційний період і підвищені вимоги до вологості. Тому висівати його слід на родючих структурних ґрунтах і після попередників які не виснажують ґрунт за запасами вологості.

У той же час проаналізовані технологічні рішення провідних вітчизняних та світових виробників для посіву зернових та зернобобових культур засвідчує тенденцію переходу до ґрунтозберігаючих, екстенсивних технологій у рослинництві. Одним із проявів такого підходу є посів зернових та зернобобових культур із міжряддя у 25 чи 33,3 см, а також використання смугового посіву.

Наведені висновки створюють передумови до удосконалення та пропагування органічної технології вирощування гороху, яка передбачає запровадження науково обґрунтованого чергування культур у сівозміні,

застосування поживних посівів та соломи для удобрення, здійснення смугового посіву із наступним міжрядним обробітком для знищення бур'янів.

Проведені у роботі теоретичні дослідження та обґрунтування раціональних параметрів посівної секції для стрічкового посів гороху дозволили встановити такі конструктивні її параметри:

- діаметр стабілізуючих коліс – **0,24 м**;
- ширина ободу стабілізуючих коліс – **0,12 м**;
- мінімальне зусилля стиску пружини довантаження секції – **160 Н**;
- максимальне зусилля стиску пружини довантаження секції – **1120 Н**;
- діаметр дроту витків пружини довантаження секції – **0,05 мм**;
- жорсткість пружини довантаження секції - **251,4 Н/мм**;
- довжина пружини за мінімального зусилля довантаження (монтажна довжина) – **200, 9 мм**.

Розрахунок тягового опору посівної секції виявив, що максимальне його значення лише не значно перевищує **500 Н** за робочої швидкості руху сівалки у **15 км/год**, максимального довантаження секції та глибини зароблення насіння **100 мм**. Тому за обладнання сівалки дев'ятьма такими посівними секціями складе сумарний тяговий опір не перевищуватиме **4500 Н**. Хоча отримане значення не враховує опір від опорно-привідних коліс сівалки на привід висіваючи апаратів. А у випадку посіву на глибину **a=40 мм** за робочої швидкості сівалки у межах **10...12 км/год** та довантаження посівної секції у **600 Н** тяговий опір секції не перевищує **200 Н**. Слід мати на увазі, що отримані значення тягового опору відповідають умовам роботи секції по щойно обробленому ґрунту із мінімальним коефіцієнтом об'ємного зминання, що відповідає умовам підвищеного опору на перекочування. На основі викладеного можна зробити висновок, що розроблена посівна секція окрім забезпечення можливості вирощування зернобобових культур за органічними технологіями забезпечує і зниження затрат енергії на процес посіву. Оскільки машина аналог Alfa 4 вимагає роботи трактор із тяговим зусиллям у **14 кН**.

У результаті польових випробовувань встановлено, що значення

врожайності за стрічкового посіву дещо нижчі від потенційної врожайності за характеристикою сорту Стабіль (50-55 ц/га). Відхилення у значеннях для досліджуваних схем посіву знаходяться в межах статистичної похибки, що засвідчує відсутність впливу вищої рівномірності розподілу рослин по площі живлення у способі 7-7-31-7-7 см. У той же час покращення умов для міжрядного обробітку вказує саме на доцільність застосування у виробничих умовах семи посіву 8-39-8 см..

Аналогічні результати за впливом схеми посіву виявлені на масі 1000 насінин. Тому можна констатувати, що використання стрічкового способу посіву забезпечує зменшення хімічного навантаження на оточуюче середовище через відсутність впливу гербіцидів. А показники якості та кількості врожаю гороху зберігаються на рівні технологій із застосуванням хімічних методів боротьби з бур'янами, що вказує на доцільність використання такої схеми у виробничих умовах.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Рослинництво: Підручник / С.М. Каленська, О.Я. Шевчук, М.Я. Дмитришак, О.М. Козяр, Г.І. Демидась; За редакцією О.Я. Шевчука. К.: НАУУ, 2005, 502 с.
2. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ Українські технології, 2002. – 800 с.
3. Рослинництво: Підручник / О. І. Зінченко, В. Н. Салатенко, М. А. Білоножко; За ред. О. І. Зінченка. К.: Аграрна освіта, 2001. 591 с.
4. Elvorti [Електронний ресурс]: офіційний сайт. – [URL: https://elvorti.com/catalog/](https://elvorti.com/catalog/).
5. Velesagro [Електронний ресурс]: офіційний сайт. – [URL: https://www.velesagro.com](https://www.velesagro.com).
6. Amazone [Електронний ресурс]: офіційний сайт. – [URL: https://amazone.de](https://amazone.de).
7. Шведик М.С. Ресурсоощадна технологія виробництва зерна і технічні засоби для її реалізації. – Луцьк: Вежа-друк, 2016. – 192 с.
8. Håkansson I, Myrbeck Å., Etana A. A review of research on seedbed preparation for small grains in Sweden. Soil and Tillage Research, Volume 64, Issues 1–2, 2002. P. 23-40.
9. Nielsen S.K., Munkholm L.J., Lamandé M., I Norremark M., Skou-Nielsen N., Edwards G. T.C., Green O. Seed drill instrumentation for spatial coulter depth measurements. Computers and Electronics in Agriculture, Volume 141, 2017. P 207-214.
10. Quasim M., Shrivastava A.K., Rautaray S.K., Gautam A.K.. Comparative evaluation of zero-till-slit seed drill and combined tillage and seeding equipment in rice. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences. Volume 8(6), 2019. P. 132-149.
11. Kargwal, R. et al. (2022). A review on global energy use patterns in major crop production systems. Environmental Science: Advances 1.5, 662-679.

12. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко та ін.; За ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2004. 544 с.
13. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. К.: Вища освіта, 2005. 464 с
14. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. –К.: Урожай, 2001. – 384 с.
15. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник, – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.

ДОДАТКИ

ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОРГАНІЧНОГО ГОРОХУ З РОЗРОБКОЮ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ

МЕТА: Метою даного дослідження є обґрунтування схеми машини, яка забезпечує посів зернобобових культур загалом та гороху зокрема за стрічковою технологією, і встановлення закономірностей впливу схеми розташування рядків у стрічці на показники врожайності культури.

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

1. Обґрунтувати схему машини для посіву гороху за стрічковою технологією.

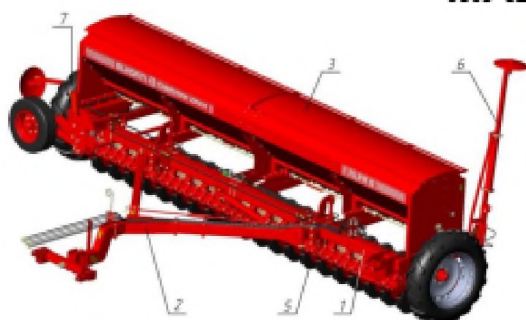
2. Теоретично обґрунтувати параметри сівалки для посіву зернобобових культур за стрічковою технологією.

3. Розробити методику та провести дослідження впливу схеми розташування рядків гороху за стрічкового його посіву на кількість та якість зібраного врожаю.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. Технологічний процес посіву зернобобових культур за стрічковою технологією.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ. Залежність кількісних та якісних показників врожайності гороху від схеми розташування рядків у стрічці під час посіву.

МАШИНИ АНАЛОГИ



ALFA 6 ПАТ «Elvorti»



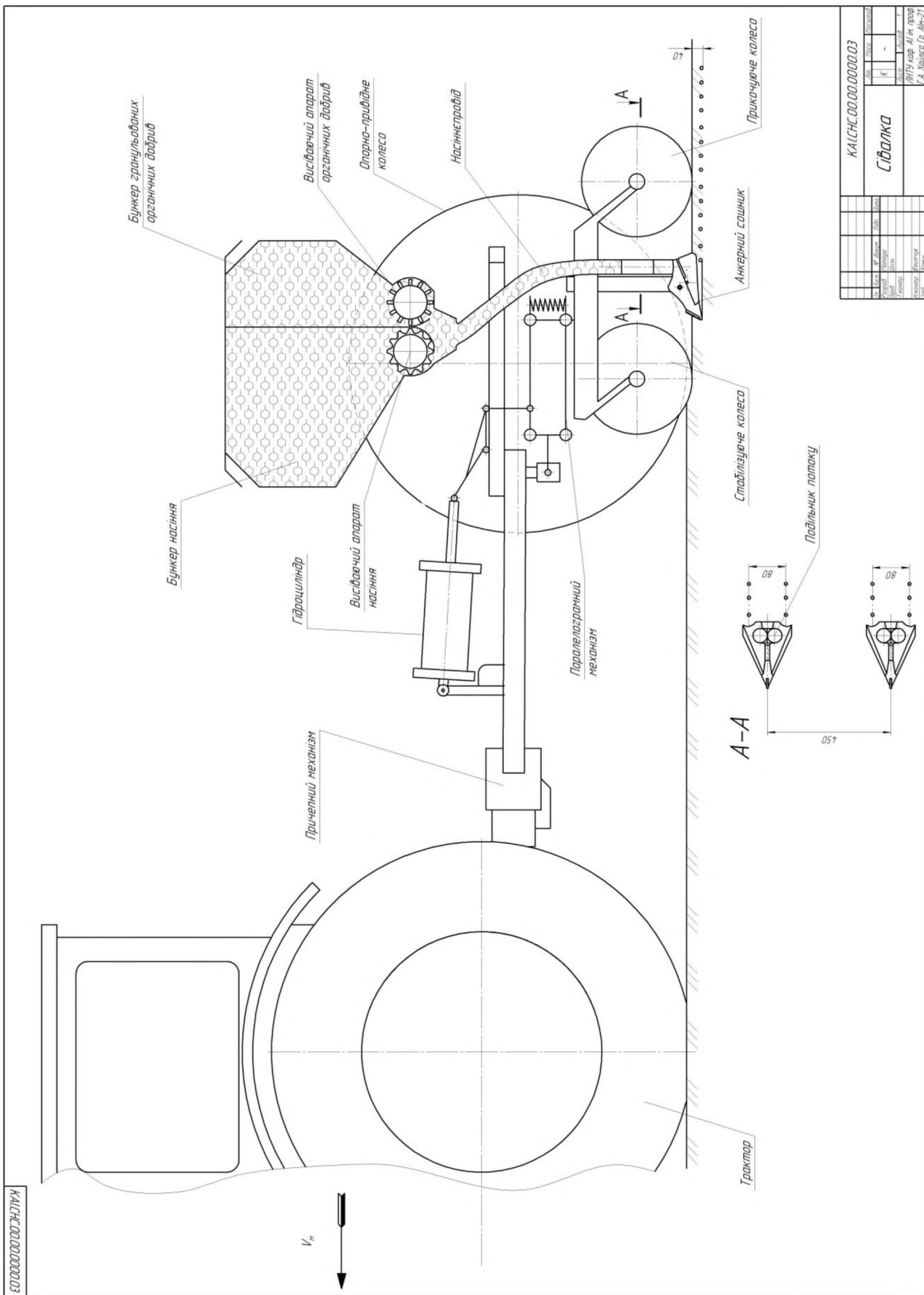
сівалки ALCOR 7,5 ПАТ «Elvorti»



STS Magia «VelesAgro»



KONDOR фірми AMAZONE



ТЕОРЕТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ

Складові тягового опору розроблюваної посівної секції вважають, що зусилля довантаження може змінюватись у межах 300-900 Н; коефіцієнт питомого опору ґрунту приймали $k=20$ кПа, коефіцієнт швидкісного опору $\varepsilon=1,5 \cdot 10^3$ Н·с²/м³. Досліджували вплив глибини посіву у межах 0,04...0,10 м, а також швидкості руху посівного агрегату у межах від 5 до 15 км/год

$$R_c = R_{c,k} + R_{m,k} + R_c \quad (1)$$

де $R_{c,k}$ і $R_{m,k}$ - опір на перекочування відповідно стабілізуючого та прикочуючого коліс, Н;

R_c - опір від деформації ґрунту анкерним сошником, Н.

Опір на перекочування коліс за формулою Грандуане

$$R_k = \frac{0,86 \cdot G^{4/3}}{b^{1/3} \cdot q^{1/3} D^{2/3}} \quad (2)$$

де G - вага посівної секції, та зусилля довантаження від пружини, яке припадає на дане колесо, Н;

b - ширина ободу колеса, м;

q - коефіцієнт об'ємного змінання ґрунту, Н/м³

D - діаметр обода колеса, м.

Тяговий опір анкерного сошника за формулою для тягового опору ґрунтообробного знаряддя

$$R_c = k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2 \quad (3)$$

де k - питомий опір деформації ґрунту, Па;

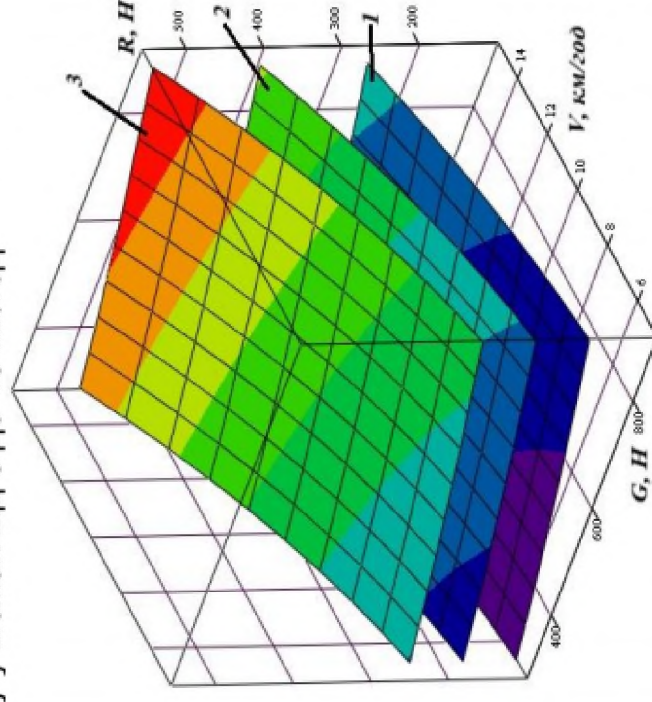
a та b - відповідно глибина обробітку та ширина захвату ґрунтообробного знаряддя, м;

ε - коефіцієнт швидкісного опору знаряддя, Н·с²/м³;

v - швидкість руху знаряддя, м/с.

Залежність для розрахунку тягового опору розроблюваної посівної секції

$$R_c = \frac{17,2 \cdot G^{4/3}}{b^{1/3} \cdot q^{1/3} D^{2/3}} + k \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2 \quad (3)$$



Графік тягового опору розроблюваної посівної секції від зусилля довантаження G , робочої швидкості сівалки V за глибини посіву насіння: $a=40$ мм; $2 - a=70$ мм; $3 - a=100$ мм

Із графіків видно, що за умов посіву на глибину $a=40$ мм, робочої швидкості сівалки у межах 10-12 км/год та довантаження посівної секції у 600 Н тяговий опір секції не перевищує 200 Н.

АПАРАТУРА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

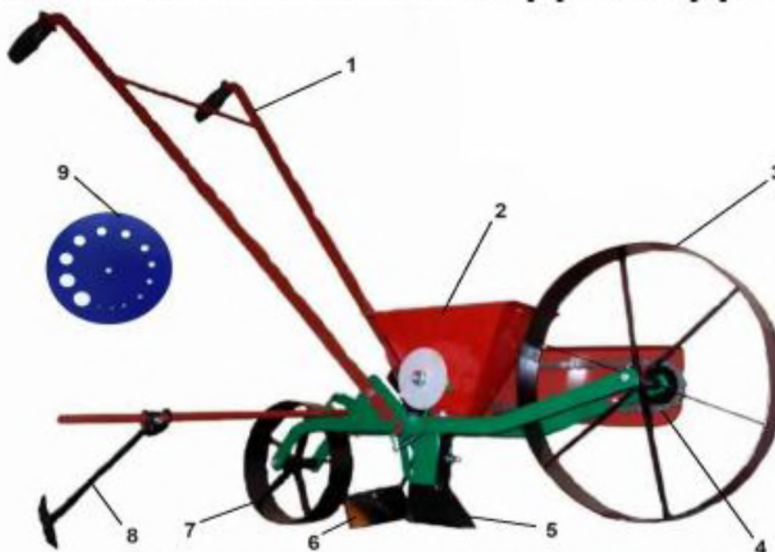


Рисунок 1 Фото ручної сівалки: 1 – рукоятки; 2 – бункер з висіваючим апаратом; 3 – опорно-привідне колесо; 4 – привідний ланцюг; 5 – сошник; 6 – загортач; 7 – ущільнююче колесо; 8 – маркер; 9 – диск висівний



Рисунок 2 Фото культиватора КУ-1,6



Рисунок 3 Лабораторне обладнання для визначення врожайності та вологості зібраного врожаю

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СХЕМИ РОЗТАШУВАННЯ РЯДКІВ ЗА СТРІЧКОВОГО ПОСІВУ ГОРОХУ НА ЙОГО ВРОЖАЙНІСТЬ



Рисунок 1 Фото обробітку ґрунту під посів гороху



Рисунок 2 Фото посіву стрічок гороху



Рисунок 3 Фото зразка зібраних бобів і виділене з них зерно

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВРОЖАЙНОСТІ ТА МАСИ 1000 НАСІНИН ГОРОХУ



Рисунок 1 Стан посіву та міжрядь на різних етапах розвитку



Рисунок 2. Фото стану посіву гороху перед та після міжрядного обробітку

Таблиця 1. – Результати дослідження врожайності гороху

Схема посіву	Повторності, ц/га			Середнє значення, ц/га
	1	2	3	
8-39-8 см	37,0	39,52	38,75	38,72
7-7-31-7-7 см	38,48	39,39	38,68	38,85

Таблиця 2. – Результати дослідження маси 1000 насінин гороху

Схема посіву	Повторності			Середнє значення
	1	2	3	
8-39-8 см	248,06	259,27	228,83	245,56
7-7-31-7-7 см	259,26	247,46	230,93	245,88

