

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 процесу локального смугового внесення органічних добрив з удосконаленням сошника»

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

Зубко Д.Д.

(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

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)

Зубко Д.Д.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Цизь І.Є.

_____ (прізвище та ініціали)

Гарант ОПП

_____ (підпис)

Хомич С.М.

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Зубко Д.Д. Дослідження процесу локального смугового внесення органічних добрив з удосконаленням сошника. 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 машини для локального стрічкового внесення сумішей на основі сапрпелью природної вологості.

Ключові слова:

Органічні добрива, вологість, сапрпель, льон, тирса, січка соломи, сошникова система, об'ємна маса, тяговий опір.

ABSTRACT

Zubko D.D. Research on the process of local strip application of organic fertilizers with improvement of the opener. 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 a machine design for local tape application of mixtures based on sapropel of natural humidity.

Keywords:

Organic fertilizers, moisture, sapropel, flax, sawdust, chopped straw, coulter system, bulk density, traction resistance.

ЗМІСТ

ЗАВДАННЯ.....	2
АНОТАЦІЯ.....	3
ABSTRACT.....	4
ЗМІСТ.....	5
ВСТУП.....	7
РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	10
1.1. Загальна характеристика соняшника та технології її вирощування і збирання.....	10
1.2. Аналіз робочого процесу та конструкцій машин внесення органічних добрив.....	20
1.3. Огляд досліджень із удосконалення машин внесення органічних добрив.....	28
1.4. Постановка проблеми, мета та завдання дослідження.....	31
РОЗДІЛ 2. ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ.....	33
2.1. Обґрунтування конструкції сошникової системи	33
2.2. Обґрунтування форми борозни та норми внесення добрив.....	35
2.3. Визначення тягового зусилля трактора.....	38
2.4. Визначення параметрів сошника сошникової системи	42
2.5. Розрахунок геометричних параметрів загортачів органічних добрив.....	43
РОЗДІЛ 3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	47
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	47
3.2. Прилади, обладнання та апаратура які використовувались у дослідженнях.....	48

	6
3.3. Методика визначення початкової вологості складових та варіантів суміші на основі сапропелю.....	51
3.4. Методика визначення об'ємної маси варіантів суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці.....	52
3.5. Методика дослідження зміни об'ємної маси варіантів суміші на сапропелю із січкою соломи за впливу стискаючого навантаження.....	53
РОЗДІЛ 4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	56
4.1. Результати визначення початкової вологості складових та варіантів суміші на основі сапропелю	56
4.2. Результати дослідження об'ємної маси суміші сапропелю та січки соломи озимої пшениці.....	57
4.3. Результати дослідження зміни об'ємної маси варіантів суміші на сапропелю із січкою соломи за впливу стискаючого навантаження.....	58
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	60
ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ.....	62
ДОДАТКИ.....	64

ВСТУП

Актуальність дослідження. Вирощування високих врожаїв соняшника, який є надзвичайно важливою експортною культурою, а також цінним продуктом харчування в Україні та сировиною для переробної промисловості є важливих загальнодержавних завданням. Зважаючи на суттєві кліматичні зміни останніх років врожайність соняшника значно обмежується наявністю продуктивної вологи у родючому шарі ґрунту. Також отримання високої врожайності соняшнику, як за кількісними так і якісними показниками, вимагає комплексного внесення органічних та мінеральних добрив. Зважаючи на кліматичні зміни зона вирощування соняшника в Україні досягла і Полісся. Але для реалізації потенціалу гібридів потрібно забезпечити рослини поживним елементами та стійким зволоженням в умовах ґрунтів легкого механічного складу.

Тут варто звернути увагу на відклади прісноводних озер – сапропелі, якими багаті озера природно-кліматичної зони Полісся. Виготовлення сумішей на основі сапропелю вологістю 90-92 % із органічними наповнювачами такими як січка соломи злакових культур, льону, деревної тирси, та смугове внесення їх під посів соняшнику створить сприятливі умови для формування високих кількісних та якісних показників врожайності. До складу суміші також можуть вводитись додатково необхідні компоненти мінерального живлення. У подальшому смуги із такої суміші розташовані під рядками соняшнику забезпечать його живлення та створення додаткового запасу вологи.

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є теоретичне обґрунтування параметрів сошникової системи для стрічкового-локального внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості та експериментальному встановленні закономірностей зміни вологості та об'ємної маси зазначених сумішей.

Для реалізації поставленої мети були сформульовані завдання досліджень:

- 1) Теоретично обґрунтувати конструктивні параметри сошникової системи для локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості;
- 2) Розробити методикау експериментальних досліджень закономірностей зміни вологості та об'ємної маси сумішей на основі сапропелю природної вологості.
- 3) Провести дослідження зміни вологості та об'ємної маси сумішей на основі сапропелю природної вологості.
- 4) Розробити конструкцію сошникової системи для локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

Предмет дослідження. Конструктивні параметри сошникової системи для локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

Методи та способи вирішення поставлених завдань. У роботі були використані методи теоретичних та експериментальних досліджень. Так теоретичне обґрунтування глибини ходу сошника здійснювалось на основі методів геометричного аналізу та синтезу, а розрахунок тягового зусилля трактора – методів теоретичної механіки. Реалізація експериментальних досліджень базувалась на використанні такого вимірювального обладнання як електронна вага, штангенциркуль, прилад компресійний.

Науково-технічна новизна одержаних результатів:

- обґрунтована глибина ходу сошника для забезпечення необхідної норми внесення добрив;
- встановлене тягове зусилля трактора необхідне для застосування розробленої машини для локального-смугового внесення сумішей на основі сапропелю;
- розроблено функціональну схему машини для локального-смугового внесення сумішей на основі сапропелю;

- проведено експериментальні дослідження зміни вологості та об'ємної маси сумішей на основі сапропелю природної вологості.

Практичне значення одержаних результатів. Комплекс теоретичних та експериментальних досліджень дозволив розробити конструкцію машини для локального-смугового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

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

Публікації. Основні дослідження магістерської роботи підготовлено до опублікування у тезах конференції.

Положення що виносяться на захист. Конструкція машини для локального-смугового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості та теоретично і експериментально обґрунтовані конструкційні та технологічні його параметри сошникової системи такої машини.

Структура і обсяг магістерської роботи. Необхідність розв'язання поставлених задач зумовила наступну структурно-логічну будову роботи: вступ, чотири розділів, висновки, список джерел посилання з 15 назв та 1 додатка. Основна частина магістерської роботи розміщена на 63 сторінках.

РОЗДІЛ 1

ОГЛЯД ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ ЗА ТЕМОЮ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Загальна характеристика соняшника та технології його вирощування і збирання

Соняшник належить до олійних культур. Окрім соняшника до цієї групи належать ріпак, льон-олійний, сафлор, рицина, арахіс, мак олійний, кунжут, перила, лялеманція, рижій, гірчиця біла і сиза (сарептська) [2]. Більшість з них належать до різних ботанічних родин.

Назва групи походить від основного продукту який отримують від переробки цих культур – олія рослинна. За своєю природою рослинна олія це складний ефір триатомного спирту-гліцерину і різних жирних кислот. Порівняно з білками і вуглеводами олія має значно вищу калорійність, адже в 1 г олії міститься 9500 калорій, а у 1 г білка – 4400-5500 кал і у 1г вуглеводів – 4000-4200 кал [1].

Здатність олії до висихання через її взаємодію із киснем повітря визначається йодним числом. Наприклад олія лляна та конопляна мають йодне число понад 130 та є висихаючі ми і використовують для технічних потреб. А соняшникова, кунжутна, ріпакова, гірчична, соєва є напіввисихаючими та мають йодне число 85-130 і використовуються, в основному, як харчові.

Якість олії для харчових та технічних потреб визначають вмістом вільних жирних кислот. Вмісту в олії вільних жирних кислот визначають кислотним числом, яке визначається, як кількість міліграмів КОН необхідного для нейтралізації вільних жирних кислот в 1 г. олії. Якщо кислотне число більше від 2,25 то така олія для харчових цілей непридатна. Кислотність олії значною мірою залежить від умов вирощування рослини.

Основною олійною культурою в нашій країні є соняшник, оскільки на нього припадає понад 95 % площ під олійними культурами.

Насіння сучасних гібридів соняшника містить 50-55% олії по відношенню до абсолютно сухої маси зразка. Олія належить до групи напіввисихаючих. Йодне число соняшника 112-124 знаходиться у межах 112-124. Соняшник забезпечує вихід олії з 1 га в середньому по Україні 750 кг.

Завдяки тому, що олія соняшнику має високі смакові і поживні якості, то вона як харчова. Харчова цінність олії соняшнику також визначається містом 55-60% поліненасиченої жирної лінолевої кислоти. Ця кислота має значну біологічну активність і прискорює метаболізування ефірів холестерину чим позитивно впливає на здоров'я людини. Соняшникове олія активно використовують під час консервування овочів, риби та грибів, а також у хлібопекарській і кондитерській промисловості. Після рафінування і гідрогенізації з неї виготовляють тверді жири – маргарин.

У результаті переробки соняшнику отримують такі побічні продукти, як макуха та шрот. Ці продукти дуже цінуються як складники кормів у тваринництві, адже макуха міститься близько 38-42% перетравного протеїну, 6-7% жиру, 14% клітковини. тощо. Поживністю макухи складає 1,09 корм. од. У 1 кг макухи міститься 363 г. перетравного протеїну.

Відома практика вирощування соняшнику як силосної культури адже урожайність зеленої маси соняшника може досягати 400-500 ц/га. Поживність силосу соняшнику відповідає поживності силосу кукурудзи. 1 кг силосу соняшнику міститься 0,13-0,16 корм. од.

Соняшник – важливий медонос адже 1 га поля соняшнику збір меду може досягає до 40 кг.

У дикій природі соняшник росте у Північній Америці, де дикі форми близькі до сучасного культурного соняшнику. В Європу соняшник був завезений на початку XVI ст.

Протягом останнього десятиліття площі посіву соняшника в Україні значно зросли. Так на кінець XX ст. соняшник вирощувався на площі 1,4-1,5 млн. га, то уже в 2002р. площі посіву досягли 2,8 млн. га.

Основні площі посіву соняшнику на цей час були зосереджені в південних регіонах України. Але у зв'язку із кліматичними змінами та агресією рф посіви соняшнику з'явилися і у західних та північних регіонах України. Середня урожайність соняшнику в Україні досягає 20-25 ц/га. За умов достатньої кількості вологи та інтенсивної технології вирощування урожайність досягає 34-35 ц/га. За умов зрощення – 38-42 ц/га.

Згідно біологічної класифікації соняшник (*Helianthus annuus* L.) належить до родини айстрових та є однорічною рослиною (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 Рослина соняшнику [1]

Соняшник належить до теплолюбних культур, адже його насіння його починає проростати при температурі 4-6 °С, але за такої температури сходи з'являються на 18-20 день. За 6-7 днів сходи з'являються коли температура складає 20 °С. Необхідна для формування врожаю сума активних температур становить 1600–1800 °С. Проте сходи соняшнику здатні витримувати заморозки до мінус 8°С, але таке явище послаблює ріст та розвиток рослин. Під час

цвітіння та подальші періоди максимально сприятливою є температура 25-27 °С. Температури вищі від 30 °С сповільнюють ріст рослин, аж до повного припинення фотосинтезу при 40°С.

Хоча соняшник належить до посухостійка культура, але його вимоги до наявності в ґрунті вологи високі. Так споживання води на одну рослину за вегетаційний період перевищують 200 л. Високою є витрата вологи через випаровування із листової поверхні. Завдяки добре розвиненій кореневій системі, що проникає в ґрунт на глибину 3-3,5 м, соняшник споживає вологу із шарів які не доступні іншим рослинам [2].

Протягом періоду від сходів до утворення кошика соняшник споживає до 23%. Найбільше соняшник споживає вологи у період від утворення кошика до цвітіння – 60%. Найменше у період від цвітіння до збирання – 17%. При нестачі вологи у фазі цвітіння–наливання насіння в різко знижується кількість та якість врожаю через наявність порожніх зерен, недостатнє їх виповнення та загальне зменшення кількості у кошику [1].

Теплолюбність також проявляється і у вимогах соняшнику до світла так при затіненні рослин та хмарній погоді сповільнюється ріст і розвиток рослин як наслідок утворюються дрібне листя та маленькі кошики, що сукупно зменшує.

Кращими ґрунтами для вирощування соняшнику є супісчані і суглинисті чорноземи та каштанові ґрунти з нейтральною або слабокислою реакцією ґрунтового розчину (рН 6,0-6,8). Малоприсадатні для цієї культури як важкі ґрунти із зруйнованою структурою так і легкі піщані ґрунти.

Поживні речовини за фазами росту використовуються так:

- найбільше азоту соняшник споживає в період від початку утворення кошика до кінця цвітіння;

- фосфору – від сходів до цвітіння

- калію – від утворення кошика до досягання.

Веgetаційний період соняшника включає такі фази: сходи, перша пара справжні листків, формування кошика, цвітіння та досягання.

Тривалість вегетаційного періоду сортів і гібридів залежно від скоростиглості, коливається у межах від 80 до 140 днів. Протягом першої фази (2-3 пари листків) соняшник росте порівняно. Далі ріст пришвидшується да досягає показників у 2-3 см за добу в період від утворення кошика до цвітіння. Далі, під час фази цвітіння ріст сповільнюється, а на кінець узагалі припиняється [2].

Соняшник – перехреснозапильна рослина, тому ріст врожайності через повноту запилення можна досягти вивезенням на посіви соняшника пасіки.

Сучасні технології вирощування соняшнику у західному регіоні країни базується на висіванні гібридів. Різноманітні фірми виробники насіння пропонують широку гамму гібридів під використання відповідного типу гербіцидів та системи захисту. Так наприклад фірма Syngenta пропонує гібрид СУРЕЛІ HTS, який є стійким до гербіцидів Флюенс® і Експрес™.

Місце в сівозміні. Не допускається повторне висівання соняшнику на одному полі протягом двох і більше років. Причина полягає пошкодженні рослин шкідниками, хворобами, та бурянами-паразитами. Посів соняшнику на одному полі навіть через 4-5 років призводить до значного ураження рослин такими хворобами як вовчок, біла і сіра гниль, несправжня борошниста роса тощо. Тому соняшник повертають на те ж поле не раніше, як через 8-10 років.

Основною чинником під час вибору попередника соняшнику є наявні в ґрунті запаси вологи. Тому кращими попередниками соняшнику Лісостеповій зоні, за умов достатнього зволоження, можна вважати озиму пшеницю і кукурудзу, а також ранні ярі зернові культури (ячмінь, овес). Не варто обирати попередниками цукрові буряки, люцерну тощо, які забирають запаси вологи із значних глибин ґрунту [3].

Під час розробки системи удобрення прагнуть забезпечити наявність у ґрунті оптимальної кількості поживних елементів. Для формування 1 ц врожаю насіння соняшник забирає із ґрунту 6,5 кг азоту, 2,7 фосфору і 15,5 кг калію. Хороший вплив на реалізацію потенціалу рослин соняшнику мають органічні добрива. Але внесення органічних добрива рекомендовано під культур

попередник, а мінеральних - під основний обробіток навісними та напівпричіпними розкидачами. Там, де восени не вносили повних норм добрив, мінеральні добрива вносять локально-стрічковим способом одночасно із сівбою на відстані 6 – 10 см від рядка висіяного насіння та на глибину 10 – 12 см [1].



Рисунок 1.2 Фото процесу внесення мінеральних добрив

Обробіток ґрунту під соняшник має на меті боротьбу з бур'янами, створення умов для накопичення вологи, розпушування ґрунту, запобігання вітровій і водній ерозії. Якщо попередником соняшнику є озимі зернові то обробіток складається з луцення стерні, яке бажано одразу здійснювати зразу за комбайнами (рис. 1.3). Хороший ефект забезпечують дискові боронами котрі дообладнані котками. Потім через 7-14 днів проводиться основний обробіток ґрунту, який слід поєднувати із заробленням мінеральних добрив. Тому тут слід надавати перевагу оранці лемішним плугом на глибину 20-22 см.

Якщо попередником є кукурудза, доцільно використовувати перед дисковою обробкою рублячи котки або мульчувачі.

З метою усунення впливу переущільненого підорного шару у вигляді підорної «п'яти» проводять обстеження поля за допомогою твердоміра та визначають наявність зон на яких наявне надмірне ущільнення. Усунення такого негативного явища проводять глибокорозпушувачами на глибину розашування ущільненого шару.



Рисунок 1.3 Заробка стерні злакового попередника соняшника

Весняний і передпосівний обробіток спрямований на розпушення та вирівнювання поверхні ґрунту. Також відбувається знищення бур'янів, які проросли на цей час, а також створення умов для якісного рівномірного вкладання насіння соняшнику. Якщо осінній обробіток ґрунту був проведений із дотриманням вимоги то на весні достатньою є передпосівна культивация комбінованим знаряддями. Якщо восени з тих чи інших причин не вдалось якісно провести обробіток ґрунту, то у такому випадку проводять боронування для закриття вологи з вирівнюванням поверхні ґрунту, згодом ранню культивацию, а за потреби – передпосівну. Застосування боронування для закриття вологи є ефективним методом обробітку ґрунту за у будь-якому випадку (рис. 1.4) [3].



Рисунок 1.4 – Застосування шлейфової борони для закриття вологи

У сьогоднішніх економічних та кліматичних умовах доволі широкого розповсюдження набуло вирощування соняшнику за технологією мінімального та смугового обробітку ґрунту.

Соняшник висівають коли температура у ґрунті на глибині 8-10 см досягне 8-10⁰С. Сіють соняшник широкорядним способом із шириною міжряддя 70 см. Для цього використовують пневматичні сівалки точного висіву Vesta-6, Vega-6 (рис. 1.5) тощо. Глибина зароблення насіння складає 6-8 см. За умов посухи глибину збільшують до – 8-10 см.



Рисунок 1.5 – Посів соняшнику сівалкою Planter фірми Kuhn

Норма посіву соняшнику залежить від ґрунтово-кліматичних умов і від вологозабезпеченості та в умовах Лісостепу повинна забезпечувати 50-55 тис. рослин на 1 га. Проте, до рекомендованої норми додають страхову надбавку 20-25%, яка враховує різницю між польовою і лабораторною схожістю насіння становить та загибель під час вегетації близько 8-10% рослин. За таких умов висівають 6-10 кг насіння на гектар [1].

Догляд за посівами соняшнику у сучасних умовах господарювання передбачає застосування лише хімічних методів із бур'янами. Для зменшення хімічного навантаження на оточуюче середовище слід застосовувати механічні методи боротьби. Так після сівби соняшнику необхідно провести коткування для покращення надходження вологи до насіння. Далі проводять до – та післясходове боронування та 2-3 розпушування міжрядь. Досходове боронування рекомендовано проводити середніми або шлейфборонами через 5-6 днів після сівби. У фазі 2-3 пар справжніх листків здійснюють післясходове боронування. Оптимальним, для запобігання пошкодженню рослин, часом боронувати є денні години, коли рослини втрачають тургор і стають більш гнучкими. Перше розпушування міжрядь рекомендовано проводити у період формування 5-7 пар справжніх листочків. Для цього можна використовувати культиватор-рослинопідживлювач Altair-5,6. Глибина обробки під час першого проходу складає 6-8 см. Друге розпушення міжрядь проводять за висоти рослин до 40-50 см на глибину 8-10 см. Під час другого розпушення культиватор доцільно обладнати підготртяючими лапами для присипання бур'янів у захисних зонах рядків.

Основними візуальними ознаками досягання соняшника та можливості початку його збирання є пожовтіння протилежної до насіння сторони кошика, в'янення та опадання пелюсток язичкових квіток, набуття насінням типового для сорту забарвлення, затвердіння ядра в ньому, засихання листя на стеблі. Вимірюваними показниками стиглості є такі показники:

- у посіві соняшнику не менше 84-85% рослини з бурими і сухими кошиками;

- вологість насіння складає 12-14%.



Рисунок 1.6 – Обробка міжрядь соняшнику культиватором Altair-5,6

Якщо досягнуті такі характеристики посіву то збирання слід провести у стислі терміни - за 7-8 днів. Збільшення термінів збирання спричинює призводить значні втрати насіння та погіршення його якості. Для збирання соняшнику застосовують зернозбиральні комбайни із жатками для збирання соняшнику (рис.1.7). Молотильний апарат при цьому регулюють на частоту обертання барабану у 300 об/хв.



Рисунок 1.7 Збирання соняшнику зернозбиральним комбайном Lexion із жаткою Sunspeed

Післязбиральна обробка передбачає первинне очищення зерна на ворохоочисних машинах. Для тривалого зберігання товарне насіння закладають на зберігання за вологості до 12%.

1.2. Аналіз робочого процесу та конструкцій машин внесення органічних добрив

Більшість сучасних машин для внесення твердих органічних добрив забезпечують їх внесення шляхом розкидання поверхнею поля із наступним їх загортанням у ґрунт плугами, культиваторами, дисковими боронами тощо. Загалом машина для внесення твердих органічних добрив працюють за такою технологічною схемою. Ланцюгово-планчастий конвеєр подає масу добрив до розкидального пристрою, який подрібнює і розподіляє добрива по поверхнею поля. Для розподілення добрив поверхнею поля використовуються розкидальні пристрої.

Основним типом конструктивного виконання розкидальних пристроїв є ротори виконані у вигляді труб із розміщеними на них за гвинтовою лінією лопатями 3 чи лопатками 7 (рис. 1.8, а). Добрива до розкидаючого пристрою подаються конвеєром 5, подрібнюються і розподіляються поверхнею поля. Для забезпечення подрібнення та неперервної подачі добрив до розкидального бітера, у кузові нижче від нього встановлюють подрібнювальний бітер 6. Цей бітер має такий же напрям обертання як розкидаючий, але меншу частоту обертання. Ширина захвату (внесення добрив) відповідає довжині бітера із незначним приростом у праву та ліву сторону.

Для збільшення ширини розкидання органічних добрив і збільшення продуктивності машин використовуються розкидальні бітери із вертикальною віссю обертання (рис. 1.8, б). Обертаючись у протилежних напрямках такі розкидальні бітери забезпечують кидання добрив на віддаль до 10 м і більше. Проте для якісної їх роботи органічні добрива, що вносяться, повинні мати однорідну структуру та не містити сторонніх включень у вигляді каміння, цегли

тощо. Оскільки потрапляння таких предметів призводить до втрати балансування роторів і як наслідок виходу з ладу підшипникових опор, появи інтенсивної вібрації тощо.

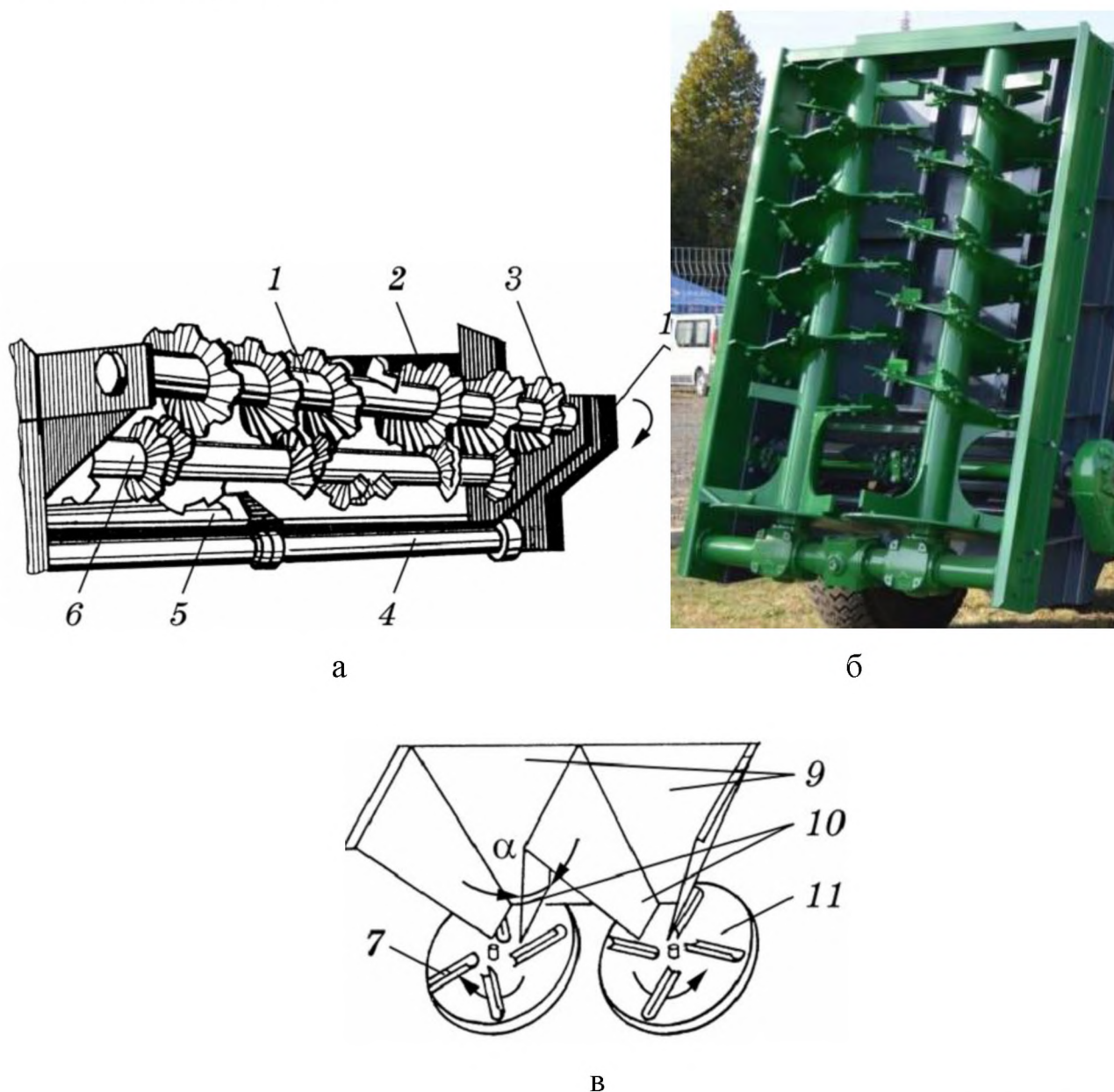


Рис. 1.8. Розкидальні пристрої [4]: а - роторний з горизонтальними бітерами; б - роторний з вертикальними бітерами; в - дисковий; 1 - розкидальний ротор (бітер); 2 - кузов; 3 - лопать; 4 - вал; 5 - конвеєр; 6 - подрібнювальний бітер; 7 - лопатки; 8 - борт кузова; 9 - лотік; 10 - стінка; 11 – диск

Для збільшення ширини захвату машин для внесення твердих органічних добрив встановлюють відцентрові апарати, які мають вигляд двох дисків 11 і з лопатками 7 та обертаються в горизонтальній площині (рис. 1.8, в), з плоскими чи криволінійними лопатками 7. Добрива до них подаються по напрямних лотоках 9 від подрібнюючи, як правило горизонтальних бітерів. Лопатки дисків підхоплюють добрива, переміщують від центра до периферії та розкидають в площині горизонтальній до поверхні поля.

Під час внесенні твердих добрив можна застосовувати технологію із прямим потоком (склад (ферма) - поле) і перевалочну (ферма (склад) - бурт - поле). Внесення органічних добрив може також здійснюватись і за двофазною технологією. У цьому випадку гній розвантажують із причепа у купи за певною послідовністю. Послідовність визначається необхідною нормою внесення. На другій фазі добрива розподіляють по поверхні полю валкувачем-розкидачем.

Розглянемо типову конструкцію розкидача органічних добрив із горизонтальними бітерами, який використовують для поверхневого розкидання гною та окостів на його основі, а також торфокрихти тощо. За демонтованого розкидального пристрою він може бути використаний для перевезення різних вантажів. На рамі машини змонтовано кузов з напільним конвеєром ланцюгово-планчастим конвеєром, розкидальний пристрій 1 (рис. 1.9, а) та системи редукторів і ланцюгових передач.

Ланцюгово-пластинчастий конвеєр (рис. 1.9, б) забезпечує транспортування добрив вздовж кузова до розкидального пристрою. Конвеєр містить чотири круглolanкових ланцюги, які об'єднані попарно у дві вітки. Для натягу ланцюга передбачені зірочки із регулювальним гвинтами 16. Рух конвеєра забезпечується через редуктор та храповий механізм від валу відбору потужності трактора. На ведучому валу редуктора змонтовано корпус кривошипа 10 на якому у свою чергу - диск 12. Шатун 8 з'єднує через палець диск зі щоками 6 храпового колеса 5. Палець диска розміщений ексцентрично до осі вала приводу конвеєра завдяки чому виконує функцію кривошипа і при кожному оберті надає коливального руху щокам. Завдяки цьому собачка 7,

розміщена між щокми, прокручує храпове колесо на визначений кут, а разом з ти і ведучий вал 3 ланцюгово-планчастого конвеєра.

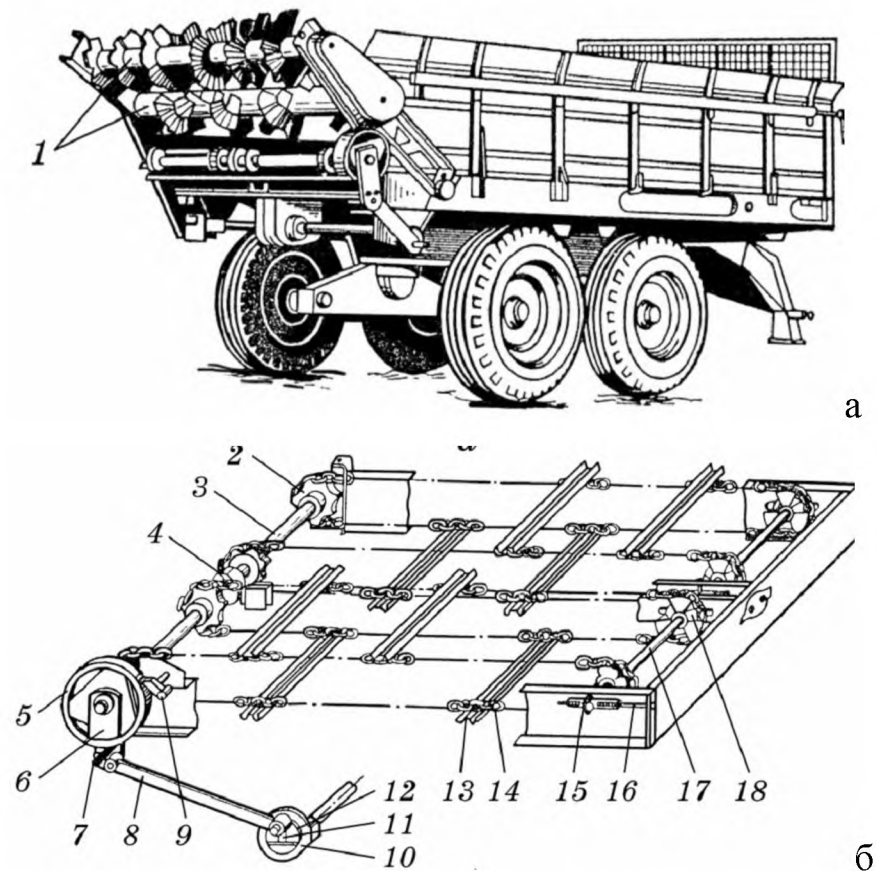


Рис. 1.9. Типова схема розкидача органічних добрив [4]: а - загальний вигляд; б - конвеєр; 1 - розкидальний пристрій; 2 - ведуча зірочка; 3 - ведучий вал; 4 - опорний підшипник; 5 - храпове колесо; 6 - щокми; 7 - ведуча собачка; 8 - тяга; 9 - запобіжна собачка; 10 - корпус кривошипа; 11 - куліса; 12 - диск криво шипа; 13 - скребок; 14 - ланцюг; 15 - гайка; 16 - натяжний гвинт; 17 - ведений вал; 18 - ролик

Розкидальний пристрій описаної машини 1 складається з горизонтальних подрібнювального та розкидального барабанів. Подрібнювальний барабан розташований у кузові причепа, а верхній винесений за його межами. Завдяки такій конструкції добрива інтенсивно подрібнюються і розкидаються на реальну ширину до 4 м. Привід бітерів здійснюється від циліндричного редуктора через ланцюгові передачі.

Найпростіші машини для внесення рідких органічних добрив забезпечують транспортування, перемішування та їх внесення шляхом розливанням поверхню поля суцільним струменем (рис. 1.10). Як додаткова опція – можливість здійснювати само завантаження (рис. 1.10, б).

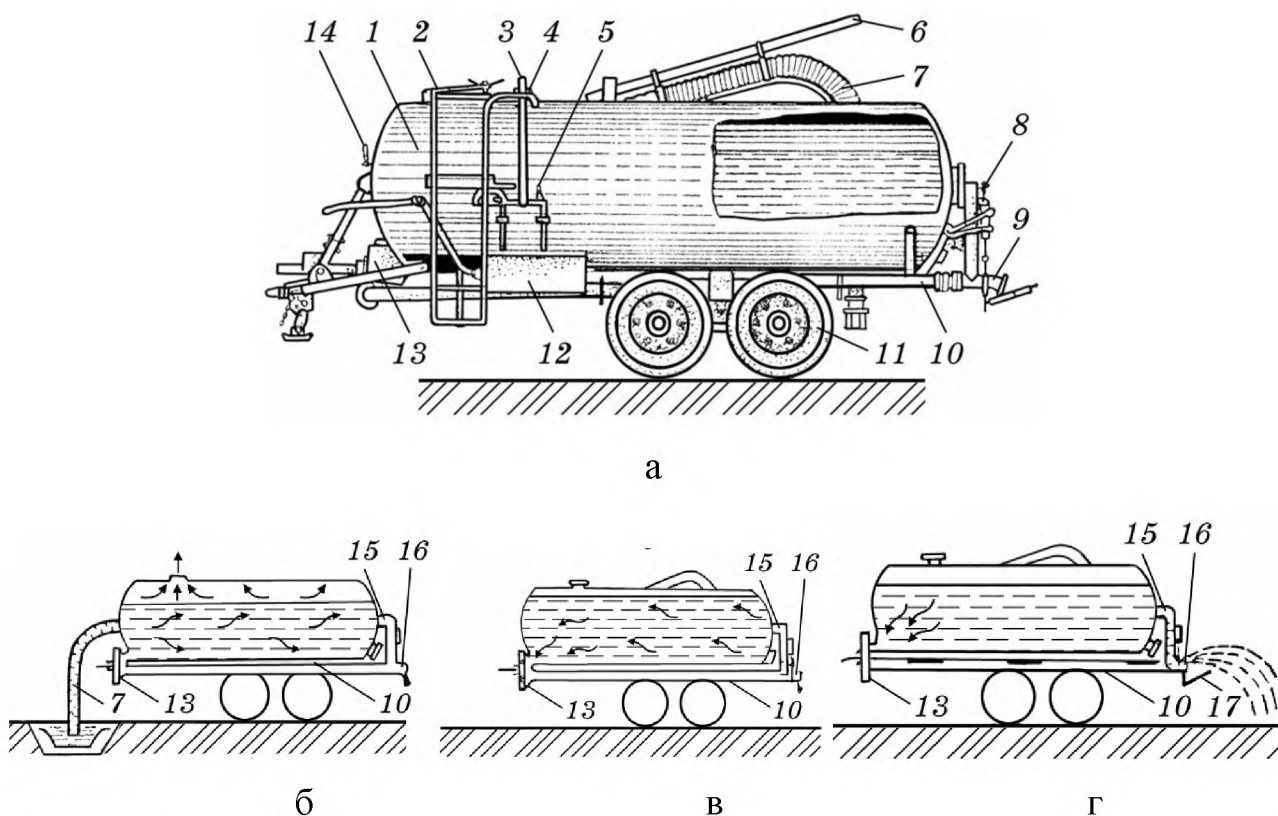


Рисунок 1.9. Машина для внесення рідких добрив [4]: а - загальний вигляд; б - схема заправки; в - схема перемішування; г - схема розливання добрив; 1 - цистерна; 2 - люк; 3 - вакуумметр; 4 - запобіжний рідинний клапан; 5 - запобіжний вакуумний клапан; 6 - штанга; 7 - заправний рукав; 8 - перемикальний пристрій; 9 - розливний пристрій; 10 - напірний трубопровід; 11 - ходові колеса; 12 - вакуумна установка; 13 - відцентровий насос; 14 - рівнемір; 15 і 16 - заслінки; 17 - розподільний щиток

Основою машини є цистерна 1 (рис. 1.9), яка опирається міст коліс із балансірною підвіскою, причіпного дишла, вакуумної установки 12, заправної штанги 6, насоса відцентрового 13, перемикальної засувки 8, розподільчого пристрою 9. Машина обладнана показчиком рівня рідини 14, клапанами 5 і 4. Для виконання вимог безпеки цистерна обладнана пневматичною гальмівною

системою, приладами освітлення і сигналізації. У верхній частині цистерни передбачено люк для завантаження машини сторонніми засобами, а у нижній- для огляду та очищення цистерни [4].

Форма цистерни – це круговий циліндр із двостороннім еліптичним днищем. На цистерні монтуються всі збірні складові машини, такі як драбина, штанга, заправний рукав тощо. Внутрішня порожнина цистерни розділена перегородками для гасіння гідравлічних ударів через коливання рідини під час транспортування. Зчіпний пристрій призначений для з'єднання машини із гідрогаком трактора. Привід відцентрового насоса здійснюється від валу відбору потужності трактора. За відповідної конструкції розподільчого пристрою ширина захвату машини рівна ширині відбитого від пластини струменю і не перевищує 2 м.

Значно підвищити ширину захвату машини та рівномірність внесення рідких органічних добрив дозволяє обладнання машини обладнанням для розливанням у вигляді шлангів (рис. 1.10). Завдяки такому додатковому обладнанню можна вносити як добрива по поверхні поля не зайнятого рослинами так і у міжряддя рослин.



Рисунок 1.10 Фото машини для поверхневого внесення рідких органічних добрив

Наступним етапом у підвищенні ефективності від внесення рідких органічних добрив є їх внесення одразу у ґрунт. Для цього цистерна

обладнується кронштейнами 10 до яких через гідроциліндр 9 приєднується рам 8 ґрунтообробного знаряддя. Секції 6 приєднуються до рами за допомогою паралелограмної підвіски. Також машина обладнується розподільним пристроєм 2. Кожна секція обладнана дисковим ножем 7, плоскорізальною лапою 5 із підживлювальною трубкою 4 і прикочувальним коток 3. Під час роботи машини насос подає добрива по напірному трубопроводу 11 до розподільного пристрою 2, з якого по гнучких шлангах вони потрапляють у трубки 4, що закріплені на лапах. Дисковий ніж розрізає верхній задернілий шар ґрунту, полегшуючи стійкий хід лапи в заглибленому положенні. Лапа 5 піднімає скибу і загортає під неї рідкі добрива. Коток 3 ушільнює ґрунт.

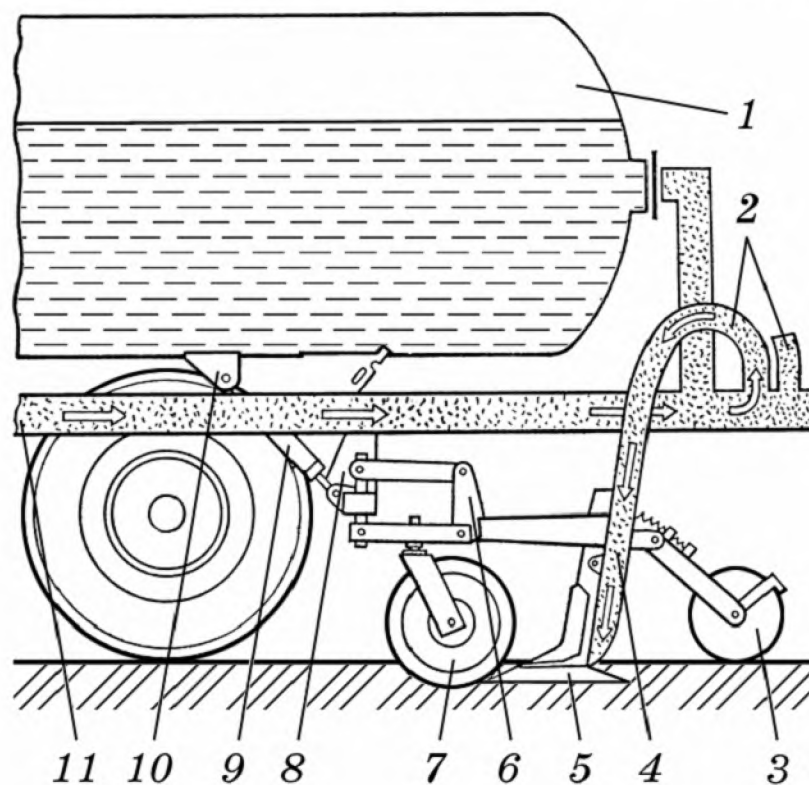


Рисунок 1.11. Схема агрегату для внесення рідких органічних добрив у ґрунт: 1 - цистерна; 2 - розподільний пристрій; 3 - прикочувальний коток; 4 - підживлювальна трубка; 5 - лапа; 6- секція; 7 - дисковий ніж; 8 - рама; 9 - гідроциліндр; 10 - кронштейн; 11 - напірний трубопровід

Наведена на рисунку 1.11 схема сьогодні знайшла своє впровадження у смуговій системі обробітку ґрунту Strip-till. Так машина як здійснює обробіток

смуг ґрунту під натупний посів сільськогосподарських культур вносить у смуги рідкі органічні добрива (рис. 1.12).



Рисунок 1.12 – Фото машини машини яка забезпечує внесення гноївки під час обробітку смуг за технологією Strip-till

Зважаючи на кліматичні зміни зона вирощування соняшника в Україні досягла і Полісся. Але для реалізації потенціалу гібридів потрібно забезпечити рослини поживним елементами та стійким зволоженням в умовах ґрунтів легкого механічного складу. Тут варто звернути увагу на відклади прісноводних озер – сапропелі, якими багаті озера цієї природно-кліматичної зони. Виготовлення сумішей на основі сапропелю вологістю 90-92 % із січкою соломи злакових культур та смугове внесення їх під посів соняшнику створить сприятливі умови для формування високих кількісних та якісних показників врожайності.

У той же час аналіз конструкцій машин для внесення органічних добрив показує, що серед них відсутні машини, які можуть забезпечити локально-смугове внесення органічних добрив підвищеної вологості.

1.3. Огляд досліджень із удосконалення машин для внесення органічних добрив

Відомі дослідження машини для внесення промороженого сапропелю смугами. Основою для даної машини є напівпричіп розкидача органічних добрив. В задній частині напівпричіпа обладнаний подрібнюючим бітером 6, спрямовувачем потоків добрив 7, подрібнювальними вальцями 8 та сошниками 12. У процесі роботи машини у ґрунті вкладаються смуги із сапропелю з відстанню між ними, що рівня ширині міжрядь культури яка далі сіється чи садиться. У наведеному на рисунку 1.13 випадку це картопля. Бункер картоплі 9 та садильний апарат 10 також кріпиться жорстко на задній частині машини [5].

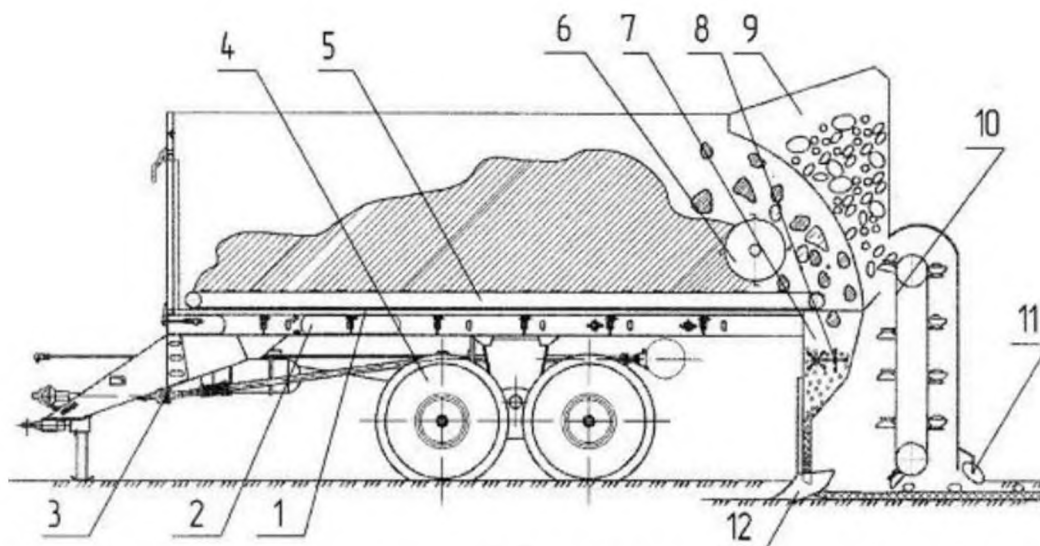


Рисунок 1.13 – Схема машини для локального внесення сапропелю та садіння картоплі [5]: 1 – кузов; 2 – рама; 3 – сниця; 4 – опорні колеса; 5 - ланцюгово-планчастий транспортер; 6 - подрібнювальний бітер; 7 - спрямовувачі потоків добрив; 8 - подрібнювальні вальці; 9 – бункер картоплі; 10 - садильні апарати; 11 - дискові загортачі; 12 - сошники

Дослідження порційного внесення органо-мінеральних на основі сапропелю добрив для садіння картоплі наведено у праці [6]. Дослідниками на основі аналізу форми та розмірів кореневої системи картоплі запропоновано схему порційного кільцевого розташування добрив навколо бульби, що

висаджується (рис. 1.14). Дослідники стверджують, що застосування такого пристрою для порційного внесення органо-мінеральних добрив повністю відповідає агрономогам до процесу садіння картоплі. Також у дослідженні вказано, потрібна рівномірність розподілу зон вкинутих гранул добрив буде тоді коли рух картоплесаджалки буде зі швидкістю 0,5–1,38 м/с [6].

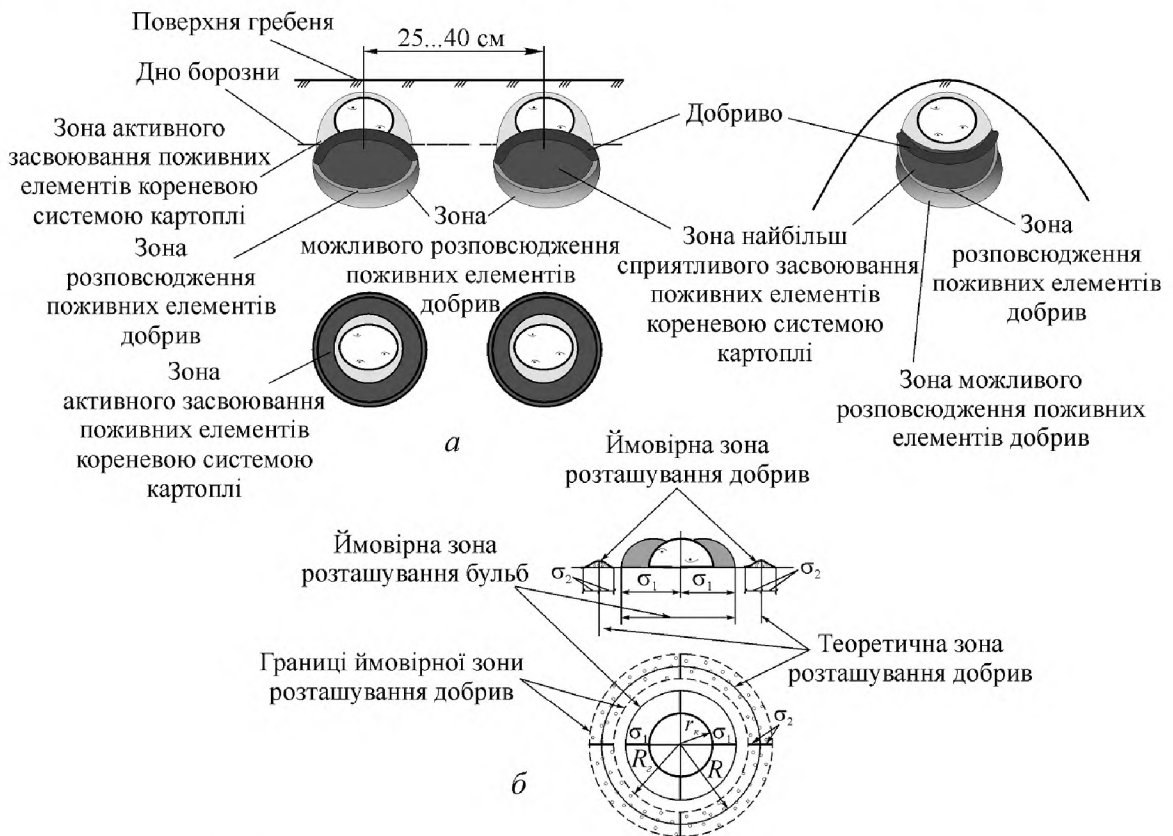


Рисунок 1.14 Схема зон, що ілюструє розповсюдження кореневої системи картоплі та засвоєння добрив: а – вид збоку, поперечний переріз грядки та вид зверху; б – схема розташування бульб картоплі та добрив [6]

Також відомі глибокі теоретичні дослідження взаємодії вертикального бітера із органічними добривами у вигляді замороженого сапропелю [7]. Це дослідження мало на меті встановити напрям та швидкість відриву частинки добрив від поверхні бітера. У результаті отримано формули для визначення швидкості та переміщення частинки поверхнею обертового вертикального бітера. За якими дослідники побудували траєкторію руху частинки добрив робочою поверхнею вертикального бітера (рис. 1.54)

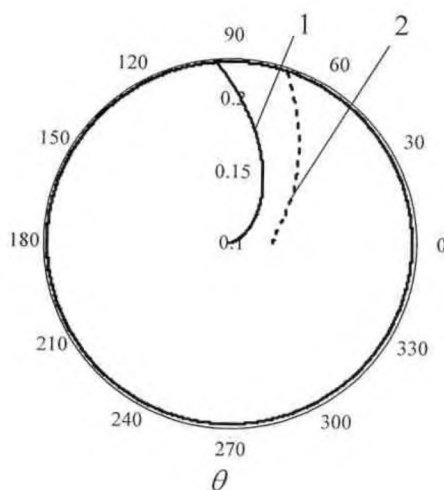


Рисунок 1.15 Траєкторії руху частинки сапропелю поверхневого бітера:

1 - $R = 0,1$ м; 2 - $R = 0,13$ м [7]

Також у даному дослідженні наведено формулу для розрахунку дальності польоту частинок сапропелю після їх сходження із бітера. Але, нажаль, проаналізовані залежності лише дуже наближено описують розглядувані процеси оскільки вони не враховують величезну кількість факторів. Основними з них є: розміри частинок добрив, зусилля їх прилипання до робочої поверхні бітера, впливу опору середовища тощо.

Підсумовуючи слід вказати, що не зважаючи на значний об'єм досліджень у галузі дослідження машин для внесення органічних добрив лишається відкритим питання удосконалення їх конструкцій для локального-смугового внесення органічних добрив підвищеної вологості.

1.4. Постановка проблеми, мета та завдання дослідження

Вирощування високих врожаїв соняшника, який є надзвичайно важливою експортною культурою, а також цінним продуктом харчування в Україні та сировиною для переробної промисловості є важливих загальнодержавних завданням. Зважаючи на суттєві кліматичні зміни останніх років врожайність соняшника значно обмежується наявністю продуктивної вологи у родючому шарі ґрунту. Також отримання високої врожайності соняшнику, як за

кількісними так і якісними показниками, вимагає комплексного внесення органічних та мінеральних добрив. Зважаючи на кліматичні зміни зона вирощування соняшника в Україні досягла і Полісся. Але для реалізації потенціалу гібридів потрібно забезпечити рослини поживним елементами та стійким зволоженням в умовах ґрунтів легкого механічного складу.

Тут варто звернути увагу на відклади прісноводних озер – сапропелі, якими багаті озера природно-кліматичної зони Полісся. Виготовлення сумішей на основі сапропелю вологістю 90-92 % [8-10] із органічними наповнювачами такими як січка соломи злакових культур, льону, деревної тирси, та смугове внесення їх під посів соняшнику створить сприятливі умови для формування високих кількісних та якісних показників врожайності. До складу суміші також можуть вводитись додатково необхідні компоненти мінерального живлення. У подальшому смуги із такої суміші розташовані під рядками соняшнику забезпечать його живлення та створення додаткового запасу вологи.

У той же час аналіз конструкцій машин для внесення органічних добрив показує, що серед них відсутні машини, які можуть забезпечити локально-смугове внесення органічних добрив підвищеної вологості.

Мета досліджень полягала у теоретичному обґрунтуванні параметрів сошникової системи для формування борозни у ґрунті під вкладання органічних добрив підвищеної вологості та її закривання, а також експериментальному дослідженні зміни вологості суміші від вмісту та виду наповнювача. Об'єкт досліджень – технологічний процес локального внесення органічних добрив підвищеної вологості. Предмет досліджень – конструктивно технологічні параметри сошникової системи.

Відповідно до поставленої мети визначена наступна програма теоретично-експериментальних досліджень:

- 1) Теоретично обґрунтувати конструктивні параметри сошникової системи для локального-стрічкового внесення органічних добрив підвищеної вологості;
- 2) Розробити методику приготування сумішей із сапропелю та різного виду наповнювачів та перерозподілу вологи у такій суміші.

3) Провести дослідження перерозподілу води у суміші сапропелю із органічними наповнювачами.

4) Розробити конструкцію сошникової системи для локального-стрічкового внесення органічних добрив підвищеної вологості.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ І ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ СОШНИКОВОЇ СИСТЕМИ

2.2. Обґрунтування конструкції сошникової системи

На основі наведених у попередньому розділі висновків встановлено, що існує потреба у модернізації або розробці нових машин які здатні забезпечувати локальне-стрічкове внесення у ґрунт органічних добрив підвищеної вологості. Така машина повинна забезпечувати стрічкове внесення органічних добрив, наприклад на основі сапропелю природної вологості та органічних наповнювачів типу січки соломи злакових культур під наступний посів соняшнику, або інших культур із широкорядним способом посіву (садіння). Також бажано, щоб конструкція такого пристрою біла універсальною і її можна було отримувати шляхом удосконалення конструкції існуючих машин для внесення твердих органічних добрив. Завдяки такій машині у ґрунті буде формуватися поживний шар, який окрім забезпечення рослин соняшнику поживними елементами міститиме у собі додатковий запас вологи для початкового етапу розвитку рослин. Завдяки високій поглинаючій здатності цей шар буде накопичувати у собі вологу опадів і створювати відповідний запас на ґрунтах легкого механічного складу.

Функціональне призначення розроблюваної сошникової системи полягає у формуванні в ґрунті борозни визначеної глибини та профілю для забезпечення формування на її дні шару із добрив підвищеної вологості. Далі має бути передбачений пристрій для збирання залишків суміші які не потрапили безпосередньо у борозну і нарешті закривання борозни та уцінення і вирівнювання поверхні ґрунту над нею.

Згідно розробки що пропонується за основу беремо розкидач органічних добрив із розкидаючим пристроєм у формі вертикальних бітерів. У нижній

частині розкидаючого пристрою монтується додатковий пристрій у вигляді дозуючого бітера, що формує чотири потоки із добрив, що знаходяться в кузові розкидача. Далі добрива під дією земного тяжіння потрапляють у борозни сформовані розроблюваною сошником системою.

Для агрегування сошникової системи із базовою машиною для внесення твердих органічних добрив остання додатково обладнується у задній частині механізмом навіски.

Основою розроблюваної сошникової системи є рама виготовлена із труб квадратного перерізу. У передній частині до рами приєднано механізм навішування за допомогою якого даний механізм агрегується із навіскою машини для внесення твердих органічних добрив. У задній частині рами передбачено механізм навішування сівалки для посіву соняшника.

До рами механізму кріпляться пристосування для встановлення сошників, згортаючи роторів, дискових загортачів та прикочуючи коліс. Розроблювана конструкція сошникової системи забезпечує формування у ґрунті чотирьох стрічок із вологоутримуючих добрив.

Сошник має складну будову. У нижній його частині розташовано двосторонній стрілчастий леміш, який підрізає шар ґрунту та подає відповідно на правосторонню та лівосторонню полиці. Полиці у свою чергу розгортають ґрунт із борозни на бічні сторони.

Оскільки під час падіння добрив від дозуючого бітера до борозни певна їх частина може потрапити до борозни то передбачено встановлення загортаючи роторів. Вони змонтовані на поздовжніх балках попарно. Основою кожного з роторів є диск до якого приварено маточину для встановлення підшипників та шість закріплених по радіусу диска стаканів для встановлення пружних зубів. Блок із двох підшипників та осі забезпечують обертання загортаючи роторів у площині перпендикулярній напрямку борозни. Крутний момент, необхідний для обертання роторів, створюється завдяки взаємодії пружних пальців із ґрунтом та поступальному руху машини.

Пружні зуби складаються із прямолінійної та кільцевої частин. Прямолінійною частиною вони встановлюються в отвори обойми і притискаються шайбою та пружиною у стакані. Кріплення здійснюється гайкою із шплінтом. Передбачено механізм переміщення стійок вздовж балок та за висотою, який забезпечує можливість регулювання роботи пристрою відповідно до конкретних ґрунтових умов.

Далі на рамі пристрою попарно встановлені дискові загортачі. Вони складаються із дисків діаметром 300 мм із підшипниковими опорами для їх обертання. Також передбачено механізм регулювання висоти розташування осі дисків над поверхнею ґрунту, що забезпечує можливість регулювання висоти гребеня над заробленим добривами.

У задній частині рами змонтовані опорні колеса, які одночасно забезпечують ущільнення та вирівнювання поверхні поля над борозною та регулювання загального положення секції сошникової системи.

Для забезпечення копіювання поверхні поля кожна секція сошникової системи кріпиться до рами через паралелограмний механізм.

2.3. Обґрунтування форми борозни та норми внесення добрив

Визначимо форму борозни, яку повинна утворювати сошниковая система згідно таких міркувань. Прийmemo, що у ґрунті будемо формувати шар органічних добрив підвищеної вологості товщиною h_c . Також врахуємо що між добривами та насінням соняшника має бути захисний шар ґрунту товщиною h_s . Також рекомендована глибина посіву насіння позначимо через a_2 . Для забезпечення необхідної глибини посіву a_2 слід забезпечити відповідні розміри борозни. Для цього проаналізуємо схему на рис. 2.1.

На наведеній на рис.2.1 схемі a - глибина ходу сошника; a_1 - глибина на якій завершується шар органічних добрив; a_2 - глибина вкладання (садіння)

насіння. На основі наведеної на рис. 2.1 та наведеної раніше інформації можна записати

$$h_c = a - a_1, \quad (2.1)$$

$$h_2 = a_1 - a_2. \quad (2.2)$$

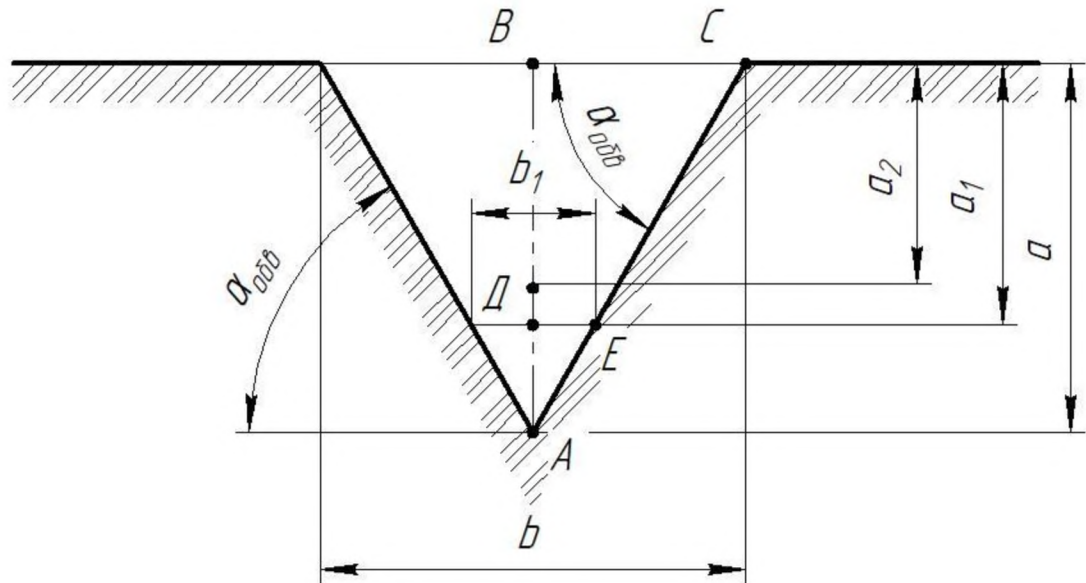


Рисунок 2.1 Схема формування борозни сошником системою

Із (2.1) отримаємо

$$a = h_c + a_1. \quad (2.3)$$

Підставляючи у (2.3) значення a_1 із (2.2) отримаємо

$$a = h_c + a_2 + h_2. \quad (2.4)$$

А також

$$\operatorname{tg} \angle DEA = \frac{AD}{DE}. \quad (2.5)$$

Звідки

$$DE = \frac{AD}{\operatorname{tg} \angle DEA}.$$

Або

$$DE = \frac{h_c}{\operatorname{tg} \angle \alpha_{обв}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha_{обв} = 40...75^\circ$ - кут природного відкосу ґрунту утворений обваленням.

А площа поперечного перерізу шару добрив складе

$$S_{\delta} = AD \cdot DE = \frac{h_c^2}{\operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{обс}}}.$$

Аналогічним буде і об'єм добрив, що вноситься на одному погонному меті рядка V_1 .

Тоді об'єм добрив, який вноситься на 1 га складатиме

$$V_{za} = \frac{V_1 \cdot S_{za}}{b} = \frac{10^4 \cdot h_c^2}{b \cdot \operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{обс}}}. \quad (2.7)$$

де $S_{za} = 10^4 \text{ м}^2$ – площа одного гектара у м^2 ;

b – ширина міжряддя з якими вирощується культура під яку формується смуга добрив, м.

Зважаючи на те що норма внесення добрив на гектар може бути визначена за виразом

$$Q = V_{za} \cdot \gamma, \quad (2.8)$$

де γ - об'ємна маса суміші на основі сапропелю внесення яких буде здійснювати машина, т/м^3 .

То на основі (2.7) та (2.8) отримаємо

$$Q = \frac{10^4 \cdot h_c^2 \cdot \gamma}{b \cdot \operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{обс}}}, \quad (2.9)$$

Із (2.9) отримаємо

$$h_c = 10^{-2} \sqrt{\frac{Q \cdot b \cdot \operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{обс}}}{\gamma}}, \quad (2.10)$$

За отриманим виразом та необхідним значенням глибини посіву a_2 соняшника яка змінюється залежно від ґрунтово-кліматичної зони, ґрунтів та наявної вологи, а також товщини захисного шару h_2 за формулою (2.4) розраховуємо глибину борозни a .

Для дослідження впливу норми внесення суміші Q , яка може змінюватися у межах від 8 до 20 т/га, кута природного відкосу ґрунту $\alpha_{\text{обс}}$, який може набувати значень від 40° до 75° та об'ємної маси суміші γ , яка також може

змінюватись від 0,5 до 0,9 т/м³ побудовано графіки за формулою (2.10) у Mathcad (рис. 2.2).

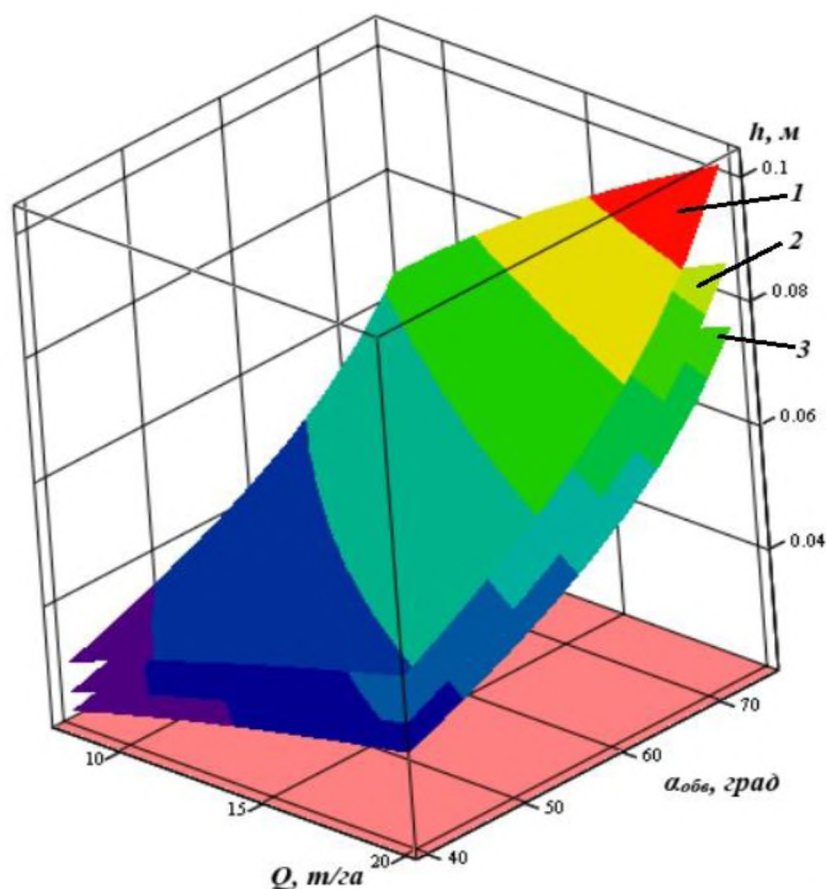


Рисунок 2.2 Графічні залежності побудовані за формулою (2.10): 1 -

$$\gamma = 500 \text{ кг} / \text{м}^3; \quad \gamma = 700 \text{ кг} / \text{м}^3; \quad \gamma = 900 \text{ кг} / \text{м}^3$$

Із отриманого графіка видно, що на ґрунтах легкого механічного складу для яких кут $\alpha_{обв} = 40...50^\circ$ для забезпечення норми внесення у 10-15 т/га суміші із об'ємною масою $\gamma = 700 \text{ кг} / \text{м}^3$ висота шару добрив не перевищуватиме $h_c = 0,04-0,05 \text{ м}$

2.4. Визначення тягового зусилля трактора

Тяговий опір, який має долати трактор, що агрегатується із розроблюваною машиною містить такі складові [11]

$$R = R_1 + R_2, \quad (2.11)$$

R_1 - опір на пересування напівпричіпа із завантаженою сумішшю, кН;

R_2 - опір, що виникає у результаті деформування ґрунту сошниками, роботи загортаючи роторів та дискових загортачів борозни, кН.

Першу складову опору можна визначити так [11]

$$R_1 = G \cdot f \cdot \cos \alpha + G \cdot \sin \alpha, \quad (2.12)$$

де G - вага напівпричіпа повністю завантаженого сумішшю на основі сапропелю.

f - коефіцієнт опору коченню, який для свіжозораного поля на суглинку складає $f = 0,1$;

$\alpha = 10^\circ$ - максимальний кут нахилу схилу рельєфу для роботи на якому проектується машина.

Оскільки за базову машину на яку монтується пристосування для смугового-локального внесення обрано РТД-9, яка має максимальну вантажність 9000 кг а її власна 4300 кг то

$$G = (9000 + 4300) \cdot 9,81 = 130473 \text{ Н}.$$

Тому отримаємо

$$R_1 = 130473 \cdot 0,1 \cdot \cos 10^\circ + 130473 \cdot \sin 10^\circ = 12849,1 + 22656,4 = 35505,5 \text{ Н}.$$

Другу складову опору визначимо за такими міркуваннями. Опір на деформування ґрунту сошниками та закривання борозни дисковими загортачами визначимо відповідно до теорії опору ґрунтообробних знарядь за площею перерізу деформованого шару, кількістю робочих органів та питомим опором ґрунту за формулою [13, 14]

$$R_2 = k \cdot n \cdot (S_6 + S_2), \quad (2.13)$$

де k - питомий опір ґрунту, значення якого зважаючи на те, що машина працюватиме на ґрунтах з легким механічним складом приймемо рівним $k = 10 \text{ кПа}$;

$n = 4$ - кількість секцій сошникової системи;

S_6 - площа поперечного перерізу шару ґрунту, що деформується під час роботи одного сошника, м²;

S_2 - площа поперечного перерізу ґрунту, що деформується під загорання однієї борозни, м².

Площу поперечного перерізу шару ґрунту, що деформується під час утворення однієї борозни встановимо на основі аналізу схеми наведеної на рис. 2.1. За даною схемою можна записати

$$\operatorname{tg}\angle BCA = \frac{BA}{BC}. \quad (2.14)$$

Звідки

$$BC = \frac{BA}{\operatorname{tg}\angle BCA},$$

або

$$BC = \frac{a}{\operatorname{tg}\angle\alpha_{\text{обг}}}, \quad (2.15)$$

де a – глибина ходу сошника.

На основі (2.4) та з урахуванням що товщина шару добрив на основі висновків до попереднього пункту складатиме $h_c = 0,05$ м, а глибина садіння $a_2 = 0,04$ м та товщина захисного прошарку ґрунту $h_2 = 0,02$ м отримаємо

$$a = 0,05 + 0,04 + 0,02 = 0,11 \text{ м}$$

Тоді

$$BC = \frac{0,11}{\operatorname{tg}40^\circ} = 0,131 \text{ м.}$$

Тоді площа перерізу шару ґрунту, що деформується під час утворення однієї борозни складе

$$S_6 = BA \cdot BC = 0,110 \cdot 0,131 = 0,014 \text{ м}^2.$$

Для пристроїв, що проводять загорання борозни основними параметрами є діаметр дисків, кути їх встановлення до горизонту та напрямку руху. Окрім загорання борозни диски повинні ще утворювати над рядком додатковий

виступ ґрунту, який буде ущільнений прикочуючим колесом. Висота такого виступу може досягати **0,1 м**. У такому випадку повинні виконуватись умови

$$b_2 = 2 \cdot h_2 \cdot \operatorname{ctg} \gamma, \quad (2.16)$$

$$S_{\Delta cde} = S_{\Delta c'fg}. \quad (2.17)$$

Тобто площа площі січення забраного із борозни ґрунту та виступу мають бути рівними (рис. 2.3).

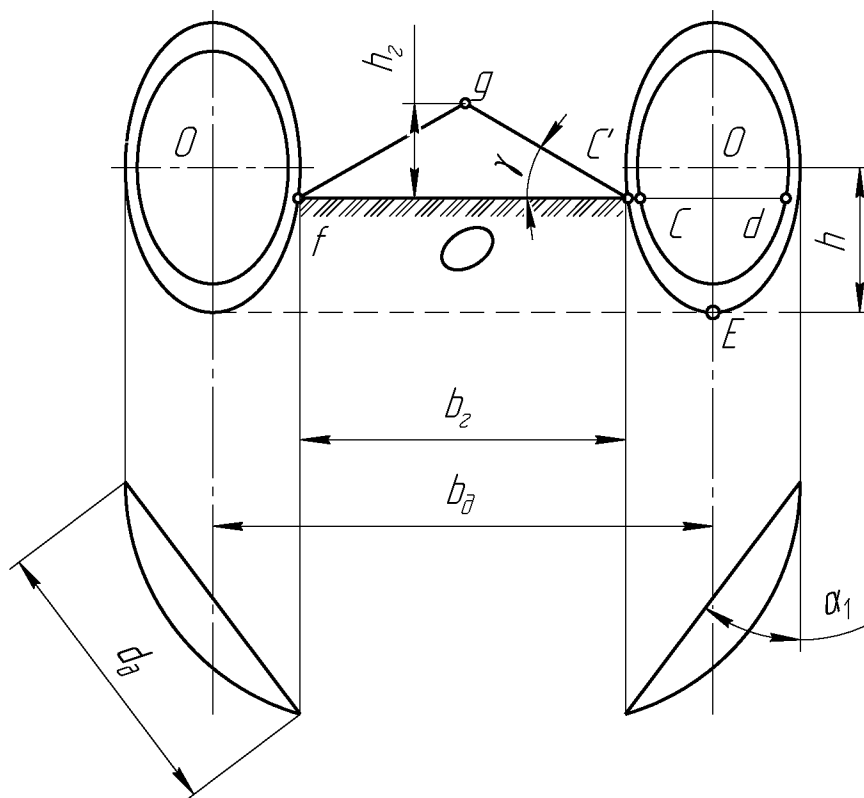


Рисунок 2.3 Схема до встановлення площі деформованого дисками ґрунту

Оскільки диски встановлені вертикально з кутом атаки α_1 , то площу січення борозенки S_6 і виступу S_2 можна встановити з виразів

$$S_6 = \frac{2}{3} \cdot d'_d \cdot h \cdot \sin \alpha_1 = \frac{4}{3} \cdot h \cdot \sin \alpha_1 \cdot \sqrt{h \cdot d_d - h}, \quad (2.18)$$

$$S_2 = 0.25 \cdot h_2 \cdot b_2, \quad (2.19)$$

де d_d - діаметр диска, який приймемо $d_d = 0,4 \text{ м}$;

h - глибина ходу дисків у ґрунті ($0,1 \dots 0,2 \text{ м}$);

d'_d - хорда диска, яку він має на глибині h ;

α_1 - кут атаки дисків;

h_2 і b_2 - відповідно висота і ширина виступу.

На основі взятої з рекомендацій висоти гребня $h_2 = 0,1\text{ м}$, а ширину гребня – пропорційну ширині опорного колеса, тобто $b_2 = 0,30\text{ м}$ площа S_2 становитиме

$$S_2 = 0,25 \cdot 0,10 \cdot 0,30 = 0,0075\text{ м}^2.$$

Тоді

$$R_2 = 20 \cdot 10^3 \cdot 4 \cdot (0,014 + 0,0075) = 1,72\text{ кН}.$$

$$R = 35,5 + 1,7 = 37,2\text{ кН}.$$

Отримане значення вказує на те, що розроблювану машину слід агрегатувати з тракторами з тяговим зусилля 40 кН .

2.4. Визначення параметрів сошника сошникової системи

Оскільки у встановлюються сошники із гострим кутом входження у ґрунт, то визначимо величину цього кута аналізуючи рис. 2.4

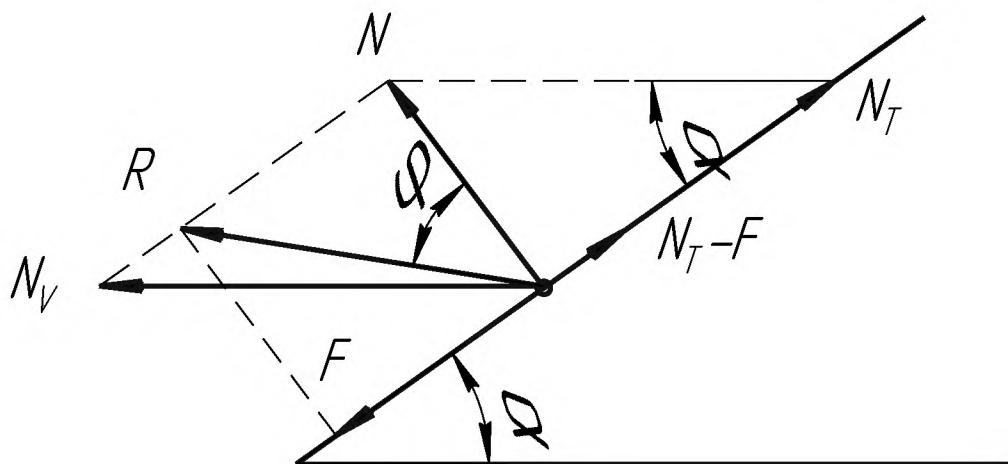


Рисунок 2.4 Схема дії сил на сошник з гострим кутом входження на ґрунт

Розглянемо сили, які діють на сошник з гострим і тупим кутом входження у ґрунт. Якщо кут входження сошника у ґрунт α гострий (рис. 2.4, а), то рух частинки робочою поверхнею вверх сошником можливий, коли

$$N_T \geq F, \quad (2.20)$$

у такому випадку має виконуватись умова

$$N \cdot \operatorname{tg}\left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right) \geq N \cdot \operatorname{tg}\varphi, \quad (2.21)$$

або

$$\frac{\pi}{2} - \alpha \geq \varphi \Rightarrow \alpha \leq \frac{\pi}{2} - \varphi, \quad (2.22)$$

де φ - кут тертя ґрунту по матеріалу сошника, для розрахунків приймемо $\varphi = 35^\circ$.

При такому куті підйому α частинки ґрунту ідуть вверх лобовою гранню сошника. Кут α забезпечує розпушення ґрунту, але у такому випадку сошник заглиблюється в ґрунт формуючи нерівний хвилястий мікрорельєф на поверхні поля. Це явище не бажане, тому реальний кут входження приймається більшим розрахованого значення. Оскільки для розглядуваного випадку $\frac{\pi}{2} - \varphi = 90^\circ - 35 = 55^\circ$ тому приймемо $\alpha = 60^\circ$

2.5. Розрахунок геометричних параметрів загортачів органічних добрив

Загортачі залишків суміші, які входять у сошникову систему, проектуються у вигляді пари роторів, які встановлені під деяким кутом один до одного (рис.2.5).

Кут встановлення роторів приймемо рівним мінімальному куту природного відкосу $\alpha_{нас}$, утвореного насипанням, ґрунту. Значення даного кута для ґрунтів легкого механічного складу знаходиться у межах $\alpha_{нас} = 30...50^\circ$. Тому приймемо для подальших розрахунків $\alpha_{нас} = 30^\circ$.

Для визначення діаметра дисків проведемо аналіз схеми наведеної на рис. 2.5.

Після проходження сошника повинна виконуватись умова

$$S_{\Delta COA} = S_{\Delta EDC}. \quad (2.23)$$

Де

$$S_{\Delta COA} = \frac{b \cdot a}{4},$$

$$S_{\Delta EDC} = \frac{h \cdot b_1}{4}.$$

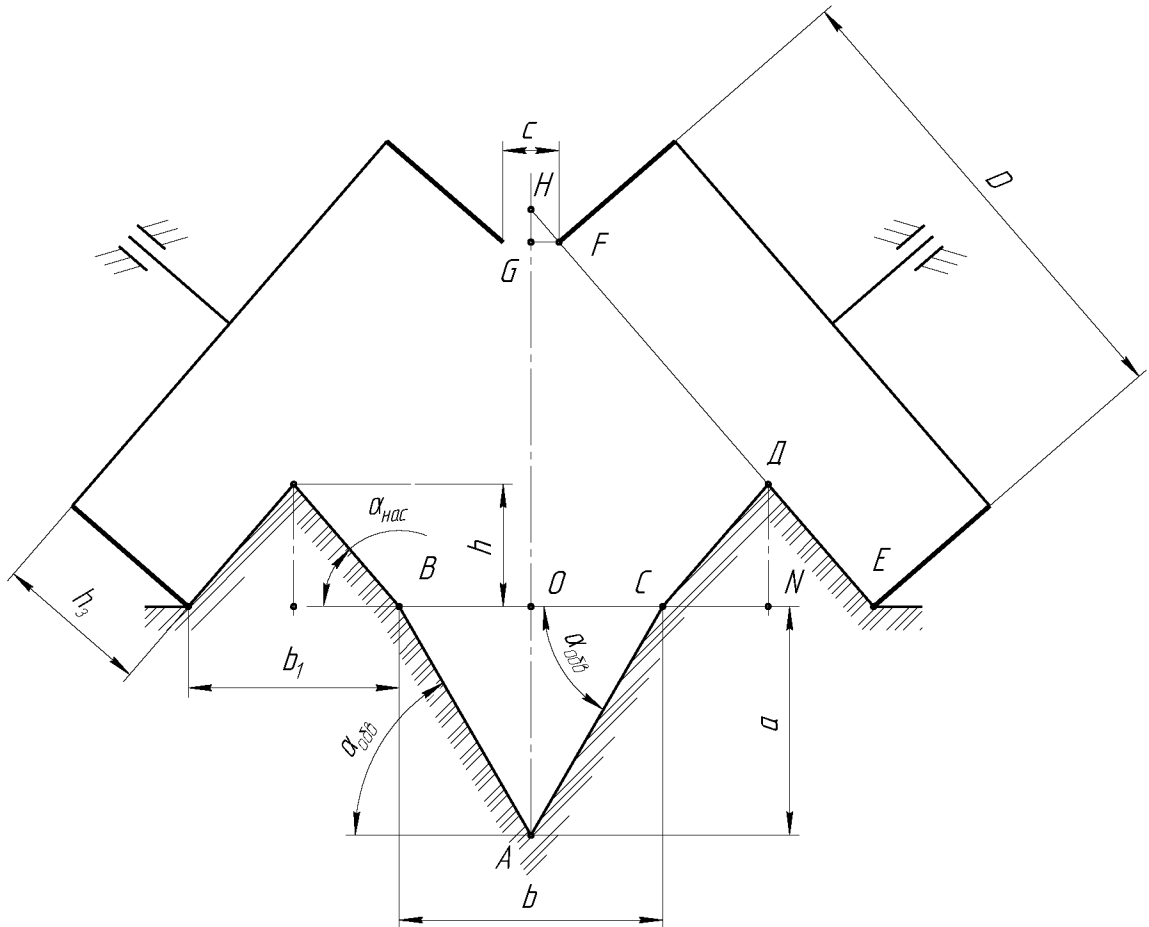


Рисунок 2.5. Схема до визначення параметрів загортачів залишків суміші

Також можна записати

$$\operatorname{tg} \angle NED = \frac{2h}{b_1}.$$

Звідки

$$h = \frac{b_1 \cdot \operatorname{tg} \angle NED}{2}.$$

Тоді

$$S_{\Delta EDC} = \frac{b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \angle NED}{8} = \frac{b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{нас}}}{8}.$$

Після підстановки отриманих залежностей у формулу (2.23) отримаємо

$$\frac{b \cdot a}{4} = \frac{b_1^2 \cdot \operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{нас}}}{8}.$$

Звідки

$$b_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot b \cdot a}{\operatorname{tg} \angle \alpha_{\text{нас}}}}. \quad (2.24)$$

Після підстановки значень у (2.4) і (2.24) отримаємо параметри сошника та параметр b_1

$$a = 0,07 + \frac{0,03}{2} \cdot \operatorname{tg} 40^\circ = 0,083 \text{ м.}$$

$$b = \frac{2 \cdot 0,083}{\operatorname{tg} 40^\circ} = 0,198 \text{ м.}$$

$$b_1 = \sqrt{\frac{2 \cdot 0,198 \cdot 0,083}{\operatorname{tg} 30^\circ}} = 0,239 \text{ м.}$$

У $\triangle HOE$

$$OE = \frac{b}{2} + b_1, \quad (2.25)$$

$$\cos \angle HEO = \frac{OE}{HE}.$$

Звідки

$$HE = \frac{OE}{\cos \angle HEO} = \frac{\frac{b}{2} + b_1}{\cos \alpha_{\text{нас}}}. \quad (2.26)$$

У $\triangle HGF$

$$\cos \angle HFG = \frac{GF}{HF}.$$

Звідки

$$HF = \frac{GF}{\cos \angle HFG} = \frac{c}{2 \cdot \cos \alpha_{\text{нас}}}, \quad (2.27)$$

де $c = 0,02$ м зазор між робочими органами роторів.

Також можна записати

$$FE = D = HE - HF. \quad (2.28)$$

Після підстановки (2.26) (2.27) у (2.28) отримаємо

$$D = \frac{\frac{b}{2} + b_1}{\cos \alpha_{нас}} - \frac{c}{2 \cdot \cos \alpha_{нас}} = \frac{b + 2 \cdot b_1 - c}{2 \cdot \cos \alpha_{нас}}.$$

Підставивши числові значення отримаємо

$$D = \frac{0.198 + 2 \cdot 0.239 - 0.02}{2 \cdot \cos 30^\circ} = 0.378 \text{ м}$$

Таким чином для забезпечення загортання залишків добрив з поверхні поля встановлюватимемо ротори із діаметром диска **0,380 м**

РОЗДІЛ 3

ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Під час аналізу та узагальнення відомих досліджень за темою дослідження було встановлено, що з метою створення у ґрунті смуг із суміші на основі сапропелю у якості наповнювача можуть використовуватися січка соломи злакових культур, льону та деревна тирса. Вміст цих наповнювачів визначатиме технологічні властивості суміші з точки зору її внесення робочими органами сільськогосподарських машин. Також залежно від вмісту у суміші наповнювача змінюватиметься вологість суміші та її об'ємна маса. Буде змінюватись об'ємна маса суміші і під впливом стискаючих навантажень, які спричинені дією висоти шару цих добрив у бункері, а також у результаті взаємодії із робочими органами. Це у свою чергу впливатиме на висоту шару суміші у борозні визначену за формулою (2.10). Тому вирішено було провести дослідження впливу виду наповнювача та його вмісту на вологість отриманої суміші та її об'ємну масу. Для цього була розроблена програма експериментальних досліджень, якою передбачено виготовлення сумішей сапропелю із січкою соломи озимої пшениці, льону та деревної тирси та встановлення їх вологості.

Програмою експериментальних досліджень також передбачено встановлення об'ємної маси суміші на снові січки соломи озимої пшениці за її різного вмісту у суміші.

З метою реалізації описаної програми експериментальних досліджень необхідно вирішити наступні задачі:

- підібрати лабораторне обладнання для дослідження;
- визначити початкову вологість складових суміші методом висушування;
- виготовити суміші на основі сапропелю та січки соломи озимої пшениці, льону та соснової тирси за різного їх вмісту у суміші;

- встановити вологість отриманих варіантів суміші.
- дослідити об'ємну масу варіантів суміші на сапротелю із січкою соломи.
- дослідити зміну об'ємної маси варіантів суміші на сапротелю із січкою соломи за впливу стискаючого навантаження.

3.2. Прилади, обладнання та апаратура які використовувались у дослідженнях

Для визначення початкової вологості зразків сапротелю, органічних наповнювачів та отриманих варіантів суміші використовувалось таке лабораторне обладнання: сушильна електрошафа СНОЛ – 3,5.3,5.3,5/3 ИЗ з діапазоном автоматичного регулювання температури в робочому просторі від $+50$ до $+350$ $^{\circ}\text{C} \pm 2$ $^{\circ}\text{C}$; ексикатор; бюкси; щипці; лабораторні ваги ТВЛ 0,5.



Рисунок 3.1 Обладнання, яке використовувалось у дослідженнях: сушильна електрошафа СНОЛ – 3,5.3,5.3,5/3 ИЗ; лабораторні ваги ТВЛ 0,5; ексикатор; щипці; бюкси

Для визначення об'ємної маси зразків суміші сапропелю та січки озимої пшениці використовували металеве різуче кільце та штангель циркуль (рис.3.2) а також згадувана раніше електронна вага ТВЛ 0,5.



Рисунок 3.2 Обладнання для дослідження об'ємної маси суміші на основі сапропелю

Дослідження впливу стискаючого навантаження на зміну об'ємної маси суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці проводили на приладі КПр 1.РЕ (рис.3.3). Основний робочий елемент даного приладу одометр 8 фіксується на рамі приладу 1 кулькою. Роз'ємний корпус одометра складається із днища 1 (рис.3.4), верхньої частини 3 які з'єднані різьбовим з'єднанням. Робоче кільце 10 приладу розміщується на перфорованому дні і прижимається стяжним кільцем 9. Досліджуваний зразок суміші поміщається у робоче кільце 10. Далі вкладають штамп 6 із стійками 5 до яких гвинтами 8 кріпляться консолі 4 з індикаторами 7. Навантаження зразка здійснюють вантажами, що вкладають на платформу навантажувальної підвіски 2 (рис. 3.3). Навантаження від вантажів передається через сектор 3, тяговий трос 5 і рамку, яка у свою чергу містить нижнє коромисло 6, стяжки 7, верхнє коромисло 9 та упор 10. Для зрівноваження сектора 3 передбачено противаги 12, які рухаються по різьбі важеля 11.

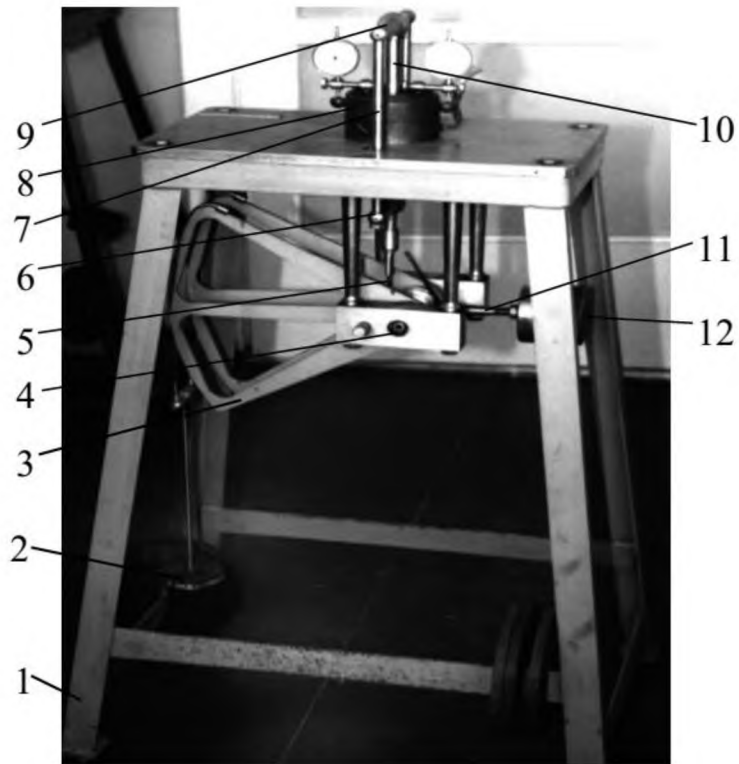


Рисунок 3.3 Прилад компресійний КПр 1.РЕ: 1 - рама; 2 - навантажувальна підвіска; 3 - сектор; 4 - палець; 5 - трос; 6 - нижнє коромисло; 7 - стяжка; 8 - одометр; 9 - верхнє коромисло; 10 - упор; 11 - важіль; 12 - противага

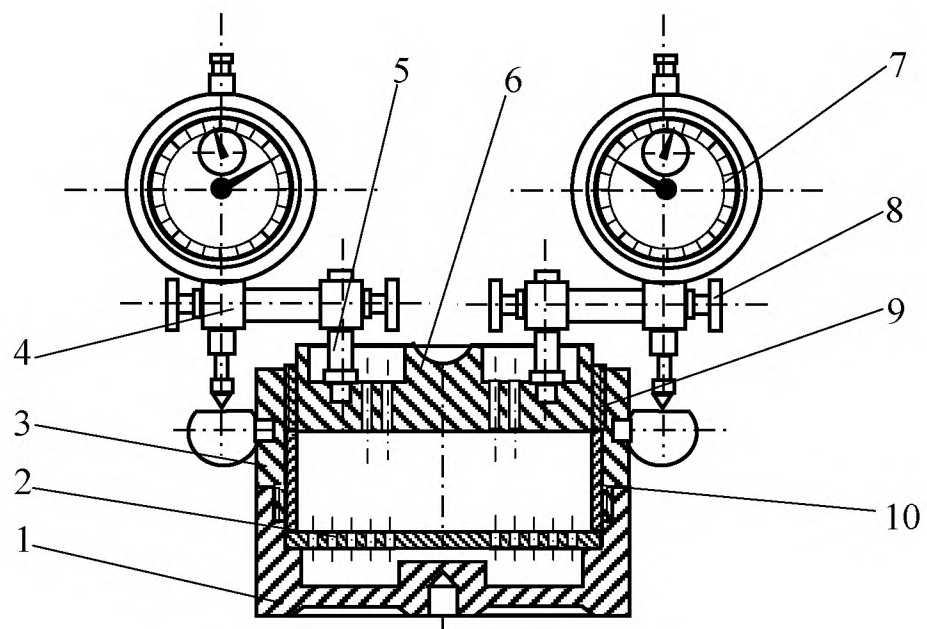


Рисунок 3.4 Схема одометра: 1 - днище корпусу одометра; 2 - дно перфороване; 3 - верхня частина корпусу; 4 - консоль індикатора; 5 - стійка індикатора; 6 - штамп; 7 - індикатор; 8 - гвинт; 9 - стяжне кільце; 10 - робоче кільце

3.3. Методика визначення початкової вологості складових та варіантів суміші на основі сапропелю

Визначення початкової вологості складових та варіантів суміші на основі сапропелю здійснювали на обладнанні описаного у п. 3.2 (рис. 3.1).

Для встановлення вологості зважували досліджуваний матеріал (сапропель, органічні наповнювачі, суміш) масою 8-10 г розміщений лабораторних бюксах, які були попередньо просушені і зважені з точністю до 0,01г.

Після цього бюкси з дослідним матеріалом переносили до нагрітої сушильної шафи. Температура на початку та протягом усього експерименту у сушильній шафі підтримувалась 100 ± 5 °С. Після 60 хв. перебування у нагрітій шафі бюкси з досліджуваними зразками виймали з відти та поміщали для охолодження в ексікаторі. Знову визначали масу бюксів із матеріалом та повертали їх до сушильної шафи. Повторне зважування після повторного охолодження було через 30 хв. У випадку коли різниця маси на вагах між попереднім та наступним зважуванням не перевищувала 1 % від маси наважки дослід припиняли. Коли ж маса під час зважування зростала то для розрахунків приймали менше значення.

За отриманими у результаті експерименту значеннями визначали відносну вологість так:

$$W = \frac{(m - m_1) \cdot 100}{m}, \quad (3.1)$$

де W – відносна вологість досліджуваного зразка, %;

m – маса наважки досліджуваного зразка до сушіння, г;

m_1 – маса наважки досліджуваного зразка після сушіння, г.

3.4. Методика визначення об'ємної маси варіантів суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці

Для визначення об'ємної маси варіантів суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці використовували описаний у п. 3.2 штангенциркуль та ріжуче кільце (рис. 3.2).

У процесі дослідження використовувались суміші із вмістом сапропелю 85 %, 87%, 89% та 91%. І відповідно вмістом січки соломи: 15 %, 13 %, 11 % та 9 % (рис. 3.5). Вміст компонентів у суміші визначався за фізичною масою методом зважування на електронних вагах ТВЛ-0,5.



Рисунок 3.5 Фото досліджуваних зразків суміші сапропелю з січкою соломи озимої пшениці

За допомогою штангенциркуля було встановлено що діаметр ріжучого кільця складає 0,07 м а його висота 0,015 м. Також попередньо встановлювали масу кільця шляхом зважування на вагах ТВЛ-0,5 з точністю до 0,01 г.

Далі шляхом вільного насипання з ємкості де зберігались зразки досліджуваної суміші заповнювали внутрішню порожнину ріжучого кільця. Після заповнення вирівнювали поверхню суміші шляхом зрізання надлишків

планувальною пластиною(рис. 3.6). Заповнене кільце зважували на вагах ТВЛ-0,5 з точністю до 0,01 г.



Рисунок 3.6 – Фото ріжучого кільця із досліджуваною сумішшю

Далі визначали об'ємну масу розрахунковим шляхом за формулою

$$\gamma = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot (m_z - m_k)}{\pi \cdot d_k^2 \cdot h_k}, \quad (3.2)$$

де m_z - маса досліджуваного зразка суміші разом із ріжучим кільцем, гр.;

m_k - маса ріжучого кільця, гр.;

d_k - діаметр ріжучого кільця, мм;

h_k - висота ріжучого кільця, мм.

3.5 Методика дослідження зміни об'ємної маси варіантів суміші на сапропелю із січкою соломи за впливу стискаючого навантаження

Для проведення експериментального дослідження зміни об'ємної маси варіантів суміші на сапропелю із січкою соломи за впливу стискаючого навантаження використовували компресійний прилад КПр 1.РЕ описаний у пункті 3.2 (рис.3.3).

Робоче кільце одометра заповнювалось досліджуваним зразком суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці. Заповнення здійснювали шляхом насипання із ємкості для суміші (рис. 3.5). Далі проводили збирання одометра і встановлювали штамп із закріпленими індикаторами.

Після цього прикладали ущільнююче навантаження за допомогою важільного механізму, шляхом вкладання вантажів на платформу навантажувальної підвіски. Для дослідження використовували почергово навантаження у 30 Н, 45 Н, та 60 Н. За допомогою індикаторів спостерігали за переміщенням штамп. Коли покази індикатора припиняли змінюватись, робочу коробку розбирали та виймали досліджуваний зразок матеріалу який набував форми циліндра (рис.3.7). Далі визначали висоту отриманого циліндра шляхом вимірювання штангенциркулем з точністю до 1 мм (рис. 3.8, а) та його масу – вагою ТВЛ-0,5 з точністю до 0,01 г (рис. 3.8, б) . Висоту визначали трикратно (приблизно через 120°) і для розрахунків використовували середнє її значення.



Рисунок 3.7 Зразки циліндрів ущільненої суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці

Після цього визначали питоме навантаження (тиск) піж яким перебував зразок шляхом ділення зусилля на площу штамп та розраховували об'ємну масу ущільненої суміші за формулою



Рисунок 3.8 Фото процесу вимірювання висоти (а) та маси циліндра ущільненої суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці

$$\gamma = \frac{4 \cdot 10^6 \cdot m_3}{\pi \cdot d_k^2 \cdot h_k}, \quad (3.3)$$

де m_3 - маса досліджуваного циліндра ущільненої суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці, гр.;

d_k - діаметр кільця одометра (діаметр циліндра ущільненої суміші), мм;

h_k - висота циліндра ущільненої суміші, мм.

РОЗДІЛ 4

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Результати визначення початкової вологості складових та варіантів суміші на основі сапропелю

Визначення початкової вологості складових та варіантів суміші на основі сапропелю проведено з використанням обладнання описаного у п. 3.2 на основі методики описаної у п. 3.3. Результати дослідження початкової вологості складових суміші наведені у таблиці 4.1.

Таблиця 4.1. - Результати визначення початкової вологості складових сумішей на основі сапропелю

№ з/п	матеріал	Середнє значення вологості
1	Деревна тирса	10,5 %
2	Січка соломи льону	11,8 %
3	Січка соломи озимої пшениці	13,6 %
4	Сапропель органічний	92,2 %

Отримані у результаті дослідження значення вологості сумішей на основі сапропелю відображені у таблиці 4.2 та у вигляді гістограми на рис. 4.1.

Таблиця 4.2. - Значення вологості сумішей на основі сапропелю

Вміст сапропелю, %	Тирса деревна			Січка соломи льону			Січка соломи пшениці		
	сер, %	с. кв.	похибка	сер, %	с. кв.	похибка	сер, %	с. кв.	похибка
85	78,9	0,7937	1,970	78,6	0,7549	1,874	79,56	0,3055	0,758
87	80,67	1,4153	3,513	81,23	1,1060	2,745	81,73	0,4725	1,173
89	82,8	0,4358	1,082	82,26	0,5507	1,367	83,4	0,6557	1,627
91	85,23	0,3214	0,798	85,3	0,8185	2,032	85,06	0,3055	0,758

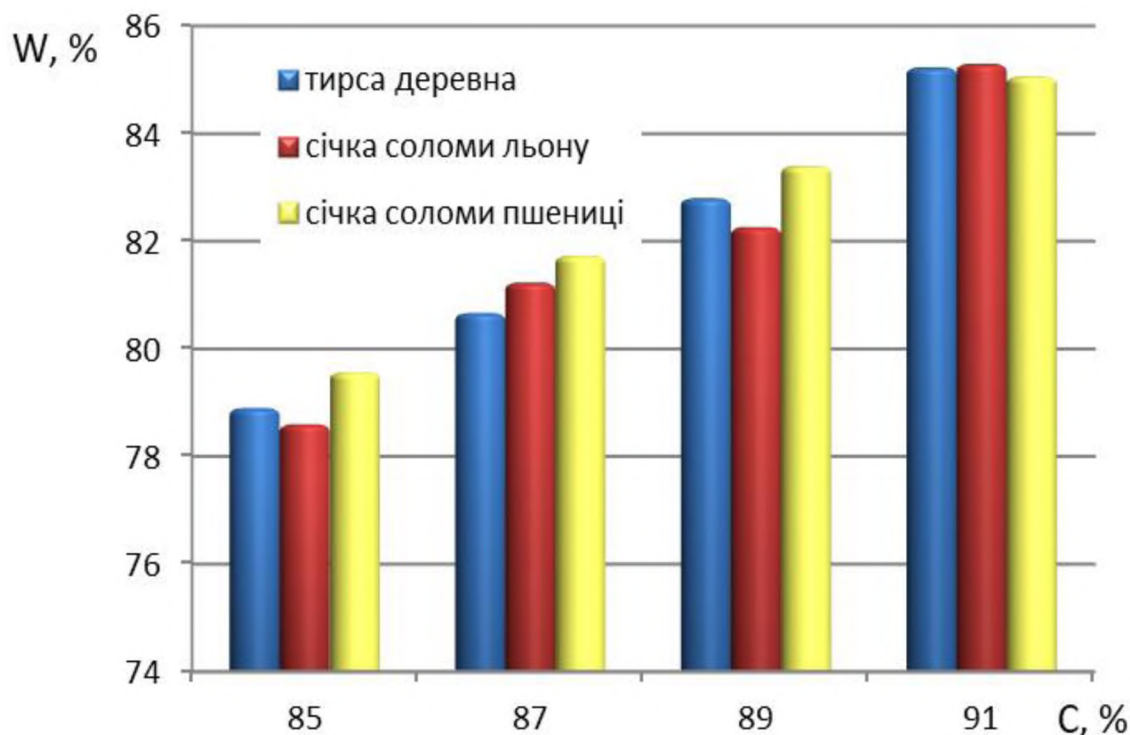


Рисунок 4.1 – Гістограма середніх значень вологості суміші на основі сапрпелб W за вмісту сапрпоелю C

Результати дослідження показують, що не зважаючи на наявну різницю у початковій вологості наповнювачів суміші (тирси, соломи льону та соломи пшениці) середні значення вологості сумішей за однакового вмісту сапрпелю мають однакову вологість. Адже коливання у значеннях не виходять за межі похибки. Також видно, що приріст вмісту сапрпелю у суміші на 2 % спричинює приблизно такий же приріст вологості суміші.

4.2. Результати дослідження об'ємної маси суміші сапрпелю та січки соломи озимої пшениці

У результаті проведеного за методикою описаною у п. 3.4 експерименту з визначення об'ємної маси варіантів суміші сапрпелю із січкою соломи озимої пшениці отримані середні значення цього показника, які наведені у табл. 4.3 та на рис. 4.2

Таблиця 4.3. - Значення об'ємної маси варіантів суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці

Вміст сапропелю, %	85	87	89	91
Об'ємна маса, кг/м ³	330,09	364,80	371,07	391,72

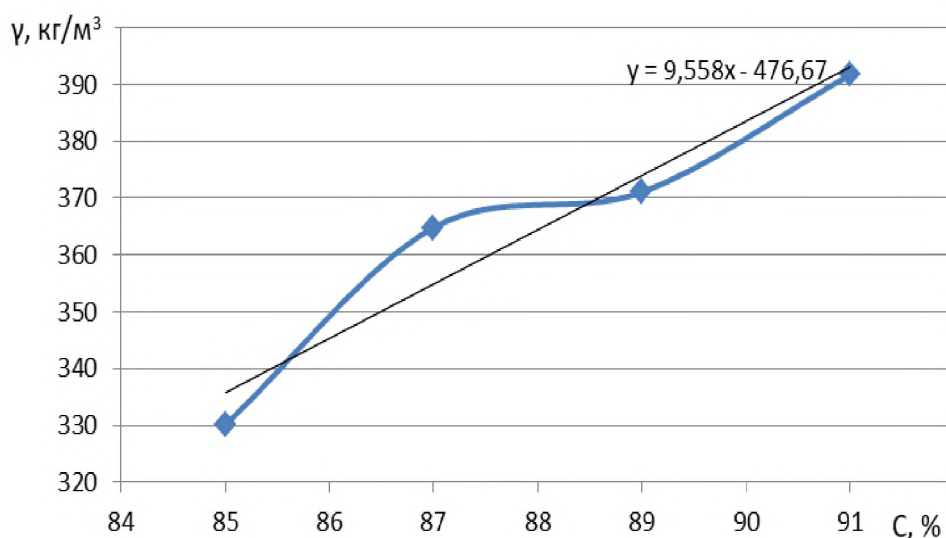


Рисунок 4.2 Графік зміни γ середніх значень об'ємної маси суміші на основі сапропелю за зміни вмісту сапропелю C

Аналіз наведеного на рис. 4.2 графіку показує, що із зростанням вмісту сапропелю об'ємна маса зростає. Графічна залежність є близькою до прямолінійної. Приріст вмісту сапропелю на 1 % спричинює зростання об'ємної маси приблизно на 10 кг/м³.

4.3. Результати дослідження зміни об'ємної маси варіантів суміші на сапропелю із січкою соломи за впливу стискаючого навантаження

У результаті проведеного за методикою описаною у п. 3.5 експерименту з визначення об'ємної маси варіантів суміші сапропелю із січкою соломи озимої

пшениці отримані середні значення цього показника, які наведені у табл. 4.4 та на рис. 4.3

Таблиця 4.4. - Значення зміни об'ємної маси варіантів суміші сапрпелю із січкою соломи озимої пшениці від стискаючого зусилля

Питоме стискаюче навантаження, Па	Вміст сапрпелю, %			
	85	87	89	91
7799	601,81	780,80	803,24	944,87
11699	628,38	816,33	817,48	948,92
155989	649,61	824,94	843,75	952,59

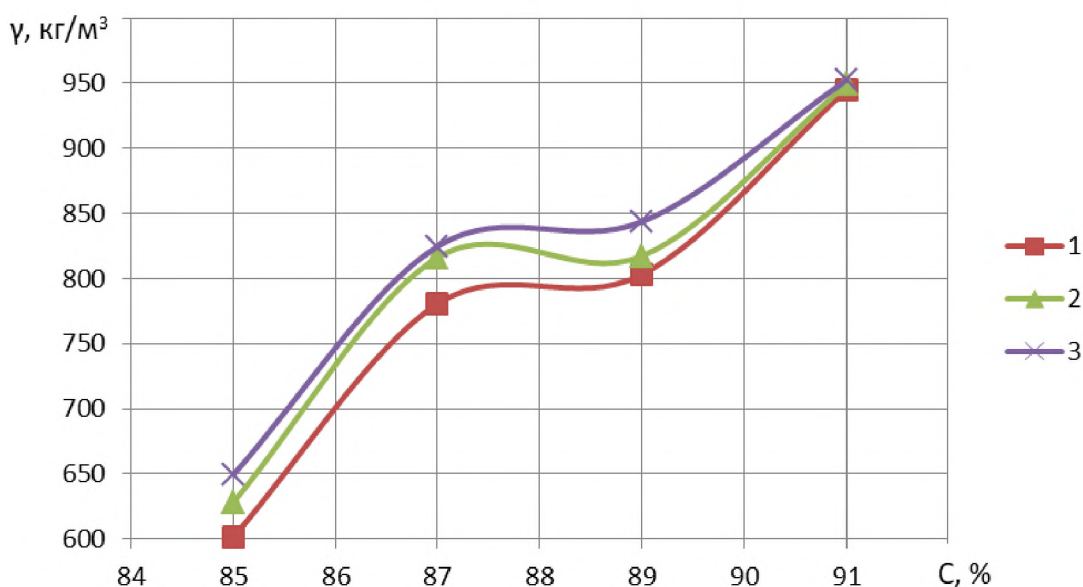


Рисунок 4.2 Графік зміни γ середніх значень об'ємної маси суміші на основі сапрпелю за зміни вмісту сапрпелю C при стискаючому навантаженні:

1 – 7799 Па; 2 – 11699 Па; 3 – 155989 Па

Аналіз отриманих результатів показує, що вплив досліджуваного діапазону стискаючого навантаження є суттєвим і забезпечує зростання об'ємної маси суміші у 2-2,5 рази у порівнянні коли навантаження відсутнє. При цьому найбільші значення об'ємної маси відповідають вмісту сапрпелю у суміші $C = 91\%$.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Вирощування високих врожаїв соняшника, який є надзвичайно важливою експортною культурою, а також цінним продуктом харчування в Україні та сировиною для переробної промисловості є важливих загальнодержавних завданням. Зважаючи на суттєві кліматичні зміни останніх років врожайність соняшника значно обмежується наявністю продуктивної вологи у родючому шарі ґрунту. Також отримання високої врожайності соняшнику, як за кількісними так і якісними показниками, вимагає комплексного внесення органічних та мінеральних добрив. Зважаючи на кліматичні зміни зона вирощування соняшника в Україні досягла і Полісся. Але для реалізації потенціалу гібридів потрібно забезпечити рослини поживним елементами та стійким зволоженням в умовах ґрунтів легкого механічного складу.

Тут варто звернути увагу на відклади прісноводних озер – сапропелі, якими багаті озера природно-кліматичної зони Полісся. Виготовлення сумішей на основі сапропелю вологістю 90-92 % [8-10] із органічними наповнювачами такими як січка соломи злакових культур, льону, деревної тирси, та смугове внесення їх під посів соняшнику створить сприятливі умови для формування високих кількісних та якісних показників врожайності. До складу суміші також можуть вводитись додатково необхідні компоненти мінерального живлення. У подальшому смуги із такої суміші розташовані під рядками соняшнику забезпечать його живлення та створення додаткового запасу вологи.

У той же час аналіз конструкцій машин для внесення органічних добрив показує, що серед них відсутні машини, які можуть забезпечити локально-смугове внесення органічних добрив підвищеної вологості. Тому у роботі Обґрунтовано функціональну схему модернізації розкидача органічних добрив. Модернізація полягає у встановленні дозуючого пристрою та сошникової системи, яка дозволяє вносити локально стрічками у ґрунт суміші на основі сапропелю природної вологості.

У результаті теоретичних досліджень та обґрунтувань встановлено, що на ґрунтах легкого механічного складу для яких кут $\alpha_{обв} = 40...50^{\circ}$ для забезпечення норми внесення у $10-15 \text{ т/га}$ суміші із об'ємною масою $\gamma = 700 \text{ кг} / \text{м}^3$ висота шару добрив не перевищуватиме $h_c = 0,04-0,05 \text{ м}$. А для забезпечення загортання залишків добрив з поверхні поля встановлюватимемо ротори із діаметром диска $0,380 \text{ м}$

Результати експериментальних дослідження показують, що не зважаючи на наявну різницю у початковій вологості наповнювачів суміші (тирси, соломи льону та соломи пшениці) середні значення вологості сумішей за однакового вмісту сапрпелю мають однакову вологість. Адже коливання у значеннях не виходять за межі похибки. Також видно, що приріст вмісту сапрпелю у суміші на 2 % спричинює приблизно такий же приріст вологості суміші.

Аналіз результатів дослідження об'ємної маси сумішей на основі сапрпелю показує, що із зростанням його вмісту об'ємна маса зростає за залежністю близькою до прямолінійної. Приріст вмісту сапрпелю на 1 % спричинює зростання об'ємної маси приблизно на 10 кг/м^3 .

Також експериментально встановлено, що вплив досліджуваного діапазону стискаючого навантаження є суттєвим і забезпечує зростання об'ємної маси суміші у 2-2,5 рази у порівнянні коли навантаження відсутнє. При цьому найбільші значення об'ємної маси відповідають вмісту сапрпелю у суміші $C = 91\%$.

Перспективи подальших досліджень мають бути спрямовані на підбір необхідних для живлення рослин макро - та мікроелементів необхідних за конкретних ґрунтових умов та введення їх до складу суміші.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАННЯ

1. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. – Львів: НВФ Українські технології, 2002. – 800 с.
2. Дегодюк Е.Г. та ін. Вирощування екологічно чистої продукції рослинництва. - К.: Урожай, 1992. - 317 с.
3. Дудченко І.В., Шевчук М.Й. Технології вирощування екологічно чистих видів рослинницької продукції з основами землеробства. Методичний посібник для фермерів та сільських землевласників. - Луцьк: Надстир'я, 1995. - 265 с.
4. Сільськогосподарські машини: підручник / [Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич, В. В. Іщенко та ін.]; за ред. Д. Г. Войтюка. - Київ : Агроосвіта, 2015. - 679 с.
5. Пат. 84229 У України, МПК А01С9/00, А01С15/00. Машина для локального внесення твердих органічних добрив з одночасною посадкою картоплі / Поліщук М.М., Дідух В.Ф., Сацюк В.В. Бабарика С.Ф. - № и 2013 05630; Заявл. 30.04.2013; Опубл. 10.10.2013. Бюл. №19.
6. Мартинюк В.Л. Оцінка технологічного процесу садіння картоплі з порційним висіванням добрив. Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету, №1 1 т. 2 (66) 2012. С. 229-233.
7. Обґрунтування параметрів робочих органів машин для поверхневого внесення сапропелів [Текст] : дис... канд. техн. наук: 05.05.11 / Бабарика Степан Федорович; Луцький національний технічний ун-т. - Луцьк, 2010. - 193 с.
8. Шевчук, М.Й. (1996). Сапропелі України: запаси, якість та використання. Луцьк: Надстир'я.
9. Цизь, І.Є., Хомич, С.М. & Сацюк, В.В. (2021). Агро-екологічні аспекти добування та використання сапропелю. Сільськогосподарські машини, вип. 47, 37-45.

10. Tsiz I., Khomych S., Didukh V., Yukhymchuk S. Study of dehydration of organic sapropel by compression method // 22nd International Scientific Conference Engineering for Rural Development. Jelgava, 24.-26.05.2023. Pp 173-178.
11. Діденко М. К. Експлуатація машинно-тракторного парку. Київ : Вища школа, 1983. 456 с.
12. Коновалюк Д.М., Ковальчук Р.М. Деталі машин. Підручник. - Луцьк:ЛДТУ, 2001.-564с., іл.
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. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник, – К.: НМК ВО, 1992. – 320 с.

ДОДАТКИ

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ЛОКАЛЬНОГО СМУГОВОГО ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ З УДОСКОНАЛЕННЯМ СОШНИКА

МЕТА: є теоретичне обґрунтування параметрів сошникової системи для стрічкового-локального внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості та експериментальному встановленні закономірностей зміни вологості та об'ємної маси зазначених сумішей.

ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕННЯ:

1. Теоретично обґрунтувати конструктивні параметри сошникової системи для локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

2. Розробити методикку експериментальних досліджень закономірностей зміни вологості та об'ємної маси сумішей на основі сапропелю природної вологості.

3. Провести дослідження зміни вологості та об'ємної маси сумішей на основі сапропелю природної вологості.

4. Розробити конструкцію сошникової системи для локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

ОБ'ЄКТ ДОСЛІДЖЕННЯ. Технологічний процес локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

ПРЕДМЕТ ДОСЛІДЖЕННЯ. Конструктивні параметри сошникової системи для локального-стрічкового внесення сумішей на основі сапропелю природної вологості.

МАШИНИ АНАЛОГИ



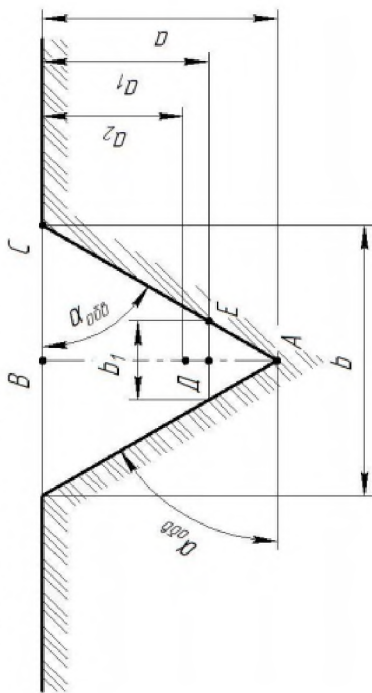
Modulo2 Joskin



Vogelsang XTill ProTerra

ОБҐРУНТУВАННЯ ФОРМИ БОРОЗНИ ТА НОРМИ ВНЕСЕННЯ ДОБРИВ

ТОМУ



Глибина борозни рівна

$$a = h_c + a_2 + h_2, \quad (1)$$

h_c - товщина шару суміші на основі сапропелю, м;

h_2 - товщина захисного шару ґрунту, м

a_2 - рекомендована глибина посіву насіння, м

Об'єм добрив, який вноситься на 1 га складає

$$V_{за} = \frac{V_1 \cdot S_{за}}{b} = \frac{10^4 \cdot h_c^2}{b \cdot \text{tg} \angle \alpha_{обв}}. \quad (2)$$

де $S_{за} = 10^4 \text{ м}^2$ – площа одного гектара у м^2 ;

b – ширина міжряддя з якими вирощується культура під яку формується смуга добрив, м;

$\alpha_{обв} = 40...75^\circ$ - кут природного відкосу ґрунту утворений обваленням

V_1 об'єм добрив, що вноситься на одному погонному метрі рядка, м^3 .

Оскільки

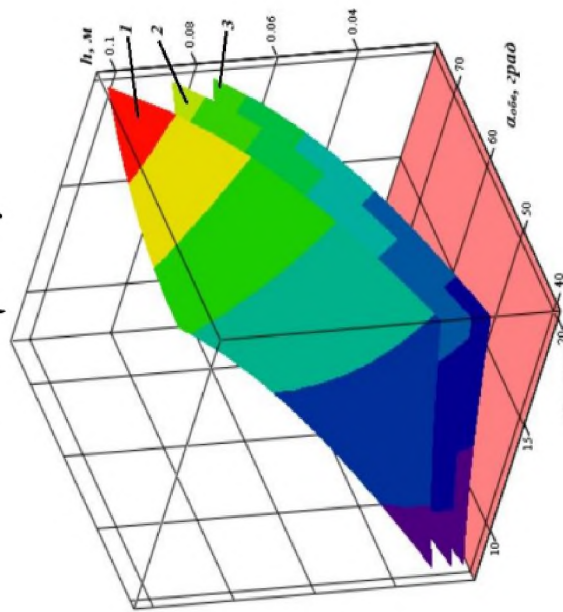
$$Q = V_{за} \cdot \gamma,$$

(3)

$$Q = \frac{10^4 \cdot h_c^2 \cdot \gamma}{b \cdot \text{tg} \angle \alpha_{обв}} \quad (4)$$

Із (4) отримаємо формулу для висоти шару сапропелю

$$h_c = 10^{-2} \sqrt{\frac{Q \cdot b \cdot \text{tg} \angle \alpha_{обв}}{\gamma}}. \quad (5)$$



Графічні залежності побудовані за формулою (5): 1 - $\gamma = 500 \text{ кг} / \text{м}^3$; $\gamma = 700 \text{ кг} / \text{м}^3$; $\gamma = 900 \text{ кг} / \text{м}^3$

Із отриманого графіка видно, що на ґрунтах легкого механічного складу для яких кут $\alpha_{обв} = 40...50^\circ$ для забезпечення норми внесення у 10-15 т/га суміші із об'ємною масою $\gamma = 700 \text{ кг} / \text{м}^3$ висота шару добрив не перевищуватиме $h_c = 0,04-0,05 \text{ м}$

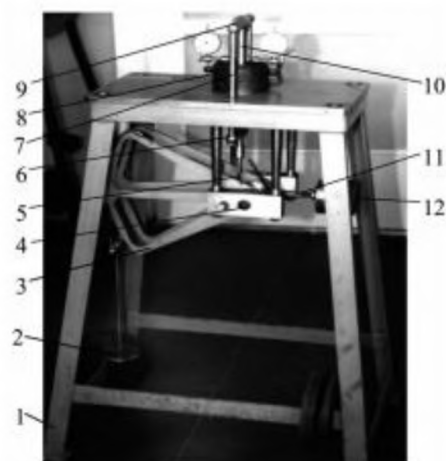
АПАРАТУРА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



Обладнання, яке використовувалось у дослідженнях: сушильна електрошафа СНОЛ – 3,5.3,5.3,5/3 ИЗ; лабораторні ваги ТВЛ 0,5; ексикатор; щипці; бюкси



Обладнання для дослідження об'ємної маси суміші на основі сапропелю



Прилад компресійний КПр 1.РЕ



Фото досліджуваних зразків суміші сапропелю з січкою соломи озимої пшениці

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ ОБ'ЄМНОЇ МАСИ СУМІШІ НА САПРОПЕЛЮ ІЗ СІЧКОЮ СОЛОМИ



Фото ріжучого кільця із досліджуваною сумішшю

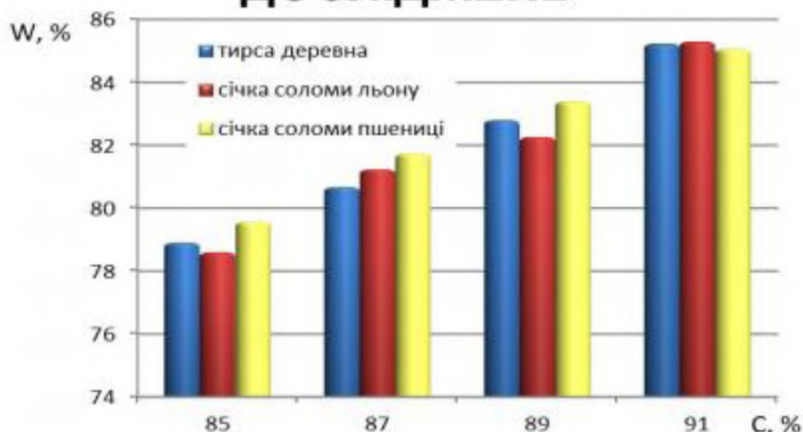


Зразки циліндрів ущільненої суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці

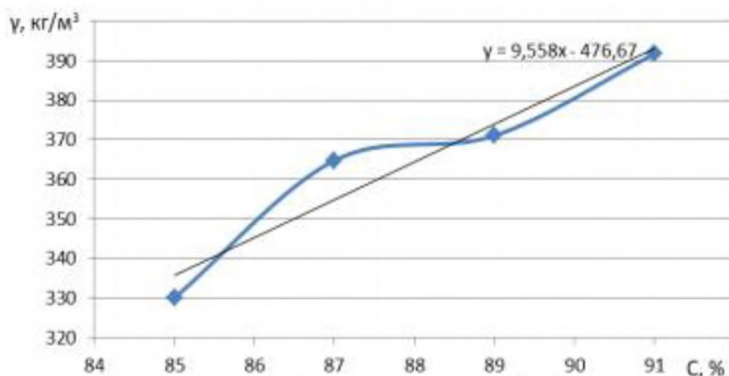


Фото процесу вимірювання висоти (а) та маси циліндра ущільненої суміші сапропелю із січкою соломи озимої пшениці

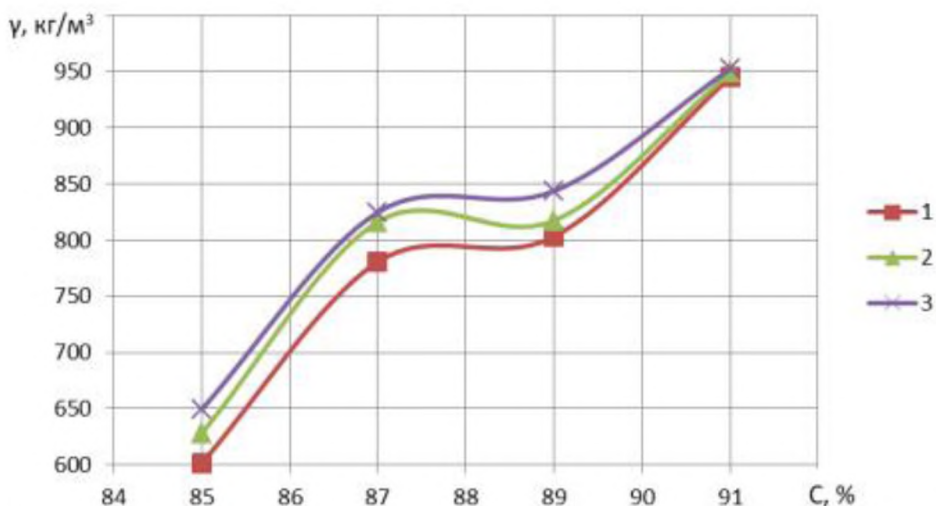
РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ



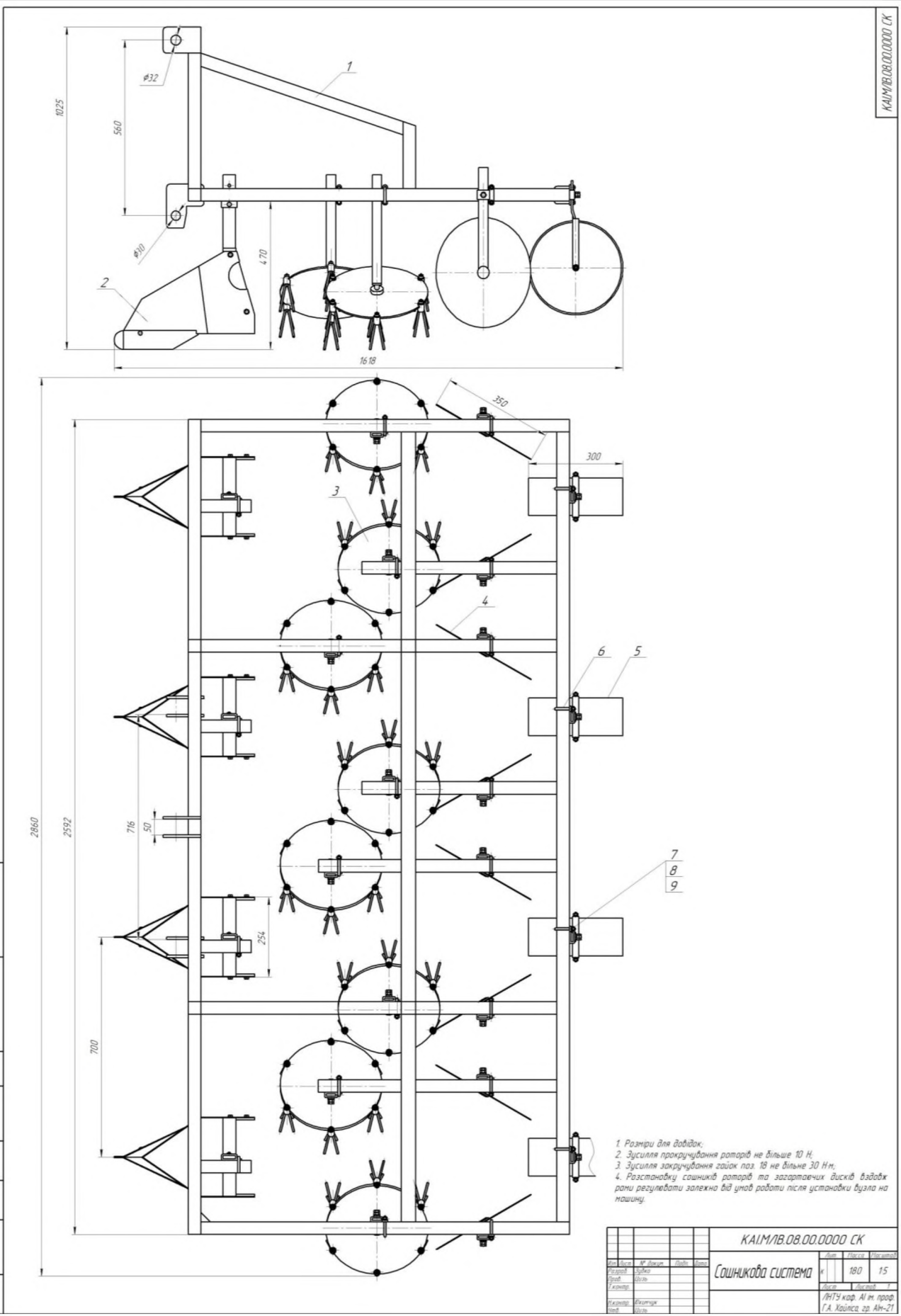
Гістограма середніх значень вологості суміші на основі сапрпелб W за вмісту сапрпоелю C



Графік зміни γ середніх значень об'ємої маси суміші на основі сапрпелю за зміни вмісту сапрпоелю C



Графік зміни γ середніх значень об'ємої маси суміші на основі сапрпелю за зміни вмісту сапрпоелю C при стискаючому наванатженнє: 1 – 7799 Па; 2 – 11699 Па; 3 – 155989 Па



		КАИМ/В.08.00.0000 СК	
Розроб	Вушко	№ докум.	Дата
Викон	Вале		
Перевір	Вале		
Затверд	Вале		
Корект	Вале		
Висл	Вале		
		Совнікова система	
к	180	15	
		Л/ПЗ кар. АІ в. проф. Г.А. Хайнеса гр. АМ-21	