

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

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітнього ступеня "Магістр" на тему:
**Обґрунтування параметрів та конструкції дискового плуга для
основного обробітку ґрунту**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІз-1-22
за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Чебурашкін Олександр Юрійович

Керівник: _____ Теслюк Геннадій Володимирович

Рецензент: _____ Рибкін Антон Петрович

Дніпро, 2024

**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)

« » 2024р.

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

Чебурашкін Олександр Юрійович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування параметрів та конструкції дискового плуга для основного 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

« 26 » 12 2023 року № 4084

2. Строк подання студентом роботи 2.02.2024

3. Вихідні дані до проекту Огляд стану питання, різновиди знарядь для обробітку ґрунту. Патентний пошук, аналіз літературних джерел, та досліджень з обраної тематики.

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

1.Стан питання. Огляд конструкцій ґрунтообробних знарядь і їх дослідження.

2.Обґрунтування конструктивних параметрів запропонованого знаряддя.

3.Програма досліджень.4.Результати експериментальних досліджень.

5.Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.6.Економічна

ефективність роботи. Висновки. Література

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз конструкцій. 2. Теоретичні дослідження. 3. Експериментальні дослідження (5 аркушів, 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	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
6	Теслюк Г.В., зав. кафедри		
<u>Нормоконтроль</u>	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

_____ Чебурашкін О.Ю.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ Теслюк Г.В.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Чебурашкін О.Ю. Обґрунтування параметрів та конструкції дискового плуга для основного обробітку ґрунту/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» - ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

У роботі проаналізовано конструктивні особливості дискових машин і робочих органів для обробітку ґрунту та встановлено можливість розробки унікальних конструкцій для використання в сучасному сільському господарстві. Розроблено та проаналізовано математичну модель робочого органу. Проведено необхідні експериментальні дослідження для підтвердження основних положень моделі. Виконано необхідні технічні розрахунки.

Наведено результати техніко-економічних розрахунків, що підтверджують економічну ефективність впровадження даного агрегату у виробництво.

Ключові слова: дисковий робочий орган, плуг, ґрунт.

Чебурашкін О.Ю. Особливості використання ґрунтообробних машин з дисковими робочими органами / Проблеми та перспективи реалізації та впровадження міждисциплінарних наукових досягнень: матеріали VI Міжнародної наукової конференції, м. Біла Церква, 2 лютого, 2024 р. / Міжнародний центр наукових досліджень. — Вінниця: ТОВ «УКРЛОГОС Груп, 2024. — 286 с.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ БОРОТЬБИ З ЕРОЗІЄЮ ГРУНТІВ.....	10
1.1. Характеристики та ознаки ерозії ґрунтів,,,,,,.....	10
1.2. Ґрунтозахисні прийоми обробітку ґрунту.....	13
1.3. Дисківі ґрунтообробні машини.....	15
Висновки.....	23
2. АНАЛІТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДИСКОВИМ ПЛУГОМ.....	25
Висновки.....	38
3 ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДНИЦЬКІ ПРОГРАМИ ТА МЕТОДОЛОГІЇ.....	39
3.1. Програма експериментальних досліджень.....	39
3.2. Лабораторні дослідження.....	39
3.3. Розмітка робочої зони лотка для ґрунту	45
3.4. Методика оцінки ступеня розташування модельного середовища...	46
3.5. Конструкція випробувального стенду, та машини і методика визначення складових тягового опору запропонованого плуга Висновки.....	49
4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54
4.1. Модельні дослідження у ґрунтовому каналі.....	54
4.2. Якість розпушення ґрунту	56
Висновки.....	61
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	63
5.1. Вимоги безпеки праці при обробітку ґрунту.....	63
5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	64

5.3.	Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	65
5.4.	Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	66
	Висновки.....	66
6.	ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	67
	ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....	69
	ЛІТЕРАТУРА.....	72
	ДОДАТКИ	

ВСТУП

Вирощування на еродованих ґрунтах має певні особливості. Загалом, ці ґрунти надто інтенсивно піддаються механічному обробітку, що призводить до утворення на поверхні небезпечних для ерозії агрегатів; другою особливістю є те, що цей процес найбільш інтенсивно відбувається на схилах. Тому завданнями для ґрунтообробної техніки при роботі на еродованих ґрунтах є

- мінімізація утворення ерозійно небезпечних агрегатів;
- забезпечення міграції оброблюваного шару в нижні шари;
- а на схилах - запобігання зносу верхнього шару розпушеного ґрунту вздовж схилу.

Традиційно ці завдання вирішуються шляхом відмови від полицевої оранки на користь плоскорізної. Однак, як показує практика, повністю відмовлятися від полицевої оранки не бажано.

Як показали експерименти, дискові плуги мають значні переваги над полицевими. Це і менший тяговий опір, і менша ймовірність зсуву ґрунту через гребені на дні борозни, і менша ймовірність зсуву ґрунту через гребені на дні борозни.

Відомо, що диски з внутрішніми вирізами мають кращу якість розпушування і нижчі витрати енергії завдяки тому, що значна частина ґрунту, зрізаного зовнішньою ріжучою кромкою диска, проходить через вікно вирізу в робочій поверхні і частково заповнює утворену борозну. В результаті зменшується гребнистість поверхні поля і тяговий опір агрегату. Крім того, використання вирізних дисків дозволяє отримати гребенеподібну форму траншеї на дні, що зменшує можливість зсуву ґрунту.

Метою роботи є обґрунтування раціональних конструктивних параметрів та дослідження дискового плуга, який забезпечує задану якість розпушення та утворює профіль борозни, що запобігає ерозії ґрунту.

Завдання дослідження:

- провести огляд конструкцій та досліджень за тематикою роботи;
- обґрунтувати власну конструкцію дискового плуга на основі вирізних дисків;
- аналітично проаналізувати процес взаємодії запропонованого диска з ґрунтом;
- розробити методику та провести польові експерименти з на підтвердження прийнятих конструктивних рішень;
- розрахувати прогнозовану економічну ефективність від впровадження розробленої конструкції у виробництво.

Об'єктом дослідження є технологічний процес взаємодії дискового робочого органа з ґрунтом.

Предметом дослідження є закономірності процесів переміщення і кришення ґрунтового пласта дисковими робочими органами, в залежності від зміни їх конструктивних і кінематичних параметрів і при різних ґрунтових умовах.

Робоча гіпотеза – переваги дискового робочого органа обумовлені його обертанням довкола осі кріплення.

Методи досліджень. При розробці конструкції та обґрунтуванні параметрів запропонованого дискового робочого органа застосовувалися основні положення вищої математики, теоретичної механіки, теорії машин і механізмів. Експериментальні дослідження здійснювались на спеціально розроблених стендах і експериментальній установці в лабораторних і польових умовах з використанням математичного планування багатофакторного експерименту.

СТАН ПИТАННЯ ТА ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ МАШИН ДЛЯ БОРОТЬБИ З ЕРОЗІЄЮ ҐРУНТІВ

1.2. Характеристики та ознаки ерозії ґрунтів.

Ерозія ґрунту - це руйнування найбільш родючого верхнього шару ґрунту і підґрунтя під впливом природних і антропогенних факторів.

Залежно від природних причин руйнування ґрунту розрізняють водну та вітрову ерозію. Водна ерозія відбувається, коли верхній шар ґрунту змивається або розмивається на глибину під впливом танення снігу, дощової та зрошувальної води. Залежно від характеру руйнування ґрунту водна ерозія поділяється на краплинну, яка полягає у руйнуванні ґрунтових грудок дощовими краплями, внаслідок чого мулисті фракції забивають тріщини ґрунту, зменшуючи водопроникність і збільшуючи поверхневий стік та змив ґрунту; іригаційну, що виникає при неправильному зрошенні схилів земель. Схили вздовж шляхів проходження потоків зрошувальної води схильні до ерозії.

Виникнення водної ерозії тісно пов'язане з рельєфом місцевості. Як правило, руйнування ґрунту починається на крутих схилах від 1° до 2° .

Залежно від ступеня змиву ґрунти поділяються на слабкі, середні, сильні та еродовані. Ступінь змитості ґрунту визначається шляхом порівняння профілю з еталонним (незмитим) ґрунтом.

(Ступінь змитості ґрунту визначається шляхом порівняння профілів еталонного (незмитого) і змитого ґрунтів. У слабозмитих ґрунтах змито менше половини гумусового шару ґрунту $H(A)$, тоді як у помірно змитих ґрунтах змивається верхня частина перехідного шару (алювіальний шар ґрунту) і весь профіль вважається зруйнованим ерозією, оголюючи ґрунтоутворювальні породи.

Вітрова ерозія, або дефляція, відбувається, коли сильні вітри здувають ґрунт. Інтенсивність видування ґрунту значною мірою залежить від його гранулометричного складу та вмісту гумусу.

Зокрема, вітрова ерозія починається при швидкості вітру 3-4 м/с для ґрунтів супіщаного гранулометричного складу, 4-6 м/с для легкосуглинкових ґрунтів, 5-7 м/с для важкосуглинкових ґрунтів і 7-8 м/с для глинистих ґрунтів. Пісок (0,05-0,10 мм) переміщується при швидкості вітру -3,5 м/с на висоті 15 см; частинки ґрунту розміром 0,25 мм переносяться вітром у повітрі.

Зі збільшенням швидкості вітру інтенсивність вітрової ерозії зростає. Існують зони дефляції, де ґрунт вивітряється, і зони акумуляції, де ґрунт відкладається. У зоні акумуляції суглинкові ґрунти утворюють алювіальні ґрунти, які під час видування поховані під піском.

Вітрова ерозія може бути звичайною або спричиненою піщаними бурями. Звичайна вітрова ерозія може бути спричинена низькошвидкісними вітрами (5 м/с) і відбувається повільно і непомітно, переважно на піщаних, супіщаних і карбонатних ґрунтах. Цей тип дефляції може оголити насіння, поховане в ґрунті, або пошкодити молоді сходи. Щоденне в'янення найбільш виражене на вітряних схилах, не захищених лісосмугами.

Пилові бурі - найактивніший і найшкідливіший тип в'янення. Пилові бурі викликаються сильними вітрами (швидкість вітру 12-15 м/с і більше) і мають широке розповсюдження, знищуючи сотні тисяч гектарів посівів і руйнуючи родючі ґрунти. Пил, що здіймається на значну висоту під час буріння, може переноситися на великі відстані. Крім водної та вітрової ерозії, існує так звана пасовищна ерозія, ерозія сільськогосподарської техніки та технологічна ерозія.

Пасовищна ерозія - це механічне руйнування і зсув ґрунту копитами тварин на схилах балок через підвищене навантаження на обмежену площу пасовища.

Сільськогосподарська ерозія - це переміщення ґрунту під час обробітку землі. Наприклад, при оранці схилу неповний поворот плуга вгору призводить до змиву ґрунту вниз по схилу. Схиліві ґрунти також частково мігрують вниз по схилу під час оранки, скошування та посіву.

Технологічна, або процесна, ерозія виникає при відкритому і підземному видобутку різних корисних копалин, засипанні ґрунтів шарами будівельного сміття при будівництві житла і промислових об'єктів, використанні ґрунтів для прокладання транспортних шляхів.

Ерозію ґрунтів можна поділити на нормальну та прискорену, залежно від її ступеня. Нормальна ерозія, або геологічна ерозія, відбувається в природних умовах (без втручання людини) і є більш поступовою, ніж формування ґрунтового шару під час ґрунтоутворення. Вона спостерігається в дикій природі, лісах і на пасовищах і, як правило, не призводить до утворення еродованих ґрунтів. Прискорена ерозія (антропогенна ерозія) виникає внаслідок нераціональної діяльності людини і є більш інтенсивною, ніж процес ґрунтоутворення. Вона призводить до утворення еродованих ґрунтів.

Фактори, що впливають на виникнення та інтенсивність ерозійного процесу, можна розділити на дві групи: природні фактори та соціально-економічні фактори, пов'язані з діяльністю людини. Сучасна ерозія зазвичай з'являється при поєднанні обох факторів. Природні фактори створюють умови для ерозії, а невідповідна виробнича діяльність людини є основною причиною посилення ерозії.

До природних факторів належать рельєф, клімат, опади, вітер, температура, рослинність і сам ґрунт. Основними факторами, що сприяють водній ерозії, є характер та інтенсивність опадів, товщина снігового покриву, глибина промерзання ґрунту, інтенсивність сніготанення та рельєф місцевості (крутизна, довжина та форма схилів). Наприклад, на опуклих схилах змив ґрунту на вершині не спостерігається (крутизна схилів до 2°).

За узагальненими даними О.С. Скородумова, ознаки та властивості еродованих ґрунтів такі:

- зменшення потужності профілю та глибини залягання карбонатів (зі збільшенням еродованості колір ґрунту стає світлішим);

- механічний склад верхнього горизонту має зменшену глинисту та мулисту фракцію (у змитих та промитих ґрунтах спостерігається зменшення кількості частинок менше 0,01-0,001 мм);

- зменшена кількість органічної речовини;

- зменшення вмісту рухомих форм азоту, фосфору, калію та мікроелементів (найбільше втрачається азоту під час вилуговування);

- зменшується стабільність і кількість структурованих агрегатів; збільшується насипна щільність і щільність; зменшується пористість і вміст пустот;

- погіршується водний, повітряний і тепловий режими; зменшується польова вологоємність і збільшується випаровування ґрунтової вологи

- зменшення кількості корисних мікроорганізмів;

- підвищена липкість, пластичність, утворення кірки та опір обробітку ґрунту;

- зниження врожайності та якості сільськогосподарських культур.

1.2. Ґрунтозахисні прийоми обробітку ґрунту

Основними завданнями агротехнічних ґрунтозахисних заходів для запобігання процесам водної ерозії є

- покращення водопроникності ґрунту;

- зменшення генетичної енергії дощових крапель, що контактують з ґрунтом; та

- уповільнення швидкості стікання води зі схилів.

Для захисту поверхні ґрунту від набухання і розм'якшення необхідно, щоб у поверхневому шарі (0,5 см) було 50-60% агрегатів розміром 1 мм і більше, а також наявність вегетуючих рослин або їхніх залишків.

Одним з основних методів зменшення водної та вітрової ерозії ґрунту є ґрунтозахисний обробіток ґрунту, який можна поділити на дві групи: загальні та спеціальні. До загальних належать оранка впоперек схилів, плоскорізне скошування та чизелювання, а до спеціальних - щільовання, міжрядний обробіток, створення мікроестуарій, обвалування, траншейне обкошування, скошування, глибока зяблева оранка та глибокозональна оранка.

З екологічної точки зору, найважливішим результатом протиерозійного обробітку ґрунту є зменшення втрати родючості ґрунту та руйнування ґрунту внаслідок ерозії. Ґрунтозахисний обробіток мінімізує змив ґрунту та вітрову ерозію.

Доступні заходи боротьби з ерозією включають обробіток ґрунту та перехресний посів. Узагальнені дані показують, що оранка впоперек схилів зменшує стік талих вод в середньому на 8,5 мм. Поперечний посів майже подвоїв стік гороху та пшениці і зменшив стік кукурудзи з 174 т/га до 47 т/га.

Ефективність контролю стоку більше залежить від глибини, ніж від способу оранки. Глибина розпушування 27-30 см є найбільш ефективною для загального зменшення стоку.

Однак, цей обробіток не може бути класифікований як ґрунтозахисний обробіток. У США прийнято більш чітке визначення. За цією класифікацією, обробіток ґрунту та сівба вважаються такими, коли щонайменше 30% поверхні ґрунту залишається вкритим рослинними рештками попередньої культури. Згідно з цією класифікацією, системи ґрунтозахисного обробітку ґрунту включають нульовий обробіток, гребеневий обробіток, смуговий обробіток, мульчуючий обробіток (формування мульчуючого шару з рослинних решток) та скорочений обробіток ґрунту.

В останні роки плоскорізний обробіток ґрунту став більш поширеним на територіях з високим рівнем ерозії (водної та вітрової). На схилах було

відмічено, що плоскорізний обробіток ґрунту зменшив змив у 6-13 разів і збільшив запаси ґрунтової вологи на 20-40 мм.

На південному сході практикується гребеневий обробіток ґрунту. Гребеневий обробіток формує стерню і рослинні рештки в щільні стерньові крила і водопоглинаючі елементи, які розташовуються суцільною смугою впоперек схилу. Гребенева оранка проводиться плугом, оснащеним плоскими дисками замість передплужника.

Застосування поверхневого обробітку ґрунту повинно поєднуватися з системами випалювання, проміжних посівів та водорегулювання лісосмуг. Без цього поверхневий обробіток ґрунту збільшує лінійну ерозію через збільшення стоку.

Зяблева оранка зараз дуже поширена. За допомогою долота обробіток ґрунту можна проводити на глибину до 45 см без перевертання ґрунту. З точки зору екоефективності чизелювання перевершує оранку та плоскорізний обробіток, але не має суттєвого впливу на врожайність порівняно з останніми.

На нашу думку, найцікавішою перспективою є гребенева оранка. Її перспективи вбачаються в тому, що замість встановлення додаткового диска перед полицевим плугом можна розробити дисковий плуг зі спеціально сконструйованими дисками, які забезпечують виконання технологічного процесу.

1.3. Дискові ґрунтообробні машини

Ґрунтообробну техніку з дисками в якості робочих органів можна розділити на чотири групи:

- дискові борони
- луцильники
- дискові плуги.

Для гребеневої оранки можна використовувати тільки останні два. Диски цих машин мають можливість змінювати кут нахилу у всіх трьох площинах. Хоча технічні процеси, що виконуються цими машинами, мають певну схожість, вони не є взаємозамінними.

Основна відмінність між двома машинами полягає в методі проектування. В обох машинах диски встановлені на окремих стояках і кут атаки можна змінювати. Різниця полягає в розташуванні стояків: дискова борона має рядне розташування, тоді як плуг має класичне полицеве розташування. Розглянемо систему дискової борони (рис. 1.1).

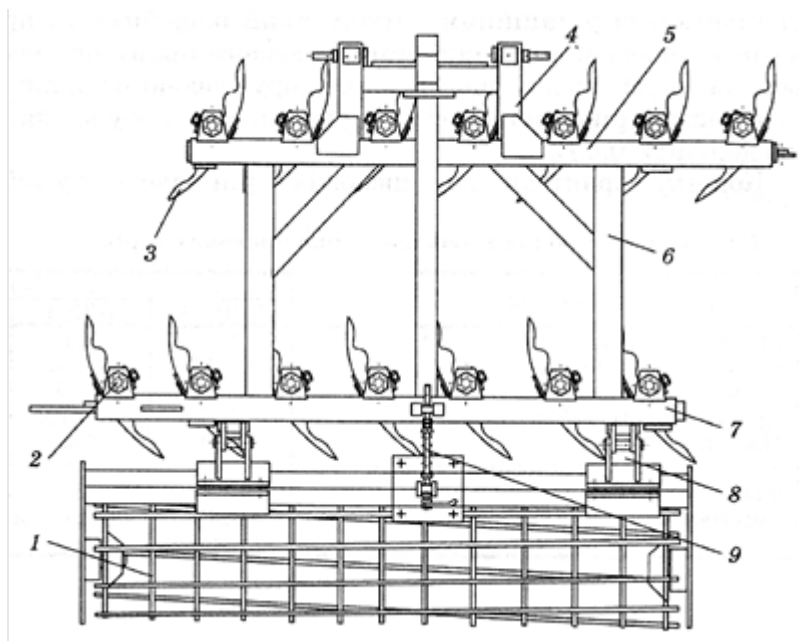


Рисунок . 1.1.- Схема дискатора: 1 – коток; 2, 3 – дискові стояки; 4 – начіпний пристрій; 5 – передня балка; 6 – повздовжна балка; 7 – поперечна балка; 8 – причепний пристрій котка; 9 – механізм регулювання занурення.

Лінійне розташування дисків, як, наприклад, у дискових комбайнах, має кілька переваг:

- машина збалансована за силою;
- немає гойдалкових канавок;
- динамічний діаметр менший.

Однак ці переваги технічно повністю реалізуються на глибині до 15-18 см. Для автоматичного збільшення глибини до рівня основного обробітку діаметр диска повинен бути збільшений до рівня, який принаймні забезпечує обертання. Відстань шару ґрунту від поверхні таких дисків також збільшується, що призводить до необхідності збільшення відстані між дисками: другий ряд дисків не може забезпечити необхідне перекриття робочої ширини, тому міжряддя доводиться збільшувати.

Глибина обробітку 25.. 32 см розташування дисків за класичною схемою полицевого плуга (рис. 1.2) є більш перспективним для обробітку ґрунту на глибину до 32 см. Оскільки всі диски знаходяться поза зоною досяжності один одного, виключається забивання. Перекриття і кут атаки можна регулювати в широкому діапазоні (рис. 1.3).

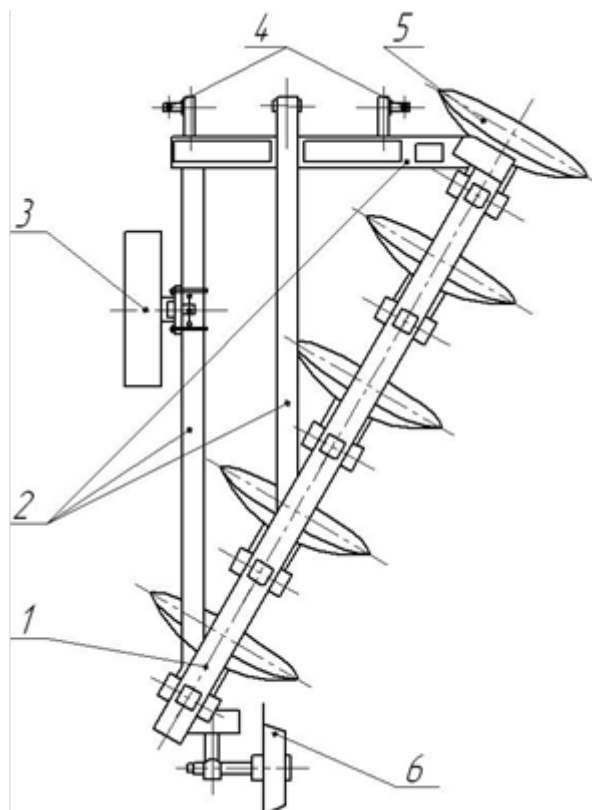


Рисунок 1.2. - Схема дискового плуга: 1 – балка основна; 2 – рама; 3 – колес опорне; 4 – корпус дисковий; 5 – борозне колесо



Рисунок 1.3 – Механізм регулювання кутів постановки диска:
1 - диск; 2 - стійка; 3 - кронштейн; 4 - маточина; 5 – отвори зміни кута атаки до напрямку руху агрегату; 6 – устрій зміни кута атаки до вертикалі.

Використання дисків як робочих органів має ще одну перевагу. Плуг може бути поворотним, як, наприклад, поворотний плуг серії ПОНД (рис. 1.4).



Рис. 1.4. Плуг поворотній

Таким чином, перераховані вище характеристики дискових плугів є досить перспективними для використання на еродованих ґрунтах.

Диски для обробки ґрунту можна розділити на плоскі та сферичні. Обидва типи успішно використовуються у всіх ґрунтообробних машинах. Загальну класифікацію можна зобразити у вигляді схеми (рис. 1.5).



Рисунок 1.5 – Класифікація дисків ґрунтообробних машин

Використовуються майже всі типи дискових плугів, за винятком ребристих дисків. Як відомо [наприклад, 2,11,12,16], оранка розпушує ґрунт, переміщує шари і обертає їх. Останні дві операції виконуються в основному криволінійною поверхнею полиці звичайного плуга і сферичністю диска дискового плуга.

Багато авторів [16,27] вважають, що плоский диск можна розглядати як сферичний диск з радіусом кривизни $R = \infty$. Такий підхід дозволяє розробити єдиний аналітичний апарат для всіх типів дисків. Конструктивно дискові робочі органи борін, луцильників, дискових борін та плугів мають ідентичні параметри (рис. 1.6). Діаметр диска D залежить від заданої максимальної глибини оранки. На практиці встановлено, що діаметр диска повинен в 4-6 разів перевищувати глибину оранки для дискових борін і в 5-6 разів для культиваторів [16]. Зі збільшенням діаметру диска швидко зростає вертикальна складова реакції ґрунту. Тому глибока оранка дисками більшого діаметру вимагає збільшення конструктивної ваги знаряддя. Радіус кривизни диска визначає розпушення ґрунту та інтенсивність обертання. Чим менший радіус, тим більше розпушення і обертання.

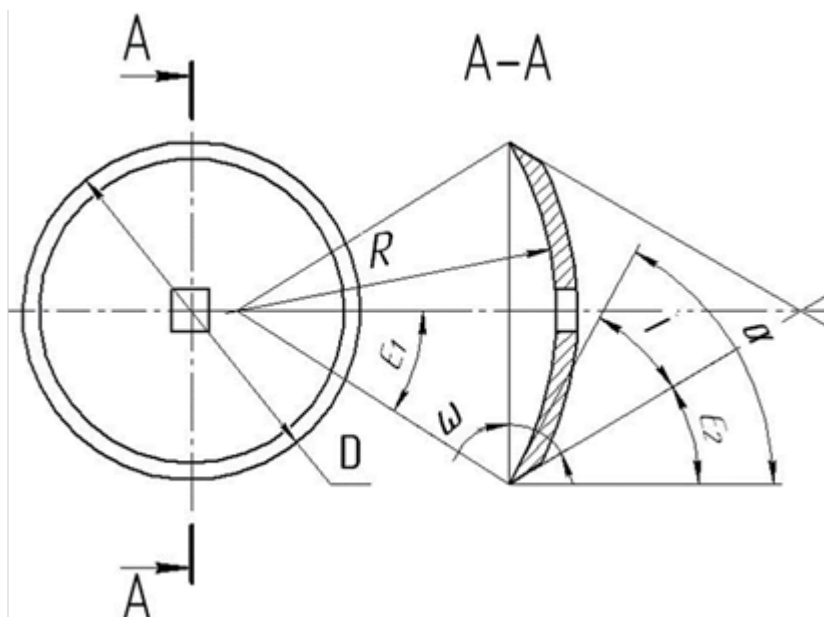


Рисунок 1.6 - Параметри сферичного диска [11,12]:

D – діаметр диску; R – радіус сфери; ϵ_2 – кут задній; i – кут загострення; $\alpha = i + \epsilon_2$ – кут різання; ϵ_1 – кут напівцентрального при заданому параметрі D та R ; ω - кут нахилу утворюючої конуса заточки до площини різальної кромки.

Велике технічне значення має так званий задній кут ϵ_2 . Цей кут визначає витрату енергії на підрізання. Цей кут змінюється в залежності від висоти диска. Для нормальної роботи робочої машини цей кут повинен бути позитивним на рівні поверхні поля. Як правило, диски заточуються із зовнішнього боку, як на лушильниках, так і на боронах, з кутом заточування 10-200. Диски, що використовуються на твердих ґрунтах, заточуються зсередини. Через схожість з іншими ґрунтообробними знаряддями, кут різання диска становить $\alpha = i + \epsilon_2$.

Було проведено значну кількість досліджень взаємодії дискових лушильників з ґрунтом [наприклад, 1, 2, 5, 7, 8, 10, 16, 17]. Більшість з них були спрямовані на оптимізацію параметрів дисків та загальної компоновки машини з точки зору зменшення тягового опору та покращення якості розпушування.

С.Г. Мударисов [16] на основі розробленої математичної моделі дійшов висновку, що для оптимізації якості розпушування ґрунту діапазон радіусів кривизни дисків повинен бути в межах 800...1000 мм і не більше, зробив висновок він. Він також визначив оптимальне співвідношення радіуса кривизни R до діаметра D диска:

$$R/D = 1,57...1,97.$$

На відміну від методики [16], вчені з Національного аграрного університету Вірменії [10] розглянули діаметр дисків, виходячи з умови різання волокнистого матеріалу похилими дисками. Отримано аналітичні залежності:

$$R > \frac{a}{f^2 \cdot \cos^2 \theta} \cdot \left(1 + f^2 \cdot \cos^2 \theta + \sqrt{1 + f^2 \cdot \cos^2 \theta} \right), \quad (1.1)$$

де a – глибина оранки, м; f – коефіцієнт тертя; θ - кут атаки, град.

Існує два варіанти виконання сферичних дисків із зовнішнім вирізом (рис. 1.7). Варіант "а" (так звана "маргаритка") використовується для збільшення тиску на ґрунт. Це необхідно при обробці важких ґрунтів.

Варіант "б" (так звана "маргаритка") використовується для роботи, коли ґрунт насичений кореневими системами.

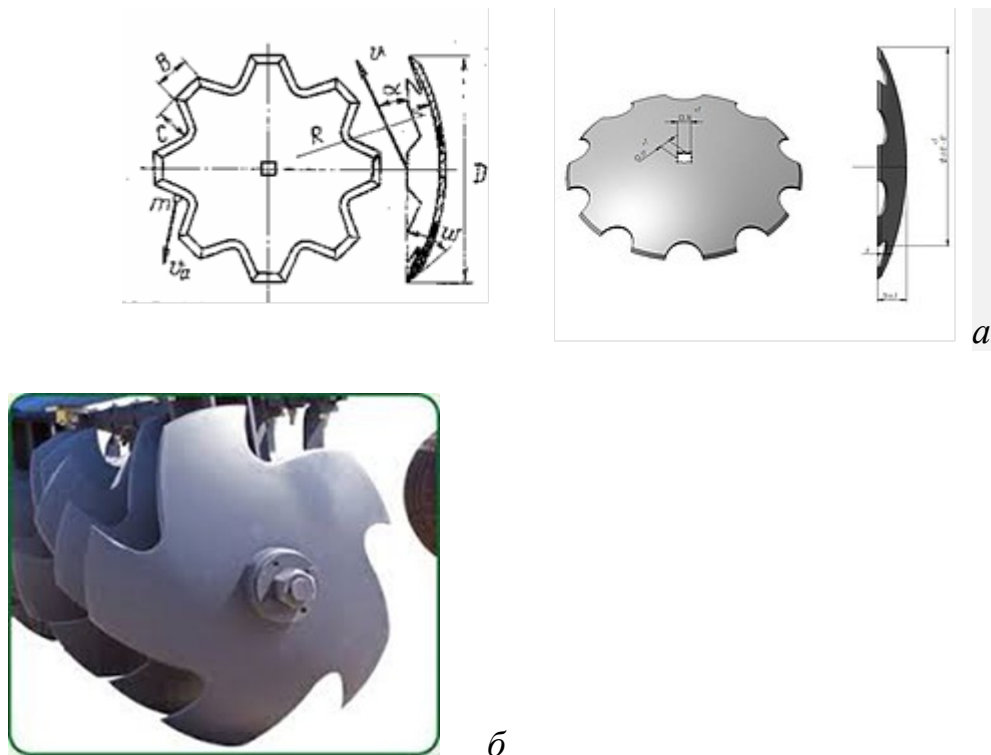


Рис. 1.7 - Типи відрізних дисків: а - для підвищеного тиску, б - для підвищеної ріжучої здатності.

Варіант "б" останнім часом набуває все більшої популярності, оскільки він забезпечує значне зменшення опору мітки при збереженні всіх основних показників якості обробітку ґрунту.

Радіус кривизни логарифмічної спіралі ρ , де ρ - радіус кривизни логарифмічної спіралі, ρ_0 - початковий радіус, φ - кут повороту вектора радіуса і θ - коефіцієнт зростання спіралі. Для диска діаметром 850 мм $\rho_0 = 106$ мм і $\theta = 4$.

Внутрішньо надрізаний тип (рис. 1.8) призначений для мінімізації руху ґрунту і дозволяє дрібним агрегатам стікати в ґрунт, залишаючи максимум рослинних решток на поверхні.

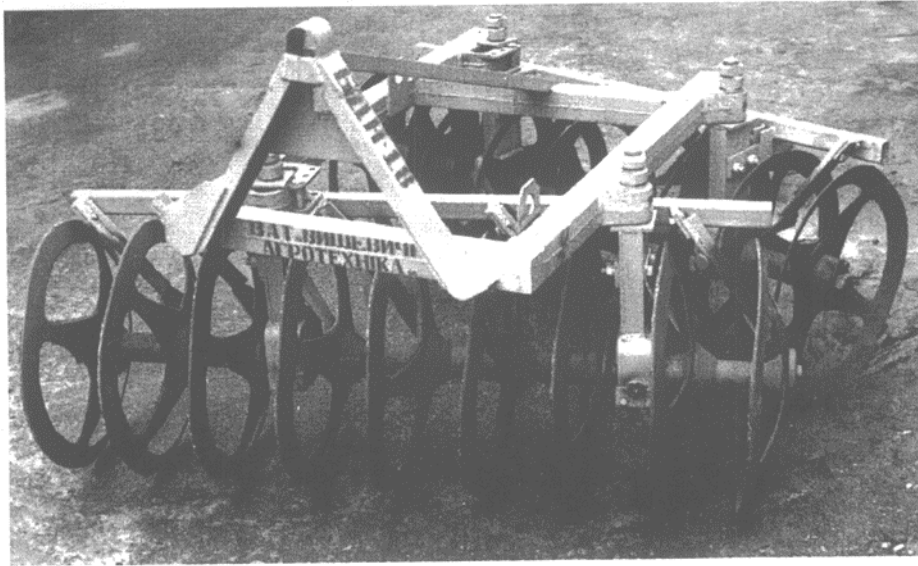


Рисунок 1.8 - Машини на основі дисків з внутрішніми отворами

Слід зазначити, що цей тип техніки не є поширеним в Україні.

Висновки

1. Дисківі борони та дисківі плуги - це окрема група ґрунтообробних машин, в яких дисківий робочий орган має можливість змінювати кути встановлення у всіх трьох площинах. Таке конструктивне рішення дає багато переваг, які не можуть бути досягнуті іншими машинами, в тому числі і дисківими.

2. Дисківі плуги, де диски розташовані за класичною схемою полицевого плуга, мають перевагу над дисківими боронами, коли робоча глибина становить 15 см і більше. Однак проблема стабілізації її ходу, особливо при збільшенні кількості дисків, залишається невирішеною.

3. Огляд літератури не виявив фундаментальних аналітичних досліджень впливу конструктивних параметрів дисків та загальної компоновки плуга на якісні показники розпушеності агрегату та тягового опору. Для практичних цілей рекомендується визначати діаметр диска за формулою: $D = k \cdot a$, де a - глибина оранки, $k = 3 - 3,5$, залежно від конкретних

ґрунтово-кліматичних умов. Радіус кривизни диска в більшості відомих машин близький до його діаметра.

4. Найпоширеніші діаметри дисків такі

- легкі диски та плуги - 460 мм;
- середні - 560 мм;
- важкі диски - 660 мм.

На відомих машинах безперервної дії кут нахилу диска до вертикалі постійний і дорівнює 39° .

5. Багато вчених досліджували вплив геометрії насічки на тяговий опір. За даними авторів, всі досліджені форми насічок показали зниження тягового опору за певних ґрунтових умов, але єдиного конструктивного рішення не було знайдено.

2. АНАЛІТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ ДИСКОВИМИ ПЛУГАМИ

З огляду теоретичних та експериментальних досліджень встановлено, що вони базуються на фундаментальних дослідженнях видатних вчених: П.М. Василенка, Л.В. Погорілого, М.Н. Нагорного, П.С. Нартова, Г.М. Синеокова, М.К. Лініка, В.І. Баловнєва, А.М. Зеленіна, Ю.Д. Вєтров, В.А. Зеліховський, А.С. Кушнарєв.

Значний внесок в обґрунтування параметрів дискового агрегату зробили В.М. Булгаков, В.О. Дубровін, В.П. Ковваса, С.Г. Мударісов, А.М. Панченко, І.А. Шевченко, Ю.С. Гуков та інші.

Аналіз показав, що дослідження дискових заготовок і верстатів на їх основі є досить складним завданням. Складність аналітичних досліджень в основному обумовлена багатофакторністю процесів, що описуються, та їх стохастичним характером. Відсутність чіткої математичної моделі ускладнює розрахунок і проектування машин. Як наслідок, основний тягар розрахунку конструктивних параметрів припадає на польові та лабораторні випробування.

Тому дана робота ґрунтується на дослідженнях, спрямованих на раціоналізацію конструкції дискових плугів. Запропоновано оригінальну аналітичну модель взаємодії дискового робочого органу з ґрунтом.

Загальна схема аналітичного дослідження полягає в наступному. Розглянемо по черзі декілька розрахункових схем. Перша схема (рис. 2.1) дозволяє проаналізувати взаємодію голої основи (клина) як складової поверхні робочого органу.

Поверхня ABS є поверхнею довільної геометрії: виріжемо на поверхні ABC нескінченно малу прямокутну область DEFG і розглянемо її як підпірну стінку, до якої прикладена сила

$$dP = dP_n + dP_{Tp} + dP_d, \quad (2.1)$$

де P_n – підпирний боковий тиск; $P_{тр}$ – сила тертя; P_d – динамічна складова сил тиску.

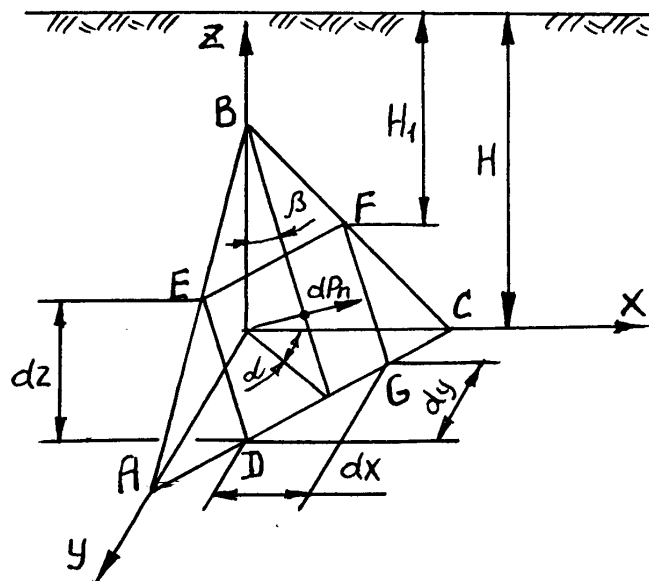


Рис.2.1. Розрахункова схема взаємодії елементарної площадки з ґрунтовим середовищем

$$dP_n = \frac{\gamma \cdot (2 \cdot H + dz) \cdot dz}{2 \cdot \cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta \cdot dy \quad (2.2)$$

де $DG = dy / \cos \alpha$; $H - H_1 = dz$; γ – питома вага ґрунту; β – кут постановки площадки до вертикалі; H, H_1 – відповідно глибина розташування нижнього та верхнього обрізів площадки.

Dz достатньо малий, щоб його можна було прийняти з достатньою точністю:

$$dP_n = \frac{\gamma \cdot H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta \cdot dy \cdot dz, \quad (2.3) \quad \text{Динамічну}$$

складову визначаємо за формулою Ю.А.Ветрова

$$dP_d = b \cdot a \cdot \gamma \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 = \gamma \cdot \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \cdot dy \cdot dz, \quad (2.4)$$

де a, b – відповідно висота і ширина площадки; α_p – кут різання; θ – задній кут; V – швидкість руху.

Сумарний тиск, направлений по нормалі до площадки

$$dP_{\Sigma} = \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot dy \cdot dz \quad (2.5)$$

Проекція нормально діючих сил на напрямок руху (вісь X)

$$dP_{\Sigma(X)} = \gamma \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot dy \cdot dz \quad (2.6)$$

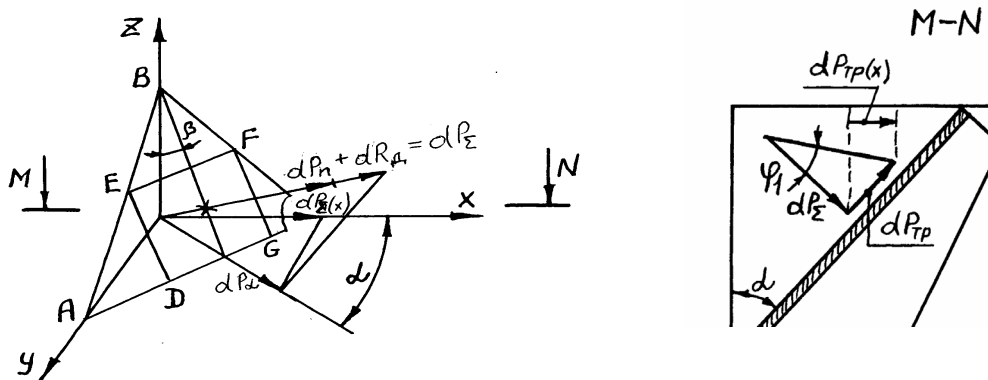


Рис.2. Розрахункова схема до визначення сили тертя

У відповідності до (рис.2.) сила тертя

$$dP_{Tp} = \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot dy \cdot dz, \quad (2.7)$$

де φ_1 – кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі.

Проекція сили тертя на напрямок руху

$$dP_{Tp(X)} = \gamma \cdot \sin \alpha \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 \cdot dy \cdot dz \quad (2.8)$$

Проекція на напрямок руху всіх діючих сил

$$dP = dP_{\Sigma(X)} + dP_{Tp(X)} = \gamma \cdot \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_1) \cdot dy \cdot dz \quad (2.9)$$

Загальна реакція поверхні робочого органа

$$P = \gamma \cdot \iint_{\sigma} \left\{ \frac{H}{\cos \alpha} \cdot \left[\operatorname{tg}(45^\circ - \frac{\varphi_2 - \beta}{2}) + \operatorname{tg} \beta \right]^2 \cdot \cos \beta + \frac{\sin \alpha_p \cdot \cos \theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \right\} \cdot (\cos \alpha \cdot \cos \beta + \sin \alpha \cdot \operatorname{tg} \varphi_1) \cdot dy \quad (2.10)$$

де σ – рівняння поверхні.

Для визначення рівнянь формоутворення поверхні заготовки розглянемо розрахункову схему на рисунку 2.3.

Кут атаки має три складові δXOY , δXOZ і δYOZ в координатній площині, які є кутами зсуву, розпушування і повороту відповідно. Послідовно розглядаючи трикутники FHC, O1GH, HO1C і GHX, отримано наступні рівняння зв'язку.

$$\begin{aligned} \operatorname{tg} \delta \cdot \sin \delta_{YOZ} &= \operatorname{tg} \delta_{XOZ} \\ \operatorname{tg} \delta_{XOZ} &= \operatorname{tg} \delta_{XOY} \cdot \operatorname{tg} \delta_{YOZ} \end{aligned} \quad (2.11)$$

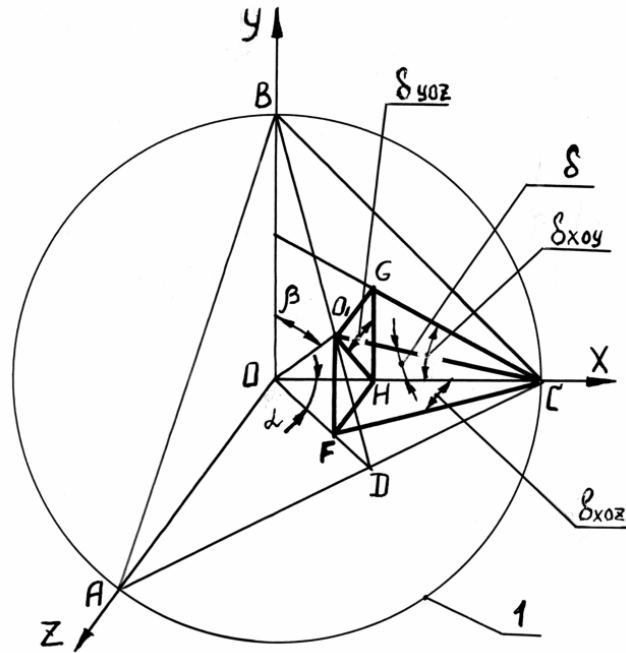


Рис.2.3. Розрахункова схема до визначення складових кута атаки диска

Повернемо осі координат таким чином, щоб вісь OY співпала з віссю обертання диска OO₁. Рівняння сфери у повернутій системі координат

$$X_1^2 + (R - Y_1)^2 + Z_1^2 = R^2, \quad (2.12)$$

де X₁, Y₁, Z₁ – координати повернутої системи; R – радіус кривизни сфери.

$$X_1 = X \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta; Y_1 = Y \cdot \cos\beta; Z_1 = Z \cdot \cos\alpha \quad (2.13)$$

При переході до первинної системи координат

$$(X \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta)^2 + (R - Y \cdot \cos\beta)^2 + (Z \cdot \cos\alpha)^2 = R^2 \quad (2.14)$$

За аналогією з полицею корпусу тракторного плуга, перетин поверхні диска з площиною, паралельною дну траншеї, є робочою поверхнею. Рівняння АВ для перетину горизонтальної площини різання (рис.2.4.) зі сферичною поверхнею становить:

$$(X \cdot \cos\alpha \cdot \cos\beta)^2 + (R - a \cdot \cos\beta)^2 + (Z \cdot \cos\alpha)^2 = R^2 \quad (2.15)$$

де a – відстань від площини перетину до площини XOZ

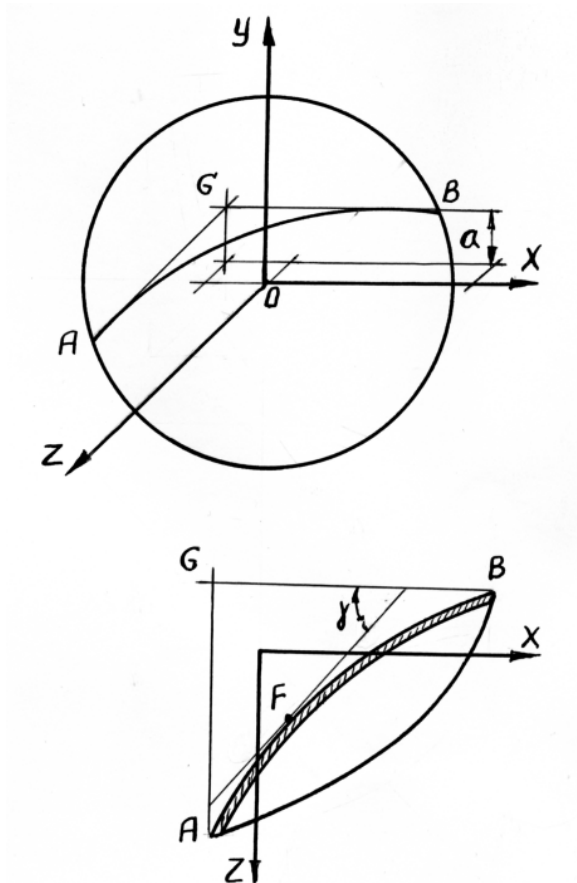


Рис.2.4. Розрахункова схема до визначення параметрів горизонтальної утворюючої

Після виконання необхідних математичних перетворень отримуємо:

$$Z = \sqrt{\frac{R^2 - (R - a \cdot \cos \beta)^2}{\cos^2 \alpha} - X^2 \cdot \cos^2 \beta} \quad (2.16)$$

Миттєве значення тангенса кута нахилу дотичної у довільно взятій точці F

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{dZ}{dX} = - \frac{\cos^2 \beta \cdot X}{\sqrt{\frac{R^2 - (R - a \cdot \cos \beta)^2}{\cos^2 \alpha} - X^2 \cdot \cos^2 \beta}} \quad (2.17)$$

Для отримання рівняння утворюючої у повздовжно-вертикальній площині (рис.2.5.) проводимо перетинаючу площину на відстані b від XOY

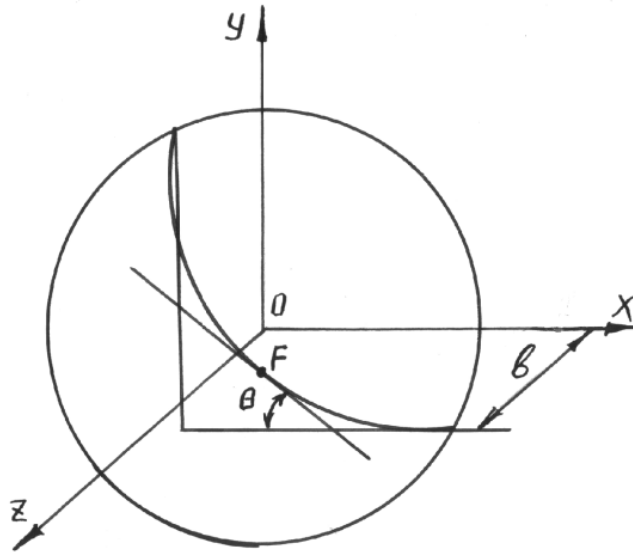


Рис.2.5. Розрахункова схема до визначення периметрів вертикальної утворюючої

Рівняння лінії перетину

$$(X \cdot \cos \alpha \cdot \cos \beta)^2 + (R - Y \cdot \cos \beta)^2 = R^2 - (b \cdot \cos \alpha)^2 \quad (2.18)$$

Після математичних перетворень

$$y^2 - \frac{2 \cdot R}{\cos \beta} \cdot y + x^2 \cdot \cos^2 \alpha + \frac{b^2 \cdot \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta} = 0 \quad (2.19)$$

$$\text{або } y_{1,2} = \frac{R}{\cos \beta} \pm \sqrt{\frac{R^2}{\cos^2 \beta} - x^2 \cdot \cos^2 \alpha - \frac{b^2 \cdot \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta}}$$

Миттєве значення кута нахилу до площини YOZ дотичної до утворюючої у довільно взятій точці

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{dy}{dx} = \pm \frac{x \cdot \cos^2 \alpha}{\sqrt{\frac{R^2}{\cos^2 \beta} - x^2 \cdot \cos^2 \alpha - \frac{b^2 \cdot \cos^2 \alpha}{\cos^2 \beta}}} \quad (2.20)$$

Для визначення взаємного розташування дисків на рамі машини розглянемо рис.2.6.

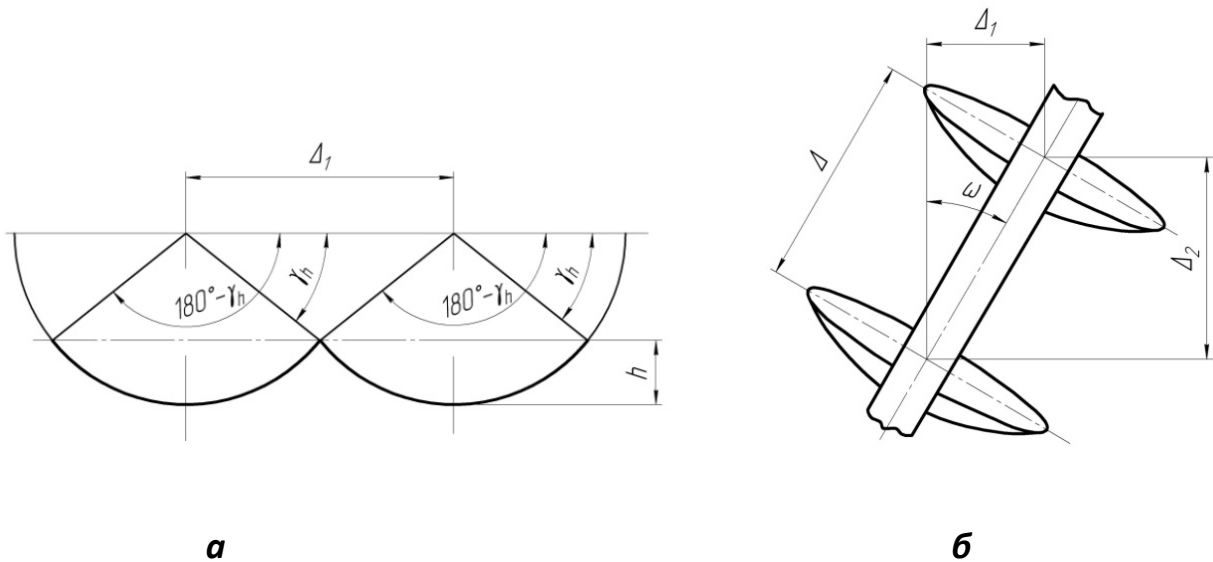


Рис.6. Розрахункова схема розташування дисків на рамі
a – профіль борозни; *б* – схема розміщення дисків

Висота непорушеного гребня над дном борозни

$$h = Y = R \cdot (1 - \sin \gamma_h) \cdot \cos \beta \quad (2.21)$$

де γ_h – центральний кут, що відповідає висоті h над дном борозни,

$$\gamma_h = \arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cdot \cos \beta} \right) \quad (2.22)$$

$$\Delta_1 < 2 \cdot R \cdot \cos \gamma_h = 2 \cdot R \cdot \cos \left[\arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cdot \cos \beta} \right) \right] \quad (2.23)$$

Максимальна глибина борозни

$$a = 0,66 \cdot R \cdot \cos \beta$$

Ширина захвату диска

$$b_p = R \cdot \cos \alpha \cdot (\sin \beta + \cos 20^\circ) - R \cdot \cos \alpha \cdot (\sin \beta + \cos(180^\circ - 20^\circ)) = 1,88 \cdot R \cdot \cos \alpha$$

Відстань між дисками у повздожній площині (рис.2.7).

$$\Delta > 1,88 \cdot R \cdot \cos \alpha,$$

кут нахилу поздовжньої балки рами

$$\theta = \arcsin \frac{\cos \left[\arcsin \left(1 - \frac{h}{R \cdot \cos \beta} \right) \right]}{0,94 \cdot \cos \alpha} \quad (2.24)$$

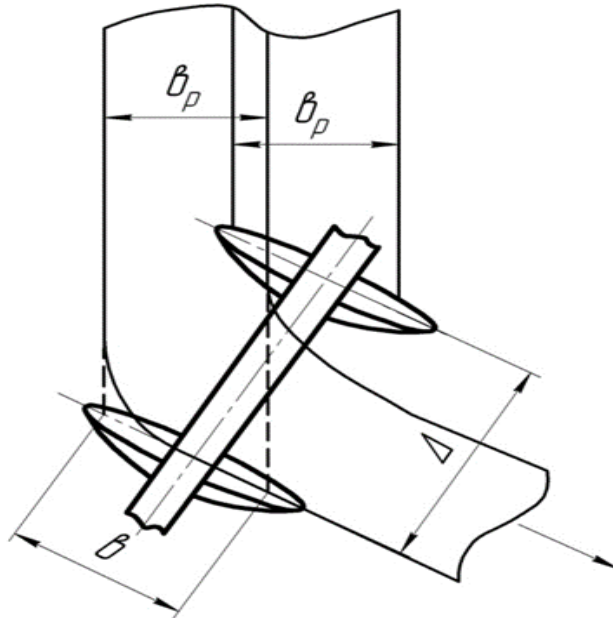


Рис.2.7. Схема до визначення відстані між дисками Δ

Площа сканування цієї поверхні визначається за формулою (оскільки поверхня симетрична, знайдіть площу фігури DEK і візьміть вдвічі більше значення).

$$F_{СК} = \sqrt{\{(e-a) \cdot ctg \alpha - a \cdot [ctg \alpha + tg(\alpha + \varphi_2)]\}^2 + (a \cdot ctg \beta + 0,5 \cdot e \cdot ctg \alpha)^2} \cdot \sqrt{a \cdot [ctg \alpha + tg(\alpha + \varphi_2)] - a \cdot ctg \alpha}^2 + a^2} \quad (2.9)$$

Підстановка початкових даних у (2.6) дає значення K_2 , а рівняння (2.7) - значення "e" для конкретних початкових даних. Це дозволяє визначити площу поверхні стружки та опір різанню за допомогою рівнянь (2.9) та (2.4). Загальні рівняння занадто громіздкі і тут не наводяться. Результати розрахунків представлені в таблиці 2.1. Значення питомої сили зчеплення

частинок ґрунту $C_{уд} = 1,8 \text{ кН/м}^2$ і кута внутрішнього тертя ґрунту $\varphi_2 = 300$ були прийняті з середніх даних для Дніпропетровської області. Глибина робочого ходу $a = 0,18 \text{ м}$.

Таблиця 2.1 – Площа поверхні сколотої призми та опір різанню за результатами аналітичних досліджень

α , град	β , град	K	ϵ , м	$F_{СК}$, м^2	P, кН
30	30	7,75	0,26	1,28	2,31
	50	4,83	0,31	1,37	2,46
	70	3,74	0,32	1,45	2,62
50	30	4,83	0,31	1,4	2,52
	50	2,76	0,44	1,47	2,65
	70	1,98	0,51	1,58	2,85
70	30	2,88	0,25	1,61	2,90
	50	1,92	0,49	1,71	3,08
	70	1,05	0,59	1,84	3,31

Графічний аналіз отриманих залежностей представлений на рис.2.8.

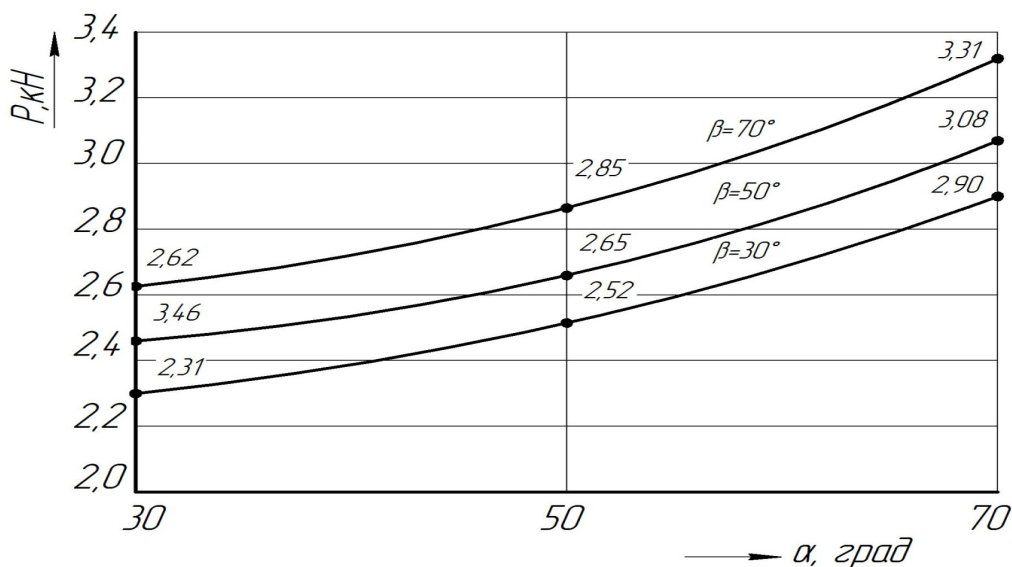


Рисунок 2.8. – Залежність опору різання від кутів постановки диска до напрямку руху (α) і вертикалі (β)

Аналіз наведених вище залежностей показує, що опір різанню зростає зі збільшенням кута посадки і ступеня збільшення. Це може бути пов'язано зі зміною напрямку руху лінії стружки від дна канавки і непропорційним збільшенням її довжини.

Слід також зазначити, що коли кут до напрямку руху перевищує 500, необхідний поправочний коефіцієнт, оскільки закон тріщиноутворення стверджує, що лінії стружки поширюються вперед під кутом $90^\circ + \varphi/2$ до леза. Однак, оскільки в літературі рекомендується отримувати ці коефіцієнти експериментально, було введено невелику поправку в діапазоні $k = 1,05-1,10$.

Рівняння (2.3) використовується для визначення коефіцієнта подрібнення та середнього кінцевого діаметра агрегатів. Розрахунки базуються на роботах [21,22]:

$$E = 37,5 \cdot 10^4 \text{ кН/м}^2$$

$$G = 638 \text{ кН/м}^2$$

Умовний початковий розмір структурованих частинок

$$D_{K50H} = \sqrt[3]{a \cdot b_3 \cdot K_L} = \sqrt[3]{0,15 \cdot 0,3 \cdot 1} = 0,35 \text{ м}, \quad (2.10)$$

де a – глибина оранки;

b_3 – приведена ширина захвату (Ширина захвату залежить від кутів постановки диска. Приймаємо максимальне значення $b_3 = 0,3 \text{ м}$);

$$K_L = I[21,22].$$

Приведений кінцевий діаметр агрегатів

$$D_{K50K} = \frac{D_{K50H}}{i} \quad (2.11)$$

Результати розрахунків показують, що коефіцієнт подрібнення знаходиться в діапазоні

$$5,25 < i < 7,09,$$

Що відповідає приведеному кінцевому діаметрі агрегатів

$$0,05 \text{ м} < D_{к50к} < 0,07 \text{ м}$$

Машина повинна забезпечувати стабільну роботу у всьому діапазоні кутів встановлення диска. Тому виріз диска повинен пропускати грудки діаметром до 70 мм. Для обґрунтування параметрів вирізу розглянемо розрахункову схему (рис. 2.8).

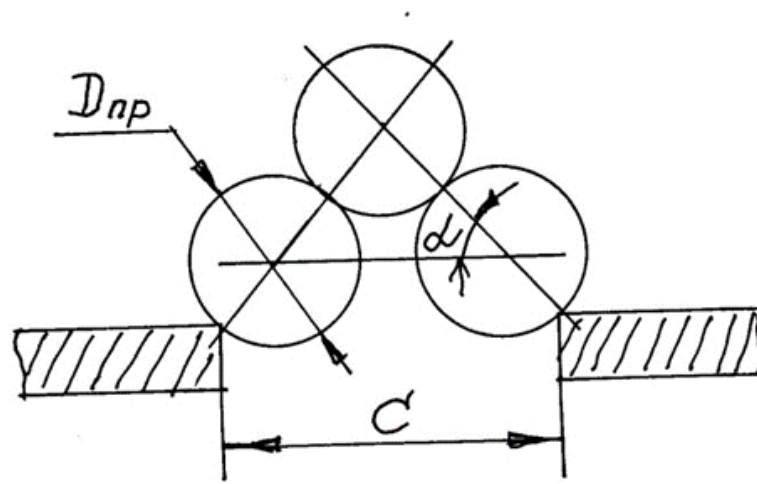


Рис. 2.8. Розрахункова схема до визначення необхідної ширини вирізу

Для демонстрації цього використаємо основні правила теорії витікання через отвори (бункерної теорії) А.М. Панченка. Припустимо, що ґрунтовий агрегат має розміри, подібні до кулі діаметром $D_{пр}$. Положення такого агрегату характеризується кутом укладання α . Найбільш стійке положення формується, коли цей кут дорівнює 60° . Найменш стійке положення формується при $\alpha = 90^\circ$. Обидва ці положення є менш стійкими, коли кут укладання знаходиться в цьому діапазоні:

$$60^\circ < \alpha < 90^\circ$$

Але, в розрахунках приймаємо гірший варіант:

$$C > 3 \cdot D_{пр} \cdot \cos \alpha = 3 \cdot 70 \cdot 0,866 = 182 \text{ мм.}$$

Приймаємо $C = 185 \text{ мм.}$

Довжина отвору за тією ж теорією повинна становити

$$L > \frac{4 \cdot r_0 \cdot (1 + 2 \cdot \sin \varphi_1)}{K_1 \cdot \gamma}, \quad (2.12)$$

де $K_1 = 0,8$ – коефіцієнт форми (форма близька до прямокутної);

r_0 – зсувна характеристика (визначається за законом Кулона [15]);

$\gamma = 1,4 \text{ т/м}^3$ – питома вага ґрунту;

$\varphi_1 = 35^\circ$ – кут зовнішнього тертя ґрунту по відношенню до сталі.

Підставивши значення отримуємо $L > 310 \text{ мм}$. Призначаємо $L > 330 \text{ мм}$. Ширина обода диска повинна перевищувати приведений діаметр грудок [32]. Приймаємо $\text{Ш}_0 = 80 \text{ мм}$. Тоді, довжина кола по обрізу виріза буде становити:

$$L_K = 2 \cdot \pi \cdot (325 - 80) = 1539 \text{ мм}.$$

Ці розміри дозволяють зробити чотири насічки. Таким чином були отримані параметри диска, які відповідають вимогам технологічного процесу. Остаточне конструкторське креслення робочого органу показано на рисунку 2.9.

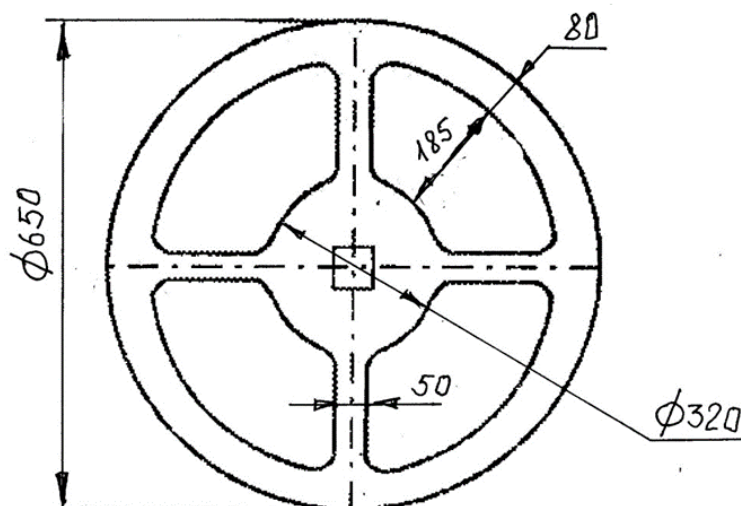


Рисунок 2.9 – Розрахункова схема диска

Товщина диска може бути визначена на основі розрахунків на міцність, що є складним інженерним завданням. Однак товщина диска не впливає на продуктивність процесу. Подальші випробування показали, що товщина 10 мм є дуже задовільною з точки зору надійності.

Висновки

1. Для роботи на еродованих ґрунтах найкраще підходить плоский диск діаметром 650 мм з внутрішнім вирізом. Таке конструктивне рішення зменшує обертання шару ґрунту і, таким чином, зберігає стерню на поверхні плантації. Вирізи допомагають невеликим ґрунтовим грудкам занурюватися в підґрунтовий шар, зменшуючи потенціал для повітряної та водної ерозії.

2. Розрахунки параметрів подрібнювальної призми показують, що середній діаметр утворених грудок ґрунту становить 50-70 мм, а коефіцієнт подрібнення - 5,25-7,09.

3. Чотири внутрішні виїмки розміром 185 x 330 мм вздовж нижнього краю диска необхідні для концентрації дрібних грудок в нижньому шарі.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДНИЦЬКІ ПРОГРАМИ ТА МЕТОДОЛОГІЇ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Програма досліджень складається з трьох етапів:

Перший етап - модельні дослідження в ґрунтових каналах. На цьому етапі планувалося перевірити основні положення робочої гіпотези про розшарування оброблюваного середовища дисками різної конструкції.

Другий етап - польові дослідження в лабораторних умовах. На цьому етапі планувалося експериментальним шляхом перевірити адекватність основних положень математичної моделі взаємодії різних конструкцій дисків з ґрунтом. Іншими словами, планувалося перевірити, чи залежать складові тягового опору диска і якості пошарового розпушування від кута нахилу диска і механіко-технічних властивостей ґрунту.

Третім етапом були польові випробування дослідного зразка плуга. На цьому етапі було проведено комплексну оцінку якісних показників плугів з різними конструкціями дисків та розроблено рекомендації щодо використання конкретних дисків у різних ґрунтових умовах.

3.2. Лабораторні дослідження

Ґрунтові канали мають традиційну конструкцію (рис. 3.1). Лоток для ґрунту, заповнений модельним середовищем, візок з шарнірно закріпленим робочим органом, привідна станція та натяжна станція (нами не використовується).

Механізм приводу візка складається з мотор-редуктора, ланцюгової передачі, приводу барабана і пускового пристрою. Змінюючи зірочку ланцюгової передачі, швидкість візків, оснащених додатковим обладнанням, можна регулювати в наступних діапазонах (Таблиця 3.1).



Рис. 3.1. – Загальний вид лабораторної установки:

Таблиця 3.1. Технічна характеристика механізму приводу візка

Частота обертання двигуна, хв. ⁻¹	Число зубців зірочок		Передаточне співвідношення	Діаметр барабану, мм	Швидкість руху візка	
	ведомої	ведучої			м/с	км/год
980	32	13	0,406	80	1,67	6,01
		11	0,344		1,41	5,08

У лабораторних дослідженнях використовувалися такі прилади, обладнання та інструменти наведені в таблиці 3.3, 3.2.:

Таблиця 3.2 - Перелік приладів, обладнання та інструментів

№	Перелік	Призначення
1	Грунтовий канал	Основне обладнання для проведення експерименту
2	Модель робочого органу	
3	Твердомір ДорНДІ	Контроль параметрів модельного середовища
4	Лінійка металева 0,5 м	Розмітка контрольної ділянки, встановлення та контроль глибини ходу робочого органу
5	Секундомір	Визначення робочої швидкості
6	Набір решет	Просіювання модельного середовища
7	Ваги електронні 0 – 200 г	Зважування пінополіуретанових кульок
8	Совок	Формування механічного складу та профілю модельного середовища
9	Трамбовка	Формування щільності модельного середовища

Таблиця 3.1. – Перелік матеріалів

№	Матеріали	Кількість, кг	Призначення
1	Пісок $D = 0,1 - 1,0$ мм	350	Формування модельного середовища
2	Пил	25	
3	Шаровидні пінополіуретанові кульки $D = 3 - 5$ мм	1,0	
4	Краска (синього та красного кольору)	0,5	

Грунтове середовище в лотках за механічними та технічними властивостями відповідає природному еквіваленту нормального середньосуглинкового чорнозему (показник твердості за твердоміром ДорНДІ в діапазоні 9-10, з питомою силою зчеплення частинок 1,7-1,8 кН/м²). Питома сила зчеплення частинок і кут внутрішнього тертя вважаються найважливішими показниками механічних і технічних властивостей [20, 21, 27]. Моделювання проводилося таким чином [27]. Як

основу використовували просіяний літній пісок із розміром зерен 1,0-0,05 мм, до якого додавали частинки з розміром зерен, що відповідає розміру басейну та мулу.

Питому адгезію частинок моделювали шляхом додавання в розчин цукру для зволоження середовища. Наявність гумусу моделювалася додаванням відпрацьованого гранульованого чаю. Як показали наші експерименти, таке додавання максимально задовольняє вимогам моделювання. Водночас механічний склад, вологість і кут тертя модельного середовища мають відповідати реальному ґрунту. Питоме зчеплення часток визначали за кількістю ударів твердоміра ДорНДІ, (рис.3.2).

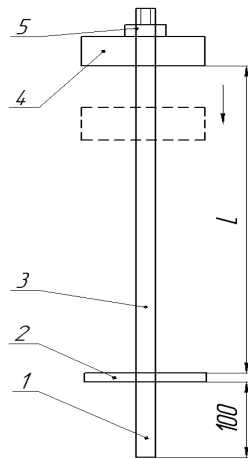


Рис. 3.2. Твердомір ґрунту

Суть вимірювання полягає в підрахунку кількості ударів вантажу 4 до повного занурення наконечника твердоміра 1 на глибину 100 мм. При цьому робота, що здійснюється вантажем за кожен удар, має дорівнювати 1 кГм. Особливістю конструкції є те, що наконечник 1 виконаний циліндричної форми і працює винятково на роздавлювання.

Крім того, згідно з графіком (рис. 3.3, [21]), кількість ударів вантажу використовувалася для визначення питомої сили зчеплення ($C_{уд}$) частинок.

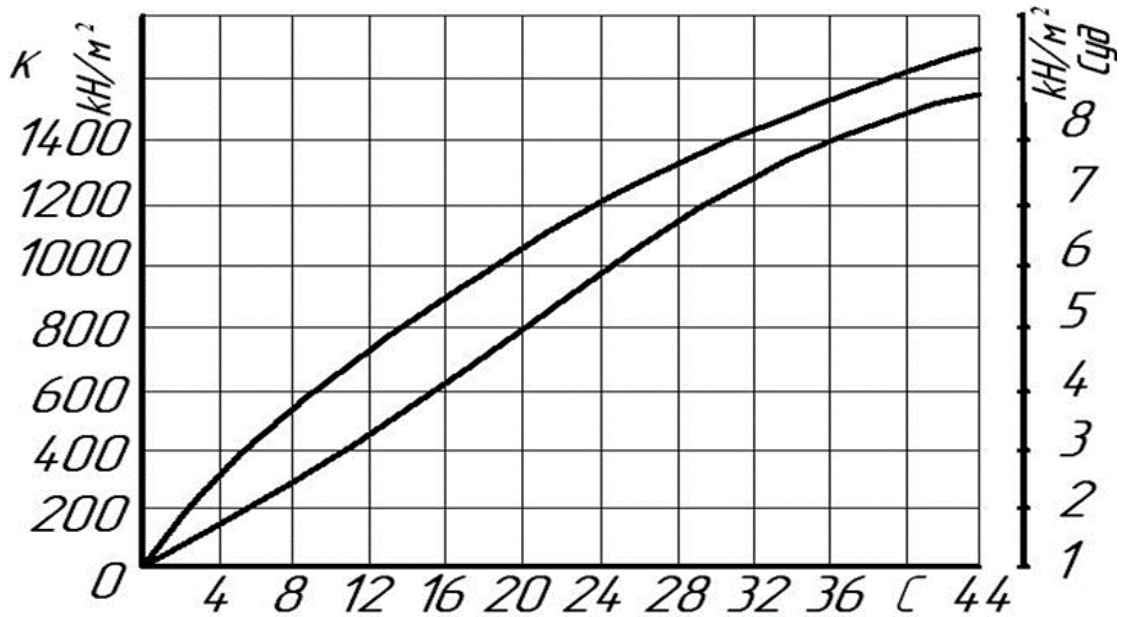


Рис. 3.3 – Залежність питомого зчеплення часток ($C_{уд}$) та межі несучої спроможності (K') від кількості ударів щільно міра ДорНДІ [15]:

Крім того, можна визначити граничну несучу здатність (K'). Коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту визначається на основі закону Кулона, а на основі експериментів зі зсуву виконується така залежність:

$$\tau = c + \sigma \cdot \operatorname{tg}(\varphi_2), \tag{3.1}$$

- де τ – зсувна напруга, H/m^2 ;
 σ – стискаюча напруга, H/m^2 ;
 c – сила зчеплення, ;
 φ_2 – кут внутрішнього тертя, град.

Зразок ґрунту поміщали в пристрій зсуву (рис. 3.4). Після докладання сили P до зразка прикладали горизонтальне навантаження T , і відносний зсув в верхнього кільця 2 відносно нижнього кільця 1 вимірювали мікрометром 4 у разі поступового збільшення T до остаточного руйнування ґрунту. Зусилля вимірювали за допомогою динамометра 5.

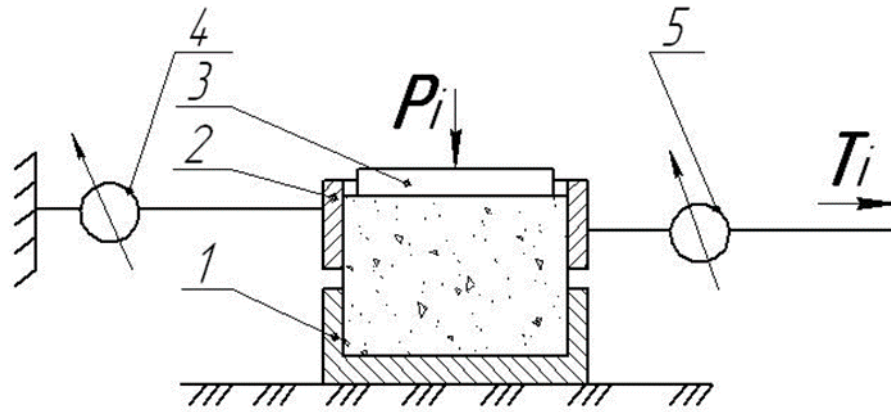


Рис. 3.4 - Схема лабораторної установки:

1 – обойма нерухома; 2 – обойма рухома; 3 – кришка; 4 – мікрометр;
5 – динамометр.

Рівняння (3.1) має два невідомих. Тому для визначення c і j_2 необхідно провести два експерименти на зсув із різними значеннями σ і τ ($\tau = T/F$, $\sigma = P/F$, де F - площа поперечного перерізу зразка).

На відміну від сил тертя, адгезійні сили не залежать від нормального тиску, тому можливі два рівняння з двома невідомими:

$$\tau_1 = c + \sigma_1 \cdot \operatorname{tg}(\varphi_2); \quad (3.2)$$

$$\tau_2 = c + \sigma_2 \cdot \operatorname{tg}(\varphi_2). \quad (3.3)$$

Розв'язавши систему рівнянь отримуємо значення коефіцієнта внутрішнього тертя

$$f_2 = \operatorname{tg}(\varphi_2) = \frac{\tau_2 - \tau_1}{\sigma_2 - \sigma_1}. \quad (3.4)$$

Вологість визначали традиційним методом: шляхом висушування ґрунтової проби [15]. Абсолютна вологість

$$W = \frac{m_B}{m_G}. \quad (3.5)$$

де: m_B – маса води у пробі,

m_G – маса сухої проби

3.3. Розмітка робочої зони лотка для ґрунту

З огляду на відносно невелику довжину ґрунтового каналу (6,0 м), ділянка ґрунтового лотка, на якій проводитиметься експеримент, була розмічена (рис. 3.5). Основними цілями такої розмітки були

- виключити вплив стінок лотка на розпушування і тяговий опір моделі;
- домогтися стабільного режиму роботи в зоні вимірювань.

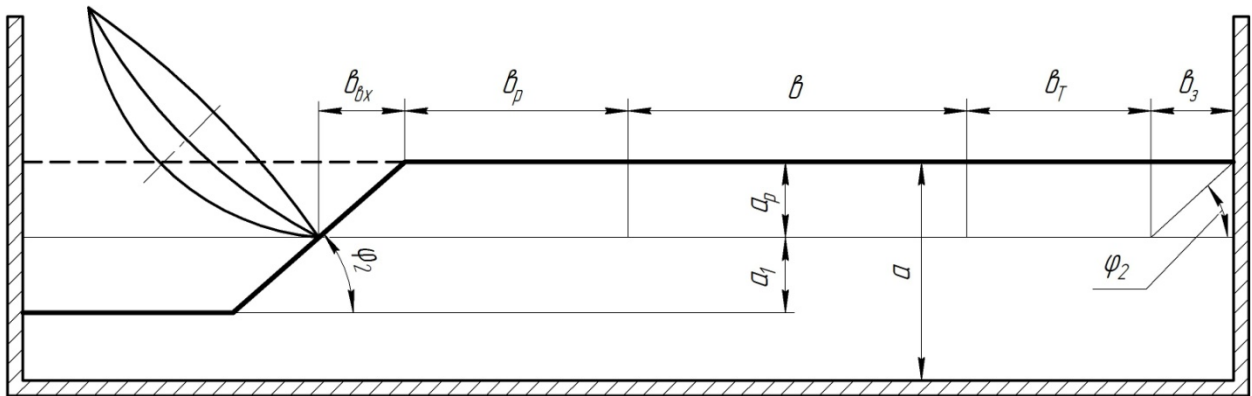


Рис.3.5. Розмітка ділянок ґрунтового лотка.

Загальна глибина ґрунтового лотка a . Згідно з роботами В.І. Баловнева [21,25], впливом реакції дна лотка можна нехтувати, якщо глибина ґрунтообробного знаряддя, яке вивчається, не перевищує 75 % глибини модельного середовища. 1. глибина лотка $a = 50$ см, глибина ходу $aR = 22$ см (максимальне значення за час експерименту), тобто $aR/a = 22/50 = 0,44 < 0,75$. Отже, ця умова виконується.

Глибина виїмки вхідної зони щодо глибини ходу інструменту, a_1 під час експерименту не контролювалася. Аналіз дослідження не виявив впливу на хід експерименту. Під час дослідження візуальний діапазон $5 < a_1 < 10$ см.

Довжина ділянки входу $v_{вх}$. Мета цієї ділянки - забезпечити поступове спрацьовування приводу. Більшість дослідників вважають, що найбільш плавний режим виникає, коли зона входу нахилена під кутом внутрішнього

тертя середовища. Тому (за мінімального значення кута внутрішнього тертя і максимального значення глибини ходу в експерименті).

$$v_{ex} = a_P \cdot ctg\varphi_2 = 22 \cdot ctg75 = 22 \cdot 0,2679 = 5,89 \text{ см}$$

В експерименті прийнято 10 см.

Ділянка входу на робочий режим v_P . Згідно з паспортними даними мотор-редуктора, вихід на робочий режим за номінального навантаження відбувається за 1,35 с. Максимальна робоча швидкість візка під час експерименту становила 1,67 м/с. Отже:

$$v_P = 1,67 \cdot 1,35 = 2,25 \text{ м}$$

В експерименті прийнято 2,25 м.

Ділянка v_3 є закритою зоною для робочого органу, бо потрібен час на його зупинку. В експерименті прийнято $v_3 = 20 \text{ см} = 0,2 \text{ м}$.

Ділянка v_T потрібна для того, щоб робочий орган повністю вийшов з робочої зони. Прийнято $v_T = 1,5 \cdot D = 1,5 \cdot 300 = 450 \text{ мм} = 0,45 \text{ м}$, де $D = 300 \text{ мм}$ максимальний діаметр диска прийнятий в експерименті.

Таким чином, довжина ділянки де виконувались заміри

$$v = 6 - 0,1 - 2,25 - 0,2 - 0,45 - 0,6 = 2,4 \text{ м},$$

де 0,6 м – довжина ділянки виїмки.

Тривалість робочого ходу на:

максимальній швидкості $t = 2,4/1,67 = 1,44 \text{ с}$;

на мінімальній швидкості $t = 2,4/0,74 = 3,24 \text{ с}$

3.4. Методика оцінки ступеня розшарування модельного середовища

Огляд літературних джерел дозволив виявити два методи визначення ступеня перемішування та обертання шарів ґрунту. Перший метод, запропонований С.М. Дудак [6], передбачає фарбування ґрунту в різні

кольори для кожного шару. Після проходження через ґрунтообробний агрегат шари перемішуються, і для кількісної оцінки процесу обчислюється площа зрізу кожного кольору. Однак акварельні фарби не можуть бути використані для фарбування, оскільки для затвердіння піщаного моделюючого середовища їх потрібно зволожувати. Для використання нітроемалей окремі зерна потрібно склеїти між собою, що також змінює питому адгезійну міцність частинок матеріалу. Тому цей метод не може бути використаний у нашому випадку.

Другий спосіб, запропонований С.С. Тищенко [29], передбачає розміщення мічених шашок, кількість яких повинна дорівнювати кількості закладених горизонтів, що є умовою формування проектної матриці. Хоча цей метод більше підходить для наших умов, для досягнення необхідної точності експерименту потрібна велика кількість шашок. Це призводить до формування матриць такого розміру, що їх математична обробка стає проблематичною.

Однак основним недоліком цих методів є необхідність оцінювати переміщення дрібних агрегатів у нижні шари, а не загальну міграцію. Тому ми пропонуємо дещо модифіковану версію методики С.С. Тищенко.

Ми припускаємо, що дрібні частинки не мають зв'язків між собою та іншими шарами ґрунту. Вони також мають меншу вагу, ніж більші утворення. Для їх моделювання підходять сферичні пінополіуретанові кульки. Вони добре фарбуються і практично не фіксуються в середовищі Ганта (моделювання).²⁹ На відміну від методики [29], ми пропонуємо розміщувати кульки в різних шарах суцільним шаром (рис. 3.6).

Після консолідації модельного середовища та перевірки механічних і технічних характеристик слід запустити робочу установку. При цьому необхідно уникати граничних ефектів, спричинених наявністю бічних стінок ґрунтового лотка. З цієї причини накладаються певні обмеження:

- $b_1 > a \cdot \tan \varphi_2$, де φ_2 - кут внутрішнього тертя модельного середовища, а a - глибина диска;

- $b_2 > b$, де b - робоча ширина диска (шар ґрунту, що відкидається інструментом, не повинен перевищувати його робочу ширину).

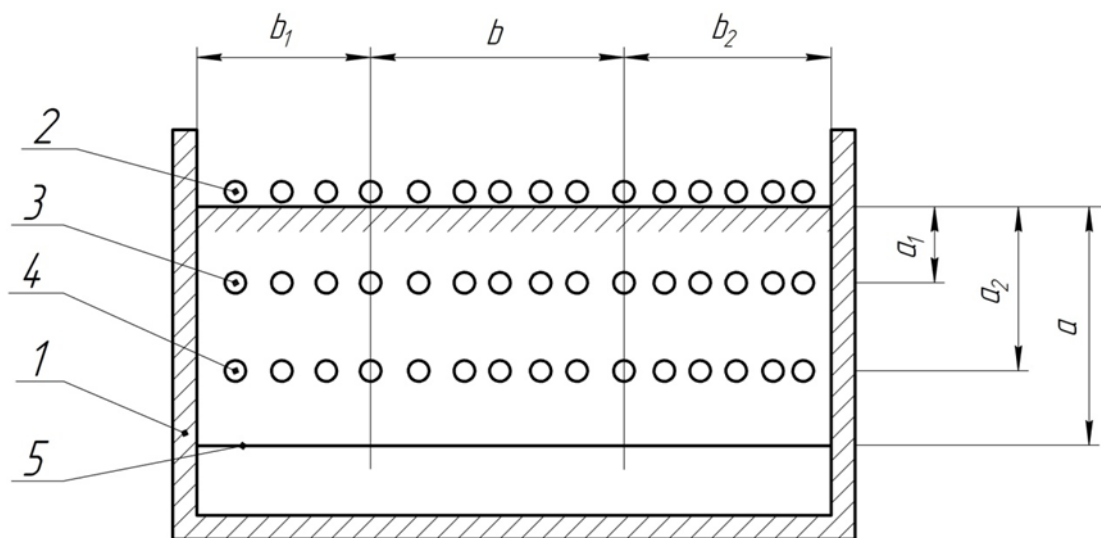


Рис. 3.6. – Схема підготовки до експерименту ґрунтового лотка:

1 – ґрунтовий лоток; 2 – шари червоного кольору; 3 – шари білого кольору; 4 – шари синього кольору; 5 – глибина розпушення модельного середовища

Після проходу машини вибирали найбільш характерні ділянки. Дві координатні рейки були прокладені поперек траншеї з інтервалом 1,0-1,2 м (рис. 3.6) і утрамбовані до повного контакту з поверхнею необробленого ґрунту. Відстань між рейками визначає довжину контрольної ділянки в напрямку руху машини. Одночасно рейки визначають рівень денної поверхні по всьому обробленому профілю.

Після проходження робочого органу підраховують кількість кульок різного кольору на поверхні та визначають їх відсоткове співвідношення до початкового стану. Потім канавки послідовно відкривають на глибину a_1 і a_2 і проводять такий самий підрахунок.

Визначається як відношення вмісту агрегатів сільськогосподарського значення (0,25-10 мм) до загального вмісту агрегатів діаметром менше 0,25 мм і грудок розміром більше 10 мм;

Для його вимірювання використовується ситовий класифікатор. На контрольній ділянці розпушений ґрунт видалявся над і під верхнім шаром ґрунту в денний час. Видалений ґрунт подавався на верхнє сито ситового класифікатора і по черзі просіювався.

Вимірювали вагу класифікованого ґрунту та підраховували кількість ґрунтових грудок на кожну класифікацію. Зразки були відібрані в трьох екземплярах, і загальна кількість була використана для визначення відсоткового вмісту фракцій у загальному зразку і середньої ваги (m) однієї умовної грудки в зразку. Потім використовували наступне рівняння на основі вимірної питомої ваги ґрунту ($\rho = 1,3 \text{ г/см}^3$) та визначали за формулою:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6m}{\pi \cdot \rho}} \quad (3.6.)$$

підраховували її умовний приведений діаметр

Оскільки найменший діаметр отворів решітного класифікатора становить 10 мм, це решето практично використовувалося для відокремлення агрегатів сільськогосподарського призначення. Як показує практика, відокремлення агрегатів розміром менше 0,25 мм становить лише 2. .3% і менше. Тому, якщо необхідна достатня точність

$$K_{\text{СТ}} = \frac{A}{B-A} \quad (3.7.)$$

де A – маса агрегатів, відсіяних решетом 10 мм;

B – загальна маса взятої проби.

3.5. Конструкція випробувального стану, та машини і методика визначення складових тягового опору запропонованого плуга

В роботі за основу взятий станд виробництва ПАТ «Мотор-Січ» [27] станд має наступну конструкцію, рис.3.7.

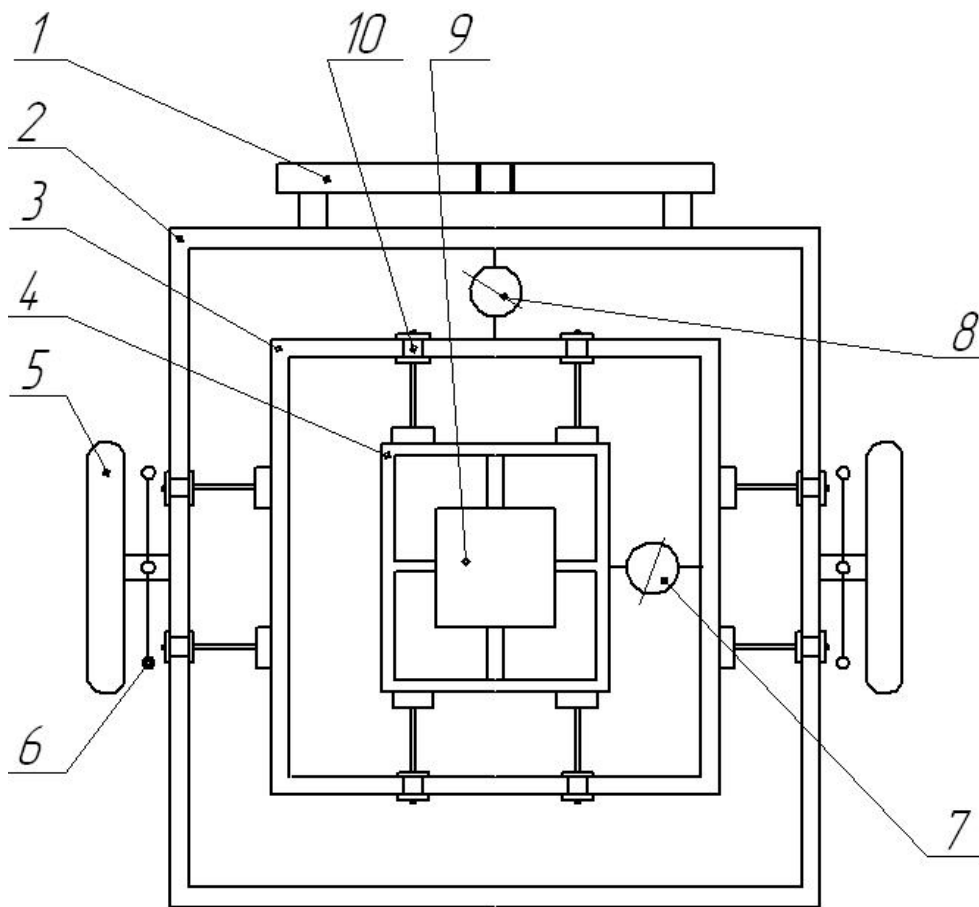


Рис. 3.7. - Схема вимірювального візка для визначення складових тягового опору диска:

1 – навіска; 2 – рама основна; 3 – рама рухома повздожня; 4 – рама рухома поперечна; 5 – колесо опорне; 6 – механізм регулювання глибини заглиблення; 7 – динамометр поперечної складової; 8 – динамометр повздожньої складової; 9 – плита для кріплення досліджуваного робочого органа; 10 – ролик опорний.

Співвідношення поздовжньої та поперечної складових тягового зусилля має важливе значення в роботі дискового плуга. Розроблена нами математична модель дозволяє визначити ці складові аналітично. Для перевірки достовірності моделі були проведені польові експерименти з використанням розробленого вимірювального візка (рис. 3.8).



Рис. 3.8 - Загальний вид візка для визначення складових тягового опору

Налаштування відбувається наступним чином. Візок з тензорезистором прикріплюється до зчіпки трактора і піднімається в транспортне положення. Випробувальний стенд встановлюється на плиту 9 і встановлюється початковий кут по відношенню до напрямку руху і перпендикуляра. Потім візок опускається і за допомогою механізму 6 встановлюється необхідна глибина ходу. Спосіб встановлення глибини ходу традиційний, аналогічний тому, що використовується при встановленні глибини ходу плуга, але визначається вздовж осі диска.

Вибирається ділянка плантації, візуально найбільш однорідна за складом ґрунту, вільна від сторонніх домішок і з рівною поверхнею. Візок перетягують через ділянку. Під час руху показання динамометрів 7 і 8 фіксуються камерою. Для зменшення амплітуди коливань руки динамометри оснащені гумовими віброгасителями.

Якісні показники обробітку ґрунту були досліджені під час польового обстеження. Вони включали загальну якість розпушування, якість розпушування за шарами, гребнистість поверхні, глибину та форму борозни.

Експерименти виконувались з використанням звичайної рами трикорпусного плуга (рис.3.9).



Рис 3.9. – Загальний вид дослідного зразка плуга

Конструктивні параметри:

- кількість корпусів – 3;
- ширина захвату, м – 0,75 – 1,05;
- діапазон регулювання глибини ходу, м – 0 – 0,18;
- діаметр дисків, м – 0,66
- кути постановки дисків, град:
 - до вертикалі – 8 – 17 – 26
 - до напрямку руху – 31,5 – 40 – 48,5.

Під час польового дослідження було використано наступне обладнання, прилади та інструменти таблиця 3.4. представлена в додатку Б.

Висновки

1. Тобто плуг може бути адаптований до різних ґрунтових умов і конкретних потреб шляхом зміни дисків. Це накладає певні особливості на

всі етапи виробництва плуга, такі як обґрунтування параметрів, розробка конструкції, лабораторні та польові дослідження. У той же час, методи на всіх етапах повинні бути ідентичними.

2. Прийнята програма досліджень дозволяє повністю визначити параметри, необхідні для оцінки достовірності розробленої математичної моделі

3. В даному розділі представлений оригінальний метод, який відрізняється від відомих методів. Як показують експерименти, використання цих методів є виправданим. Точність вимірюваних параметрів методики забезпечується за рахунок.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Модельні дослідження у ґрунтовому каналі

Дослід було закладено у відповідності до рис.3.1:

- верхній шар кульки червоного кольору загальною масою 150 г;
- середній шар ($a_1 = 5$ см) кульки білого кольору загальною масою 150 г;
- нижній шар ($a_2 = 15$ см) кульки синього кольору загальною масою 150г.

В експерименті використовувались кульки діаметром 3 – 4 мм. Глибина робочого ходу дисків – $a_3 = 20$ см. Результати представлені в табл.4.1 – 4.4. Середня вага однієї кульки мг.

Таблиця 4.1 – Наявність кульок по горизонтах після проходу суцільного диска на швидкості 1,41 м/с.

Колір кульок	Наявність по горизонтах, г			
	На поверхні	0 - a_1	$a_1 - a_2$	$a_2 - a_3$
Червоний	10,3	36,2	68,4	35,1
Білий	61,9	49,4	26,7	12,0
Синій	70,5	52,4	15,4	11,7

Таблиця 4.2

Наявність кульок по горизонтах після проходу суцільного диска на швидкості 1,67 м/с.

Таблиця 4.3

Колір кульок	Наявність по горизонтах, г			
	На поверхні	0 - a_1	$a_1 - a_2$	$a_2 - a_3$
Червоний	9,9	38,4	71,6	30,1
Білий	64,5	43,1	28,4	14,0
Синій	74,2	49,9	19,0	6,9

Наявність кульок по горизонтах після проходу вирізного диска на швидкості 1,41 м/с.

Колір кульок	Наявність по горизонтах, г			
	На поверхні	0 - а ₁	а ₁ - а ₂	а ₂ - а ₃
Червоний	6,4	77,9	44,8	20,9
Білий	1,1	69,6	56,9	22,4
Синій	0,5	73,4	64,8	11,3

Таблиця 4.4

Наявність кульок по горизонтах після проходу вирізного диска на швидкості 1,67 м/с.

Колір кульок	Наявність по горизонтах, г			
	На поверхні	0 - а ₁	а ₁ - а ₂	а ₂ - а ₃
Червоний	7,8	68,9	45,8	27,5
Білий	3,0	62,3	59,0	25,7
Синій	1,2	70,4	55,3	23,1

Аналіз даних в таблиці показує, що існують значні відмінності в продуктивності суцільних і вирізних дисків. Суцільні диски видаляють дрібні агрегати з поверхні ґрунту, але натомість виносять на поверхню агрегати аналогічного розміру. Це означає, що необхідний ефект захисту ґрунту не досягається.

Диски з насічками практично не видаляють дрібні агрегати з ґрунту, оскільки в них відсутній механізм такого видалення. В той же час, з поверхні видаляється майже 90-95% дрібних агрегатів. Таким чином, наша гіпотеза про необхідність використання плоскорізальних дисків для ґрунтозахисних цілей підтверджується.

Вплив швидкості ступінчастого руху диска на процес диференціації горизонту не є принциповим. Це означає, що це робоче знаряддя можна використовувати на малорухомих машинах, таких як мотоблоки або в складі дискового плуга чи дискової борони. У зв'язку з великим обсягом роботи, експеримент виконувався тільки при фіксованих значеннях кутів постановки диска $\alpha = \beta = 50^\circ$.

4.2. Якість розпушення ґрунту

Якість розпушування ґрунту оцінювали за допомогою ситового класифікатора, а також за комплексом показників, запропонованих А.М. Панченком [15]. . Результати математичної обробки в табл. 4.5.

	Грудочки менші за 10 мм %	Грудочки більші за 10 мм %	Коефіцієнт структурності
Дисковий плуг	27,4	72,6	0,38
Чизель	24,3	75,7	0,32
Плоскоріз	10,1	89,9	0,11

Для відстеження характеру залежності коефіцієнта структурності від кутів постановки диска побудовані графіки рис.4.6

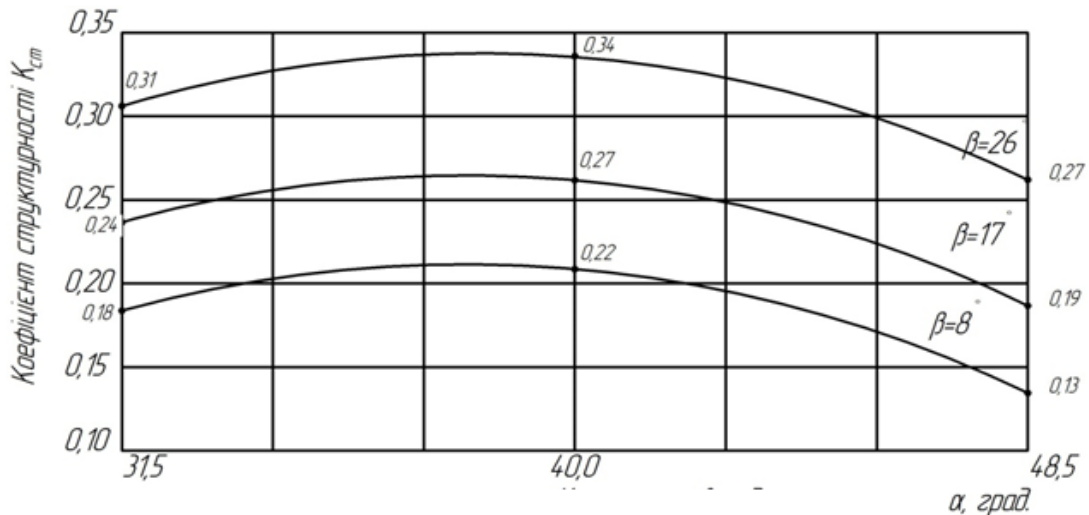


Рис. 4.6. Залежність коефіцієнта структурності від кутів постановки диска

Аналіз отриманих залежностей чітко показує, що розумні значення для кутів $\alpha = 40$ і $\beta = 26$. Характер залежності: нелінійна з яскраво вираженим максимумом в діапазоні -40 градусів від кута постановки до напрямку руху, майже лінійна в межах -26 градусів від кута нахилу до вертикального напрямку. Слід також зазначити, що весь діапазон отриманих значень $K_{ст}$ є прийнятним з точки зору агротехніки.

Коефіцієнт руйнування структурованих агрегатів не вважається основним для оцінки якості обробки ґрунту. Однак він дає можливість оцінити нерівномірність розподілу ґрунтових агрегатів за розмірами в межах $K_{ст}$, що є важливим для оцінки ефективності роботи дискового плуга. Обробка позаекспериментальних даних дозволила отримати наступні залежності (рис. 4.7).

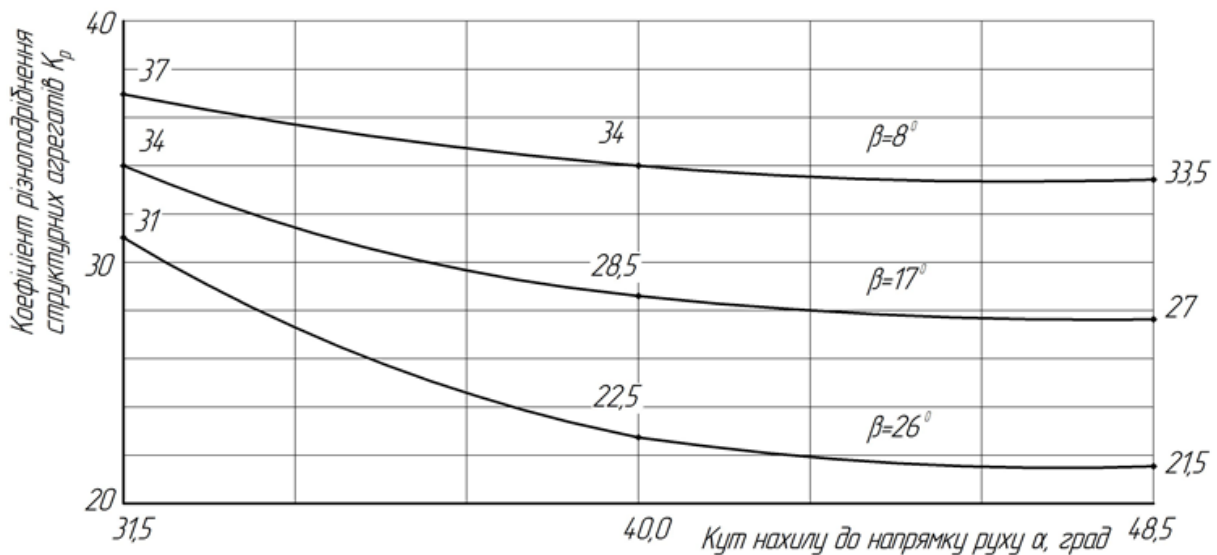


Рис..4.7 Залежність коефіцієнта різноподрібнення структурованих агрегатів від кутів постановки диска

Результати аналізу показують, що при оптимальних значеннях кута нахилу диска з точки зору структурних коефіцієнтів ($\alpha = 40$; $\beta = 26$) значення коефіцієнта K_p на 15-20% кращі, ніж у полицевого плуга. Спостережувана тенденція до зменшення коефіцієнтів при збільшенні обох кутів вказує на те, що фракційний склад ґрунту стає більш однорідним при збільшенні обох кутів.

Результати практичного визначення складових тягового опору представлені на рис. 4.8.

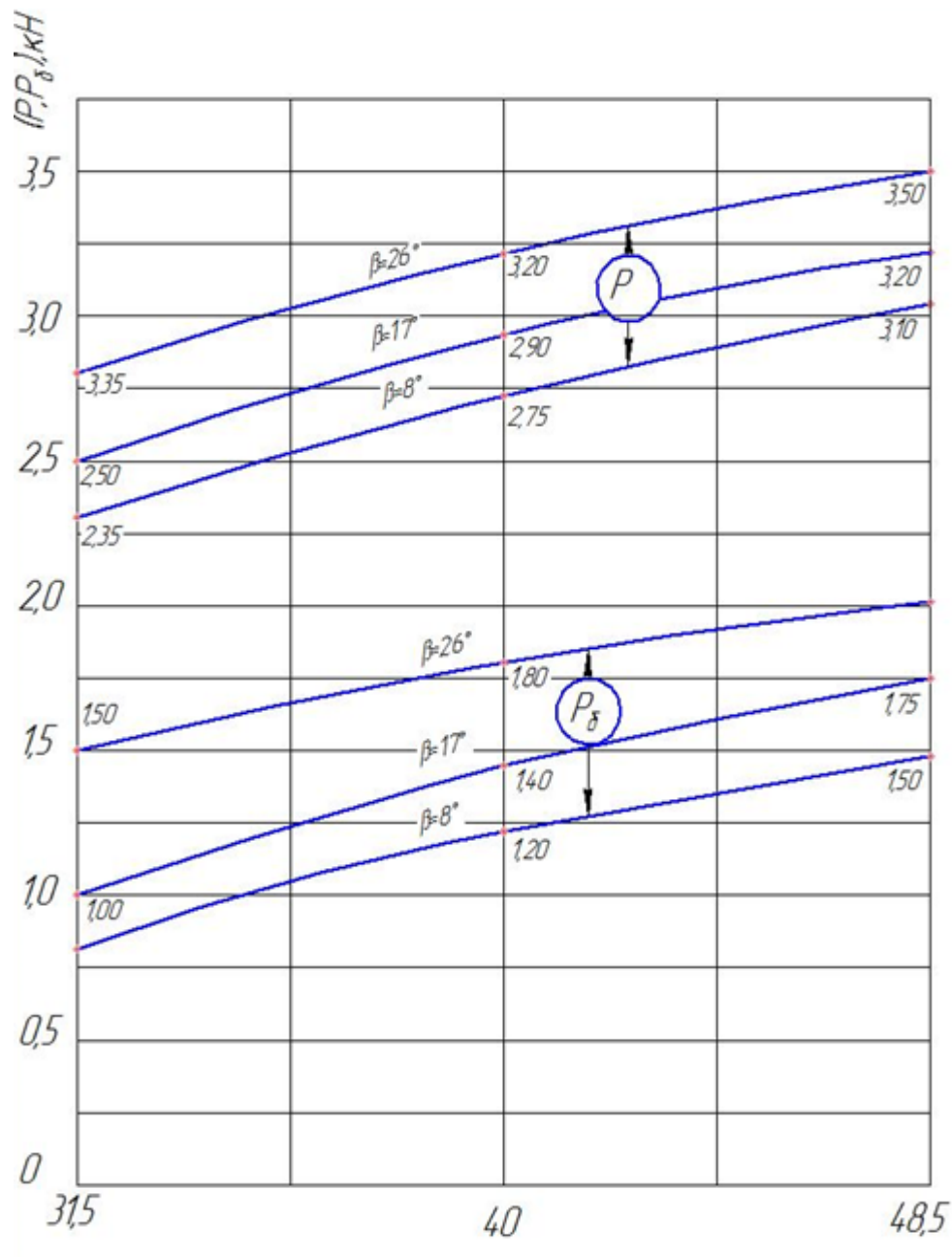


Рис. 4.8. Абсолютне значення складових тягового опору суцільного диска:
 P – повздовжня складова; P_δ – бокова (поперечна).

Аналіз абсолютних значень складових тягового опору (рис.4.8.) показує близьке до лінійного зростання обох складових. При оптимальних значеннях з точки зору розпушення кутах ($\alpha = 40$; $\beta = 26$) тяговий опір при глибині ходу 12 см становить 3,20 кН,.

За оцінкою експерта, якість робіт відповідає агрономічним вимогам. Поверхня полів гладка, рівномірна та без дефектів. Агрегат стабільно виконує технологічний процес на швидкості до 12 км/год.

Відстань до робочої глибини становить від 0,7 до 1,2 м, в залежності від кута нахилу диска і робочої швидкості. Поверхня поля насичується рослинними рештками (рис. 4.9), в той час як лінійний дисковий плуг з суцільними дисками засипається ґрунтом.



Рис.4.9. Характерна ділянка обробленої борозни

Бокова складова тягового зусилля зменшилася, що підвищує стійкість машини та полегшує керування. Основні виміряні техніко-економічні показники представлені в таблиці 4.6.

Таблиця 4.6

Показники роботи машин

Показник	Серійний плуг	Дослідний зразок
Робоча швидкість, м/с	9,86	11,70
Продуктивність, га/год	0,94	1,4
Витрати палива, кг/га	12,77	9,80

Коефіцієнт структурності в нижньому горизонті для обох дисків практично однаковий. Це є наслідком того, що нижня частина обробляється суцільною частиною вирізного диска і різниці практично не відчувається. Але верхній горизонт в вирізного диска відчуває меншу механічну дію і тому агрономічно цінних агрегатів утворюється значно менше і до того ж вони просипаються у нижні горизонти. Кількість ерозійно небезпечних часток діаметром менше за 1,0 мм у верхньому шарі в разі вирізного диска до трьох разів менше. По-перше, їх менше утворюється, по-друге – вони просипаються в нижні шари.

Висновки

1. Лабораторні та польові дослідження підтвердили основні положення робочої гіпотези про те, що використання плоских відрізних дисків є сприятливим для роботи на еродованих ґрунтах

2. Аналіз отриманих експериментальних даних виявив суттєві відмінності в роботі суцільних та відрізних дисків. Суцільні диски видаляють дрібні агрегати з dna, але натомість виносять на поверхню агрегати аналогічного розміру. Це означає, що необхідний ґрунтозахисний ефект не досягається. Диски з насічками практично не видаляють дрібні агрегати з нижнього шару, оскільки немає такого механізму видалення. В той же час, з поверхневого шару видаляється майже 90-95% дрібних агрегатів.

3. Аналіз абсолютних значень складової тягового опору показує майже лінійне зростання обох складових як для суцільних, так і для відрізних дисків. При оптимальних значеннях кута розпушування ($\alpha = 40$; $\beta = 26$) тяговий опір на робочій глибині 18 см становить 3,20 кН для суцільного диска і 2,81 для вирізного диска. В обох випадках це майже на 20-25% менше, ніж у полицевих плугів.

Коефіцієнт структури нижнього горизонту майже однаковий для обох дисків. Це пояснюється тим, що нижня частина обробляється в суцільній частині ріжучого апарату і різниці практично немає. Однак верхні горизонти дисків фрези піддаються меншому механічному впливу, тому утворюються агрономічно цінні агрегати, які набагато рідше стікають в нижні горизонти.

Кількість ерозійно-небезпечних частинок діаметром менше 1,0 мм у верхньому шарі ґрунту до трьох разів менша при роботі з дисковими лапами. По-перше, їх утворюється менше, а по-друге, вони стікають у підґрунтя.

У випадку суцільних дисків агрономічно цінні агрегати рівномірно розподіляються по всьому оброблюваному шару. Однак у поверхневому шарі міститься вдвічі більше ерозійно небезпечних частинок. Останнє можна пояснити ударною дією при скиданні шару ґрунту, що спричинило додаткове розпушування.

Кількість агрегатів діаметром більше 75 мм, тобто тих, що не пройшли крізь сито 75 мм, майже однакова для обох типів. Ми вважаємо, що це пов'язано з тим, що ці агрегати утримуються разом кореневою системою рослинних решток і для їх руйнування потрібна більш інтенсивна дія робочого органу.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Вимоги безпеки праці при обробітку ґрунту

Розроблено загальні вимоги безпеки при виконанні операцій з обробітку ґрунту під посів озимої пшениці:

- до керування трактором допускаються тільки трактористи, які пройшли спеціальне навчання і мають дозвіл на керування тракторами даної категорії;

- перед початком технічного процесу трактористи проходять інструктаж з техніки безпеки, розписуються в журналі та отримують інструкцію з техніки безпеки;

- операторам дозволяється працювати тільки в застебнутому, ретельно заправленому одязі та головному уборі, без довгих звисаючих частин і країв, не дозволяється працювати у фартухах;

- буксирування трактора з комбінованим культиватором суворо заборонено;

- у кабіні водія трактора повинна знаходитися аптечка з набором медичних засобів;

- необхідно регулярно перевіряти надійність гальм і рульового управління;

- забороняється завантажувати раму комбайна або використовувати її для інших цілей;

- вхід або в'їзд у кабіну трактора заборонений до повної зупинки трактора;

- необхідно постійно стежити за справним станом техніки та наявністю справних засобів протипожежного захисту (вогнегасники з насадками, лопати);

- фермерським господарствам забороняється вносити конструктивні зміни у свої агрегати без дозволу національного органу технічного нагляду.

На додаток до цих загальних вимог безпеки необхідно враховувати конкретні умови експлуатації машин на майданчику і безліч додаткових небезпек, пов'язаних з ними. Вимоги, що відносяться до цих факторів, перераховані нижче:

- тракторист не повинен передоручати роботу на машині нікому, крім відповідальної особи;
- ніхто не повинен стояти перед машиною під час роботи;
- усі регулювання і технічне обслуговування повинні виконуватися тільки після вимкнення двигуна і повної зупинки машини;
- не торкайтеся до рухомих частин машини, коли двигун працює;
- не надягайте ремені або ланцюги на шківи або зірочки і не змащуйте підшипники;
- після зупинки машини переведіть важіль перемикання передач у нейтральне положення;
- не підпускайте людей і транспортні засоби до зони повороту машини.

5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

1. Виконувати тільки ті обов'язки, які покладені на них начальством (за винятком надзвичайних ситуацій), і не передоручати їх іншим особам
2. Носити спецодяг і стежити за тим, щоб спецодяг не був пошкоджений, не провисав і не розхитувався
3. Переконайтеся, що важелі управління трансмісією, гідравлічною системою, валом відбору потужності та іншими робочими органами знаходяться в нейтральному або вільному положенні, а трактор загальмований
4. Переконайтеся, що навіска трактора або компоненти гідравлічної системи плужних тракторів справні
5. Перевірте цілісність сконструйованого плуга та переконайтеся, що його компоненти не мають пошкоджень, тріщин або деформацій

6. Три-п'ять разів підніміть і опустіть плуг, щоб перевірити герметичність з'єднань, справність циліндрів гідравлічної системи і надійність механізму навіски

7. Відвезіть плуг на спеціальний бетонований майданчик, встановіть його на надійну опору для запобігання випадковому перекиданню, знизьте швидкість трактора і вимкніть двигун.

5.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

1. Не запускайте двигун несправним або недійсним обладнанням, яке перешкоджає запуску двигуна при включеній передачі

2. Якщо необхідно заправити або змастити двигун у полі вночі, освітлюйте місце заправки фарами або електричним ліхтарем іншого трактора (автомобіля). Не використовуйте для освітлення відкритий вогонь.

3. Під'їжджайте до плуга заднім ходом на низькій швидкості. Коли трактор наблизиться до плуга, зупиніть трактор, загальмуйте і вимкніть двигун.

4. Не піднімайте і не пересувайте навісне обладнання з силою, це може призвести до дестабілізації навісного обладнання. Якщо фітинги не збігаються (перекоси), повторіть підхід.

5. Якщо в господарстві все ще є обладнання, непридатне для несанкціонованого під'єднання до трактора, роботу повинні виконувати три людини: водій трактора, оператор зчипки та особа, яка координує роботу. Оператор зчипки повинен дочекатися повної зупинки трактора і приступити до зчеплення тільки після сигналу координатора робіт.

6. Технічне обслуговування і регулювання робочих елементів, а також видалення сторонніх предметів, налиплого ґрунту і рослинних залишків необхідно виконувати тільки при непрацюючому двигуні і відключеному валу відбору потужності.

7. швидкість руху вибирайте з урахуванням ваги і габаритів машини, а також інерційних ефектів на поворотах, слизьких поверхнях, схилах і т.д.

8. В залежності від напруги ліній електропередач машина може експлуатуватися в полях або на дорогах з лініями електропередач за умови дотримання відповідної відстані від найвищої до найнижчої точки машини.

5.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. У разі нещасного випадку необхідно зробити наступне:

- діяти швидко, щоб запобігти впливу травмуючих факторів на потерпілого, надати йому першу медичну допомогу та, за необхідності, викликати швидку медичну допомогу за номером 103.

- повідомте про інцидент відповідального за безпеку праці або іншого співробітника роботодавця та забезпечте охорону ситуації до початку розслідування, якщо це не призведе до нещасного випадку або травмування інших осіб

2. Якщо загорілася пересувна техніка (наприклад, трактори, автомобілі), відвести її на безпечну для інших об'єктів відстань, викликати пожежну охорону за номером 101, повідомити керівника робіт і приступити до гасіння пожежі будь-якими доступними засобами

3. У разі виявлення несправності будь-якого обладнання, пристрою або інструменту, що суперечить нормам безпеки, припинити роботу і негайно повідомити про це керівника робіт.

Висновок

У цьому розділі представлені вимоги безпеки праці при підготовці ґрунту ґрунтообробними машинами. Описано заходи щодо зниження травматизму під час роботи, перед початком роботи та в аварійних ситуаціях.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Техніко-економічні показники розраховані в порівнянні з серійним агрегатом для обробітку ґрунту ПЛН-3-35. Основна відмінність між двома агрегатами полягає в тому, що вони оснащені новим дисковим робочим органом. Розроблений агрегат має менше технологічних зупинок для очищення та регулювання. Це призвело до покращення використання робочого часу і, як наслідок, до підвищення продуктивності агрегату. Вихідні дані для розрахунків наведені в таблиці 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг роботи	га	90	90
2	Продуктивність	га/год	0,94	1,40
3	Витрати ПММ	кг/га	12,77	9,80
4	Вартість:	грн		
	- Трактора		570000	570000
	- Машини		84000	84600
	- Всього		654000	654600
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

Розрахунки виконані в додатку А, а результати розрахунків представлено у табл. 6.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант	
		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Основний обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	90	90
3	Склад агрегата: Трактор Машина	МТЗ-892 ПЛН-3-35	МТЗ-892 ПД-3-35М
4	Продуктивність, га/год	0,94	1,40
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	95,74	64,28
6	Кількість обслуговуючого персоналу -трактористів-машиністів -допоміжних працівників	1 -	1 -
7	Витрати праці, люд.-год/га	95,74	64,28
8	Тарифний розряд роботи	V	V
9	Тарифна ставка, грн/год	77,94	77,94
10	Норма витрати пального, кг/га	12,77	9,80
11	Балансова вартість, грн: - трактора - машини	570000 84000	570000 84600
12	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	66,85	66,85
13	Експлуатаційні витрати, грн/га у тому числі: Амортизаційні відрахування: -трактор -машини -всього Витрати на ПММ Витрати на ТО, ТР, зберігання, -трактора -машина -всього	2288,27 58,68 23,11 81,79 853,63 1216,05 179,20 1395,25	2018,1 39,40 15,62 55,02 655,13 1216,10 180,49 1396,59
14	Капітальні вкладення, грн/га	7266,6	7273,3
15	Приведені затрати, грн/га На весь обсяг роботи, грн	3378,26 304043,4	3109,09 279818,1
16	Річний економічний ефект, грн		24225,3
17	Строк окупності, років		0,02

Висновок

Згідно з розрахунками, модернізовані машини є більш ефективними і можуть бути рекомендовані до встановлення. Прогнозований річний економічний ефект становить 24225,3 грн при сезонному навантаженні 90 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У магістерській дисертації здійснено теоретичне узагальнення і запропоновано нове вирішення актуальної науково-практичної задачі обґрунтування конструктивних параметрів та кінематичного режиму роботи дискового плуга. В результаті отримані наступні підсумкові висновки та практичні результати

1. на основі аналізу розрахункових, експериментальних та аналітичних досліджень встановлено, що

Дискові плуги, як агрегат для основного обробітку ґрунту, мають ряд переваг перед полицевими плугами. Найважливішими з них є якість розпушування, можливість контролювати ступінь обертання та зміщення шару ґрунту та значно нижчий тяговий опір (за різними джерелами - 30-60% від полицевого). Не менш важливою є ефективна робота на плантаціях з ущільненою кореневою системою. Ці переваги роблять широке використання надзвичайно перспективним.

2. 2. вперше розроблено математичну модель, в якій поверхня робочого органу розглядається як така, що утворена рухомими в просторі криволінійними формоутворюючими елементами. Отриману таким чином поверхню можна розглядати як нескінченно малу множину плоских областей, до яких можна застосувати теорію внутрішніх напружень і шляхом інтегрування отримати повну картину взаємодії культиватора з ґрунтом.

3. за допомогою розробленого математичного апарату досліджено вплив конструктивних параметрів на співвідношення складових тягового опору дискового луцильника. Теоретичне дослідження дозволило виділити основні фактори впливу, які гарантують якість виконання технічного процесу.

Кут нахилу робочої поверхні диска по відношенню до напрямку руху повинен становити $38-42^\circ$, кут нахилу робочої поверхні диска по відношенню до вертикального напрямку повинен становити $8-26^\circ$, а кривизна диска повинна бути обґрунтовано рівною радіусу. За таких параметрів коефіцієнт структури ґрунту знаходиться в межах $0,30-0,34$.

4. вперше запропоновано та проведено лабораторний метод дослідження співвідношень складових тягового опору ґрунтообробних знарядь. А саме, обґрунтовано значення кутових параметрів дискової лапи, отримані аналітично.

5. 5 Результати польових досліджень показали, що якість розпушування після проходу дискового знаряддя та полицевого плуга була близькою, але якщо полицевим плугом її не можна було регулювати, то дисковим плугом це можна було зробити в значно більшій мірі. Інша особливість полягає в тому, що в широкому діапазоні кутів α і β кількість ґрунтових грудок, зменшених в діаметрі до 150 мм і більше, стабільно становить 14-15% за масою, але при збільшенні кута $\beta > 200$ вона зменшується майже вдвічі. $\beta > 200$ також збільшує кількість агрегатів, що мають сільськогосподарську цінність, на 30-40%.

Польові дослідження дозволили визначити раціональні конструктивні параметри конструкції:

- Діаметр диска, мм - 660;
- Кривизна поверхні диска, мм - 620 мм;
- Кут нахилу диска по відношенню до напрямку руху, градусів - 38 - 42;
- Кут нахилу диска по відношенню до вертикального напрямку, градусів - 22 - 26;

Дослідження показали, що для підвищення стійкості плуга вісь начіпки повинна бути зміщена на 80 мм в бік борозни для трикорпусних плугів. При дотриманні вищевказаних умов плуг може агрегатуватися з трактором тягою 14 кН в трикорпусному виконанні з робочою глибиною 22 - 35 см. Коефіцієнт розвалу структурованого агрегату знаходиться в межах $14,8 \leq CR$

≤ 20 , що свідчить про більш рівномірне розпушування в порівнянні з $32 \leq CR \leq 56$ полицевого плуга.

б. використання розробленого плуга покращує якість розпушування ґрунту та зменшує непродуктивні витрати енергії. Прогнозований економічний ефект від використання розробленого дискового плуга становить 24225,3 грн. на рік.

ЛІТЕРАТУРА

1. Бобровний Є.В. Обґрунтування кінематичних параметрів робочих органів дискаторів для загортання рослинних решток, оброблених біодеструктором: автореф. дис..на здобуття ступеня канд.. техн. наук / Є.В.Бобровний. – Мелітополь, 2014. – 20 с.
2. Сільськогосподарські машини. Основи теорії розрахунку : Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред Д.Г. Войтюка.– К.: Вища освіта, 2005.–464с.
3. Ганженко О.М. Обґрунтування параметрів дискового робочого органу з внутрішніми вирізами: Міжвідомчий тематичний науковий збірник «Механізація сільського господарства / О.М.Ганженко – Глеваха, 2010. – С.177 – 183.
4. Булгаков В., Адамчук В., Головач І. Знаходження мінімально допустимої частоти коливань вібраційного викопуючого робочого органа з умов забезпечення захоплювання кожного органа з умов забезпечення захоплювання кожного коренеплоду. / Вісник Львівського національного аграрного університету: агро інженерні дослідження. – Львів нац. аграр. ун-т, 2008. – с.123-131
5. Дудак С. М. Дискові ґрунтообробні знаряддя: основні параметри та особливості / С. М. Дудак // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвід. темат. наук.-техн. зб. – Глеваха: ННЦ ІМЕСГ, 2007. - Вип. 91.- С. 17-19.
6. Кобець А. С. Ґрунтообробні машини: теорія, конструкція, розрахунок: монографія / А. С. Кобець, Б. А. Волик, А. М. Пугач. - Дніпропетровськ: Свідлер А.Л., 2011. - 140 с.
7. Булгаков В.М., Головач І.В. Математичне моделювання кутових коливань коренеплоду у ґрунті як у пружному середовищі при вібраційному викопуванні./ Праці//Таврійська державна агротехнічна академія – Вип..39, - Мелітополь: ТДАТА, 2006.– с. 124–134.

8. Математична модель дискового плуга / А. М. Семенюта, О. В. Білокопитов, Б. А. Волик В. О. Колбасін // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2010. - Вип.10, т.8. - С. 169 - 176.
9. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навч. Посібник / [Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А.]. – Дніпропетровськ : РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
10. Булгаков В.М., Головач І.В., Войтюк Д.Г. Моделювання процесу вібраційного викопування коренеплодів. / Праці // Таврійська державна агротехнічна академія – Вип..39, - Мелітополь: ТДАТА, 2006.–с.26–33.
11. Особливості конструкції та основні результати польових досліджень дискового плуга / Б. А. Волик, А. М. Пугач, Г. В. Теслюк, А. М. Семенюта // Механізація сільського господарства: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства.– Харків, 2011. – Вип. 107, т. 1. – С. 143-147.
- 12.Євтушенко В. Strip-till в Україні на прикладі СТОВ «Дружба-Нова» / В. Євтушенко. - // The Ukrainian Farmer. - К. : ТОВ "АГП Медіа", 2012. - № 9. - С. 99-100
- 13.Волик Б. Обґрунтування параметрів та дослідження активного копача коренеплодів V-подібної форми / Б.А. Волик, С.М.Друздь.– Вісник Львівського державного аграрного університету: Агроінженерні дослідження. – Львів, 2008. - №12, том 1. – С.354–358.
14. Волик Б.А. Комбіноване ґрунтообробно-підкопуюче знаряддя для присадибних ділянок / Б.А. Волик. О.С. Гаврильченко, С.М.Друздь Вісник Харківського національно технічного університету сільського господарства ім. Петра Василенка.–Вип. 75.- Том 1. «Механізація сільськогосподарського виробництва». – Харків. 2008. – С.142-148.
15. Czyz E.A., Dexter A.R., Niedzwiecki J. Wplyw zawartosci ilu koloidalnego i substancji organicznej oraz gestosci objetosciowej na przewodnosc

- hydrauliczna nasycona i nienasycona warstwy ornej gleb // IBMER. – Warszawa, 2002. – S. 101-109.
16. Семенюта А. М. Методика оптимізації форми поверхні ґрунтообробного робочого органа / А. М.Семенюта // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь, 2010. – Вип.10, т.2. – С. 172 – 176.
 17. Семенюта А.М. Результати польових випробувань дискового плуга, адаптованого для роботи в умовах півдня України / А.М.Семенюта, Б.А.Волик, В.О.Дубовик // Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, вип. 43 ч.І. – Кіровоград: КНТУ, 2013. – С.335 – 340.
 18. Установка для дослідження взаємодії робочих органів з ґрунтом / Ю. О. Гуменюк, О. М. Димчев, В. П. Ковбаса, М.М. Кучер // Механізація сільськогосподарського виробництва: збірник наукових праць НАУ.– К., 2000. - Т. VIII. – С. 262 – 265.
 - 19.Красніченко Н.С. Довідник конструктора по сільськогосподарським машинам. / Н.С.Красніченко. – К. Урожай, 1999.–154с.
 - 20.Шевченко І. А. Обґрунтування геометричних параметрів дискових робочих органів / І.А. Шевченко // Праці ТДАТА. - Мелітополь, 2001. – Вип. 2, т.16.— С. 13 - 20..
 21. 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.
 - 22.Про державну підтримку сільського господарства України: Закон України // Відомості Верховної Ради. – 2004. – № 49. – Ст. 527.
 - 23.ДСТУ 4362:2004. Якість ґрунту. Показники родючості ґрунтів. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 19 с.
 - 24.Обґрунтування рекомендацій до конструкції привода копача типу «скоба» для вібраційного викопування коренеплодів / [А.С.Кобець,

- М.М.Науменко, С.П.Сокол, А.М.Пугач] // Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки.– Луганськ: Видавництво ЛНАУ. 2011.№30.–С.40-46.
25. Сільськогосподарські та меліоративні машини : підручник / [Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. та ін.] – К.: Вища освіта, 2004.- 544с.
26. Михайлов Є. В., Волик Б. А., Теслюк Г. В., Лепеть Е. І. Аналітичне обґрунтування методики експериментальних досліджень взаємодії з ґрунтом ґрунтообробних знарядь. Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: Наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 26. 10. 2021. – Вип. 21, т. 2. DOI: 10.31388/2078-0877-2021-21-2-21-27 с. 21-26.
27. Законах України «Про охорону праці». Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція — Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>
28. Волик Б.А., Теслюк Г.В., Коновий А.В. Формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин методами моделювання технологічного процесу. Науковий вісник Таврійського державного агротехнологічного університету імені Дмитра Моторного, 2020. Том 1. Випуск 10, ст.109-119. DOI: 10.31388/2220-8674-2020-1-11
29. Булгаков В.М., Шелудченко Б.А. Самоорганізація ґрунтових структур. – К.: Видавництво НАУ, 1998. – 58 с.
30. ДСТУ ISO 11272–2001. Якість ґрунту. Визначення щільності складання на суху масу. – К.: Держспоживстандарт України, 2001. – 12 с.

ДОДАТКИ

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий	Проект
$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}} = \frac{90}{0,94} = 95,74 \text{ год}$	$K_{нг} = \frac{W_{сез}}{W_{год}} = \frac{90}{1,40} = 64,28 \text{ год} \quad (6.1)$

Витрати праці:

Базовий	Проект
$Вп = K_{нг} \cdot n = 95,74 \cdot 1 = 95,74 \text{ год}$	$Вп = K_{нг} \cdot n = 64,28 \cdot 1 = 64,28 \text{ год} \quad (6.2)$

де $n=1$ - кількість обслуговуючого персоналу.

Експлуатаційні витрати складаються з основної і додаткової заробітної плати, амортизаційних відрахувань, витрат на паливо-мастильні матеріали, витрат на технічне обслуговування, ремонт і зберігання агрегата|

Основна і додаткова заробітна плата.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

$$\Pi = \frac{C_T}{W_{год}} \cdot K_1 \cdot K_2, \quad (6.3)$$

де C_T - тарифна ставка, 77,94 грн/год;

$K_1 = 1,2$ – коефіцієнт, що враховує додаткову оплату (20%);

$K_2 = 1,375$ – коефіцієнт, що враховує нарахування на соціальні підприємства

Базовий	Проект
$\Pi = \frac{77,94}{0,94} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 136,80 \text{ грн/га}$	$\Pi = \frac{77,94}{1,40} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 91,85 \text{ грн/га}$

~~Амортизаційні відрахування.~~

Норма амортизації для трактора – 15%, плуга – 15%.

Нормативне завантаження на рік:

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } A_{\text{ТР}} = \frac{570000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 0,94} = 58,68 \text{ грн/га} \quad A_{\text{ТР}} = \frac{570000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 1,40} = 39,40 \text{ грн/га}$$

$$\text{машина: } A_{\text{М}} = \frac{84000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 0,94} = 23,11 \text{ грн/га} \quad A_{\text{М}} = \frac{84600 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 1,40} = 15,62 \text{ грн/га}$$

Всього: $A_{\Sigma} = 58,68 + 23,11 = 81,79 \text{ грн/га}$

$$A_{\Sigma} = 39,40 + 15,62 = 55,02 \text{ грн/га}$$

Витрати на ПММ.

Базовий

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot B_{\text{ПММ}} = 66,85 \cdot 12,77 = 853,63 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = 66,85 \cdot 9,80 = 655,13 \text{ грн/га}$$

Витрати на ТО, ТР, зберігання.

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_{\text{З}} = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_{\text{Б}} \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_{\text{З}} + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{ТР}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (6.4)$$

де $B_{\text{Б}}$ – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Базовий

$$\text{Трактор: } B_{\text{ТР}} = \frac{570000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 95,74 \cdot 0,94} = 1216,05 \text{ грн/га}$$

$$V_{TP} = \frac{570000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 64,28 \cdot 1,40} = 1216,10 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } V_M = \frac{84000 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 95,74 \cdot 0,94} = 179,20 \text{ грн/га}$$

Проект

$$V_M = \frac{84600 \cdot (11+8+0,2)}{100 \cdot 64,28 \cdot 1,40} = 180,49 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$V = V_{TP} + V_M = 1216,05 + 179,20 = 1395,25 \text{ грн/га}$$

$$V = 1216,10 + 180,49 = 1396,59 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 136,80 + 81,79 + 853,63 + 1216,05 = 2288,27 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 91,85 + 55,02 + 655,13 + 1216,10 = 2018,1 \text{ грн/га}$$

Експлуатаційні витрати на весь обсяг роботи:

Базовий

Проект

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEZ} = 2288,27 \cdot 90 = 205944,3 \text{ грн} \quad E_{\Sigma} = 2018,1 \cdot 90 = 181629 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий

Проект

$$\text{Трактор: } K_B = \frac{B_k}{W_{CEZ}} = \frac{570000}{90} = 6333,3 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{570000}{90} = 6333,3 \text{ грн/га}$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{84000}{90} = 933,3 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{84600}{90} = 940 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 6333,3 + 933,3 = 7266,6 \text{ грн/га} \quad K_B = 6333,3 + 940 = 7273,3 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1га:

$$П_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$П_B = 2288,27 + 0,15 \cdot 7266,6 = 3378,26 \text{ грн/га}$$

Проект

$$П_B = 2018,1 + 0,15 \cdot 7273,3 = 3109,09 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$П_{B\Sigma} = П_B \cdot W_{\text{сез}} = 3378,26 \cdot 90 = 304043,4 \text{ грн}$$

Проект

$$П_{B\Sigma} = 3109,09 \cdot 90 = 279818,1 \text{ грн}$$

Річний економічний ефект:

$$E_E = 304043,4 - 279818,1 = 24225,3 \text{ грн}$$

Термін окупності додаткових капітальних витрат:

$$T_o = (654600 - 654000) / 24225,3 = 0,02$$

Результати розрахунків представлено у табл. 6.1

Таблиця 3.4. - Перелік приборів, обладнання та інструменту

№	Перелік	Призначення
1	Трактор МТЗ-80	Енергоносій
2	Плуг ПД-3	Досліджуваний зразок
3	Твердомір ДорНДІ	Визначення питомого зчеплення часток ґрунту
4	Твердомір Горячкіна	Визначення твердості ґрунту
5	Секундомір	Визначення швидкості руху агрегату
6	Ваги платформенні електронно-тензOMETричні 6В11П	Зважування окремих фракцій ґрунту
7	Рулетка 20 м	Розмітка контрольних ділянок
8	Рамка дерев'яна 0,25x0,25 м	Визначення кількості рослин на 1 м ²
9	Набір решет 150 – 10 мм	Розподіл взятих проб на фракції
10	Набір сит для ґрунту КП-131	Розподіл взятих проб на фракції
11	Координатна рейка	Маркування лінії денної поверхні поля
12	Фотоапарат	Фотографування ходу експерименту
13	Лопата штикова	Взяття проб ґрунту
14	Лопато совкова	Взяття проб ґрунту