

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Інженерно-технологічний факультет
Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»
на тему:

**Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ґрунтообробної
машини для передпосівного обробітку ґрунту**

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМз-1-20
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Підберезний Костянтин Геннадійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Поляков Олександр Іванович

Дніпро, 2021

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ
АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**
Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин
Освітній ступінь: «Магістр»
Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« _____ » _____ 20__ р.

**З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ**

Підберезний Костянтин Геннадійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ґрунтообробної машини для передпосівного обробітку ґрунту

керівник роботи Теслюк Геннадій Володимирович, канд. техн. наук, доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« _____ » _____ 20__ року № _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання в галузі механізації рослинництва та існуючого знаряддя для обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, останніх досліджень з обраної тематики.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити)
1. Сучасний стан проблеми і вибір напрямків досліджень. 2. Теоретичне обґрунтування параметрів ґрунтообробної машини для передпосівного обробітку ґрунту. 3. Програма і методика проведення експериментальних досліджень. 4. Результати експериментальних досліджень. 5. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 6. Техніко-економічна ефективність застосування сепаратора ґрунту. Висновки. Список використаних джерел. Додатки

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуша, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуша, А4). 4. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. Висновки (2 аркуша, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
2	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
3	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
4	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
5	Кравець В. В., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний		
2	Теоретичний		
3	Експериментальний		
4	Охорона праці		
5	Економічний		
6	Демонстраційна частина		

Студент

_____ (підпис)

Підберезний К.Г.

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Теслюк Г.В.

_____ (прізвище та ініціали)

№ п/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість аркушів	Номер аркуша	Примітка
			<u>Текстові документи</u>			
1	A4	<i>52ДР.018000.000 ПЗ</i>	Пояснювальна записка	78		
			<u>Демонстраційні матеріали</u>			
2	A4		Тема. Мета і задачі досліджень.	4	1-4	
3	A4		Теоретичні дослідження	3	5-7	
4	A4		Експериментальні дослідження	3	8-10	
5	A4		Економічна частина	1	11	
6	A4		Висновки	2	12-13	
			52ДР.017.000.000 ПЗ			
<i>Зм.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підп.</i>	<i>Да</i>		
<i>Розробив</i>	<i>Підберезний</i>				<i>літе</i>	<i>аркуш</i>
<i>Перевірів</i>	<i>Теслюк</i>					<i>аркуші</i>
<i>Т. контр.</i>					4 97	
<i>Н. контр.</i>	<i>Золотовська</i>				ДДАЕУ	
<i>Затверд.</i>	<i>Теслюк</i>				МгМз-1-20	
					Відомість дипломної роботи	

Підберезний К.Г. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів ґрунтообробної машини для передпосівного обробітку ґрунту. Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». ДДАЕУ, Дніпро, 2022.

Вступна частина дипломної роботи містить обґрунтування актуальності теми, сформульовані мета та задачі, приведено методи досліджень. Аналіз впливу структурного складу та щільності ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур дозволив обґрунтувати напрямки вирішення поставленої мети та задач. В другому розділі проведено теоретичне обґрунтування параметрів ґрунтообробної машини для передпосівного обробітку ґрунту. Встановлено зв'язок між швидкістю руху агрегату і кутовою швидкістю барабанів. В результаті експериментальних досліджень визначено вплив конструктивно-кінематичних параметрів сепаратора ґрунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами. Досліджено вплив швидкості подачі ґрунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами. Проведено дослідження охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях під час виконання польових робіт. Виконано економічне обґрунтування розробки. Зроблені висновки та складено список використаної літератури.

Ключові слова: ґрунт, передпосівна обробка, сепаратор, робочі органи, конструкція, параметри, дослідження, ефективність

ЗМІСТ

Вступ	8
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1 Аналіз впливу структурного складу та щільності ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур	9
1.2 Аналіз впливу однорідності пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами	14
1.3 Існуючі технічні засоби для пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами	15
1.4 Мета і задачі досліджень	21
1.5 Висновки з розділу	21
2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ҐРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ	23
2.1 Опис технологічної схеми сепаратора	23
2.2 Зв'язок між швидкістю руху агрегату і кутовою швидкістю барабанів	24
2.3 Обґрунтування параметрів пруткового лемеша	25
2.4 Обґрунтування параметрів другого барабану	33
2.5 Висновки з розділу	36
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	38
3.1 Програма експериментальних досліджень.....	38
3.2 Опис лабораторної установки.....	38
3.3 Визначення критерію оптимізації	41
3.4 Методика постановки експериментальних досліджень і обробки експериментальних даних	43
3.5 Планування експериментів	44
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46
4.1 Умови проведення експериментальних досліджень	46

4.2 Вплив конструктивно-кінематичних параметрів сепаратора грунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами	46
4.3 Вплив швидкості подачі ґрунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами	51
4.4 Висновки з розділу	53
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	54
5.1 Основні проблеми та завдання охорони праці в сучасних умовах...	54
5.2 Заходи безпеки під час обробітку ґрунту	54
5.3 Умови праці при обробці ґрунту	56
5.4 Вимоги безпеки під час роботи з пестицидами та агрохімікатами..	57
5.5 Засоби індивідуального захисту	59
5.6 Висновки з розділу	60
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СЕПАРАТОРА ҐРУНТУ	61
6.1 Результати розрахунку	61
6.2 Висновки з розділу	66
ВИСНОВКИ	67
Список використаних джерел	69
Додатки	78

ВСТУП

Національна безпека і суверенітет держави включає комплекс антропогенних складових. Пріоритетною складовою є продовольча безпека [1], яка залежить від ресурсного потенціалу агропромислового комплексу економічного регіону. Агроекономічний потенціал регіону значною мірою залежить від стану сортових рослинних, водних і земельних ресурсів, що забезпечує стабільність аграрного ринку. Стабільна діяльність виробничих систем сільськогосподарського виробництва підтримується інвестиційною привабливістю використання ресурсного потенціалу економічних регіонів. Найбільшу інвестиційну привабливість мають виробничі системи, що містять ефективні технологічні системи, які підвищують якість земельного ресурсу.

Гнучкі технологічні системи в умовах нестабільності зовнішнього виробничого середовища гарантують якість виробничих процесів отримання сільськогосподарської продукції. Ґрунтообробна техніка повинна відповідати вимогам забезпечення якості ґрунтів, наближаючи їх до оптимальних показників родючості ґрунтів відповідно до [2]. Агрегатний склад ґрунту в орному шарі, прийнятий нами за базовий показник, має тісну кореляцію з таким переліком показників, як: гранулометричний склад [3], щільність ґрунту [4], найменша вологоємність (метод заливних площадок [5]), максимальна гігроскопічна вологість і вологість стійкого зав'ядання [6], запаси продуктивної вологості. За даними досліджень [7, 8] диференційований агрегатний склад ґрунту підвищує родючість ґрунту.

Рішення наукової проблеми можливо різними методами, як експериментальними, так і теоретичними (модельний експеримент з використанням теорії подібності, графоаналітичних методів, ймовірно-статистичних, механіко-математичного моделювання тощо).

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПРОБЛЕМИ І ВИБІР НАПРЯМКІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Аналіз впливу структурного складу та щільності ґрунту на врожайність сільськогосподарських культур

Під структурою ґрунту розуміють особливості його будови, викликані властивостями і способом розташування окремих частинок та агрегатних формувань, а також характером взаємозв'язків поміж ними. Утворення структур ґрунтів обумовлено як природними умовами їх формування, так і характером та інтенсивністю технологічних впливів на них [9, 10, 11]. Кожен ґрунт має певну структуру, властиву конкретному генетичному типу ґрунтів, кожному окремо взятому горизонту або шару ґрунту. Її формування тісно пов'язане з умовами утворення даного ґрунтового типу.

Структура ґрунтів в орному та підорному шарах є одним з найважливіших факторів, який обумовлює можливість найповнішого використання потенційної їх родючості і, тим самим, в кінцевому підсумку, у значній мірі визначає врожайність сільськогосподарських культур. Заходи з оптимізації структурного складу ґрунту мають бути скерованими не лише на поліпшення або виправлення певного агрофізичного параметру, але і на приведення всього комплексу властивостей ґрунту у відповідність до вимог конкретної рослини. У зв'язку із цим, першочерговою задачею є визначення вимог рослини до фізичних властивостей ґрунту, за допомогою яких можливе однозначне керування складним комплексом їх фізичних показників і режимів. До таких, як встановлено численними дослідженнями [12, 13, 14, 15], в першу чергу відносяться структура та щільність її будови.

Агрономічно цінною є лише така структура, яка забезпечує максимально можливе використання потенційної родючості ґрунту. Оптимальні умови водного та повітряного режимів створюються в ґрунтах з дрібногрудчастою і

зернистою структурою. Агрономічно цінною вважається водотривка з високою пористістю структура, утворення якої і є задачею агротехнічних прийомів та заходів, в тому числі і механічного обробітку, направлених на структуроутворення ґрунту. Структура має бути також і механічно міцною, тобто агрегатні формування ґрунту не повинні руйнуватися під час його обробітку сільськогосподарськими знаряддями [16].

За результатами багатофакторних експериментальних досліджень, виконаних в УкрНДІГА [12] встановлено, що розвиток і врожайність досліджуваних культур, ефективність використання останніми вологи та елементів живлення в значній мірі залежать від структурного складу шарів ґрунту. Таким чином, керування розвитком рослини, використанням добрив і вологи атмосферних опадів можливе при створенні оптимального співвідношення (складу) ґрунтових агрегатів. Для зернових культур (ячменю, проса, озимої пшениці), особливо на початку вегетації, найбільш сприятливі умови вологоспоживання та мінерального живлення має орний шар з крупногрудчастою структурою, який містить агрегати розміром: 5...20 мм – 75...80 %; 0,25...5 мм – 20 %; менших за 5 мм – не більше 5 %. В наступні періоди вегетації і, особливо, в період формування зерна більш висока продуктивність цих культур відзначена при збільшенні вмісту агрегатів розміром 2...5 мм. В цей час оптимальний склад структури є таким: агрегати з розміром 2...20 мм – до 80 %; менші за 2 мм – не більше 20 %. В умовах недостатнього водоспоживання та малих доз добрив найкращі умови для продуктивності тих самих культур створюються за такого співвідношення структурних компонентів: 5...20 мм – 10...15 %; 2...5 мм – 20 %; 0,25...2 мм – 45...60 %; менш за 0,25 мм – не більше 15 %.

Як свідчать наведені результати, зміну співвідношення компонентів оптимального структурного складу ґрунту в залежності від рівнів зволоження ґрунту та забезпеченості його елементами живлення можна пояснити, вочевидь, тим, що структура, складена переважно з крупних агрегатних

формувань утворює пори великого розміру, що обумовлює більш високий рівень засвоєння рослинами вологи та живлячих речовин, а структура, в якій переважають дрібні агрегати, «економніше» витрачає вологу на фізичне випаровування.

На основі цих же даних можна зробити висновок: універсальної оптимальної структури бути не може [17]. Склад компонентів структури має варіювати в залежності від конкретних умов. Більше за те, бажано, щоб він змінювався на протязі вегетації культури, що становить серйозну і навряд чи вирішувану проблему. Прийнятною альтернативою, в цьому випадку, може бути диференціація орного шару за структурним складом, яка враховувала б позитивні властивості змінюваних оптимальних структур. Задані параметри структурного складу ґрунтів можуть становити, таким чином, передумови для керованого їх регулювання за допомогою різних прийомів обробітку, з одного боку, та досягнення у виробничих умовах прогнозованої ефективності цих прийомів – з іншого.

Наведені результати були покладені в основу запропонованої Медведєвим В.В. моделі кореневого шару ґрунту з оптимальними агрофізичними параметрами (таблиця 1.1).

Пропонована модель не може вважатися остаточною, через те, що недостатньо досліджена в усіх аспектах. Зокрема, не вивчений наднасінневий прошарок, потребує більш детального дослідження питання про оптимальний склад структури піднасінневого та підорних шарів за умови різних ґрунтово-кліматичних умов при вирощуванні конкретних сільськогосподарських культур.

Удосконаленням цієї моделі є модель диференційованого структурного складу орного горизонту (рис.1.1), запропонована Шевченко І.А. [8].

Задача надпосівного шару – збереження вологи в посівному і підпосівному шарах, загладжування несприятливих погодних явищ, захист ґрунтів від

ерозійних процесів.

Задача посівного шару – створення сприятливих умов для первісної стадії розвитку рослин з насіння.

Задача підпосівного шару – створення сприятливих умов для розвитку кореневої системи рослин, накопичення та збереження вологи в орному і коренемісткому горизонтах.

Таблиця 1.1 – Модель кореневого шару чорнозему типового з оптимальними агрофізичними параметрами для вирощування зернових колосових культур (за Медведєвим В.В.)

Параметр	Діапазон значень
Структурний склад орного шару перед сівбою: - за співвідношенням агрегатів різних розмірів	В сприятливих умовах зволоження та мінерального живлення: 5...20 мм – до 25 %; 0,25...5 мм – до 60 %; < 0,25 мм – не більше 15 % В несприятливих умовах зволоження та недостатку елементів живлення: 5...20 мм – 10...15 %; 2...5 мм – 20 %; 0,25...2 мм – 45...60 %; < 0,25 мм – не більше 15 %
- за переважаючим розміром агрегатів: без диференціації (в орному або насінневому шарі) з диференціацією на поверхневий (0...4 см) та насінневий (4...8 см) шари	В сприятливих умовах – 0,25...20 мм. В несприятливих умовах – 0,25...5 мм 2(0,25)...5 мм з коливанням в залежності від розмірів насіння
Щільність орного шару перед сівбою, г/см ³ - без диференціації	1,1...1,3 (за недостатньої вологості та підвищеній дозі добрив – 1,2...1,3)
- з диференціацією на: поверхневий шар (0...4 см)	1,0...1,3
наднасінневий ущільнений прошарок (4...5(6) см)	1,2...1,3
піднасінневий шар (8...30 см)	1,1...1,2 (за підвищеної дози добрив – 1,2)
підорний шар (30...60 см)	1,1...1,3

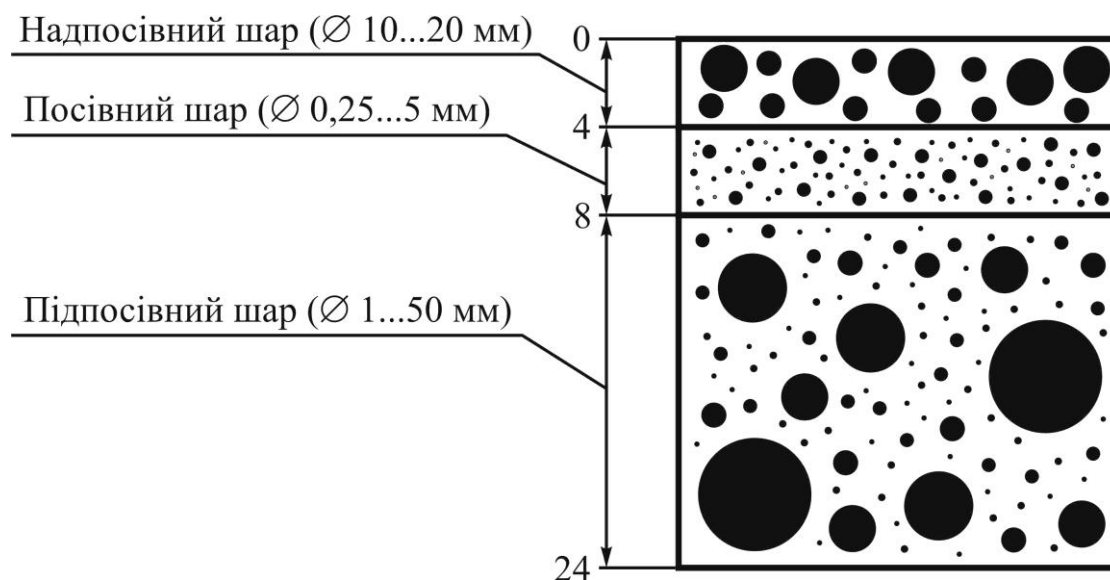


Рисунок 1.1 – Диференційний структурний склад орного горизонту

Різним ґрунтово-кліматичним умовам відповідають різні моделі оптимальної будови орного горизонту. Особливу увагу варто приділяти якості підготовки надпосівного і посівного шарів, як факторам, що визначають дружні сходи і розвиток рослин на ранній стадії, а також значно впливають на формування майбутнього врожаю.

Дослідженнями [7, 8, 18] доказано значний вплив структурного складу орного горизонту на врожайність зернових культур.

$$Q = 319,84 + 12,1Y_1 + 32,89Y_2 + 5,9Y_3 - 4,48Y_4 + 18,22Y_1Y_2 + 13,38Y_1Y_3 - 42,05Y_1Y_4 + 34,17Y_2Y_4 - 17,6Y_3Y_4 - 50,26Y_1^2 + 46,89Y_2^2 - 103,04Y_3^2 - 37,04Y_4^2$$

де Q – врожайність зернових культур, $г/м^2$;

Y_1 – процентний вміст структури з розміром агрегатів 10...20 мм у поверхневому шарі 0...4 см, %;

Y_2 – процентний вміст структури з розміром агрегатів 0,25...5 мм у посівному шарі 4...8 см, %;

Y_3 – процентний вміст структури з розміром агрегатів 1...50 мм у підпосівному шарі 8...18 см, %;

Y_4 – щільність ґрунту в шарі 4...8 см, $г/см^3$.

Максимальна врожайність $Q_{max} = 406,77 г/м^2$ буде при $Y_1 = 0,177$, $Y_2 = 1$, $Y_3 = 0,01$, $Y_4 = 0,3$.

При цьому, врожайність зернових «на контролі» складала 340,09 г/м² (обробіток ґрунту виконувався за технологією, рекомендованою для даної ґрунтово-кліматичної зони). Таким чином, оптимальний склад орного горизонту дозволяє збільшити врожайність на 19,6 %.

Кращім для зернових культур буде шар, у верхній частині якого переважають великі структурні агрегати (10...20 мм), а в нижній (безпосередньо контактуючої з насінням) – дрібні (0,25...5 мм) [7, 8, 22].

Необхідно відзначити досить високу стійкість заданих параметрів структурного складу чорнозему типового важкосуглинкового. Це створює сприятливі передумови спрямованого регулювання його структури за допомогою різних прийомів механізованого обробітку і досягнення у виробничих умовах прогнозованої ефективності цих прийомів.

1.2 Аналіз впливу однорідності пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами

Згідно даних досліджень [7, 23, 24, 25], кожному розміру гранули мінеральних добрив відповідає оптимальний розмір ґрунтових агрегатів, що підвищує ефективність використання мінеральних добрив за рахунок оптимального балансу між площею контакту гранули з оточуючими її агрегатами і доступом повітря до гранули (рис. 1.2). Площа контакту гранули збільшується при зменшенні агрегатів, що покращує використання добрив. Доступ повітря до гранули зменшується при зменшенні агрегатів, що погіршує використання добрив.

Крім того, згідно тих же досліджень, внесення добрив на задану оптимальну глибину також підвищує ефективність їх використання (рис. 1.3). Відхилення від оптимальної глибини внесення у менший бік (збільшується відстань між насінням і гранулами) призводить до послаблення дії добрив, у більший бік – до погіршення умов розвитку рослини.

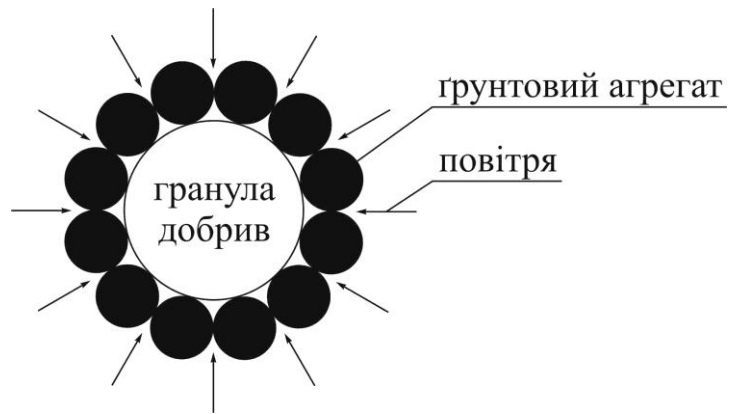


Рисунок 1.2 – Контакт гранули мінеральних добрив з ґрунтовими агрегатами

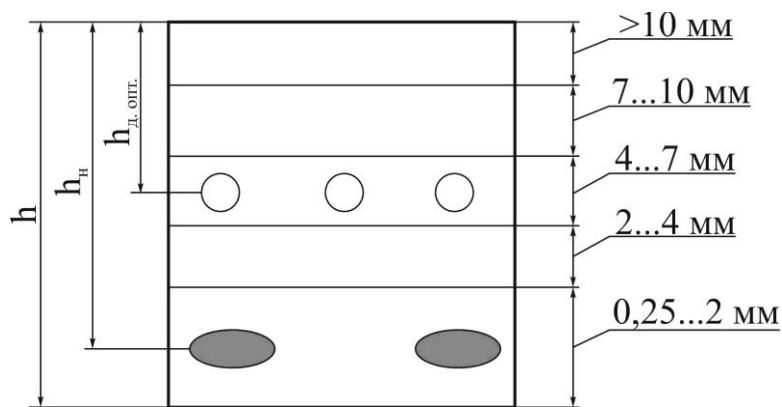


Рисунок 1.3 – Диференційована будова орного горизонту з насінням і мінеральними добривами: h – глибина обробітку; h_n – глибина посіву насіння;

$h_{д. опт.}$ – оптимальна глибина внесення добрив

Таким чином, знаючи оптимальну глибину внесення гранульованих мінеральних добрив і забезпечив однорідність ґрунтових агрегатів за розмірами на цій глибині, можна визначити оптимальний розмір гранули мінеральних добрив, що дозволяє зменшити об'єм їх внесення на 20 %.

1.3 Існуючі технічні засоби для пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами

Існуючі знаряддя для передпосівного обробітку ґрунту не здатні вирішувати питання щодо створення диференційованого за структурним складом по глибині

поверхневого та насінневого шарів орного горизонту.

Першою спробою створення ґрунтових сепараторів була розробка комбінованої машини КСП УкрНДІГА разом з Харківським національним аграрним університетом ім. В.В. Докучаєва. Диференціація (сепарація) структурного складу ґрунту повинна здійснюватися по глибині посівного шару (рис. 1.4).

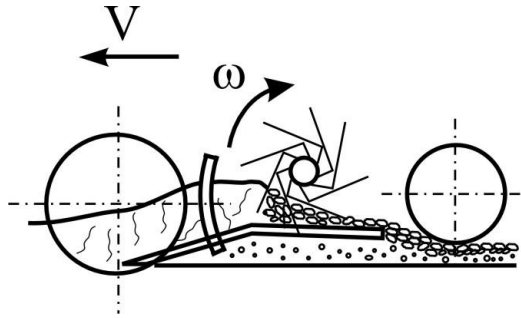


Рисунок 1.4 – Технологічна схема комбінованої машини КСП для оптимізації структурного складу і щільності ґрунту перед посівом сільськогосподарських культур

Основна задача машини – оптимізація структурного складу ґрунту в посівному шарі перед посівом. КСП за один прохід цілком готує ґрунт до посіву, виключає передпосівні культивуації, що сприяє своєчасному проведенню польових робіт і зниженню енерговитрат. Обробіток ґрунту за допомогою КСП у порівнянні зі стандартною технологією забезпечує більш високу якість – кількість агрономічно цінних агрегатів у посівному шарі було збільшено на 15 % і, як наслідок, забезпечені кращі умови для посіву насіння, їхнього проростання і подальшого розвитку.

Застосування КСП сприяло підвищенню врожаю і більш ефективному використанню рослинами мінеральних добрив [7]. Однак диференціацію структурного складу по глибині посівного шару машина створює за рахунок продавлювання ґрунту скрізь решето, що значно зменшує діапазон роботи машини за вологістю і засміченістю ґрунтів, та призводить до ущільнення окремих агрегатів. Знаходження у поверхневому шарі більш менш міцних рослинних або інших залишків робить цю машину не працездатною.

Вищезазначені недоліки не дозволяли впровадити в життя ідею побудови

орного горизонту з диференційованим агрегатним складом. Крім того, необхідно було поєднати умови завантаження із умовами подальшої сепарації. При цьому машина повинна бути здатною працювати в будь-яких умовах як за вологістю, так і за засміченістю. Тому на першому етапі було розроблено нове технологічне рішення – двохбарабанный прутковий ґрунтовий сепаратор [26] для передпосівного суцільного обробітку ґрунту (рис. 1.5), який в подальшому отримав розвиток як у технологічному так і у технічному напрямку.

Результати експериментальних та виробничих випробувань двобарабанного сепаратора показали його високу технологічну надійність і здатність формувати поверхневий із агрегатами 10-20 мм та насіннєвий із агрегатами 0,25-5мм шари ґрунту [8, 27, 28].

Перевагами цього сепаратора є: висока продуктивність (швидкість руху до 2,8 м/с); встановлений прутковий леміш формує ущільнене насіннєве ложе і визначає структурний склад посівного шару.

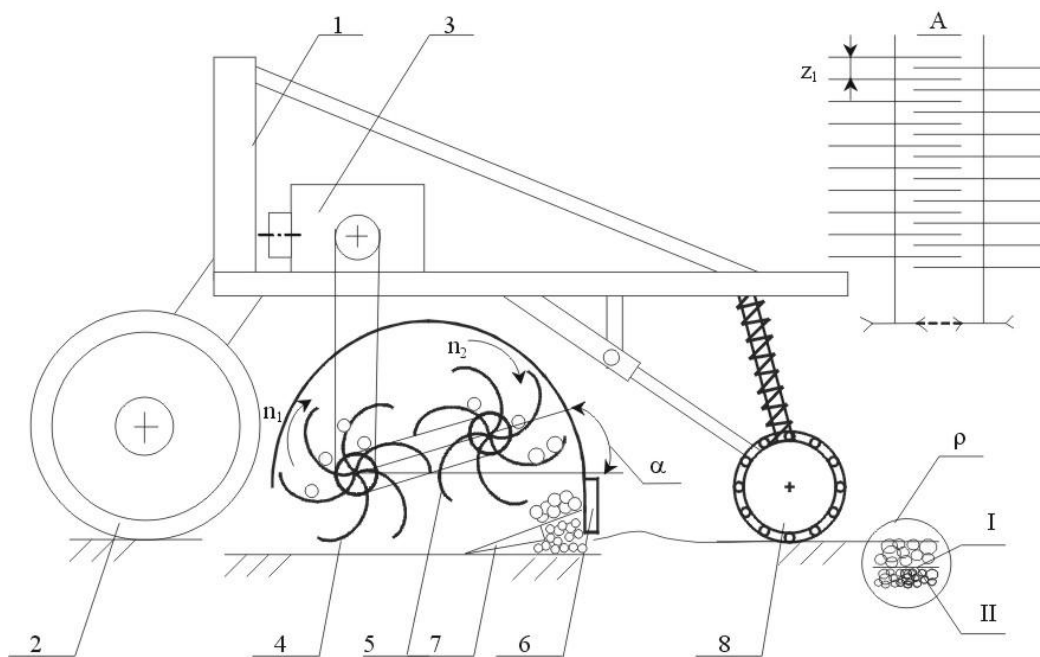


Рисунок 1.5 – Технологічна схема ґрунтового двобарабанного сепаратора:

1 – рама; 2 – опорні колеса; 3 – редуктор; 4 – перший барабан для сепарації; 5 – другий барабан для сепарації; 6 – захисний кожух-вирівнювач; 7 – леміш для сепарації; 8 – прутковий коток для прикочування

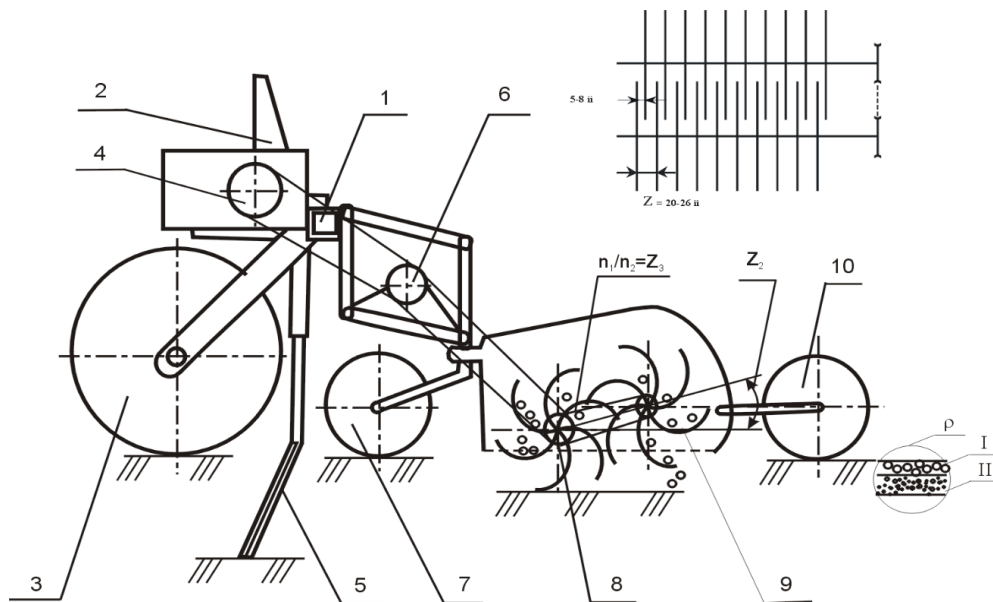


Рисунок 1.6 – Технологічна схема ґрунтообробної машини МПГС-4:

1 – рама типу КРН-5,4; 2 – навіска; 3 – опорне колесо рами; 4 – редуктор; 5 – щілиноріз; 6 – проміжна зірочка; 7 – опорне колесо паралелограмної підвіски; 8 – перший барабан для сепарації; 9 – другий барабан для сепарації; 10 – коток

Недоліки: великі розміри (радіус барабанів 0,3 м) і, як наслідок, неповне використання міжпруткового простору; різна кутова швидкість барабанів, що призводить до часткового подрібнення агрономічно цінних ґрунтових агрегатів і підвищення ймовірності заклинювання твердих предметів між прутками барабанів; прутковий леміш сепарує ґрунт, який вже був просепарований на барабанах, що руйнує деяку частку агроцінних агрегатів.

Наступним корком вдосконалення технічних засобів для пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами була розробка машини МПГС-4.

Основне призначення машини МПГС-4 – передпосівний обробіток ґрунту на зрошуваних землях із формуванням пасів для посіву у них, в подальшому, сільськогосподарських культур [30, 31].

Переваги: менші розміри (радіус барабанів 0,15 м) у порівнянні з двобарабанним сепаратором, і, як наслідок, повне використання міжпруткового простору.

Недоліки: низька продуктивність; нестійкість ходу по глибині; має місце заклинювання твердих предметів між прутками барабанів; різна кутова швидкість барабанів, що призводить до часткового подрібнення агрономічно цінних ґрунтових агрегатів і підвищення ймовірності заклинювання твердих предметів між прутками барабанів.

Після цього було створено лемішно-барабанний сепаратор ґрунту [34]. Це було спробою вдосконалити конструкцію ґрунтообробної машини МПГС-4.

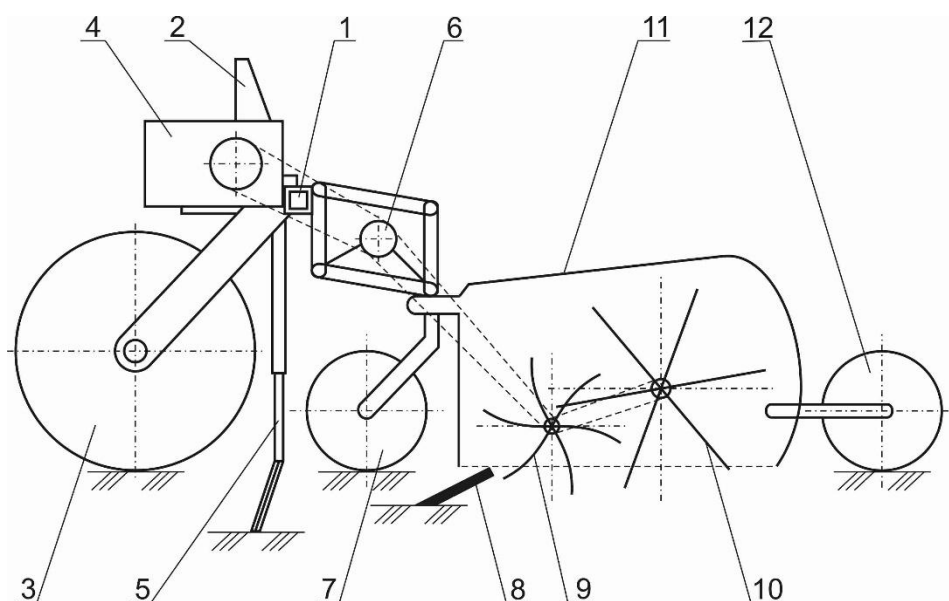


Рисунок 1.7 – Технологічна схема лемішно-барабанного сепаратора ґрунту:

1 – рама; 2 – навіска; 3 – опорне колесо рами; 4 – редуктор; 5 – щілиноріз; 6 – проміжна зірочка; 7 – опорне колесо паралелограмної підвіски; 8 – леміш; 9 – перший барабан для сепарації; 10 – другий барабан для сепарації; 11 – кожух; 12 – коток

Встановлення лемеша перед барабанами призвело до стабільності ходу по глибині і дозволило підвищити продуктивність на 20...30 % у порівнянні з МПГС-4. Збільшення довжини прутків другого барабану на 10...50 % збільшило площу сепарації, а співвідношення кутових швидкостей 1:1 зменшило дроблення ґрунтових агрегатів.

З метою позбавитись від цих недоліків, нами, в подальшому, була вдосконалена конструкція лемішно-барабанного сепаратора ґрунту (рис. 1.8), яка буде базовою в цій роботі.

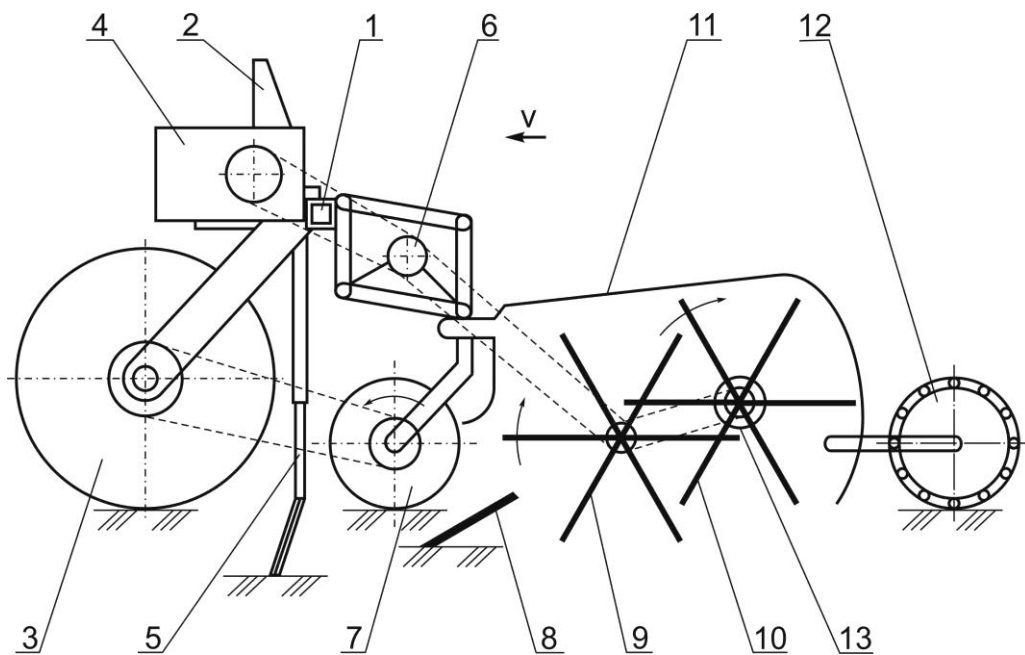


Рисунок 1.8 – Технологічна схема вдосконаленого лемішно-барабанного сепаратора ґрунту:

1 – рама; 2 – навіска; 3 – опорне колесо рами; 4 – редуктор; 5 – щілиноріз; 6 – проміжна зірочка; 7 – активний коток; 8 – прутковий леміш; 9 – перший барабан для сепарації; 10 – другий барабан для сепарації; 11 – кожух; 12 – прутковий коток; 13 – запобіжна пружинно-кулачкова муфта.

Встановлення активного котка 7 перед лемешем дозволяє вирівняти подачу ґрунту в сепаратор та позбавитись ґрунтової хвилі, за рахунок чого підвищується якість сепарації.

Прутковий леміш 8 дозволяє збільшити інтенсивність і якість сепарації машини за рахунок часткової сепарації ґрунту на ньому.

Однакова довжина прутків барабанів поліпшує умови перевантаження частинок ґрунту з барабану на барабан (ґрунт підіймається на меншу висоту), також відбувається самоочищення міжпруткового простору від бур'янистих рослин, що підвищує інтенсивність сепарації.

Прямолінійна форма прутків барабанів покращує умови завантаження сепаратора ґрунтом, що підвищує інтенсивність та якість сепарації.

Встановлення запобіжної пружинно-кулачкової муфти на валу другого барабану підвищує надійність роботи сепаратора. При заклинюванні твердого

предмета між прутками муфта спрацює. Перший барабан, продовжуючи обертатися, звільняє і виводить твердий предмет із зачеплення. Число кулачків запобіжної муфти кратне числу рядів прутків. Тому кут зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого зберігається постійним після прослизання другого барабану.

1.4 Мета і задачі досліджень

Метою роботи є підвищення ефективності пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами при виконанні передпосівного обробітку ґрунту шляхом інтенсифікації процесу сепарації.

Для досягнення поставленої мети необхідне рішення наступних задач:

1. Визначити залежності переміщення ґрунтових агрегатів поверхнею робочого органу та визначити робочі діапазони процесу сепарації.
2. Створити фізико-математичну модель процесу сепарації ґрунту робочими органами лемішно-барабанного сепаратора ґрунту.
3. Визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри лемішно-барабанного сепаратора ґрунту.
4. Провести техніко-економічну оцінку розроблених технічних рішень.

1.5 Висновки з розділу

1. Структурний склад і щільність ґрунту істотно впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Забезпечення оптимального диференційованого структурного складу та щільності ґрунту підвищує врожайність зернових культур на 19,6 % в порівнянні з врожайністю, одержаною при загальноприйнятій технології передпосівного обробітку ґрунту.

2. Однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами істотно впливає на ефективність використання мінеральних добрив. Внесення гранул мінеральних добрив певного розміру на оптимальну глибину, при

забезпеченні на цій глибині однорідності ґрунтових агрегатів за розмірами, дозволяє зменшити об'єм їх внесення до 20 %.

3. Із існуючих технічних засобів, здатних побудувати диференціальний структурний склад, найбільш перспективним є двохбарабанний сепаратор ґрунту.

4. В даний час не вирішено питання визначення максимального шляху, пройденого ґрунтом по поверхні прутка в прийнятому діапазоні параметрів робочих органів сепаратора ґрунту та не пов'язана між собою продуктивність сепаратора, яка характеризується швидкістю руху і якість обробітку, яка характеризується однорідністю пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами.

5. На сьогоднішній день не існує методів визначення максимального шляху, пройденого матеріалом по ротаційних поверхнях з горизонтальною віссю обертання в прийнятому діапазоні параметрів робочих органів.

2 ТЕОРЕТИЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ГРУНТООБРОБНОЇ МАШИНИ ДЛЯ ПЕРЕДПОСІВНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

2.1 Опис технологічної схеми сепаратора

У технологічну схему лемішно-барабанного сепаратора ґрунту (рис. 2.1) входять наступні робочі органи: прутковий леміш 1, гладкий коток 2, пруткові барабани 3 і 4, прутковий коток 5.

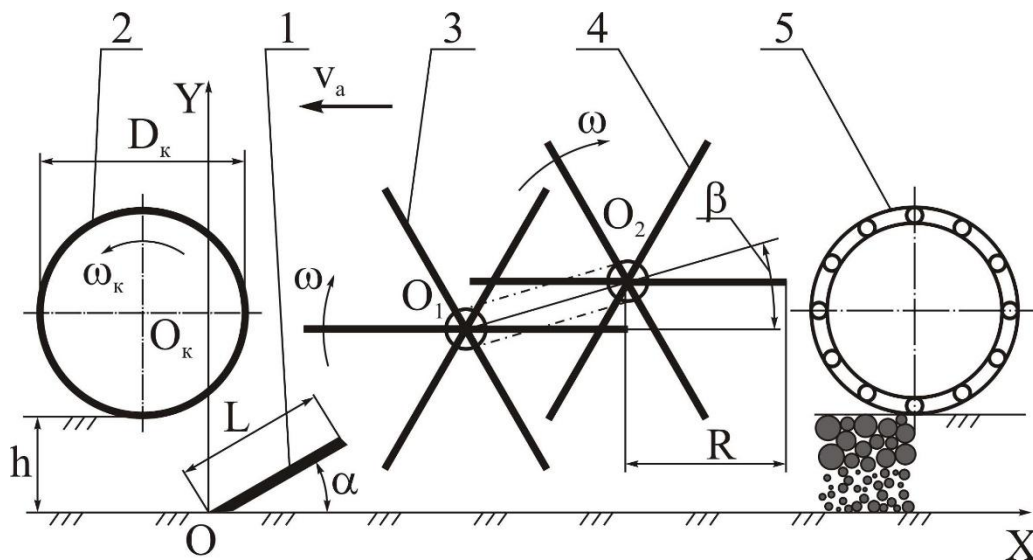


Рисунок 2.1 – Конструктивно-технологічна схема лемішно-барабанного сепаратора ґрунту

З метою вирівнювання потоку ґрунту, що подається на сепаратор та часткового його ущільнення встановлено активний гладкий коток.

На основі попередніх досліджень [8, 40] приймаємо радіус пруткових барабанів $R = 0,15$ м, відстань між прутками у ряді $l = 0,02$ м, кількість рядів прутків на барабані $z = 6$.

Основні сільськогосподарські культури вимагають проведення передпосівного обробітку на глибину 4-8 см [40]. Тому приймаємо глибину обробітку $h = 8$ см.

У ході теоретичних досліджень необхідно встановити:

1. Геометричні параметри пруткового лемеша

- довжину лемеша L ;
- кут нахилу лемеша до горизонту α .

2. Геометричні та кінематичні параметри активного котка

- діаметр котка D_k ;
- його положення відносно лемеша (координати точки O_k в системі координат XOY , де точка O – початок лемеша, вісь OX – лінія горизонту);
- кутову швидкість котка ω_k .

3. Геометричні та кінематичні параметри пруткових барабанів

- їх положення відносно лемеша (координати точок O_1 та O_2);
- форму прутків;
- кутову швидкість барабанів ω .

4. Технологічний параметр лемішно-барабанного сепаратора ґрунту – швидкість руху агрегату v_a .

2.2 Зв'язок між швидкістю руху агрегату і кутовою швидкістю барабанів

Швидкість руху агрегату з урахуванням зминання ґрунту визначається з пропускної спроможності першого барабана [63]

$$v_a \leq \frac{\omega R^2 k_s}{2h \cos \alpha},$$

де ω – кутова швидкість барабана; R – радіус барабана; k_s – коефіцієнт використання міжпруткового простору барабана; h – глибина обробітку; α – кут нахилу лемеша до горизонту.

Коефіцієнт використання міжпруткового простору барабана визначається з наступної формули

$$k_s = \frac{S_{гр}}{S_{бар}},$$

де $S_{гр}$ – площа ґрунту, яка проходить через барабан за один оберт; $S_{бар}$ – площа перетину барабана, $S_{бар} = \pi R^2$.

Коефіцієнт використання міжпруткового простору барабана залежить від типу ґрунту, його вологості, кінематичних режимів роботи сепаратора і знаходиться в межах $0,7 \dots 1,2$. Максимальне значення коефіцієнта k_s буде при найбільш сприятливих умовах сепарації. У першому наближенні будемо вважати коефіцієнт k_s постійною величиною.

2.3 Обґрунтування параметрів пруткового лемеша

Для того, щоб вплив робочих органів на ґрунт був мінімальним, не повинно бути тертя ґрунту об задню поверхню прутків. Тому пряма, яка спрямована уздовж ґрунту, що сепарується, повинна проходити не вище осі обертання барабана.

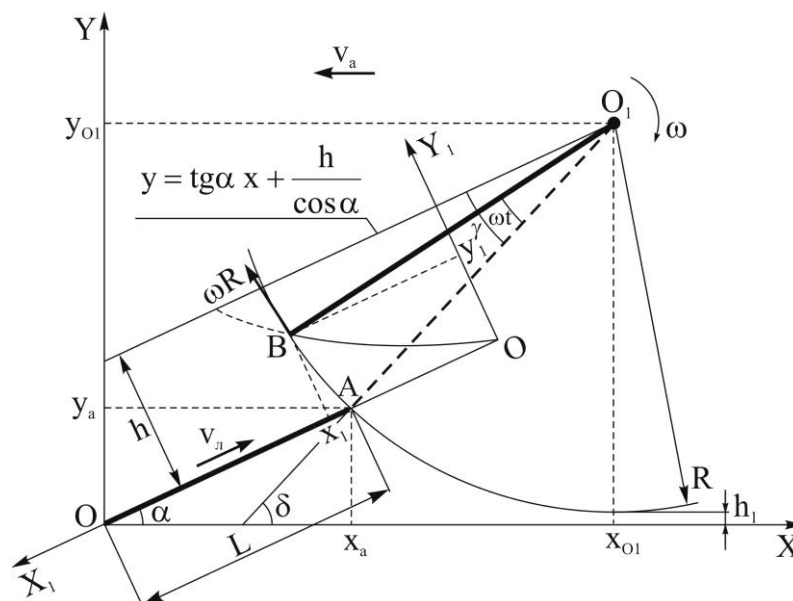


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема

З другого боку, кут δ (кут нахилу до горизонту прямої, що проходить через кінець лемеша і вісь обертання першого барабана) повинен бути якнайменшим для забезпечення максимальної продуктивності сепаратора (це буде видно з

подальшого теоретичного дослідження процесу взаємодії прутків першого барабану з ґрунтом п. 2.5). Тому ця пряма повинна проходити через точку O_1 .

Виходячи з цієї ж умови (немає тертя ґрунту об задню поверхню прутків, $\delta \rightarrow \min$) прутки першого барабана повинні бути прямолінійної форми.

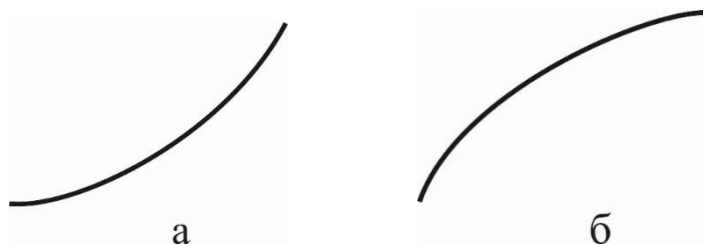


Рисунок 2.3 – Криволінійна форма прутків барабану

Якщо прутки першого барабану будуть вигнуті вгору (рис. 2.3.а), то буде мати місце тертя ґрунту об задню поверхню прутків. Для того, щоб позбавитись від тертя ґрунту об задню поверхню прутків треба буде підняти перший барабан угору (збільшити координату y_{O1}), що призведе до збільшення кута δ . Якщо ж прутки будуть вигнуті вниз (рис. 2.3.б), то будуть сприятливі умови для сходу ґрунту з прутків барабану.

Рівняння прямої, що лежить на поверхні ґрунту, який сепарує леміш (паралельна лемешу)

$$y = \operatorname{tg}\alpha x + \frac{h}{\operatorname{cos}\alpha}.$$

Кут нахилу лемеша до горизонту визначимо з наступної умови

$$\alpha \leq \varphi,$$

де φ – кут тертя ґрунту об матеріал лемеша.

Кут φ , в основному, залежить від типу ґрунту та його вологості. Користуючись [47] побудуємо графік (рис. 2.4).

При вологості ґрунту менше 7 % передпосівний обробіток виконувати недоцільно, оскільки погіршуються умови проростання насіння і розвитку рослин внаслідок досягнення вологості зав'ядання [99]. Як видно з рис. 2.4 цій вологості відповідає коефіцієнт тертя $f = 0,35$. Кут тертя $\varphi = \operatorname{arctg} f = 19,3^\circ$.

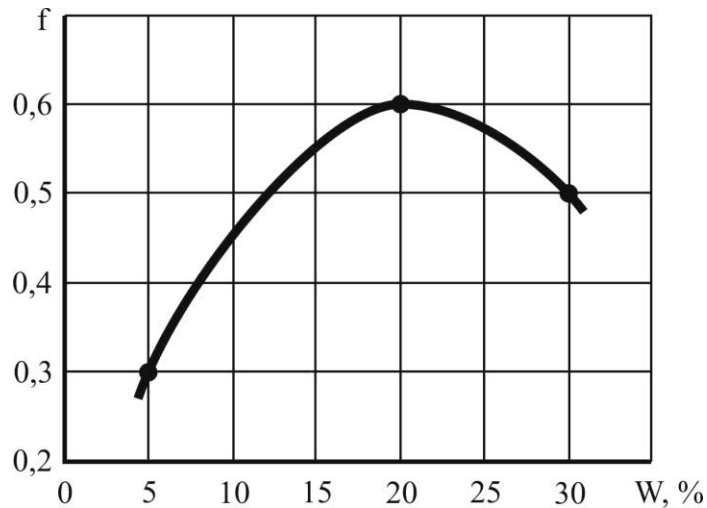


Рисунок 2.4 – Графік залежності коефіцієнта тертя ковзання ґрунту по сталі від абсолютної вологості ґрунту для чорнозему південного середньосуглинкового

Звідки $\alpha = 19^\circ$.

Товщина шару ґрунту, що відсепарував леміш

$$h_1 = k h,$$

де k – коефіцієнт, який визначає долю ґрунту, що відсепарував леміш,

$$k = 0,03 \dots 0,1.$$

Виходячи з умови, що прутки барабана не повинні взаємодіяти з ґрунтом, що відсепарував леміш (втрата енергії, додаткова дія на ґрунт), визначимо координати осі обертання барабана – координати точки O_1

$$x_{O_1} = \frac{R + h \left(k - \frac{1}{\cos \alpha} \right)}{\operatorname{tg} \alpha}, \quad y_{O_1} = R + h_1. \quad (2.2)$$

Як видно з рис. 2.1 $x_{O_2} = x_{O_1} + R \cos \beta$, $y_{O_2} = y_{O_1} + R \sin \beta$ або

$$x_{O_2} = \frac{R + h \left(k - \frac{1}{\cos \alpha} \right)}{\operatorname{tg} \alpha} + R \cos \beta, \quad y_{O_2} = R(1 + \sin \beta) + h_1. \quad (2.3)$$

Щоб визначити довжину лемеша треба знайти точку перетину прямої, що є продовженням лемеша $y = \operatorname{tg} \alpha x$ з окружністю радіусом R з центром у точці O_1 . Для цього треба вирішити наступну систему рівнянь

$$\begin{cases} y_A = \operatorname{tg}\alpha x_A; \\ (x_A - x_{O1})^2 + (y_A - y_{O1})^2 = R^2. \end{cases}$$

Вирішивши цю систему, одержимо координати точки А

$$x_A = \operatorname{ctg}\alpha [R + h(k - \cos\alpha)] - \sqrt{R^2 - h^2} \cos\alpha, \quad (2.4)$$

$$y_A = R + h(k - \cos\alpha) - \sqrt{R^2 - h^2} \sin\alpha.$$

Довжина лемеша визначається наступним виразом

$$L = \sqrt{x_A^2 + y_A^2}$$

або з урахуванням (2.4)

$$L = \left| \sqrt{R^2 - h^2} + h \operatorname{ctg}\alpha - \frac{R + kh}{\sin\alpha} \right|. \quad (2.5)$$

При $R = 0,15$ м, $h = 0,08$ м, $\alpha = 19^\circ$, $k = 0,07$ довжина лемеша $L = 0,119$ м. Приймаємо $L = 0,12$ м.

Для визначення подачі ґрунту на прутки першого барабана як функції часу необхідно знайти форму кривої, яку описує в ґрунті, що сепарується кінцева точка прутка.

Введемо рухливу систему координат X_1OY_1 з початком, що збігається з частинкою ґрунту, яка перша пройшла у зазор, утворений кінцевою точкою лемеша і кінцевою точкою прутка; вісь OX_1 спрямована вздовж поверхні лемеша.

Запишемо вираз швидкості руху кінцевої точки прутка відносно ґрунту, що сепарується в проекції на вісь OX_1

$$\frac{dx_1}{dt} = v_{\text{г}} + \omega R \sin(\gamma - \omega t),$$

де $v_{\text{г}}$ – швидкість руху ґрунту по лемешу; γ – кут повороту прутків з моменту часу, коли кінцева точка прутка підходить найбільш близько до кінцевої точки лемеша до моменту часу, коли пруток виходить із ґрунту.

Як видно з рис. 2.2

$$\gamma = \arcsin \frac{h}{R}.$$

Для визначення координати x_1 треба проінтегрувати останній вираз за часом. Будемо мати

$$x_1 = \int [v_{\text{л}} + \omega R \sin(\gamma - \omega t)] dt,$$

$$x_1 = v_{\text{л}} t + R \cos(\gamma - \omega t) + C_1.$$

З урахуванням змінання ґрунту [42] можна записати

$$v_{\text{л}} = v_a \cos \alpha.$$

Використовуючи початкові умови (при $t = 0$ $x_1 = 0$) знайдемо постійну інтегрування

$$C_1 = -R \cos \gamma.$$

Тоді

$$x_1 = v_a \cos \alpha t + R[\cos(\gamma - \omega t) - \cos \gamma]. \quad (2.6)$$

Запишемо вираз швидкості руху кінцевої точки прутка відносно ґрунту, що сепарується в проекції на вісь OY_1

$$\frac{dy_1}{dt} = \omega R \cos(\gamma - \omega t).$$

Визначимо координату y_1 . Для цього треба проінтегрувати останній вираз за часом. Будемо мати

$$y_1 = \int \omega R \cos(\gamma - \omega t) dt,$$

$$y_1 = -R \sin(\gamma - \omega t) + C_2.$$

Використовуючи початкові умови (при $t = 0$ $y_1 = 0$) знайдемо постійну інтегрування

$$C_2 = R \sin \gamma.$$

Тоді

$$y_1 = R [\sin \gamma - \sin(\gamma - \omega t)]. \quad (2.7)$$

Виразимо з (2.7) час і підставимо його в (2.6). Будемо мати рівняння кривої, яку описує в ґрунту, що сепарується кінцева точка прутка

$$x_1 = v_a \cos \alpha \frac{\left[\gamma - \arcsin \left(\sin \gamma - \frac{y_1}{R} \right) \right]}{\omega} - R \left[\cos \gamma - \sqrt{1 - \left(\sin \gamma - \frac{y_1}{R} \right)^2} \right]. \quad (2.8)$$

Побудуємо цю криву (рис. 2.5) при $v_a = 1$ м/с, $\alpha = 19^\circ$, $\omega = 6,75$ рад/с, $\gamma = 32,2^\circ$, $R = 0,15$ м.

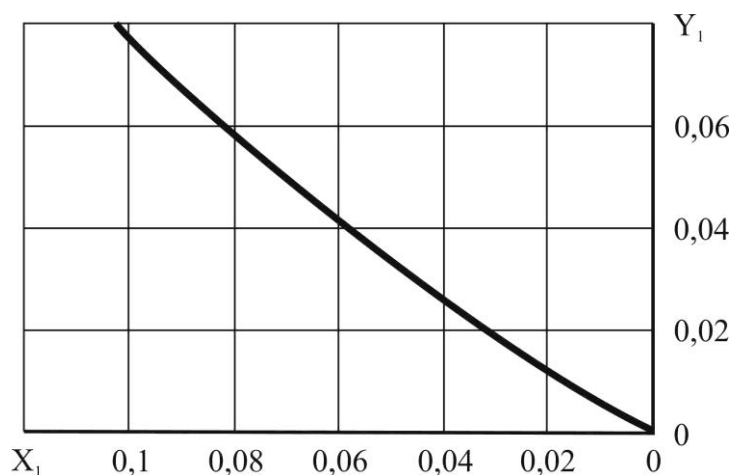


Рисунок 2.5 – Крива, яку описує в ґрунту, що сепарується кінцева точка прутка

Завантаження ґрунтом першого барабану (рис. 2.6) можна умовно розділити на три фази: I фаза – ґрунт проходить у зазор між лемешем і попереднім прутком, $y_1 = f(x_1)$; II фаза – попередній пруток вийшов з ґрунту, але пруток, що розглядається, ще не дійшов до лемеша, $y_1 = h$; III фаза – пруток дійшов до лемеша і знаходиться в ґрунту, що рухається по лемешу, $y_1 = h - f(x_1)$.

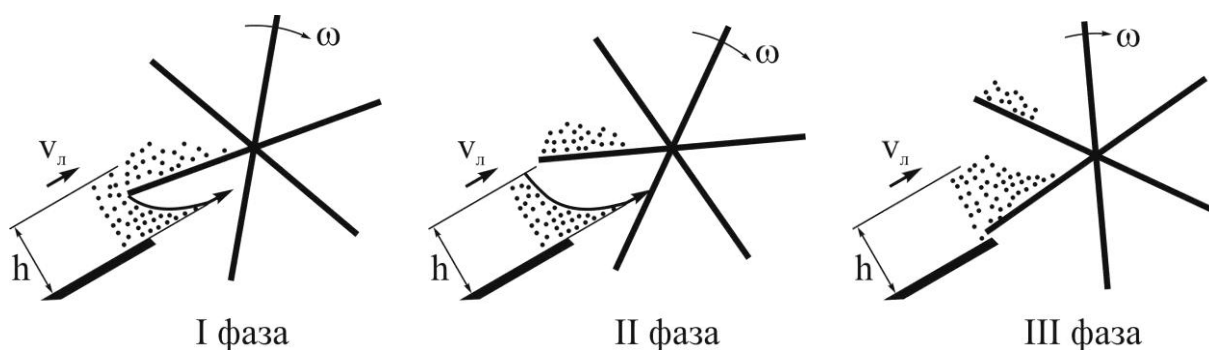


Рисунок 2.6 – Фази завантаження ґрунтом першого барабану

Зобразимо графічно завантаження ґрунтом першого барабану для цих фаз (рис. 2.7).

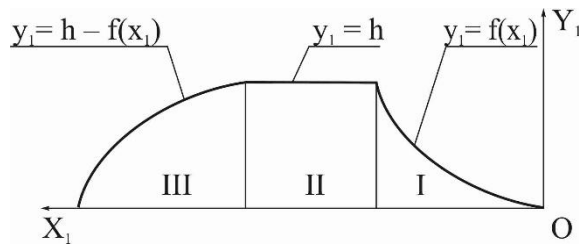


Рисунок 2.7 – Графік завантаження ґрунтом першого барабану

Знайдемо кути повороту барабану, що відповідають фазам завантаження.

Першій фазі відповідає кут γ і час $t_1 = \frac{\gamma}{\omega}$. Другій фазі відповідає кут $\frac{2\pi}{z} - \gamma$

і час $t_2 = \frac{2\pi}{z\omega} - \frac{\gamma}{\omega}$, де z – кількість рядів прутків. Третій фазі відповідає кут γ і час

$t_3 = \frac{\gamma}{\omega}$. Загальний час завантаження $t = t_1 + t_2 + t_3 = \frac{2\pi}{z\omega} + \frac{\gamma}{\omega}$.

Визначимо подачу ґрунту на прутки першого барабану як функції часу для першої фази (рис. 2.8). Як відомо з теорії інтегрального числення [43, 44, 46]

$$S = x_1 y_1 - \int_0^{y_1} f(y_1) dy_1. \quad (2.9)$$

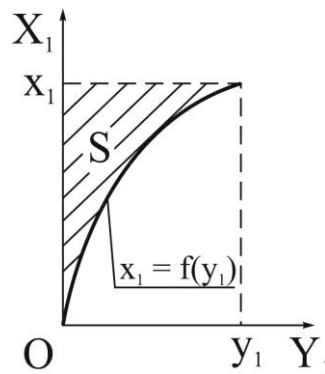


Рисунок 2.8 – Схема для визначення подачі для I фази завантаження

Взявши інтеграл з (2.9) $\int_0^{y_1} f(y_1) dy_1$, де $f(y_1)$ – права частина рівняння (2.8) і

підставивши в отриманий вираз значення y_1 з (2.7), а також підставив значення x_1 з (2.6), будемо мати подачу ґрунту на прутки першого барабану як функцію часу для першої фази завантаження.

Тоді можна знайти подачу ґрунту на прутки першого барабану як функцію часу

$$S = \begin{cases} \frac{1}{2} R^2 \left(\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\gamma + \frac{1}{2} \sin(2(\gamma - \omega t)) + 2 \cos \left(2\gamma - \frac{3}{2} \omega t \right) \sin \left(\frac{1}{2} \omega t \right) - \omega t \right) + \\ + \frac{R v_a \cos \alpha}{\omega} (\cos \gamma - \cos(\gamma - \omega t)) + R t v_a \cos \alpha \sin \gamma, & 0 \leq t \leq \frac{\gamma}{\omega}; \\ h v_a \cos \alpha t, & \frac{\gamma}{\omega} \leq t \leq \frac{2\pi}{z\omega}; \\ \frac{1}{2} R^2 \left(\omega t - \frac{1}{2} \sin 2\gamma + 2 \cos \gamma \sin(\gamma - \omega t) - \frac{1}{2} \sin(2(\gamma - \omega t)) \right) + \\ + \frac{R v_a \cos \alpha}{\omega} (\cos(\gamma - \omega t) - \cos \gamma) - R t v_a \cos \alpha \sin(\gamma - \omega t), & \frac{2\pi}{z\omega} \leq t \leq \frac{2\pi}{z\omega} + \frac{\gamma}{\omega}. \end{cases} \quad (2.10)$$

Перевіримо правильність складання рівняння подачі ґрунту для першої і третьої фаз завантаження. Сума подач ґрунту першої і третьої фаз повинна дорівнювати площі прямокутника $x_1 y_1$ (рис. 2.5).

$$S_1 + S_3 = x_1 y_1$$

або

$$\begin{aligned} & \left(\frac{1}{2} R^2 \left(\sin \omega t - \frac{1}{2} \sin 2\gamma + \frac{1}{2} \sin(2(\gamma - \omega t)) + 2 \cos \left(2\gamma - \frac{3}{2} \omega t \right) \sin \left(\frac{1}{2} \omega t \right) - \omega t \right) + \right. \\ & \quad \left. + \frac{R v_a \cos \alpha}{\omega} (\cos \gamma - \cos(\gamma - \omega t)) + R t v_a \cos \alpha \sin \gamma \right) + \\ & \quad + \left(\frac{1}{2} R^2 \left(\omega t - \frac{1}{2} \sin 2\gamma + 2 \cos \gamma \sin(\gamma - \omega t) - \frac{1}{2} \sin(2(\gamma - \omega t)) \right) + \right. \\ & \quad \left. + \frac{R v_a \cos \alpha}{\omega} (\cos(\gamma - \omega t) - \cos \gamma) - R t v_a \cos \alpha \sin(\gamma - \omega t) \right) = \\ & = (v_a \cos \alpha t + R[\cos(\gamma - \omega t) - \cos \gamma]) (R [\sin \gamma - \sin(\gamma - \omega t)]). \end{aligned}$$

$$0 \equiv 0.$$

За формулою (2.10) при $v_a = 1$ м/с, $\alpha = 19^\circ$, $\omega = 6,75$ рад/с, $\gamma = 32,2^\circ$, $R = 0,15$ м побудуємо графік (рис. 2.9).

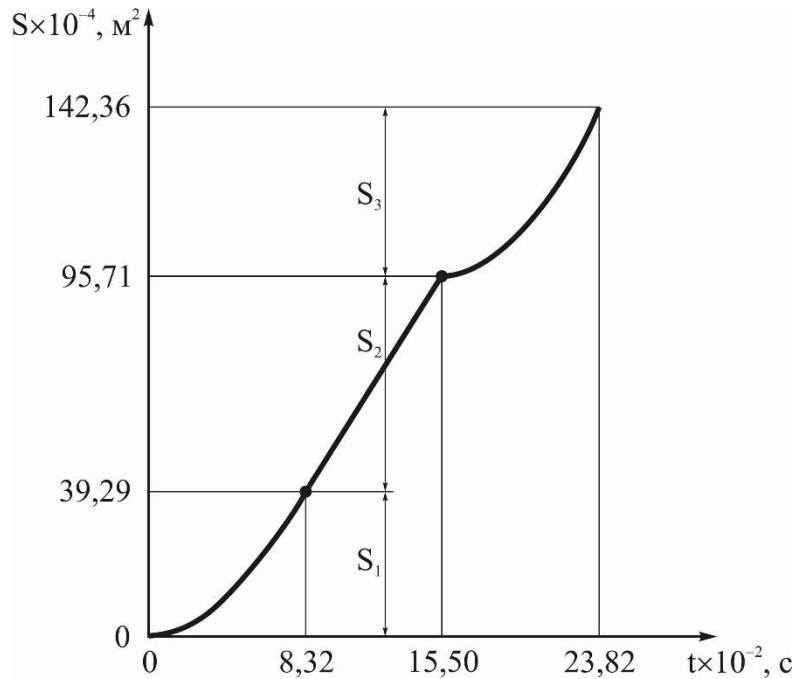


Рисунок 2.9 – Залежність подачі ґрунту на прутки першого барабану від часу

2.4 Обґрунтування параметрів другого барабану

Визначимо λ – кут між прутками барабанів в процесі їх взаємодії.

Як видно з рис. 2.10

$$\lambda = \theta + \tau,$$

де θ – кут зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого; τ – кут між прямою, що проходить через початок і кінець прутка другого барабану та дотичною до прутка другого барабану, що проведена в точці перетину прутку першого барабану з прутком другого.

Кут τ , який залежить від форми прутків, і кут θ в сумі утворюють кут λ , тому форму прутків і зміщення по фазах барабанів треба розглядати як єдине ціле.

З другого боку, при зменшенні кута λ збільшується інтенсивність сепарації за рахунок більшої дії прутків на ґрунт. З цієї точки зору кут λ повинен бути якнайменшим, тобто $\lambda \rightarrow \min$.

Використовуючи [41, 58, 70] складемо таблицю 2.1.

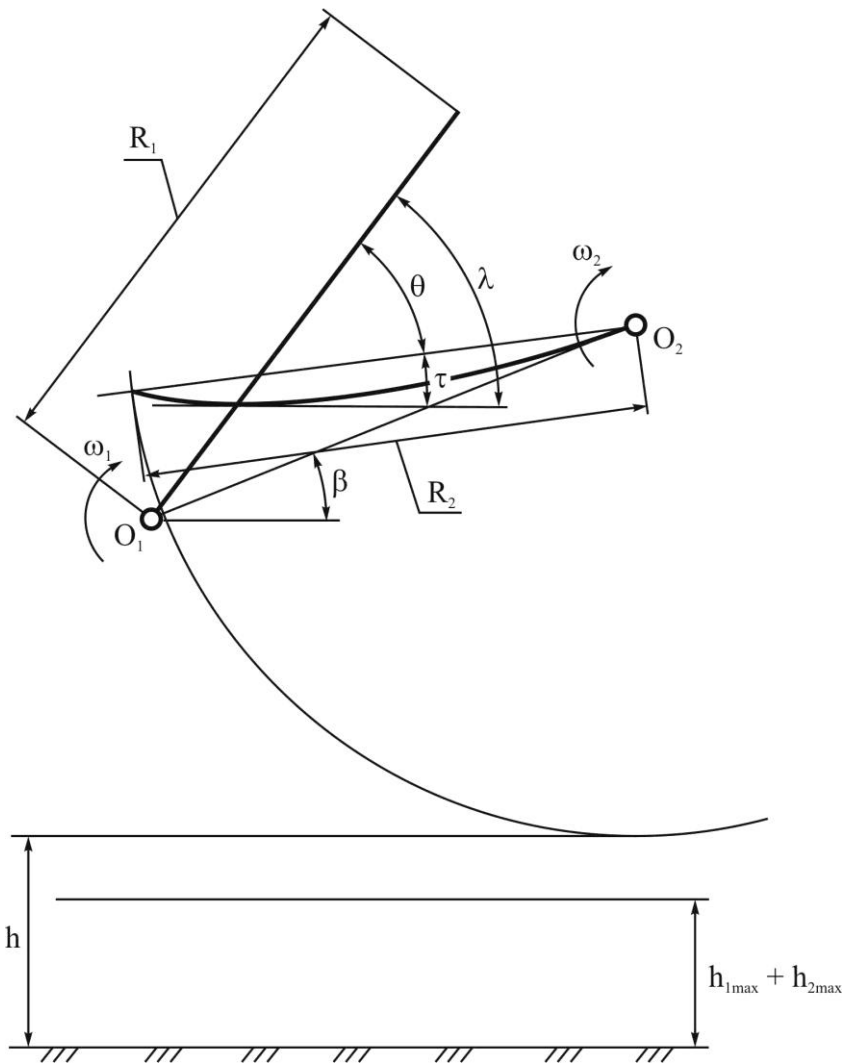


Рисунок 2.10 – Параметри другого барабану

Таблиця 2.1 – Кути тертя руху деяких матеріалів по сталі

Матеріал	Коефіцієнт тертя	Кут тертя, град
Сталь	0,08...0,12	4,6...6,8
Камінь	0,1...0,15	5,7...8,5
Ґрунт	0,3...0,9	16,7...42

Геометрична форма прутків барабанів повинна забезпечувати пересування по них ґрунту з максимально сприятливими умовами для сепарації. Виходячи з цього $\lambda \rightarrow \min = \text{const} = 20^\circ$, тобто форма прутків другого барабану повинна бути прямолінійна.

Тоді

$$\theta = \lambda.$$

Кутові швидкості обертання двох барабанів прийнято однаковими з метою $\lambda \rightarrow \min = \text{const}$, тобто

$$\omega_1 = \omega_2. \quad (2.11)$$

Якщо кутові швидкості барабанів будуть різними, то кут λ буде постійно змінюватись в широкому діапазоні, що призведе до різних умов сепарації. Крім того, при $\lambda \rightarrow 0$ ймовірність заклинювання твердих предметів практично 100 %.

Процес сепарації ґрунту повинен проходити як при перевантаженні частинок ґрунту з барабану на барабан так і у ході відносного переміщення частинок по прутках другого барабану. Під час роботи повинно виконуватись самоочищування «живого» перерізу поверхні робочих органів сепаратора [71, 72, 73].

Крім того, при збільшенні розмірів другого барабану погіршуються умови перевантаження частинок ґрунту з барабану на барабан за рахунок того, що ґрунт підіймається на більшу висоту.

Тому

$$R_1 = R_2 = R. \quad (2.12)$$

При глибині обробітку $h = 0,08$ м і радіусах барабанів $R = 0,15$ м кут нахилу до горизонту прямої, що проходить через осі барабанів $\beta = 28,7^\circ$.

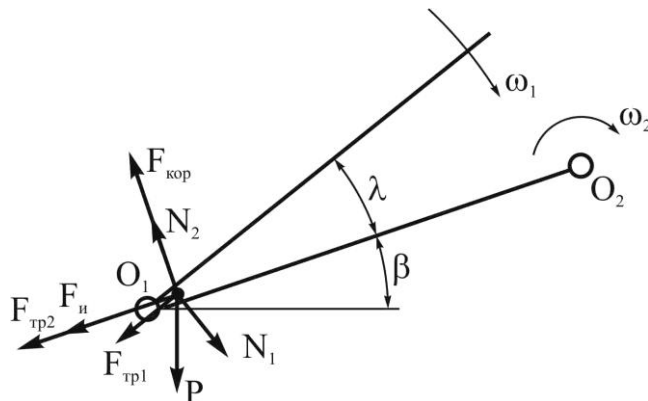


Рисунок 2.11 – Твердий предмет між прутками барабанів

На твердий предмет, що потрапив між прутками барабанів (рис. 2.11) будуть діяти наступні сили: сила тяжіння $P = mg$, сила інерції $F_{\text{и}} = m\omega^2 R$, сила

Коріоліса $F_{\text{кор}} = \frac{2m\omega^2 R}{\sin \lambda}$, нормальні реакції $N_1, N_2 = f(P, F_{\text{и}}, F_{\text{кор}})$ та сили тертя $F_{\text{тр1}} = fN_1$ і $F_{\text{тр2}} = fN_2$.

Для того, щоб твердий предмет не заклинювався між прутками повинна виконуватись умова: проекція результуючої всіх сил на другий пруток повинна бути спрямована до осі обертання O_2 або

$$N_1 \sin \frac{\lambda}{2} \geq P \sin \beta + F_{\text{и}} + F_{\text{тр2}} + F_{\text{тр1}} \cos \lambda.$$

Остання нерівність не виконується в діапазоні $0 \leq \lambda \leq 90^\circ$ при $\beta = 28,7^\circ$ ні при яких умовах. Тому в випадку потрапляння твердого предмета між прутками барабанів може привести до їх поломки. Слід відмітити, що цей випадок зустрічається не часто, але ймовірність його проходження все-таки має місце.

Для підвищення надійності роботи сепаратора пропонується наступне технічне рішення. На валу другого барабану встановимо запобіжну пружинно-кулачкову муфту по ГОСТ 15620–77. При заклинюванні твердого предмета між прутками муфта спрацює. Перший барабан, продовжуючи обертатися, звільняє і виводить твердий предмет із зачеплення. Число кулачків запобіжної муфти ($n = 3$) кратне числу рядів прутків ($z = 6$). Тоді кут λ зберігається постійним після прослизання другого барабану.

2.5 Висновки з розділу

1. В якості основних оцінних параметрів, що характеризують результативність роботи лемішно-барабанного сепаратора ґрунту, слід вважати його продуктивність, що пов'язана зі швидкістю руху агрегату і однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами, що пов'язана зі шляхом, пройденим частинками ґрунту по прутках барабанів.

2. Одержана механіко-математична модель процесу взаємодії першого пруткового барабана з ґрунтом пов'язала між собою ці параметри і дозволила визначити максимальну швидкість руху агрегату $v_{a \text{ max}} = 1,32$ м/с для прийнятих

радіусу барабанів $R = 0,15$ м і глибини обробітку $h = 0,08$ м. Мінімальну швидкість руху агрегату обмежують технічні можливості трактора.

3. На підставі теоретичних досліджень обґрунтовано параметри пруткового лемеша (довжина $L = 0,12$ м, кут нахилу до горизонту $\alpha = 19^\circ$) і активного гладкого котка (діаметр $D_k = 0,35$ м, кутова швидкість $\omega_k = 5,7$ рад/с).

4. Форма прутків барабанів і кут зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого треба розглядати як єдине ціле, оскільки вони визначають кут між прутками барабанів в процесі їх взаємодії. Форма прутків лемішно-барабанного сепаратора ґрунту повинна бути прямолінійною. При цьому забезпечуються найкращі умови для завантаження і сепарації ґрунту. Для прямолінійної форми прутків кут між прутками барабанів в процесі їх взаємодії λ дорівнює куту зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого θ і складає 20° . При цьому значенні λ забезпечується найбільша інтенсивність сепарації при найменшій ймовірності заклинювання твердих предметів між прутками барабанів.

3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень була перевірка правильності зроблених в ході теоретичних досліджень висновків і експериментальне обґрунтування основних параметрів і кінематичних режимів роботи сепаратора ґрунту. Програмою і задачами експериментальних досліджень передбачалося проведення лабораторних досліджень технологічного процесу пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами при роботі макетного зразка лемішно-барабанного сепаратора ґрунту.

У відповідності із програмою цих досліджень було потрібно:

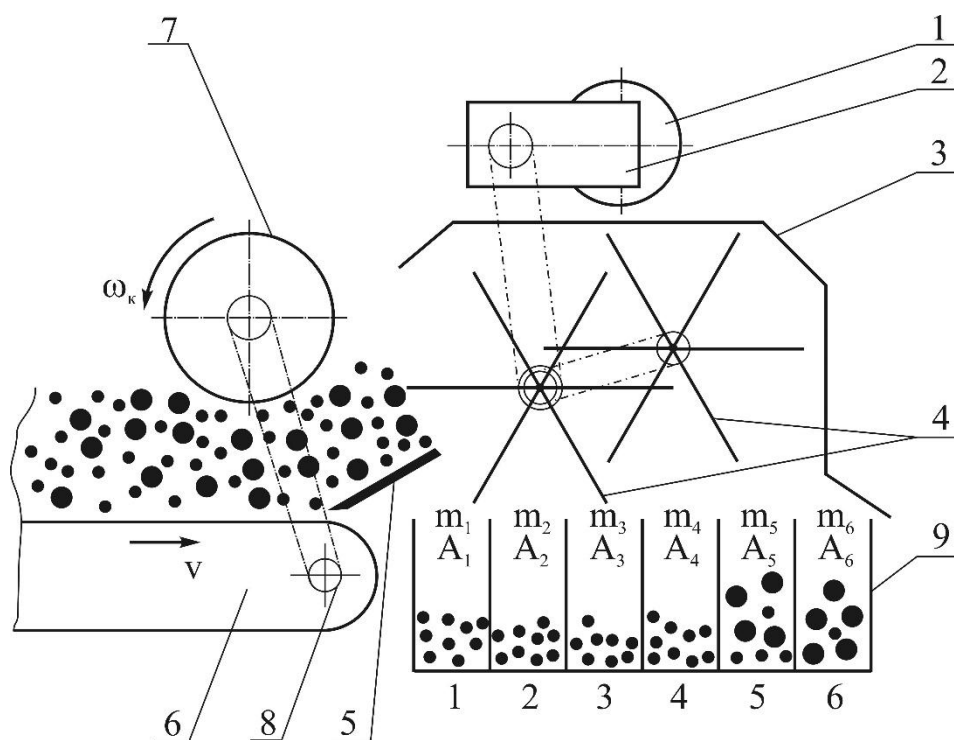
- побудувати математичну модель технологічного процесу пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами і визначити діапазон оптимальних значень основних параметрів лемішно-барабанного сепаратора ґрунту;
- обґрунтувати доцільність застосування пруткового лемеша і активного котка;
- визначити вплив вологості ґрунту на ефективність сепарації.

3.2 Опис лабораторної установки

Враховуючи програму експериментальних досліджень для визначення показників роботи лемішно-барабанного сепаратора ґрунту була розроблена і виготовлена лабораторна установка (рис. 3.1).

Лабораторна установка працює наступним чином. Ґрунт, що сепарується, рівномірним шаром розміщується на стрічку транспортера 6, з обох боків якого закріплені обмежувальні планки, які перешкоджають ґрунту сходити з транспортера. З метою вирівнювання потоку ґрунту, що подається на сепаратор та часткового його ущільнення встановлено активний коток 7. Привід котка 8 розраховано таким

чином, що забезпечується рівність між окружною швидкістю котка та швидкістю руху стрічки транспортеру. Після цього вмикають електродвигун постійного струму 1, який через привід сепаратора 2 надає обертальний рух прутковим барабанам 4. Контролюючи за допомогою тахометра частоту обертання барабанів, регулюємо їх частоту обертання за допомогою трансформатора, який регулює частоту обертання електродвигуна постійного струму, доки не встановимо потрібну частоту обертання барабанів. Потім вмикаємо транспортер, що подає ґрунт через прутковий леміш 5 на прутки першого барабана 4.



1 – електродвигун постійного струму; 2 – привід сепаратора; 3 – рама сепаратора; 4 – пруткові барабани; 5 – прутковий леміш; 6 – стрічковий транспортер; 7 – активний коток; 8 – привід котка; 9 – лоток

Рисунок 3.1 – Технологічна схема лабораторної установки

Для роботи барабанів сепаратора потрібна потужність 1...1,5 кВт (визначено експериментально). Потужність електродвигуна дорівнює 6,8 кВт, що значно більше потрібної потужності. Тому частота обертання барабанів не змінюється в процесі переходу від холостого режиму в режим сепарації.



Рисунок 3.2 – Загальний вигляд лабораторної установки

3.3 Визначення критерію оптимізації

Частку кожної фракції, яка міститься в шарі ґрунту можна визначити по формулі:

$$k_i = \frac{\sum m_{d_i}}{\sum m_i},$$

де m_{d_i} – маса ґрунтових агрегатів, які залишились на решеті з діаметром отворів d_i ; m_i – маса ґрунту, що потрапила у всі відділення лотка.

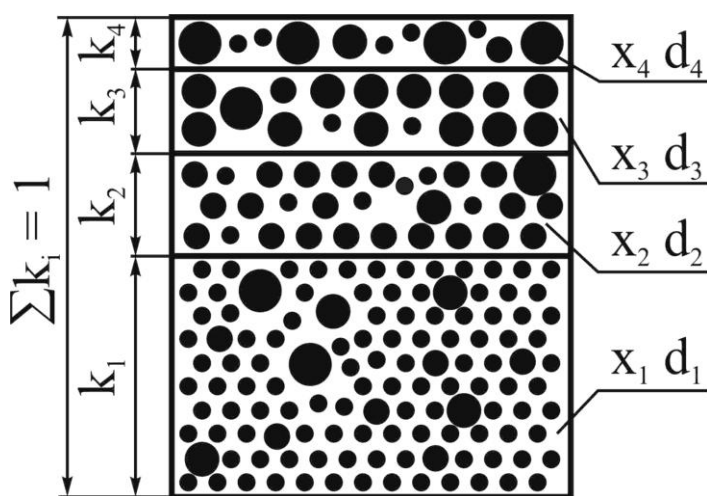


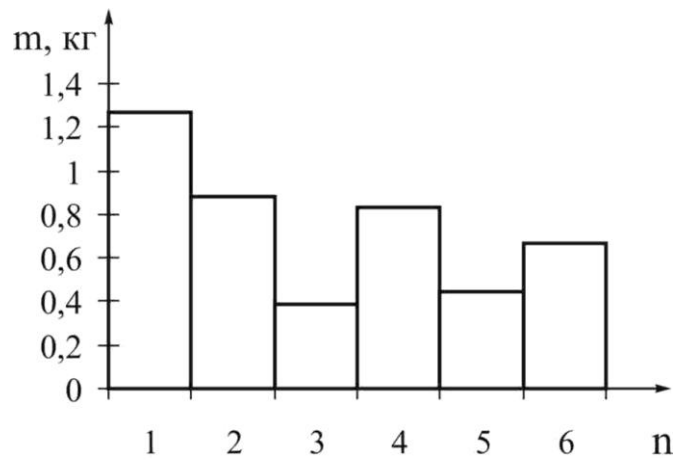
Рисунок 3.3 – Агрегатний склад ґрунту після роботи сепаратора

Кількість відділень лотка, що відповідає вмісту фракції k_i

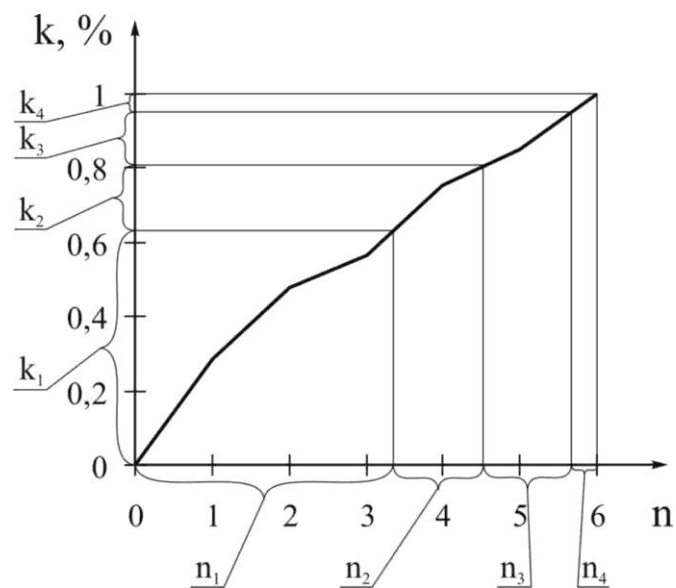
$$n_i = k_i N,$$

де N – кількість всіх відділень лотка, $N = 6$.

Графічне визначення кількості відділень лотка, які відповідають вмісту фракцій в обробленому шарі ґрунту показано на рис. 3.4.



а



б

Рисунок 3.4 –Гістограма розподілу (а) і інтегральна функція розподілу (б) ґрунту по відділеннях лотка

x_i – частка ґрунтових агрегатів, що знаходяться «у своєму шарі» у відповідності з рис. 3.3.

$$x_i = \frac{\sum m_{d_{in}}}{\sum m_{n_i}},$$

де $m_{d_{in}}$ – маса ґрунтових агрегатів, які залишились на решеті з діаметром отворів d_i в n_i відділеннях; m_{n_i} – маса ґрунту, що потрапила у n_i відділень лотка.

Критерій оптимізації визначає однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами. Кількісно критерій виражається з наступної формули:

$$Y = \sum (x_i - k_i) k_i . \quad (3.1)$$

Різниця $x_i - k_i$ показує збільшення вмісту ґрунтових агрегатів розміром d_i у шарі ґрунту $k_i h$ після роботи сепаратора, а множник k_i враховує величину цього шару.

3.4 Методика постановки експериментальних досліджень і обробки експериментальних даних

Методика експериментальних досліджень базується на математичному плануванні експериментів [85, 86, 87, 88, 89] і включає:

- визначення рівня значимих параметрів і діапазону їхнього варіювання;
- кодування параметрів варіювання у діапазоні досліджень від -1 до $+1$, при цьому $x_k = (x_i - x_0)/h_i$, де x_k – кодоване значення параметра, x_i – поточне значення і x_0 – основний рівень параметра в межах варіювання, h_i – інтервал варіювання параметра;
- розробку матриці планування експериментів;
- проведення експериментів на лабораторній установці;
- перевірку відтворюваності експериментів;
- визначення коефіцієнтів моделі (рівняння регресії);
- перевірку статистичної значимості коефіцієнтів моделі;
- перевірку адекватності моделі.

З обліком того, що для проведення досліджень та обробки даних використовувалися серійні прилади і устаткування, ця погрішність не перевищувала 5 %.

3.5 Планування експериментів

На процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами впливають: тип та вологість ґрунту, швидкість руху стрічки транспортеру, товщина шару ґрунту, що сепарується, довжина лемешу, розмір барабанів, форма прутків барабанів, зазор між прутками на барабані, частота обертання барабанів, кут нахилу до горизонту прямої, що проходить через осі барабанів, кут зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого.

Тип та вологість ґрунту – об'єктивні фактори, що не залежать від експериментатора.

На основі теоретичних розрахунків попередньо приймаємо швидкість руху стрічки транспортеру $v = 1$ м/с, довжину лемеша $L = 0,12$ м, кут нахилу лемеша до горизонту $\alpha = 19^\circ$, діаметр активного котка $D_k = 0,35$ м, кутова швидкість котка $\omega_k = 5,7$ рад/с, кут нахилу до горизонту прямої, що проходить через осі барабанів $\beta = 28,7^\circ$.

На основі попередніх експериментальних досліджень [40, 91] приймаємо зазор між прутками на барабані $l = 0,02$ м, радіус барабанів $R = 0,15$ м, товщину шару ґрунту, що сепарується $h = 0,08$ м, кількість рядів прутків на барабані $z = 6$.

За фактори, що регулюються приймаємо відхилення прутків другого барабану від прямолінійної форми (X_1), кут зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого (X_2), частоту обертання барабанів (X_3).

За нижній рівень фактору X_1 приймаємо пруток прямолінійної форми. За верхній – пруток, що виконаний у вигляді дуги окружності, який відхиляється від прямолінійної форми на величину b , $b = 30$ мм.

Нижній рівень фактору X_2 приймаємо рівним 20° виходячи з того, що при цьому куті згідно теоретичних досліджень повинна бути найбільша інтенсивність сепарації при найменшій ймовірності заклинювання твердих предметів. Верхній рівень фактору X_2 приймаємо рівним 45° виходячи з конструктивних можливостей сепаратора.

Нижній рівень фактору X_3 приймаємо рівним 70 об/хв, виходячи з того, що при меншій частоті обертання технологічний процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розміром не виконується (недостатня продуктивність сепаратора). Верхній рівень фактору X_3 приймаємо рівним 110 об/хв, виходячи з того, що при більшій частоті обертання відбувається відрив ґрунтових агрегатів від поверхні прутків, що призводить до істотного погіршення якості технологічного процесу.

Таблиця 3.1 – Параметри, що варіювалися в експерименті по визначенню їх впливу на показники якості роботи лемішно-барабанного сепаратора ґрунту

Параметри	-1	+1	Інтервал
1. Відхилення прутків другого барабану від прямолінійної форми – X_1 (b), мм	0	30	15
2. Кут зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого – X_2 (θ), град	20	45	12,5
3. Частота обертання барабанів – X_3 (n), об/хв	70	110	20

Досліди проводились по плану повного трьох-факторного експерименту ПФЕ 2^3 .

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Умови проведення експериментальних досліджень

Відбір, упаковка і транспортування зразків ґрунту проводились відповідно до [98]. Умови випробувань: чорнозем південний середньосуглинковий ($38 \pm 1,5$ % фізичної глини, вміст глини визначали відповідно до [3]), фон – культивованій пар, вологість ґрунту $14,8 \pm 0,9$ %, щільність ґрунту $1,1 \pm 0,05$ г/см³.

Середній вміст ґрунтових агрегатів по фракціях до обробітку (виміри відповідно до методики [7, 10]):

агрегатів з розміром 0,25...5 мм – $58,6 \pm 16,7$ %;

агрегатів з розміром 5...10 мм – $15,1 \pm 5,0$ %;

агрегатів з розміром 10...20 мм – $15,9 \pm 5,1$ %;

агрегатів з розміром більш 20 мм – $8,1 \pm 4,8$ %;

пил – $2,3 \pm 1,5$ %.

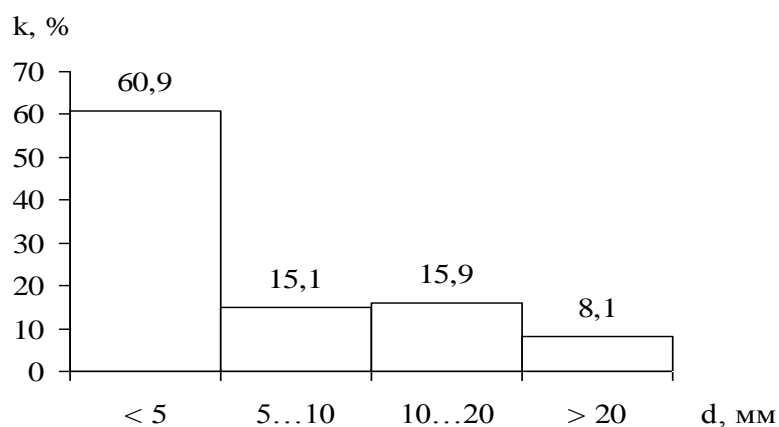


Рисунок 4.1 – Агрегатний склад ґрунту до обробітку

4.2 Вплив конструктивно-кінематичних параметрів сепаратора ґрунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами

Відповідно до плану експерименту ПФЕ 2³ було реалізовано 8 варіантів сполучень трьох факторів у конструкції експериментальної установки.

Він показав, що отриману регресійну модель можна використовувати в якості «оптимізаційної» моделі, яка дозволяє визначати оптимальні параметри лемішно-барабанного сепаратора ґрунту для визначених умов роботи.

Середній вміст ґрунтових агрегатів по фракціях після обробітку:

агрегатів з розміром 0,25...5 мм	– 67,2±13,1 %;
агрегатів з розміром 5...10 мм	– 14,3±5,6 %;
агрегатів з розміром 10...20 мм	– 10,6±6,7 %;
агрегатів з розміром більш 20 мм	– 4,3±3,8 %;
пил	– 3,6±1,8 %.

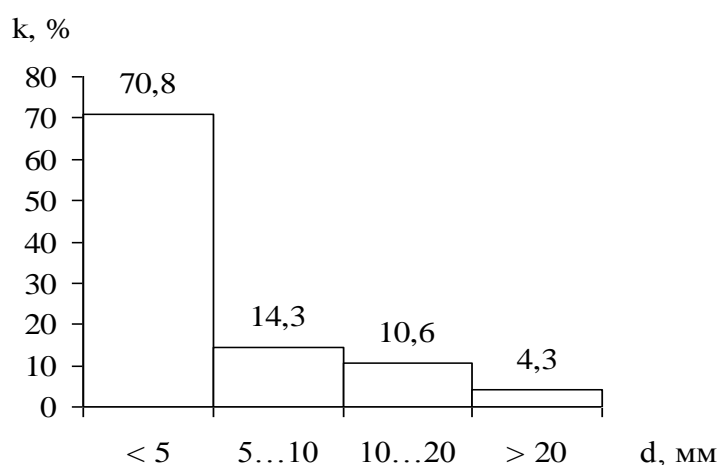


Рисунок 4.2 – Агрегатний склад ґрунту після обробітку

Таблиця 4.1 – Результати експерименту ПФЕ 2³

№ опиту	Повторності значень Y_i			Середнє значення \bar{Y}_i
	Y_1	Y_2	Y_3	
1	0,1250	0,0912	0,1324	0,1162
2	0,0711	0,0788	0,0781	0,0760
3	0,0949	0,0819	0,1325	0,1031
4	0,0457	0,0524	0,0525	0,0502
5	0,0626	0,1126	0,0853	0,0868
6	0,0458	0,0657	0,0584	0,0566
7	0,0741	0,8926	0,1034	0,0889
8	0,0617	0,0613	0,0519	0,0583

Таким чином, було отримано наступне рівняння регресії, що описує досліджуваний процес за встановленим критерієм оптимізації:

$$Y = 0,0795 - 0,0069X_1 - 0,0044X_2 - 0,0192X_3 + 0,0053X_1X_2 + 0,004X_1X_3 - 0,0016X_2X_3, \quad (4.1)$$

де Y – однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами, яку отримали після роботи сепаратора; X_1, b – відхилення прутків другого барабану від прямолінійної форми, мм; X_2, θ – кут зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого, град; X_3, n – частота обертання барабанів, об/хв.

Перевірка за критерієм Кохрена ($G_{\text{розр}} = 0,317 < G_{\text{табл}} = 0,5157$) дозволяє зробити висновок про однорідність дисперсій.

Порівнюючи розрахункові і табличне значення критерію Стюдента можна зробити висновок, що всі коефіцієнти, окрім b_{23} значимі. Можна відкинути ефект парної взаємодії X_2X_3 , оскільки $t_{\text{розр}} b_{23} = 1,068 < t_{\text{табл}} = 2,12$. На решту членів регресії це не буде впливати.

Тоді математична модель процесу буде мати вигляд:

$$Y = 0,0795 - 0,0069X_1 - 0,0044X_2 - 0,0192X_3 + 0,0053X_1X_2 + 0,004X_1X_3. \quad (4.2)$$

Враховуючи, що $X_1 = \frac{b-15}{15}$, $X_2 = \frac{\theta-32,5}{12,5}$ і $X_3 = \frac{n-90}{20}$, отримаємо

рівняння регресії у натуральній формі:

$$Y = 0,1975 - 2,57 \cdot 10^{-3} b - 2,08 \cdot 10^{-4} \theta - 9,52 \cdot 10^{-4} n + 2,83 \cdot 10^{-5} b \theta + 1,33 \cdot 10^{-5} b n. \quad (4.3)$$

Рівняння (4.2) аналізувалось на ПЕОМ за допомогою програми «Mathematica».

Максимальне значення для $Y = 0,1162$ буде при:

$$X_1 = -1 \text{ або } b = 0 \text{ мм};$$

$$X_2 = -1 \text{ або } \theta = 20^\circ;$$

$$X_3 = -1 \text{ або } n = 70 \text{ об/хв.}$$

Для побудови поверхонь відклику один із факторів фіксувався на оптимальному рівні. Варіанти поверхонь відклику при оптимальних значеннях факторів ($b = 0$ мм, $\theta = 20^\circ$, $n = 70$ об/хв) наведені на рисунках 4.3, 4.4 і 4.5.

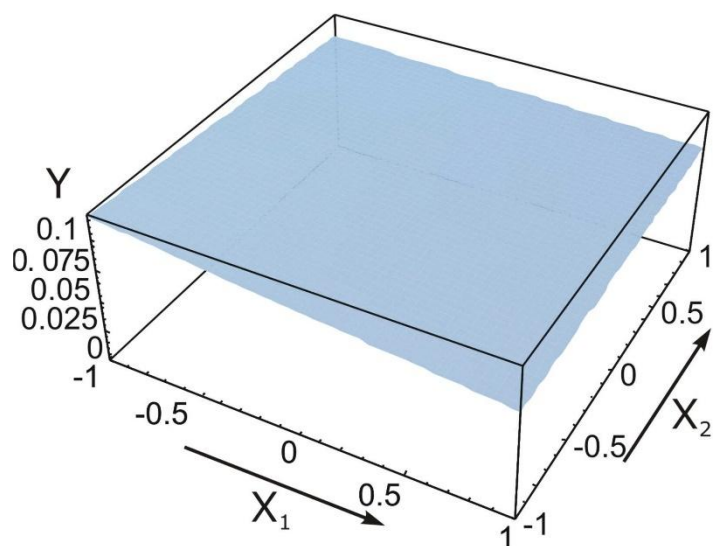


Рисунок 4.3 – Залежність критерію оптимізації Y від форми прутків другого барабану X_1 (b) і кута зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого X_2 (θ) при частоті обертання барабанів $X_3 = -1$ ($n = 70$ об/хв)

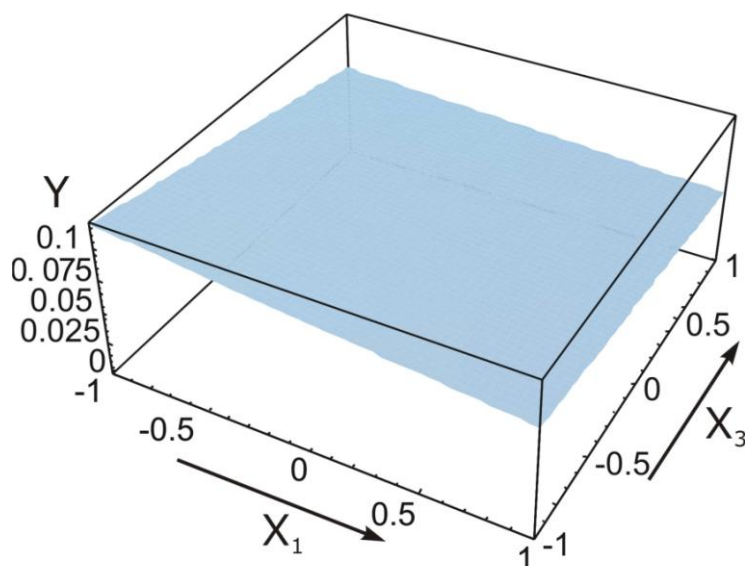


Рисунок 4.4 – Залежність критерію оптимізації Y від форми прутків другого барабану X_1 (b) і частоти обертання барабанів X_3 (n) при куті зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого $X_2 = -1$ ($\theta = 20^\circ$)

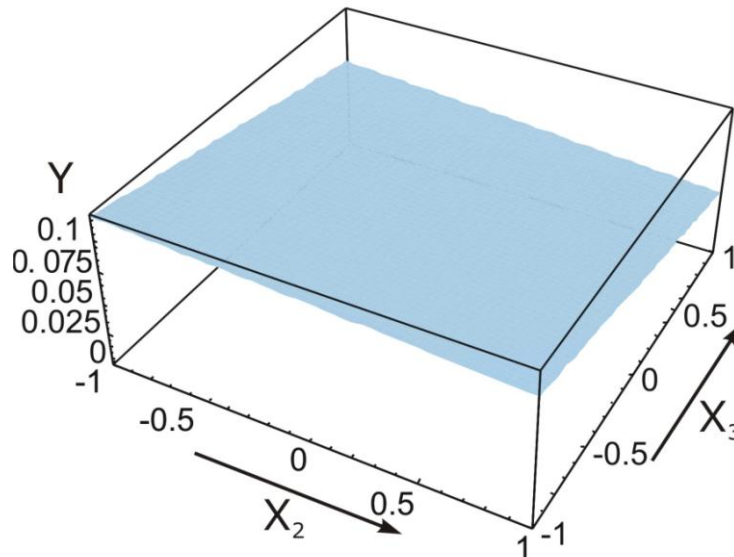


Рисунок 4.5 – Залежність критерію оптимізації Y від кута зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого X_2 (θ) і частоти обертання барабанів X_3 (n) при форми прутків другого барабану $X_1 = -1$ ($b = 0$ мм)

Визначимо кількісно ступінь впливу кожного фактору на критерій оптимізації по формулі

$$B = \frac{100b_{ij}}{\sum b_{ij}},$$

де b_{ij} – значимі коефіцієнти математичної моделі у кодованій формі; $\sum b_{ij}$ – сума цих коефіцієнтів.

Результати оформимо у вигляді таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Ступінь впливу кожного фактору на критерій оптимізації

Коефіцієнт	b_1	b_2	b_3	b_{12}	b_{13}
Значення коефіцієнту	0,0069	0,0044	0,0192	0,0053	0,004
Ступінь впливу на критерій, %	17,33	11,06	48,24	13,32	10,05

Як видно з таблиці найбільше впливають на критерій оптимізації частота обертання барабанів і форма прутків другого барабану, ступінь дії яких прямо пропорційна знаку перед ними.

Значний вплив частоти обертання барабанів на критерій оптимізації обумовлюється тим, що за рахунок зменшення частоти обертання збільшується шлях ґрунту по пруткам і час сепарації, що підтверджує теоретичні положення.

Пряма форма прутків другого барабану і зменшення кута зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого збільшує інтенсивність дії прутків на ґрунт, що підтверджує теоретичні положення.

Таким чином, для глибини обробітку $h = 0,08$ м; зазору між прутками на барабані $l = 20$ мм; радіусу барабанів $R = 0,15$ м; куту розташування другого барабана відносно горизонту $\beta = 28,7^\circ$; довжини лемешу $L = 0,12$ м; куту нахилу лемеша до горизонту $\alpha = 19^\circ$; діаметру активного гладкого котка $D_k = 0,35$ м; кутової швидкості котка $\omega_k = 5,7$ рад/с і швидкості подачі ґрунту $v = 1$ м/с; кількості рядів прутків на барабані $z = 6$ отримано наступні оптимальні значення параметрів лемішно-барабанного сепаратора ґрунту:

- форма прутків барабанів – прямолінійна;
- кут зміщення по фазах обертів другого барабана відносно першого, $\theta = 20^\circ$;
- частота обертання барабанів $n = 70$ об/хв.

4.3 Вплив швидкості подачі ґрунту на процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами

Зміна швидкості подачі ґрунту істотно впливає на однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами.

Таблиця 4.3 – Значення мінімальної частоти обертання барабанів і критерію оптимізації при різних швидкостях подачі ґрунту

Швидкість подачі ґрунту v , м/с	1	1,17	1,33	1,5
Мінімальна частота обертання барабанів n_{\min} , рад/с	70	85	100	115
Критерій оптимізації Y	0,1162	0,1035	0,0546	0,0486

Використовуючи дані таблиці 4.3 побудуємо графіки (рис. 4.6 і 4.7).

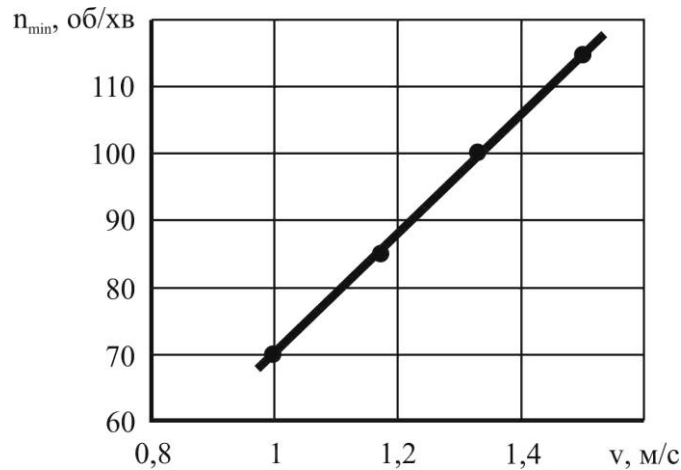


Рисунок 4.6 – Графік залежності мінімальної частоти обертання барабанів від швидкості подачі ґрунту

В діапазоні $1 \leq v \leq 1,5$ м/с мінімальна частота обертання барабанів пов'язана зі швидкістю подачі ґрунту лінійною залежністю у вигляді $n = 90,35v - 20,44$. Це підтверджує теоретичні положення.

Визначимо критерій оптимізації для параметрів сепаратора ґрунту, отриманих Крижачківським Р.М. в його роботі [40]. Для цього з технологічної схеми був вилучений активний коток, встановлено швидкість подачі ґрунту $v = 2$ м/с, частота обертання барабанів $n = 70$ об/хв, кут зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого $\theta = 11^\circ$, глибина обробітку $h = 0,08$ м.

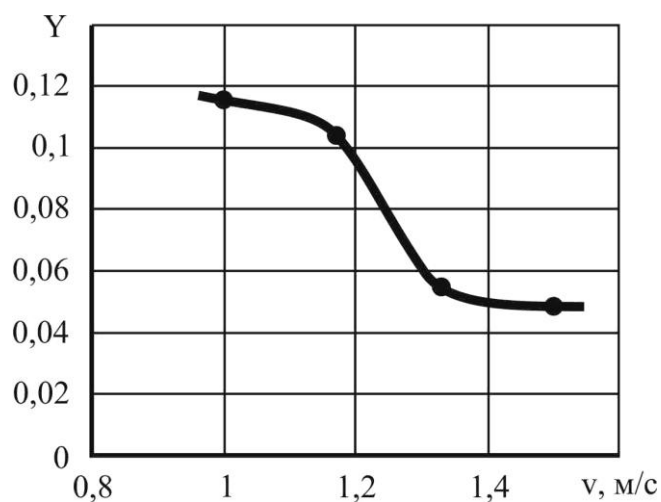


Рисунок 4.7 – Залежність критерію оптимізації від швидкості подачі ґрунту

4.4 Висновки з розділу

1. Кутова швидкість барабанів пов'язана зі швидкістю подачі ґрунту лінійною прямо пропорційною залежністю $n = 90,35v - 20,44$, що підтверджує теоретичні положення.

2. Лемішно-барабанний сепаратор ґрунту доцільно використовувати в діапазоні швидкості $1 \dots 1,25$ м/с.

3. При застосуванні пруткового лемеша і активного котка критерій оптимізації збільшується на 52,38 %.

4. На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень прийняті нові конструктивно-технологічні рішення: перед лемешем встановлено активний коток, леміш – прутковий, довжина прутків барабанів – однакова, форма прутків барабанів – прямолінійна, на валу другого барабану встановлена запобіжна пружинно-кулачкова муфта.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Основні проблеми та завдання охорони праці в сучасних умовах

«Охорона праці – система забезпечення безпеки життя та здоров'я працівників у процесі трудової діяльності, що включає правові, соціально-економічні, санітарно-гігієнічні, лікувально-профілактичні, реабілітаційні та інші заходи».

«Перетворення праці на життєву потребу людини є важливою ставкою розвитку будь-якого цивілізованого суспільства. Це можливо лише в тому випадку, якщо людина працює у сприятливих та безпечних умовах, які сприяють розвитку всіх її здібностей, забезпечують високу продуктивність праці».

«Створити цілком нешкідливі та безпечні умови праці на кожному об'єкті поки що нереально. Тому завдання охорони праці зводиться до того, щоб шляхом здійснення різнопланових заходів звести до мінімуму впливу на людину небезпечних та шкідливих виробничих факторів, що виникають на робочих місцях, максимально зменшити ймовірність нещасних випадків та захворювань працюючих, забезпечувати комфортні умови праці, що сприяють високій продуктивності».

5.2 Заходи безпеки під час обробітку ґрунту

«Перед початком роботи агрегатів оглядають поле, прибирають солому, каміння, засипають ями тощо. Під час робіт встановлюють місця для поворотів, намічають поворотні смуги, а вздовж крутих схилів та ярів проводять контрольні борозни. Мінімальну ширину поворотної смуги, розташованої поблизу яру, встановлюють рівною подвоєною довжиною агрегату. Дороги до місця роботи та ділянки поля, де має бути робота, повинні бути добре відомі. Під час руху трактора з причіпними машинами та знаряддями контролюють стан колії та беруть до уваги сигнали причіпників (особливо при проїзді узбіччями доріг, на

поворотах та ін.). Слід уникати руху поза дорогами, високою травою або кущами.»

«У зоні роботи агрегату не можна перебувати стороннім особам. Забороняється також стояти на підніжці трактора та переходити з нього на причіпну зброю, сидіти на крилах трактора, причіпному пристрої, навісній машині. Через канави та інші перешкоди агрегати з навісними знаряддями переїжджають під прямим кутом, на малій швидкості, уникаючи різких поштовхів та великих кренів трактора. Для роботи на крутих схилах використовують спеціальні машини. На ділянках, де проходять лінії електропередач, робота та проїзд агрегатів дозволяються за дотримання певних відстаней від найвищої точки машини або вантажу до проводів залежно від напруги.»

«Роботодавець зобов'язаний перед початком робіт на полях, над якими проходять лінії електропередач, організувати перевірку спеціалізованими організаціями величини провисання проводів для того, щоб відстань по вертикалі від найвищої точки машини до проводів була не меншою за встановлену.»

Таблиця 5.1 – Залежність відстані від ЛЕП від їхньої напруги

Напруга лінії електропередач, кВ	До 1	1-20	35-110	154	220	330-500
Відстань по горизонталі, м	1,5	2	4	5	6	9
Відстань по вертикалі, м	1	2	3	4	4	5-6

«Механізовані роботи проводять відповідно до вимог технологічних карт (операційних), технічних описів та інструкцій з експлуатації, виданих заводами – виробниками машин.»

«З'єднання машин, що агрегуються з трактором і між окремими машинами, має бути надійним і виключати мимовільне їх роз'єднання.»

«Машини необхідно укомплектовувати засобами очищення робочих органів. Очищення або технологічне регулювання робочих органів на агрегаті, що рухається, або при працюючому двигуні заборонено.»

«Машини та механізми, що працюють у безпосередній близькості від крон дерев, треба обладнати захисними огорожами, що запобігають нанесенню травм працюючим.»

«Працюючі машини та агрегати слід негайно зупинити у разі виникнення будь-якої несправності. Забороняється працювати на несправних машинах.»

«Виділяють місця для відпочинку, що відзначаються добре видимими вішками, а в нічний час – освітлювані. Відпочинок і сон у траві, на узбіччі доріг, де працюють агрегати, у борозні, чагарнику, а також під машинами, що знаходяться на стоянці і в полі, заборонені. Місця відпочинку механізаторів повинні відповідати санітарно-гігієнічним вимогам, інструкціям з техніки безпеки. Вони забезпечуються засобами надання долікарської допомоги, питною водою, утримуються в чистоті і не захаращуються сторонніми предметами.»

«Агрегат для виконання польових робіт має бути справним та відповідати вимогам правил безпечної експлуатації. Найстаршим на агрегаті є тракторист. До роботи на агрегатах допускаються особи, які знають технологію та заходи безпеки. Забороняється перебувати під машинами, піднятими в транспортне положення, або біля агрегату під час його повороту, сідати на раму при виконанні операцій або руху, регулювати або підтягувати кріплення, виконувати технічне або технологічне обслуговування на ходу, порушувати правила агрегування, перебувати попереду агрегату, сідати на баластові ящики.»

«Перед посівом протруєного насіння всі працюючі проходять навчання за правилами безпеки.»

5.3 Умови праці при обробці ґрунту

«Сучасне сільське господарство ґрунтується на застосуванні високопродуктивної техніки. Обробіток ґрунту є важливим та трудомістким процесом. Як правило, розпушування ґрунту пов'язане з утворенням пилу, природа якого непостійна і залежить від метеорологічних умов, пори року, виду робіт та типу ґрунту. Концентрація пилу в кабіні трактора може змінюватися до

декількох сотень мг, залежно від конструкції кабіни, перевищує допустимий рівень концентрації приблизно в 60-65% випадків.»

«Обробіток ґрунту складається з енергоємних операцій, особливо в період оранки, потребує мобілізації великих енергетичних ресурсів машин та супроводжується значним шумом у кабіні трактора. Рівень шуму сягає 85-90 дцб і від, створюючи значні загрози порушення слуху у працівників. Як правило, рівні вібрації всього корпусу та на сидінні оператора дуже високі і перевищують стандарти.»

«Підготовка ґрунту проводиться в основному навесні та восени, тому мікроклімат у кабінах без кондеціонування повітря не пов'язаний із ризиками для здоров'я працівників, за винятком спекотних днів.»

«Таким чином, для покращення умов праці необхідно оснащувати кабіни механізмів віброгасниками, кондиціонерами, шумопоглинаючими пристроями і робити їх у пиленепроникному виконанні.»

5.4 Вимоги безпеки під час роботи з пестицидами та агрохімікатами

«Відповідальність з охорони та умов праці при використанні пестицидів та агрохімікатів покладається на керівника господарства.»

«Усі види робіт з використання пестицидів та агрохімікатів здійснюються під керівництвом фахівців, які мають відповідні дипломи, допуски, які пройшли навчання та допущені до робіт такого типу. Відповідальні особи повинні мати відомості про всіх основних законах, що наказують безпечне поводження з пестицидами та агрохімікатами. Розробляються, оформляються та використовуються інструкції для кожного виду діяльності щодо їх використання.»

«До роботи з пестицидами не допускаються особи молодші 18 років, вагітні та годуючі жінки, жінки старше 50 років, чоловіки старше 55 років, особи, які мають медичні протипоказання, особи, які перебувають у стані алкогольного сп'яніння та наркотичної інтоксикації, особи, які не пройшли або показали

незадовільні знання інструкцій правил охорони праці, що систематично порушують вимоги охорони праці.»

«Особи, які залучаються до роботи з пестицидами, щорічно обов'язково проходять медичний огляд та інструктаж з техніки безпеки з реєстрацією у спеціальному журналі.»

«Керівник робіт зобов'язаний ознайомити осіб, які залучаються до роботи з Інструкцією для даного робочого процесу, з характеристикою конкретного препарату, особливостями його впливу на організм людини, запобіжними засобами, виробничою та особистою гігієною, проінструктувати з техніки безпеки та правил пожежної безпеки, ознайомити з заходами першої долікарської допомоги у випадках отруєння пестицидами.»

«Працюючі з пестицидами, зі свого боку, повинні знати основні властивості пестицидів та агрохімікатів, назву та зміст виконуваних робіт, влаштування спеціальної техніки та машин, призначення запобіжних пристроїв, що забезпечують безпеку робіт, способи та прийоми безпечного виконання операцій, правила користування засобами індивідуального захисту, способи надання долікарської допомоги постраждалим.»

«На всі види робіт, пов'язаних із пестицидами, працівники повинні допускатися за нарядом-допуском.»

«Загальна тривалість робочого дня при роботах з пестицидами 1-2 класів небезпеки має перевищувати 4 годин з доопрацюванням 2 години на роботах, які пов'язані з пестицидами. З іншими пестицидами та агрохімікатами тривалість роботи становить 6 годин.»

«Усі працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту. Вони повинні суворо дотримуватися правил особистої гігієни. Прийом їжі, води та куріння під час відпочинку повинні проводитись у спеціально відведеному місці після зняття спецодягу, ретельного миття рук, обличчя та полоскання порожнини рота. Майданчик для відпочинку та їди обладнується не ближче 200 м від місця роботи з пестицидами (з навітряного боку).»

«Щоб уникнути аварій та травмування людей відлітаючими добривами під час його розкидання, потрібно, щоб воно не мало у своєму складі великих шматків, що злежалися, і сторонніх твердих предметів. Якщо добрива злежалося в єдину масу, перед завантаженням в кузов розкидача його пропускають через дробарку.»

«Під час транспортування та внесення добрив та вапняних матеріалів мінераловозами забороняється: 1) підвищувати тиск у цистерні вище 2МПа; 2) працювати з несправним манометром чи запобіжними клапанами; 3) відкривати люк цистерни за наявності тиску у ній; 4) регулювати та усувати несправності запірною крана, дозатора, вузлів пристосувань для розпилювання; 5) роз'єднувати рукави і повітропроводи і підтягувати місця їх з'єднань при наявному тиску в цистерні, а також прочищати наконечник, що розпилює, при включеній розвантажувальній магістралі.»

5.5 Засоби індивідуального захисту

«У випадках, коли колективними засобами захисту, технічними, організаційними та іншими заходами не вдається знизити рівень небезпечних та шкідливих виробничих факторів до безпечних величин, застосовують засоби індивідуального захисту (ЗІЗ).»

«Найбільш поширений вид ЗІЗ – спецодяг. Вона захищає тіло людини від впливу несприятливих метеорологічних умов, пилу, пар пестицидів, мінеральних добрив, нафтопродуктів, жирів, кислот, лугів, теплових випромінювань, механічних пошкоджень та інших факторів. Спецодяг впливає на теплообмін організму з навколишнім середовищем, забезпечує його теплову рівновагу, сприяє підтримці гарного самопочуття, високої працездатності.»

«Розроблено комплекси спецодягу для механізаторів та польових робітників, для захисту від загальних забруднень та механічних пошкоджень, нафтопродуктів, вітру, вологи, високих та низьких температур та ін.»

«Ноги працюючих захищають чоботями, черевиками, бахилами, ботами, валяним та іншим спеціальним взуттям.»

«Шкіру рук захищають рукавицями, а також захисними пастами, кремами, пастами та іншими засобами.»

«Органи зору захищають від пилу, пари, бризок хімічних речовин, механічних частинок окулярами, у тому числі відкритими, герметичними, для механізаторів.»

«Засоби захисту органів дихання забезпечують захист від аерозолів, туманів, пар, газів та інших сумішей, а також від нестачі кисню. За принципом дії їх поділяють на фільтруючі, що забезпечують захист в умовах достатнього вмісту кисню в повітрі (не менше 18%) та обмеженого вмісту шкідливих речовин, та ізолюючі, що забезпечують захист при недостатньому вмісті кисню в повітрі та необмеженому вмісті шкідливих речовин. Фільтруючі СІЗОД поділяють на протиаерозольні, протигазові та універсальні. Протиаерозольний СІЗОД захищають від пилів. Протигазові призначені для захисту від парогазоутворюючих речовин. Універсальні - для захисту від аерозолів та парогазоподібних речовин, що знаходяться у повітрі одночасно.»

«Ізолюючі СІЗОД поділяють на шлангові протигази, що забезпечують подачу чистого повітря в шолом-маску по шлангу з чистої зони самоусмоктування або за рахунок компресора, і автономні, в яких чисте повітря подається в шолом-маску від переносних балонів.»

5.6 Висновки з розділу

Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при обробці ґрунту та посіві. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій запропоновані засоби індивідуального захисту і розроблені вимоги безпеки під час роботи з пестицидами та агрохімікатами.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАСТОСУВАННЯ СЕПАРАТОРА ҐРУНТУ

6.1 Результати розрахунку

Розрахунок показників економічної ефективності застосування нового ґрунтообробного знаряддя для обробітку ґрунту виконано з використанням методики, розробленої ВІСГОМ [101], стосовно до умов півдня України. Основою розрахунку є отримана залежність між однорідністю пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами і врожайністю сільськогосподарських культур, а також економією гранульованих мінеральних добрив.

Річний економічний ефект (E_p) визначається як різниця приведених витрат по варіантах:

$$E_p = [(C_{пб} + E_б \cdot K_{пб}) - (C_{пн} + E_n \cdot K_{пн}) + Д] \cdot Q_n, \quad (6.1)$$

де $C_{пб}, C_{пн}$ – питомі експлуатаційні витрати на одиницю продукції при базовому і проектному варіантах, грн.; $K_{пб}, K_{пн}$ – питомі капітальні вкладення по тим же варіантам, грн.; $E_б, E_n$ – нормативні коефіцієнти ефективності капітальних вкладень; $Д$ – додатковий чистий дохід за рахунок збільшення кількості продукції; Q_n – річний обсяг роботи.

З урахуванням методики [102] галузева собівартість застосування нового ґрунтообробного знаряддя визначається з виразу

$$C = P \cdot (\Pi \cdot H \cdot K_m + M) + T,$$

де P – чиста маса знаряддя, кг; Π – коефіцієнт конструкторської складності у порівнянні із серійним знаряддям; H – витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції, $H = 12 \dots 64$ грн/кг; K_m – коефіцієнт зміни витрат на виробництво, $K_m = 1,1 \dots 1,5$; M – вартість 1 кг чистої маси матеріалу, що входить у знаряддя, грн/кг, $M = 14,4$ грн/кг; T – вартість витрат, пов'язаних із транспортними витратами, $T = 3200$ грн.

$$C = 660 \cdot (1,3 \cdot 48 \cdot 1,4 + 14,4) + 3200 = 70361,6 \text{ грн.}$$

Нижня межа ціни розраховується по формулі

$$Ц_{\text{нм}} = C + \Pi_{\text{н}},$$

де $\Pi_{\text{н}}$ – нормативний прибуток, грн.

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{P_{\text{с}} \cdot C}{100},$$

де $P_{\text{с}}$ – галузева нормативна рентабельність, $P_{\text{с}} = 7\%$.

$$\Pi_{\text{н}} = \frac{7 \cdot 70361,6}{100} = 4925,31 \text{ грн.}$$

$$Ц_{\text{нм}} = 70361,6 + 4925,31 = 75286,91 \text{ грн.}$$

Лімітна ціна (галузева)

$$Ц_{\text{л}} = B \cdot Ц_{\text{нм}},$$

де B – коефіцієнт подорожчання, пов'язаний з підвищенням витрат на виробництво продукції з-за її не серійності, $B = 1,1 \dots 1,25$.

$$Ц_{\text{л}} = 1,2 \cdot 75286,91 = 90344,29 \text{ грн.}$$

Для визначення ціни комбінованого знаряддя треба додати вартість серійних виробів: рами КРН-5,4, редуктора, підшипників, ланцюгів, карданного валу. В цілому нове знаряддя буде коштувати ≈ 155040 грн.

Продуктивність агрегату за годину чистого часу [103]

$$W_{\text{чч}} = 0,36 \cdot B \cdot v_{\text{а}},$$

де B – ширина захвату, м; $v_{\text{а}}$ – швидкість руху агрегату, м/с.

Продуктивність агрегату за годину змінного часу

$$W_{\text{зч}} = W_{\text{чч}} \cdot k_{\text{зм}},$$

де $k_{\text{зм}}$ – коефіцієнт використання часу зміни.

Продуктивність агрегату за годину експлуатаційного часу

$$W_{\text{еч}} = W_{\text{зч}} \cdot k_{\text{еч}},$$

де $k_{\text{еч}}$ – коефіцієнт використання експлуатаційного часу зміни.

Витрати на оплату праці

$$З = \frac{\sum N_i \tau_i k_{\text{д}}}{W_{\text{зч}}},$$

де N_i – кількість і-го обслуговуючого персоналу, люд.; τ_i – погодинна ставка оплати по відповідному розряду, грн./год.; k_d – коефіцієнт, що враховує різні доплати.

Питомі витрати палива

$$q = \frac{G_T}{W_{\text{еч}}},$$

де G_T – годинна витрата палива [104], кг/год.

Витрати на паливо

$$П = q \cdot Ц,$$

де $Ц$ – ціна одного кілограму палива, грн.

Витрати на паливно-мастильні матеріали

$$ПМ = k_{\text{пм}} \cdot П,$$

де $k_{\text{пм}}$ – коефіцієнт, що враховує вартість мастильних матеріалів, $k_{\text{пм}} = 1,3$.

Витрати на реновацію, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання для ґрунтообробної машини

$$P_M = \frac{B_M (v_{\text{рм}} + v_{\text{тм}})}{W_{\text{еч}} T_{\text{зм}}},$$

де B_M – балансова вартість машини, грн.; $v_{\text{рм}}, v_{\text{тм}}$ – коефіцієнти відрахувань на реновацію, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання машини; $T_{\text{зм}}$ – нормативне річне завантаження машини, год.

Витрати на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання для трактора

$$P_T = \frac{B_T (v_{\text{рт}} + v_{\text{кт}} + v_{\text{тт}})}{W_{\text{еч}} T_{\text{зт}}},$$

де B_T – балансова вартість трактора, грн.; $v_{\text{рт}}, v_{\text{кт}}, v_{\text{тт}}$ – коефіцієнти відрахувань на реновацію, капітальний ремонт, технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання трактора; $T_{\text{зт}}$ – нормативне річне завантаження трактора, год.

Питомі капітальні вкладення

$$K = \frac{B}{W_{\text{вч}} \cdot T_3}$$

Таблиця 6.1 – Вихідні дані для розрахунку річної економічної ефективності

Показник	Проектний варіант	Базові варіанти	
		МТЗ-82	МТЗ-82
Марка трактора	МТЗ-82	МТЗ-82	МТЗ-82
Марка машини	–	МПГС-6	КН-3,8
Балансова ціна трактора, грн.	483200	483200	483200
Балансова ціна машини, грн.	155040	142400	97600
Нормативне річне завантаження трактора, год.	1200	1200	1200
Нормативне річне завантаження машини, год.	80	80	210
Ширина захвату, м	4,2	4,2	3,8
Швидкість руху агрегату, м/с	–	2	2,8
Відчислення по трактору на реновацію, %	12,5	12,5	12,5
Відчислення по трактору на капітальний ремонт, %	4	4	4
Відчислення по трактору на технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання, %	22	22	22
Відчислення по машині на реновацію, %	14,2	14,2	14,2
Відчислення по машині на технічне обслуговування, поточний ремонт і зберігання, %	16,0	16,0	16,0
Годинна витрата палива, кг/год.	–	14,1	14,1
Ціна 1 кг палива, грн.	28	28	28
Коефіцієнт використання часу зміни	0,85	0,85	0,85
Коефіцієнт використання експлуатаційного часу	0,8	0,8	0,8
Кількість обслуговуючого персоналу, люд.	1	1	1
Тарифна ставка тракториста, грн./год.	38,4	38,4	38,4
Коефіцієнт, що враховує різні доплати	1,4	1,4	1,2

Таблиця 6.2 – Економічні показники базових варіантів

Показник	МПГС-6	КН-3,8
Чиста продуктивність агрегату, га/год.	3,02	3,84
Продуктивність за годину зміни, га/год.	2,57	3,26
Продуктивність за годину експлуатаційного часу зміни, га/год.	2,42	3,07
Заробітна плата, грн./га	17,92	14,16
Витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./га	212,16	167,12
Ремонтні відчислення і амортизація по трактору, грн./га	64,08	50,48
Ремонтні відчислення і амортизація по знаряддю, грн./га	222,24	45,68

Питомі експлуатаційні витрати, грн./га	516,4	277,52
Питомі капітальні вкладення, грн./га	735,76	151,36
Збільшення врожайності, %	2,25	–
Економія мінеральних добрив, %	1,34	–

Таблиця 6.3 – Розрахунок залежності річного економічного ефекту від швидкості руху агрегату

Показник	Швидкість руху агрегату, м/с				
	1	1,17	1,33	1,5	
Значення критерію оптимізації	0,1162	0,0979	0,0546	0,0486	
Збільшення врожайності, %	6,34	5,67	3,04	2,71	
Вартість збільшення врожаю, грн./га*	1064,88	952,8	511,36	456,08	
Економія мінеральних добрив, %	3,87	3,45	1,82	1,62	
Вартість зекономлених мінеральних добрив, грн./га**	278,88	248,4	131,04	116,64	
Годинна витрата палива, кг/год.	8,9	9,5	10,2	11,0	
Чиста продуктивність агрегату, га/год.	1,512	1,77	2,01	2,27	
Продуктивність за годину зміни, га/год.	1,29	1,50	1,71	1,93	
Продуктивність за годину експлуатаційного часу зміни, га/год.	1,21	1,41	1,61	1,81	
Заробітна плата, грн./га	35,84	30,64	26,96	23,92	
Витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./га	267,84	244,48	230,72	220,64	
Ремонтні відчислення і амортизація по трактору, грн./га	128,16	109,6	96,32	85,44	
Ремонтні відчислення і амортизація по знаряддю, грн./га	483,84	413,76	363,68	322,56	
Питомі експлуатаційні витрати, грн./га	915,68	798,48	717,6	652,64	
Питомі капітальні вкладення, грн./га	1602,16	1370	1204,16	1068,16	
Річний економічний ефект, грн.	МППС-6	32970,56	39632,4	-13237,68	-12633,04
	КН-3,8	47210,32	56285,04	5709,12	8726,72

6.2 Висновки з розділу

Застосування лемішно-барабанного сепаратора ґрунту з активним котком в технології передпосівного обробітку ґрунту під просапні культури при виробництві кукурудзи на зерно дозволяє одержати річний економічний ефект у розмірі 42000 грн. у порівнянні з ґрунтовим сепаратором МПГС-6 за рахунок збільшення врожайності на 3,6 % і економії мінеральних добрив на 2,2 % та у розмірі 58000 у порівнянні з навісним культиватором КН-3,8 за рахунок збільшення врожайності на 5,9 % і економії гранульованих мінеральних добрив на 3,5 %.

ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що структурний склад і щільність ґрунту істотно впливають на врожайність сільськогосподарських культур. Забезпечення оптимального диференційованого структурного складу та щільності ґрунту підвищує врожайність зернових культур на 19,6 % в порівнянні з врожайністю, одержаною при загальноприйнятій технології передпосівного обробітку ґрунту. Однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами істотно впливає на ефективність використання мінеральних добрив. Внесення гранул мінеральних добрив певного розміру на оптимальну глибину, при забезпеченні на цій глибині однорідності ґрунтових агрегатів за розмірами, дозволяє зменшити об'єм їх внесення до 20 %.

2. В якості основних оцінних параметрів, що характеризують результативність роботи лемішно-барабанного сепаратора ґрунту, слід вважати його продуктивність, що пов'язана зі швидкістю руху агрегату і однорідність пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами, що пов'язана зі шляхом, пройденим частинками ґрунту по прутках барабанів.

3. Одержана механіко-математична модель процесу взаємодії першого пруткового барабана з ґрунтом пов'язала між собою ці параметри і дозволила визначити максимальну швидкість руху агрегату $v_{a \max} = 1,32$ м/с для прийнятих радіусу барабанів $R = 0,15$ м і глибини обробітку $h = 0,08$ м. Мінімальну швидкість руху агрегату обмежують технічні можливості трактора. На підставі теоретичних досліджень обґрунтовано параметри пруткового лемеша (довжина $L = 0,12$ м, кут нахилу до горизонту $\alpha = 19^\circ$) і активного гладкого котка (діаметр $D_k = 0,35$ м, кутова швидкість $\omega_k = 5,7$ рад/с).

4. Форма прутків барабанів і кут зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого треба розглядати як єдине ціле, оскільки вони визначають кут між прутками барабанів в процесі їх взаємодії. Форма прутків лемішно-барабанного сепаратора ґрунту повинна бути прямолінійною. При цьому забезпечуються найкращі умови для завантаження і сепарації ґрунту. Для прямолінійної форми

пругків кут між прутками барабанів в процесі їх взаємодії λ дорівнює куту зміщення по фазах обертів другого барабану відносно першого θ і складає 20° . При цьому значенні λ забезпечується найбільша інтенсивність сепарації при найменшій ймовірності заклинювання твердих предметів між прутками барабанів.

5. Експериментально визначено вплив вологості ґрунту на критерій оптимізації і вміст пилу в обробленому шарі ґрунту для чорнозему південного середньосуглинкового. Лемішно-барабанний сепаратор ґрунту може ефективно виконувати технологічний процес при вологості ґрунту 8...18 %. При вологості ґрунту 10 % процес пошарового розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами буде відбуватися найбільш ефективно. Процес пилоутворення пов'язаний з вологістю ґрунту лінійною обернено пропорційною залежністю. При вологості ґрунту більше 18...20 % процес пилоутворення не спостерігається.

6. На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень прийняті нові конструктивно-технологічні рішення: перед лемешем встановлено активний коток, леміш – прутковий, довжина прутків барабанів – однакова, форма прутків барабанів – прямолінійна, на валу другого барабану встановлена запобіжна пружинно-кулачкова муфта.

7. Базуючись на нормативній документації і згідно вимог охорони праці проведено аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів при обробці ґрунту та посіві. З метою запобігання травмувань та правильного виконання операцій запропоновані засоби індивідуального захисту і розроблені вимоги безпеки під час роботи з пестицидами та агрохімікатами.

8. Застосування лемішно-барабанного сепаратора ґрунту з активним котком в технології передпосівного обробітку ґрунту під просапні культури при виробництві кукурудзи на зерно дозволяє одержати річний економічний ефект у розмірі 42000 грн. у порівнянні з ґрунтовим сепаратором МПГС-6 за рахунок збільшення врожайності на 3,6 % і економії мінеральних добрив на 2,2 % та у розмірі 58000 у порівнянні з навісним культиватором КН-3,8 за рахунок збільшення врожайності на 5,9 % і економії гранульованих мінеральних добрив на 3,5 %.

Список використаної літератури

1. Про державну підтримку сільського господарства України: Закон України // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 49. – Ст. 527.
2. ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.
3. ГОСТ 12536–79. Ґрунты. Методы лабораторного определения гранулометрического (зернового) и микроагрегатного состава. – М.: Изд-во стандартов, 1979. – 24 с.
4. ДСТУ ISO 11272–2001. Якість ґрунту. Визначення щільності складання на суху масу. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 12 с.
5. Вадюнина А.Ф., Корчагина З.А. Методы исследования физических свойств почв. – М.: Колос, 1986. – 256 с.
6. ГОСТ 28268–89. Почвы. Методы определения влажности, максимальной гигроскопической влажности и влажности устойчивого завядания растений. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 22 с.
7. Медведев В.В. Оптимизация агрофизических свойств черноземов. – М.: Агропромиздат, 1988. – 157 с.
8. Шевченко І.А. Обґрунтування технологій та технічних засобів для обробітку ґрунтів на базі їх агрофізичних показників: Дис... докт. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2003. – 403 с.
9. Кушнарєв А.С., Мацепуро В.М. Уменьшение вредного воздействия на почву рабочих органов и ходовых систем машинных агрегатов при внедрении промышленных технологий возделывания сельскохозяйственных культур: лекция. – М.: ВСХИЗО, 1986. – 55 с.
10. Медведев В.В., Слободюк П.И., Пашенко В.Ф. Механико-технологические основы оптимизации агрофизических параметров обрабатываемого слоя почвы // Совершенствование почвообрабатывающей техники агропромышленного комплекса целинного земледелия. – Алма-Ата, 1989. – С. 43-47.

11. Шаров Н.М. Эксплуатационные свойства машинотракторных агрегатов. – М.: Колос, 1981. – 240 с.
12. Медведєв В.В. Обґрунтування агровимог до ґрунтообробної техніки // Науково-технічні, економічні та екологічні основи механізації процесів підвищення родючості ґрунту. – К.: ІМЕСГ УААН, 1991. – С. 5-7.
13. Бондаренко Н.Ф. Физические основы мелиораций почв. – М.: Колос, 1975. – 260 с.
14. Стрельченко В.П., Орлянский А.А., Кожушко Н.И., Бовсуновский А.Н. Опыт применения плоскорезной обработки почвы в условиях Полесья // Наука – производству. – Житомир, НИИСХ НЗ УССР, 1989. – С. 20-21.
15. Вознюк С.Т. та ін. Перезволожені ґрунти та їх меліорація. – К.: Урожай, 1984. – 104 с.
16. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 58 с.
17. Шелудченко Б.А. Агромеханіка ґрунтів. – Житомир: Полісся, 1992. – 249 с.
18. Шевченко И.А., Городецкий Е.Ю. Влияние агрофизических свойств почв на урожайность сельскохозяйственных культур // Труды ТГАТА. – Вып. 1. Т. 6. – Мелитополь, 1998. – С. 71-76.
19. Разработка теоретических основ ресурсосберегающих зональных технологий и технических средств обработки почвы, обеспечивающих сохранение и воспроизводство ее почвенного плодородия: Отчет по НИР / МИМСХ; № ГР 01860043979; Инв. № 02910045260. – Мелитополь, 1991. – 95 с.
20. Розробка ресурсощадних зональних технологій та технічних засобів обробітку ґрунту, які забезпечують збереження та відтворення його родючості з впровадженням методики створення ґрунтообробних машин: Звіт по НДР / МИМСГ; № ГР 0193ТО07415; Инв. № 0296ТО01681. – Мелітополь, 1995. – 128 с.
21. Simili A. Study of soil-machine systems // I. Soc. Agr.: Japan. – 1975. – V. 36. – № 4. – P. 518-524.

22. Качинский Н.А. Оценка основных физических свойств почв в агрономических целях и природного плодородия по их механическому составу // Почвоведение. – 1958. – № 5. – С. 10-13.
23. Czyz E.A., Dexter A.R., Niedzwiecki J. Wplyw zawartosci ilu koloidalnego i substancji organicznej oraz gestosci objetosciowej na przewodnosc hydrauliczna nasyciona i nienasyciona warstwy ornej gleb // IBMER. – Warszawa, 2002. – S. 101-109.
24. Nawozenie mineralne rowlin uprawnych / Z. Ciecko, W. Cwojdzinski, R. Czuba, E. Gorlach, W. Grzebisz, A. Grzeskowiak, E. Kaminski / Pod redakcja R. Czuby. – Szczecin: Police, 1996. – 413 s.
25. Kubiak J. Aplikacja nawozow o spowolnionym dzialaniu przy mikoryzacji w szkolkarstwie ozdobnym // Polska akademia nauk. – Warszawa, 2006. – S. 77-87.
26. Грунтообробне знаряддя: Патент № 2277 А. Україна // Фостік Є.В., Шевченко І.А., Антонов Є.Є., Кушнар'єв А.С. – 17.02.1998. Бюл. № 8. – 4 с. іл.
27. Крыжачковский Н.Л. Моделирование и оптимизация технических и технологических процессов в земледелии: Монография. – Варшава: IBMER, 1999. – 123 с.
28. Погорелый Л.В. Научно-методические принципы обоснования и прогнозирования направлений развития сельскохозяйственной техники нового поколения и гибких технологических систем // Науковий вісник НАУ. – К., 1999. – Т. 6. – С. 9-19.
29. Вервейн К.К., Жуламанов К.Р. Обоснование конструктивно-технологической схемы комбинированного орудия для послойной обработки почвы // Совершенствование почвообрабатывающей техники агропромышленного комплекса целинного земледелия. – Алма-Ата, 1989. – С. 26-30.
30. Грунтовий сепаратор: Патент № 41108 А. Україна // Шевченко І.А., Крижачківський Р.М., Трачов В.В. – 15.08.2001. Бюл. № 7. – 4 с.
31. Шевченко І.А., Крижачківський Р.М. К питанню розробки технологічної схеми та обґрунтування параметрів ґрунтового сепаратора

- барабанного типу // Праці ТДАТА. – Вип. 2. Т. 15. – Мелітополь, 2000. – С. 27-31.
32. Бабицький Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин. – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
33. Лінник М.К., Левчук М.С. Перспективи розвитку ресурсозберігаючої техніки для обробітку ґрунту і сівби // Механізація та електрифікація с. г.: Зб. наук. пр. – Вип. 83. – Глеваха, 2000. – С. 95-97.
34. Лемішно-барабанний сепаратор ґрунту: Патент № 64446. Україна // Шевченко І.А., Ковязин О.С., Крижачківський Р.М. – 17.07.2006. Бюл. № 7. – 4 с.
35. Василенко П.М. Аналитические обобщения задач академика В.П.Горячкина о движении частицы (или тела) по фрикционным поверхностям сельскохозяйственных машин // Сборник трудов по земледельческой механике / Под ред. В.А.Желиговского. – М.: Сельхозгиз, 1952. – С. 37-70.
36. Василенко П.М. Теория движения частицы по шероховатым поверхностям сельскохозяйственных машин. – К.: Изд-во Укр. акад. с.-х. наук, 1960. – 283 с.
37. Караев А.И. Обоснование параметров машины для насыпки противоэрозионных валов-террас на склонах: Автореф. дис... канд. техн. наук: 05.20.01; 05.01.01. – Мелітополь, 1993. – 25 с.
38. Гребеник В.М. Вопросы теории роторных метательных машин // Вестник машиностроения. – 1952. – № 5. С. 12-16.
39. Кавалеров А.А. Геометрические параметры лопастных метателей // Строительные и дорожные машины. – 1967. – № 1. С. 10-12.
40. Крижачківський Р.М. Обґрунтування конструктивно-технологічної схеми й параметрів робочих органів машини для передпосівного обробітку ґрунту: Дис... канд. техн. наук: 05.05.11. – Мелітополь, 2004. – 166 с.
41. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В 3 т. – М.: Колос, 1965. – Т. 2. – 460 с.
42. Горячкин В.П. Собрание сочинений: В 3 т. – М.: Колос, 1965. – Т. 1. – 720 с.

43. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. – М.: Физматгиз, 1963. – 872 с.
44. Бронштейн И.Н., Семендяев К.А. Справочник по математике для инженеров и учащихся втузов. – М.: Наука, 1986. – 544 с.
45. Корн Г., Корн Т. Справочник по математике для научных работников и инженеров. – М.: Наука, 1984. – 830 с.
46. Пискунов Н.С. Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов. – Т. 1. – М.: Наука, 1985. – 432 с.
47. Справочник конструктора сельхозмашин / Под ред. Клецкина М.И. – Т.2. – М.: Машиностроение, 1979. – 862 с.
48. Воднев В.Т., Наумович А.Ф., Наумович Н.Ф. Основные математические формулы. – Мн.: Выш. шк., 1988. – 269 с.
49. Векуа Н.П. Некоторые вопросы теории дифференциальных уравнений и приложения в механике. – М.: Наука, 1991. – 256 с.
50. Василенко П.М. К методике составления дифференциальных уравнений движения частицы материала по фрикционным рабочим поверхностям сельскохозяйственных машин // Конструирование и технология производства сельскохозяйственных машин. – К.: Техника, 1973. – Вып. 3. – С. 37-51.
51. Кушнарев А.С., Кочев В.И. Механико-технологические основы обработки почвы. – К.: Урожай, 1989. – 144 с.
52. Синееков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. – М.: Машиностроение, 1977. – 328 с.
53. Деграф Г.А. Влияние скорости резания на изменение напряжений в почве // Труды Казанского СХИ. – 1969. – Т. 12. – С. 19-22.
54. Виноградов В.И. Сопротивление почвы смятию в зависимости от скорости деформации // Механизация сельскохозяйственного производства: Сб. науч. тр. ЧИМЭСХ. – Вып. 43. – Челябинск, 1985. – С. 11-17.
55. Nickolos M. Method of research in soil dynamic as applied to implement design. – Auburn, 1929. – 229 p.

56. Заика П.М., Кросовицкий Ю.И. Моделирование материальной точкой процессов перемещения семенных смесей // Конструирование и технология производства с.-х. машин: Республиканский межведомственный научно-технический сборник. – Вып. 21. – К.: Техника, 1991. – С. 36-40.
57. Мещерский И.В. Работы по механике тел переменной массы. – М.-Л.: Гостехиздат, 1949. – 276 с.
58. Кильчевский Н.А. Курс теоретической механики. – Т. 1. – М.: Наука, 1977. – 480 с.
59. Воронков И.М. Курс теоретической механики. – М.: Наука, 1965. – 596 с.
60. Бать М.И., Джанелидзе Г.Ю., Кельзон А.С. Теоретическая механика в примерах и задачах. – Т. 2. – М.: Наука, 1985. – 560 с.
61. Заика П.М. Избранные задачи земледельческой механики. – К.: Изд-во УСХА, 1992. – 512 с.
62. Соколовский В.В. Статика сыпучей среды. – М.: Гостехиздат, 1954. – 243 с.
63. Шевченко І.А., Ковязин О.С. Обґрунтування максимально можливої продуктивності пруткового двобарабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 21. – Мелітополь, 2004. – С. 188-197.
64. Дьяконов В. Mathematica 4: учебный курс. – СПб: Питер, 2001. – 656 с.
65. Крижачківський Р.М. Обґрунтування конструктивних параметрів другого барабану ґрунтового сепаратора барабанного типу // Праці ТДАТА. – Вип. 10. – Мелітополь, 2003. – С. 87-94.
66. Аналіз динаміки структур ґрунту в системі «ґрунти – ротаційний робочий орган» / Булгаков В.М., Шелудченко Б.А., Сітковський О.В., Котков В.І // Механізація с.-г. виробництва: Зб. наук. пр. – К.: НАУ, 1999. – Т. V. – С. 58-60.
67. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / Днепропетр. гос. агр. ун-т. – Днепропетровск, 1999. – 140 с.
68. Дьяченко Г.Н., Соучек Р. Почва как объект и результат механической обработки: Учеб. пособие. – Ростов-на-Дону: РИСХМ, 1986. – 94 с.

69. Шевченко І.А., Ткачук В.С. Фізико-механічні властивості ґрунту і картоплі, які визначають технологічний процес роботи картоплезбиральних машин // Праці ТДАТА. – Вип. 1. Т. 16. – Мелітополь, 2000. – С. 124-131.
70. Стрелков С.П. Механика. – М.: Наука, 1975. – 560 с.
71. Ротационные почвообрабатывающие машины / Под редакцией Е.П. Яцука. – М.: Машиностроение, 1971. – 256 с.
72. Ротаційний сепаруючий робочий орган картоплезбиральної машини: Патент № 37836А. Україна // І.Шевченко, В.Ткачук, А.Курко. – 17.07.2001. Бюл. № 6. – 4 с.
73. Виноградов В.А. и др. Роторный сепаратор к картофелекопателью // Механизация и электрификация сельского хозяйства. – 1974. – № 5. – С. 18-22.
74. Рогатинський Р.М. Механіко-технологічні основи взаємодії шнекових робочих органів з сировиною сільськогосподарського виробництва: Дис... докт. техн. наук: 05.20.01; 05.05.05. – Тернопіль, 1997. – 574 с.
75. Гуков Я.С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Нора-Прінт, 1999. – 280 с.
76. Панов И.М. Механико-технологические основы расчета и проектирования почвообрабатывающих машин с ротационными рабочими органами: Дис... докт. техн. наук: 05.20.01. – М., 1983. – 425 с.
77. Войтюк Д.Г., Пилипака С.Ф. До визначення траєкторій руху частинок ґрунту по циліндричних поверхнях робочих органів ґрунтообробних знарядь // Механізація с.-г. виробництва: Зб. наук. праць НАУ. – Т. V. – К., 1999. – С. 242-250.
78. Василенко П.М. Основи аналітичних методів землеробської механіки / За ред. В.М.Булгакова, В.П.Василенко. – К.: Вид-во НАУ, 1998. – 29 с.
79. Гевко Б.М., Рогатынский Р.М. Оптимизация конструктивных параметров шнековых конвейеров // Изв. Вузов. Машиностроение, 1987. – № 5. – С. 109-114.

80. Шевченко І.А., Крижачківський Р.М., Ковязин О.С. Визначення умов працездатності ґрунтового двохбарабанного сепаратора // Збірник наукових праць НАУ. – К., 2003. – Т. XV. – С. 256-262.
81. Шевченко І.А., Крижачківський Р.М., Ковязин О.С. Математична модель взаємодії пруткового барабанного сепаратора з ґрунтом // Сборник научных трудов КМТИ. – Выпуск 5. – Керчь, 2003. – С. 299-304.
82. Крижачківський Р.М., Ковязин О.С. Визначення умов роботи для другого барабану ґрунтового сепаратора барабанного типу // Праці ТДАТА. – Вип. 13. – Мелітополь, 2003. – С. 58-62.
83. Шевченко І.А., Ковязин О.С. Теоретичне дослідження процесу завантаження першого барабану сепаратора ґрунту // Зб. наук. пр. ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Вип. 39. – Харків, 2005. – С. 203-207.
84. КНД 46.16.02.08–95. Техніка сільськогосподарська. Методи визначення умов випробувань. – Дослідницьке: УкрЦВТ, 1995. – 22 с.
85. Красовский Г.М., Филаретов Г.Ф. Планирование эксперимента. – Мн.: Изд-во БГУ, 1982. – 302 с.
86. Pabis S. Metodologia i metody nauk empirycznych. – Warszawa: PWN, 1985. – 220 s.
87. РТМ 23.2.36–73. Основы планирования эксперимента в с.-х. машинах. – М.: ВИСХОМ, 1994. – 116 с.
88. Мельников В.В., Алешкин В.Р., Роцин П.М. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. – Л.: Колос, 1972. – 194 с.
89. ГОСТ 24026–80. Исследовательские испытания. Планирование эксперимента. Термины и определения. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 18 с.
90. Калоша В.К. и др. Математическая обработка результатов эксперимента. – Мн.: Высшая школа, 1982. – 101 с.
91. Шевченко І.А. Разработка и совершенствование технологий и технических средств для обработки почв в аспекте их агрофизических показателей: Монография. – Варшава: IBMER, 1997. – 125 с.

92. Пупенко М.Ф. Справочник агронома по метеорологии. – К.: Урожай, 1990. – 279 с.
93. Руденко М.С., Цихоцкий А.С. Влияние приемов обработки почвы на запас влаги, засоренность и урожай озимой пшеницы. // Науч. тр. укр. с.-х. акад. – 1975. – Вып. 119. – С. 108-110.
94. Чирков Ю.М. Агрометеорология. – Л.: Гидрометеиздат, 1979. – 300 с.
95. Czyz E. Effect of the various mineral fertilization and watering on the soil moisture and plant yields // Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. – 1994. – Z. 405. – S. 55-61.
96. ГОСТ 5180–84. Грунты. Методы лабораторного определения физических характеристик. – М.: Изд-во стандартов, 1986. – 24 с.
97. Ковязин О.С. Методика проведения экспериментальных досліджень лемішно-барабанного сепаратора ґрунту // Праці ТДАТА. – Вип. 28. – Мелітополь, 2005. – С. 152-157.
98. ГОСТ 12071–84. Грунты. Отбор, упаковка, транспортирование и хранение образцов. – М.: Изд-во стандартов, 1984. – 16 с.
99. Плюснин И.И. Мелиоративное почвоведение. – М.: Колос, 1971. – 416 с.
100. Философский энциклопедический словарь. – М.: Советская энциклопедия, 1989. – 816 с.
101. Методика определения экономической эффективности новых и модернизированных с.х. машин, изобретений и рационализаторских предложений // НПО ВИСХОМ. – М., 1985. – 59 с.
102. Методика определения оптовых цен и нормативов чистой прибыли на новые машины, оборудование и приборы производственно-технического назначения. – М.: Прейскурантиздат, 1982. – 38 с.
103. Иофинов С.А., Лышко Г.П. Эксплуатация машинно-тракторного парка. – М.: Колос, 1984. – 351 с.
104. Типові норми виробітку і витрачання палива на механізовані польові роботи. – К.: Урожай, 1991. – 472 с.

Додатки