

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

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
освітньо-кваліфікаційного рівня «Магістр»
на тему:
**Обґрунтування конструктивних параметрів чизеля-
глибокородзпущувача методами моделювання технологічного процесу**

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

_____ Акастьолов Олексій Володимирович

Керівник: _____ Кобець Олександр Миколайович

Рецензент: _____ Рибкін Антон Петрович

Дніпро, 2021

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

ТСГМ

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

« »

2021р.

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

Акастьолов Олексій Володимирович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Обґрунтування конструктивних параметрів чизеля-глибокорозпушувача методами моделювання технологічного процесу

керівник роботи Кобець Олександр Миколайович канд. техн. наук, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

« 17 » 11 2021 року № 3539

2. Строк подання студентом роботи 2.12.2021

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

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

1.Стан питання. Огляд конструкцій і досліджень. 2.Аналітична модель взаємодії з ґрунтом глибокорозпушувача чизельного типу. 3.Програма і методика експериментальних досліджень.4.Результати експериментальних досліджень. 5.Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.6.Економічна ефективність роботи. Висновки. Перелік використаних джерел

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Тема. Мета і задачі досліджень. Аналіз (4 аркуша, А4). 2. Теоретичні дослідження (1 аркуш, А4). 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	Кравець В. В., доцент		
6	Вінніченко І. І., професор		
Нормоконтроль	Волик Б.А., доцент		

7. Дата видачі завдання: _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

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

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ **Теслюк Г.В.**

(підпис)

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Акастьолов О.В. Обґрунтування конструктивних параметрів чизеля-глибокорозпушувача методами моделювання технологічного процесу / О.В.Акастьолов –Дипломна робота ступеня магістр за спеціальністю №208 Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро,- 2021 – 74 с.

В роботі наведені результати аналітичних і експериментальних досліджень спрямованих на раціоналізацію конструктивних параметрів і режиму роботи ґрунтообробного знаряддя чизельного типу. Запропонована методика аналітичної оцінки на проектному етапі якісних показників кришення ґрунту.

Наведені результати експериментальних досліджень з використанням методів моделювання технологічного процесу.

Ключові слова: ґрунт; моделювання; чизель; конструкція; дослідження.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	8
1. СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ.	11
1.1. Одностоякові робочі органи.....	11
1.2. Комбіновані агрегати на базі знарядь чизельного типу.....	15
1.3. Глибокорозпушувач Paraplow.....	16
1.4. Двостоякові глибокорозпушувачі.....	18
1.5. Конструкції робочих органів біонічного типу.....	20
1.6. Саморобні глибокорозпушувачі.....	24
Висновки.....	27
2 АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ З ГРУНТОМ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА ЧИЗЕЛЬНОГО ТИПУ.....	28
2.1 Постановка проблеми. огляд аналітичних досліджень.....	28
2.2 Початковий етап кришення.	31
2.3. Етап остаточного кришення.....	35
2.4 Обґрунтування конструктивних параметрів долота.....	37
Висновки.....	39
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	40
3.1. Конструкція дослідної установки.....	40
3.2. Програма досліджень.....	41
3.3. Приватні методики досліджень.....	41
Висновки.....	47
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	49
4.1. Характеристика дослідної ділянки.....	49
4.2 Розрахункові показники у відповідності до математичної моделі.	49
4.3. Експериментально отримані показники за вихідними даними у відповідності до математичної моделі.....	51

	7
4.4. Дослідження тягового опору.....	53
4.5. Прогнозована продуктивність агрегата та витрати палива.....	55
Висновки.....	57
5 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	58
5.1. Вимоги безпеки праці при обробітку ґрунту.....	58
5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи.....	59
5.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи.....	59
5.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях.....	60
5.5 Вимоги безпеки після закінчення роботи.....	60
5.6. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві.....	61
Висновки.....	61
6 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ.....	62
ВИСНОВКИ.....	68
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	71

ВСТУП

Актуальність роботи. Важлива умова високої ефективності будь-якого прийому обробітку ґрунту — застосування його з урахуванням ґрунтових і кліматичних умов, біологічних особливостей вирощуваних культур і інших факторів, від яких залежать майбутній урожай. Важливе значення має обробіток ґрунту, який забезпечує оптимізацію всіх чинників життя рослин. В сучасних умовах віддавати перевагу одній із технологій обробітку ґрунту сьогодні проблематично. Потрібен компроміс між полицевим і безполицевим обробітком, поверхневим і глибоким розпушуванням. Для глибокого розпушення ґрунтового шару в межах 22–45 см сьогодні застосовують не лише плуги, а і глибокорозпушувачі (чизелі). За визначенням чизельний обробіток – це глибокий обробіток без оберту шару з недорізом за шириною захвату і утворенням на дні борозни непорушених гребенів. Принциповим є той момент, що гребені утворюються без безпосереднього контакту з робочими поверхнями знаряддя, тобто за рахунок розповсюдження ліній сколу. Взагалі весь принцип чизельного обробітку побудований на ряді закономірностей тріщиноутворення. З одного боку це дещо зменшує енерговитрати на обробіток, з іншого - вимагає використання робочих органів, адаптованих під певні умови використання. Враховуючи що процес глибокого обробітку сам по собі є одним із найбільш енергоємних, розроблена доволі значна кількість ґрунтообробних знарядь даного типу. Проте розробники постійно знаходять конструктивні рішення по покращенню виконання технологічного процесу і, як показують сучасні тенденції, можливості для подальшої роботи існують. Тому тематика обраних досліджень є актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дослідження, що складають основу магістерської роботи виконувались згідно з тематичним планом науково-дослідних робіт ДДАЕУ на 2017 – 2021 роки.

Мета роботи. Зменшення тягового опору і покращення якісних показників обробітку ґрунту шляхом раціоналізації конструктивних параметрів глибокорозпушувача, в тому числі і за рахунок підвищення обтічності його робочих поверхонь.

Задачі досліджень. Для досягнення поставленої мети були вирішені наступні задачі :

1. На основі аналізу конструктивних особливостей існуючих знарядь для глибокого обробітку ґрунту вибрати прототип і окреслити напрямки можливої раціоналізації його конструктивних параметрів.

2. Аналітично обґрунтувати процес взаємодії робочого органу з ґрунтом, обґрунтувати основні конструктивні параметри і кінематичний режим роботи стосовно можливості використання в ґрунтових умовах Дніпропетровської області.

3. Виконати експериментальні дослідження на предмет підтвердження адекватності запропонованих аналітичних моделей.

4. Виконати техніко-економічні розрахунки на підтвердження ефективності виконаних досліджень;

Об'єкт дослідження – процес взаємодії з ґрунтом глибокорозпушувача

Предмет дослідження – вплив прийнятих конструктивних рішень на якісні показники обробітку ґрунту

Методи дослідження – теоретичні дослідження виконані з застосуванням методів землеробської механіки, аналітичної та нарисної геометрії, прикладної математики. Експериментальні дослідження виконані з використанням спеціально розроблених методик з залученням методів планування експерименту та регресійного аналізу.

Наукова новизна отриманих результатів.

Вперше розроблена аналітична модель взаємодії робочого органу з ґрунтом, яка дозволяє на проектному етапі прогнозувати якість кришення ґрунту.

Практичне значення отриманих результатів.

На основі модельних досліджень обґрунтовані конструктивні параметри робочого органу чизельного типу

Структура і обсяг роботи Роботу викладено на 74 листах з яких 70 основного тексту. Робота складається з вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 31 назв, містить 27 рисунки, 13 таблиць.

1. СТАН ПИТАННЯ. ОГЛЯД КОНСТРУКЦІЙ І ДОСЛІДЖЕНЬ

За своїм призначенням чизельний обробіток ґрунту використовують для покращення водно-повітряного режиму ґрунтів. Це в значній мірі визначає особливості конструкційного виконання конкретних машин.

За результатами аналізу літературних джерел і рекламних проспектів фірм-виробників нами пропонується наступна класифікація за конструктивним виконанням

Одностоякові :

- прості класичної схеми виконання;
- комбіновані ;

Двостоякові ;

Слід відзначити що для вирішення конкретних проблем, чизель використовують у складі комбінованих агрегатів.

В даному розділі ми розглянемо окремі сучасні , найбільш знакові конструкції.

1.1 Одностоякові робочі органи

Для роботи в умовах, коли якість кришення особливого значення не має, або знаряддя планується використувати як елемент комбінованого агрегату наприклад, необхідно просто зняти плужну підшву, використовують найпростіший варіант стояків (рис. 1.1.)



Рис.1.1 - Глибокорозпушувач Diamant

Глибокорозпушувач Diamant має найпростіше конструктивне виконання. В ньому використані одностоякові робочі органи класичного типу. Використовується в основному для розпушення переущільнених глибоких горизонтів 25-45 см. Кришення нижніх горизонтів відповідає вирішенню проблем вологорегулювання. На поверхні утворює грубокомковату структуру яка підлягає додатковій обробці. Але така структура може бути корисною для утримання снігу.

Робочі органи окремо часто використовують як елемент комплектації комбінованого агрегату

Для роботи, коли бажано отримати більш якісне кришення середніх і верхніх горизонтів використовують ряд комбінованих одностоякових робочих органів. На (рис.1.2) представлена найбільш поширена конструкція, яка найбільш популярна серед вітчизняних виробників.

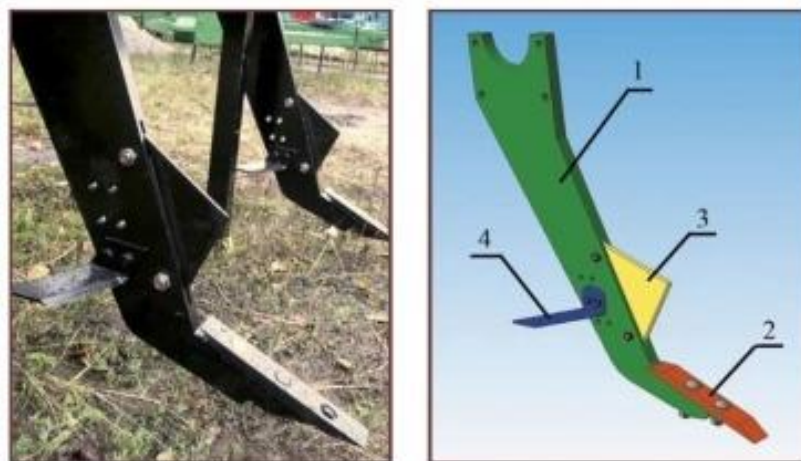


Рис.1.2 – Комбінований одностояковий глибокорозпушувач [29]:

1 – стояк; 2 – долото; 3 – ніж-комкоподрібнювач; 4 – крило.

Робочий орган працює наступним чином. Долото 2, яке має підрізаючу частину з меншим кутом атаки і основне тіло долота з постійним кутом атаки 35-40 Градусів. Саме таке конструктивне виконання є найбільш

вигідним для підрізання шару [7,17] Долото підрізає шар ґрунту з утворенням практично нерозпушеної призми, а потім ніж 3 кришить цю призму. Остаточню призму кришить крило 4.

В роботі [29] була проаналізована запропонована Тихоновим можливість дворядного розташування крил (Рис.1.3). Але, як показали дослідження підприємства ТМ «ВОСХОД» кращим рішенням є встановлення одного крила еліптичної форми (рис.1.4)

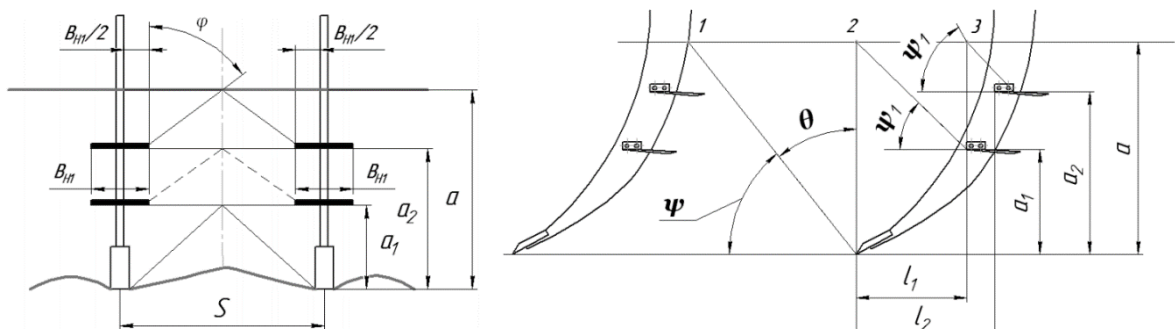


Рис.1.3 – розрахункова схема до визначення параметрів дворівневої установки крил



Рис. 1.4 – Глибокородзпущувач АРГ-1,7 ТМ «ВОСХОД» обладнаний еліпсоїдними крилами

В окремих випадках виникає потреба в отриманні профілю борозни класичного типу з утворенням ущільненого ложа (рис.1.5)

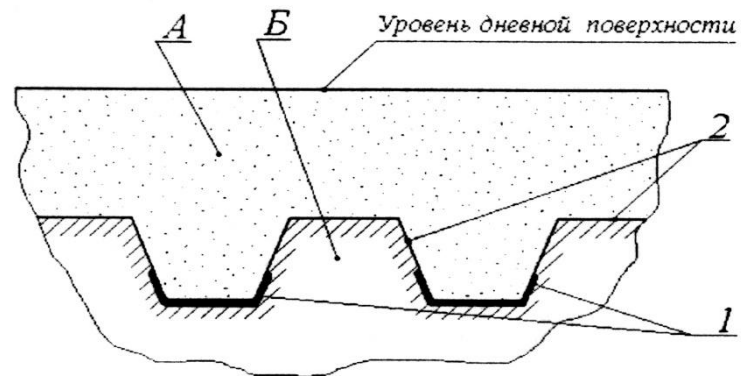


Рис.1.5 - профіль класичної борозни чизельного обробітку [19] :

1 – ущільнене ложе; 2 – гребінь, утворений за рахунок розповсюдження ліній сколу; А – зона суцільного розпушення ; Б – зона материнського ущільнення

Для такого випадку розроблений стояк з лопатовидним підкопуючим долотом (рис.1.6)



Рис.1.6 – Стояк з лопатовидним долотом

Необхідність формування саме такого профілю полягає в його специфічному вологорегулюванні. Докладніше: в разі випадання дощу, волога безперешкодно проходить поверхневий шар А. Шар повністю розпушений. Капіляри відсутні і тому волога потрапляє і накопичується в ущільненому ложі 1 де по мірі необхідності використовується кореневою системою рослин. В разі. Якщо ложе буде переповненим, надлишок вологи буде системою капілярів, які є непорушеними у гребні буде видалений в нижні шари. В випадку посушливого проміжку часу, волога по капілярам піднімається з нижніх горизонтів і наповнює ложе. Таким чином даний профіль гарантує регулювання водяного режиму.

1.2 Комбіновані агрегати на базі знарядь чизельного типу

Особливість чизельного обробітку полягає в тому, що крупнокомковата структура утворюється за всім оброблюваним профілем, починаючи від дна борозни і закінчуючи денною поверхнею. В той же час верхнім і середнім за рівнем горизонтам необхідно придати структуру у відповідності до агровимог. Можливі два варіанти: для поверхневого шару доцільно пустити по сліду чизеля окремий ґрунтообробний агрегат, наприклад борону, або лущільник. Для середніх шарів проблему найчастіше вирішують шляхом використання комбінованих ґрунтообробних агрегатів, найчастіше у складі чизельних, дискових і ротаційних лапових робочих органів. На рис. 1.7 представлений сучасний комбінований агрегат для роботи, як рекомендує виробник, іспанська фірма групи Јутра в умовах надмірно ущільнених ґрунтів.

Взагалі, така комплектація може бути використана для ґрунтів любого стану з використанням шлейфу знарядь менш інтенсивної дії. Слід відмітити що комбіновані агрегати на основі знарядь чизельного типу за правило досить важкі і затратні в експлуатації.



Рис.1.7 – Комбінований ґрунтообробний агрегат промислової групи Јумра

1.3. Глибкорозпушувач Paraplow

Знаряддя типу Paraplow являють собою компроміс між полицевими і долотоподібними робочими органами . Сутність полягає в тому, що стояк має усічений циліндроїдальний профіль полиці плуга (рис.1.8) і в процесі роботи частково виконує зсув і обертання шару ґрунту.

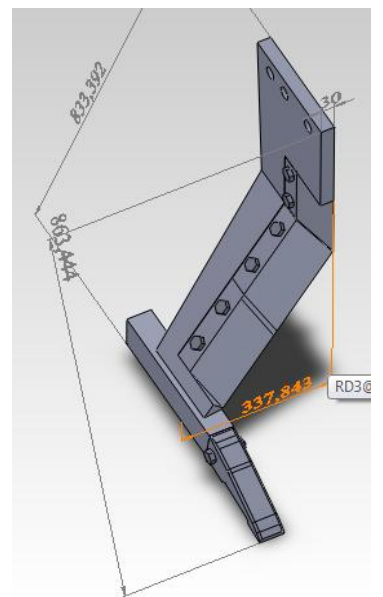


Рис.1.8. Типовий варіант класичного стояка Paraplow

Пріоритет в розробці конструкції належить Великій Британії. В процесі адаптації до використання в ґрунтових умовах України конструкція отримала зміни, але при загальному збереженні самої ідеї. Профіль стояка замість суцільної циліндроїдальної форми став складним з двох плоских ділянок, поставлених під кутом одна до одної (рис.1.9)



a



б

Рис.1.9 – Адаптований варіант виконання стояка Paraplow: а – варіант конструктивного виконання; б – 3D- модель

1.4. Двостоякові глибокорозпушувачі

Двостаякові V- і U- подібні глибокорозпушувачі використовують відносно мало бо вони в своїй роботі зорієнтовані на те, що ґрунт на стискання менш стійкий, ніж на розрив. Тому вологість є критичним показником в їх роботі. До позитивних якостей слід віднести те, що вони формують на дні борозни раціональні гребені (рис.1.5). Завдяки об'ємному стисканню в міжстояковому просторі, фракційний склад розпушеного ґрунту стає більш м'яким і однорідним. Вони також виносять на денну поверхню сторонні включення, що робить їх корисними на роботах по рекультивації техногенно порушених земель. На рис 1.10 представлений загальний вид V- подібного робочого органу.

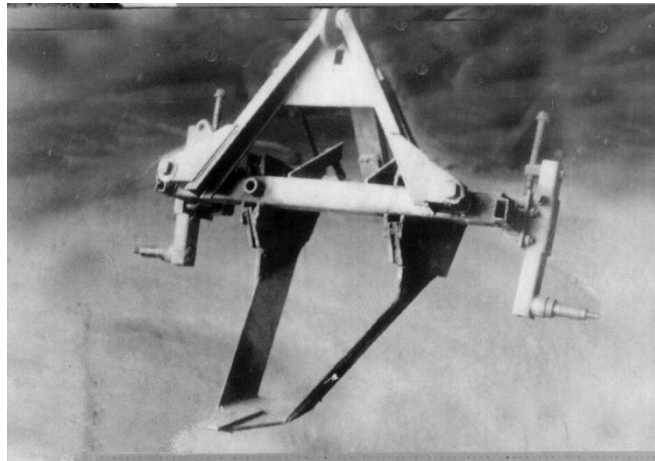


Рисунок 1.10. – Загальний вид двостаякового чизеля глибокорозпушувача

Конструктивно [5,8,23,24] робочий орган побудований наступним чином (рис.1.11).

Долото 1 встановлене під кутом атаки $\alpha = 15-20$ градусів. До долота прикріплені стояки 2, які встановлені під кутами розвалу $2\gamma = 120$ градусів і сходження $\delta = 10$ градусів. Вся конструкція кріпиться до несучих стояків 3.

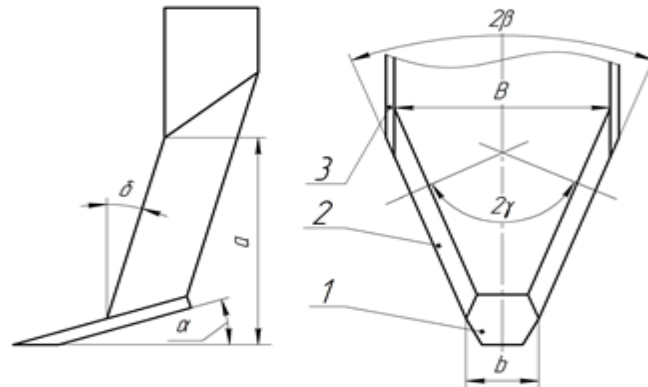


Рисунок 1.11 – Розрахункова схема двостоякового V- подібного глибокорозпушувача чизельного типу

Робочий орган працює наступним чином.

Долото 1 підрізає шар ґрунту і відділяє від нього призму. В процесі руху відділена призма ґрунту потрапляє в міжстояковий простір, де відбувається кришення за рахунок стискання стояками. Далі шар терпить перегин, що додатково сприяє його розпушенню і вкладається на дно борозни. Знаряддя використовує принцип об'ємного розпушення, тобто призма ґрунту стискається, а потім розпушується за рахунок вивільнення накопленої енергії.

Різновидом двостоякового розпушувача є також U- подібний (рис.1.12). Основна відмінність полягає в тому, що стояки не мають кута сходження і шар ґрунту відповідно не стискається. Тому цей робочий орган можна використовувати при більшій вологості ґрунту. Ефективним є його використання на підкопуванні коренеплодів.



Рис.1.12 – Загальний вид U- подібного розпушувача

1.5. Конструкції робочих органів біонічного типу

В даному підрозділі розглянемо напрацювання кафедри тракторів і сільськогосподарських машин ДДАЕУ. Напрацювання кафедри носять специфічний характер бо в своїй основі мають методи біоніки.

Сутність полягає в наступному.

Морські тварини за тривалий час еволюції добре пристосувались до переміщення у водному середовищі що практично є аналогом роботи ґрунтообробних машин, але в іншому середовищі. Тому виникла ідея зробити геометричну модель тварини і адаптувати її до роботи в умовах ґрунтового середовища [3,6]. Було виконано ряд аналітичних і експериментальних досліджень [16,29], які підтвердили правомірність використання даного підходу до формування конструктивних параметрів ґрунтообробних машин.

В ході досліджень було встановлено, що за характером взаємодії з водним середовищем тварини можна поділити на такі, що формують реакцію в поперечно-горизонтальному і поперечно-вертикальному напрямках. Наприклад, морський скат працює в горизонтальній площині, а риба-молот, карась щука – у вертикальній. Тому у якості біологічного аналогу стрільчастої лапи логічним є прийняти каліфорнійський морський скат, в якості біологічного аналогу чизеля – рубу молот.

У зв'язку з тим, тема магістерської роботи пов'язана з методами моделювання, наводимо схему розробки чизельного знаряддя на основі

моделювання методами біоніки. Схема є синтезом досліджень кафедри в даному напрямку і використана нами в роботі (рис.1.13).

Конкретно у відповідності до наведеної схеми було розроблене наступне чизельне знаряддя [16]. Приводимо основні елементи виконаної роботи, бо загальна методика є універсальною і частково нами використана в роботі.

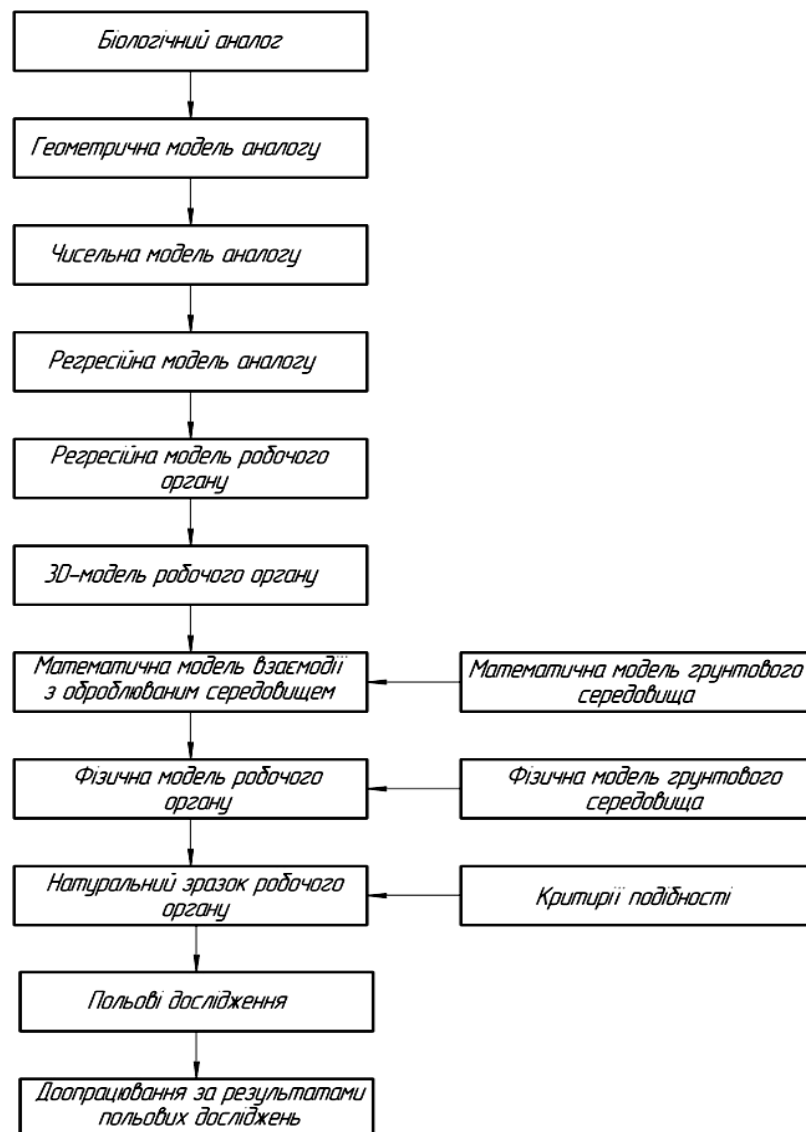


Рис.1.13- Послідовність операцій моделювання робочих органів на основі методів біоніки

Робочий орган планувався до використання в ґрунтових умовах Дніпропетровської області і за умови ведення органічного землеробства, конкретно в умовах фермерського господарства «Ірій» І.І. Лазаренка Тому на його будову було накладено ряд обмежень. Перш за все було признаним що розпушувач повинен бути з лопатоподібним долотом (рис.11.14) Біологічним аналогом такого долота може служити тіло риби-молота.

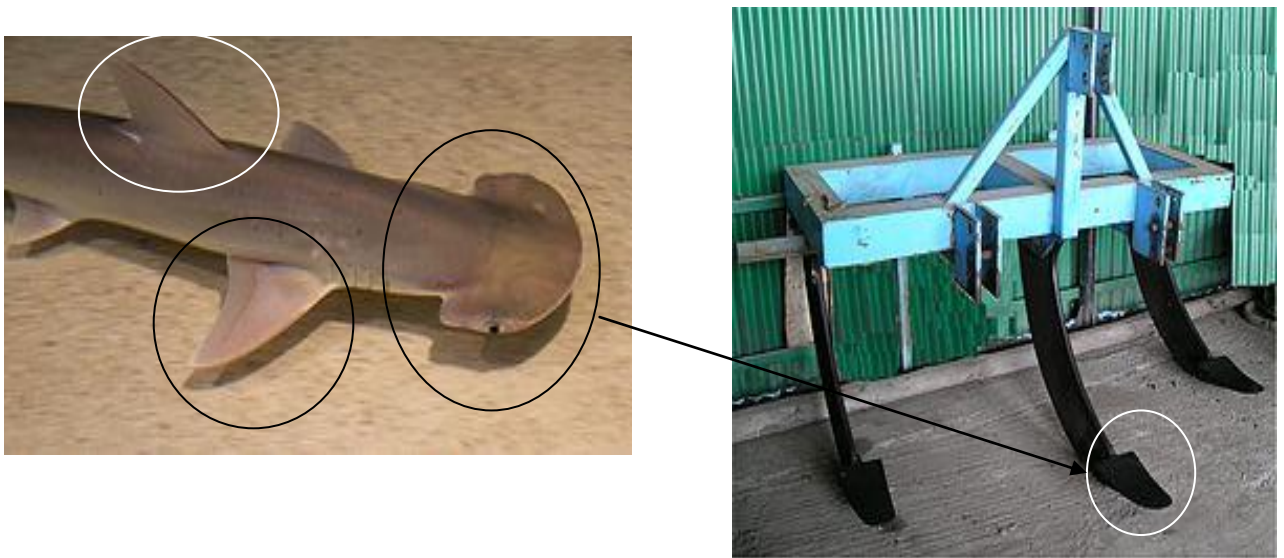


Рис. 1.14 – Запозичені елементи біологічного анало :

1 – стояк; 2 – долото; 3 –комкоподрібнювач; 4 – леза-бритви.

Елементи ідентифікації біологічного аналогу і глибокорозпушувачів наступнію. Перш за все це лопатоподібна носова частина. Спинний плавник є аналогом комкоподрібнювача, парні грудні плавники – аналог лез-бритв.

За результатами аналізу тіла біологічного прототипу нами, розроблена конструктивна схема долота чизеля (рис.1.15.).

Від лез-бритв відмовились, бо вони не працездатні в умовах безпідпiрного рiзання, що характерно для умов органічного землеробства.

Ніж комкоподрібнювач був залишений, але його функція тепер полягала в розділенні потоку.

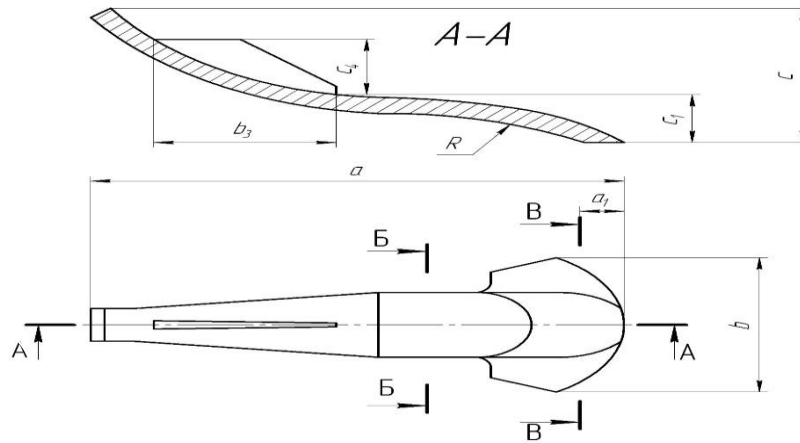


Рис. 1.15 – Конструктивна схема долота глибокорозпушувача як геометрична модель біологічного аналогу

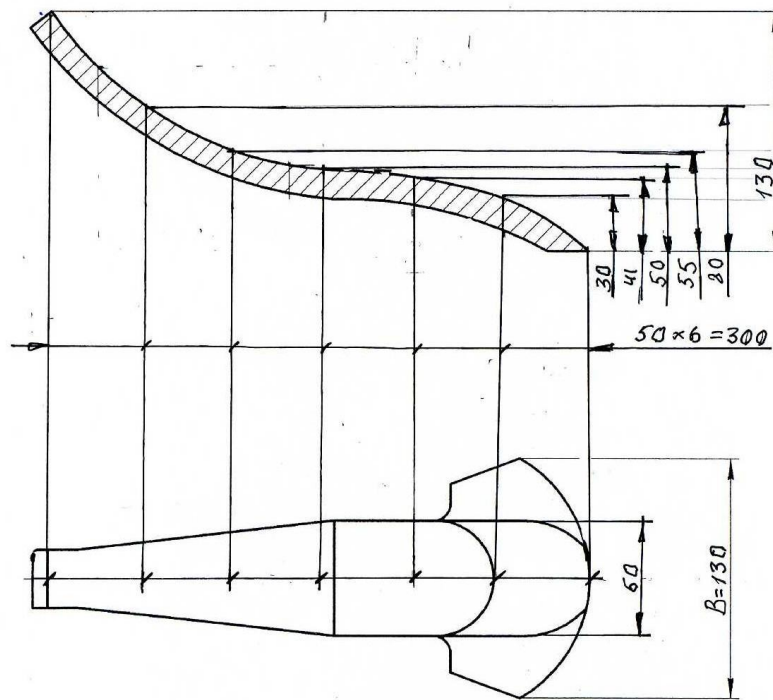


Рис. 1.16. – Розрахункова схема до визначення рівняння регресії поперечного перетину.

Табл. 1.1 – Чисельна модель профілю поверхні біологічного аналогу[16].

$X, \text{мм}$	Замірне значення	1,0	50	100	150	200	250	300
	Замірне значення	1,0	30	41	50	55	80	130

Y,мм	Розрахункове значення	0,77	30,17	42,34	47,42	56,36	80,15	129,8
------	-----------------------	------	-------	-------	-------	-------	-------	-------

В результаті розрахунку знайдено рівняння регресії. яке найбільш адекватно описує профіль : $Y = - 0,0058 \cdot X^2 + 0,8591 \cdot X - 0,9827$

Відоме також технічне рішення в якому відстежуються методи біоніки. Це глибокорозпушувач Vomet (рис.1.17). Ідея полягає в тому, що наральник стояка виконаний стріловидної форми і його геометрична модель запозичена у тварин сімейства Grongo Conger. В природному середовищі існування тварина своїм рилом підриває донні відкладення, що і намагалися запозичити виробники. Вцілому в умовах України машина користується попитом Слід відмітити суттєву особливість : кут атаки крил співпадає з кутом атаки долота, таке рішення не відмічене на жодній з розглянутих машин.



Рис.1 17 – Глибокорозпушувач Vomet (Польща)

1.6. Саморобні глибокорозпушувачі

Не зважаючи на широкий спектр машин серійного виробництва народні умільці традиційно розробляють власні конструкції В основному, це копіювання відомих технічних рішень. Але специфіка полягає в тому, що

технічні можливості таких умільців вкрай обмежені і вони вишукують неординарні рішення, які можуть бути цікавими. Розглянемо окремі конструкції, які на наш погляд є досить цікавими.

Зрозуміло, що конструкції розробляються з максимальної кількістю запозичених елементів старих конструкцій.

Конструкція перша (рис.1.18) Лопатовидні стояки власної конструкції навішені не жорстко, а шарнірно на осях. Це дозволяє переводити машину у транспортне положенні вручну, шляхом підняття і обертання стояків довкола осі.



Рис.1.18 – Глибокорозпушувач з лопатовидними стояками і оригінальним механізмом переводу у транспортне положення.

Наступна конструкція (рис.1.19) призначена до роботи в умовах смугового органічного землеробства. Стояк виконаний зі сталі зменшеної у порівнянні з серійними конструкціями товщини. Це пов'язане з тим, що в умовах органічного землеробства ґрунт має меншу консолідацію і тому реакція діючих сил буде меншою. В конструкції вирішується проблема розповсюдження ліній сколу від долота за межі оброблюваної смуги шляхом введення в конструкцію дискового ножа, який обмежує розповсюдження.



Рис.1.19. Встановлення дискового ножа для обмеження розповсюдженнь ліній сколу

Конструкція (рис.1.20) являє собою копію глибокорозпушувача Raaplow, але зменшеного розміру, що дозволяє її використовувати в умовах смугового землеробства. Ще одна відміна – встановлення по осі зняряддя долота, що за відомостями автора покращує кришення і розпушення.



Рис,1.20- Саморобний сояк по типу Paraplow

Серед недоліків необхідно відмітити те, що форма стояка аналітично не обгрунтована і сам стояк виконаний вручну, що є складним у виготовленні і не гарантує дотримання єдиного профілю робочої поверхні.

Висновки

1.Оглядом літературних джерел і рекламних проспектів фірм-виробників встановлено, що перспективи на подальше використання має комбінований одностояковий глибокорозпушувач. Одностоякові розпушувачі класичної схеми використовують в основному як меліоративні, або в умовах рекультивації техногенно порушених ґрунтів. Двостоякові глибокорозпушувачі складні в експлуатації і схильні до технологічних відмов. Тому їх використовують в основному як копачі столових коренеплодів і цибулевих культур.

2. Відмічена загальна тенденція до введення в конструкцію додаткових розпушуючих елементів. Розвиток конструкцій відбувається в основному за рахунок експериментальних досліджень. Аналітична база доволі слабка.

3. Вітчизняні виробники в основному ідуть шляхом копіювання відомих закордонних конструкцій і практично без адаптації до ґрунтових умов. Виконаними в ДДАЕУ дослідженнями підтверджена можливість використання методів біоніки в процесі розробки ґрунтообробних знарядь. Особливо методика використання біонічних конструкцій ефективна при глибокому розпушенні ґрунтів.

4. В цілому, загальна проблема полягає у відсутності єдиної методики розрахунку на проектному етапі якісних показників взаємодії знаряддя з ґрунтом.

2. АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ З ГРУНТОМ ГЛИБОКОРОЗПУШУВАЧА ЧИЗЕЛЬНОГО ТИПУ

2.1. Постановка проблеми. огляд аналітичних досліджень

Метою розробки нового більш сучасного робочого органу є покращення показників виконання технологічного процесу. Для успішної роботи на проектному етапі необхідно мати критерії оцінки цих показників, які надавали б можливість об'єктивно порівнювати нову і стару конструкції. В зв'язку з відсутністю натурального зразка розробленого робочого органу, обґрунтування конструктивних параметрів виконують аналітичними методами. Основу складають розрахункова схема і математична модель взаємодії з оброблюваним середовищем. Розрахункова схема як правило являє собою результат власних уявлень розробника на основі аналізу відомих конструкцій. Математична модель є методичною основою адаптації розрахункової схеми до умов експлуатації.

Сутність математичної моделі полягає в аналітичному визначенні залежності прогнозованого тягового опору робочого органу і показників

якості виконання технологічного процесу від конструктивних параметрів знаряддя і механіко-технологічних властивостей оброблюваного середовища. Загальновідомі математичні моделі [5,7,9,11] в своїй основі мають конструкцію конкретних робочих органів, тобто вони не є універсальними. Тому існує проблема розробки математичної моделі, яку можна було б розповсюдити на широку гаму робочих органів.

За основу аналітичних досліджень нами прийнята теорія внутрішньої напруги [17].

Сутність моделі полягає в наступному. Робочий орган функціонально поділяється на ріжучий периметр і робочі поверхні. Кромки ріжучого периметру зминають ґрунт і відділяють від загального масиву призму сколу, яка надходить на робочі поверхні. Робочі поверхні кришать і розпушують ґрунт. Поверхні сприймають тиск ґрунту, сили тертя і швидкісний напір. Таким чином загальний тяговий опір має наступні складові.[17].

$$P = P_{СК} + (P_N + P_{ТР} + P_{ЗАТ} + P_V) \cdot \cos\left[\arctg \frac{i \cdot \sin \varphi}{\cos \varphi} - \varphi\right], \quad (2.1)$$

де $P_{СК}$, P_N , $P_{ТР}$, $P_{ЗАТ}$, P_V , - проекції на напрямок руху відповідно сил сколу призми, нормального тиску ґрунту на поверхню, сили тертя при переміщенні ґрунту вздовж робочої поверхні, додаткова сили від затуплення леза, швидкісної складової опору. Знайшовши аналітичні вирази для наведених складових в автор [8] прийшов до єдиної інтегральної формули (2) взаємодії з ґрунтом робочого органу довільної геометричної форми у випадку блокованого різання.

$$\begin{aligned}
P_{p1} = & \left[C_{n3} \left[\frac{0,66a^2 \cdot ctg\varphi_2}{\cos(\alpha_p - \varphi_2)} + \epsilon_3 \cdot a \right] \cdot tg(\alpha_p + \varphi_2) + 4,9\epsilon_3 \cdot a^2 \times \right. \\
& \times tg^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \cdot \gamma \left[\sin\varphi_2 + \cos(\alpha_p + \varphi_2) \cdot \cos\alpha_p \cdot tg\varphi_1 \right] + \\
& + 2a^2 \{ 0,5C_{n3} [tg(45^\circ + \varphi_2) + ctg\alpha_p] \cdot \left[\frac{0,55ctg\varphi_2}{\cos(45^\circ + \varphi_2)} \right] + \\
& + 4,9\delta_p \cdot tg^2(45^\circ - 0,5\varphi_2) \sin\varphi_2 \gamma \} \cdot tg\varphi_1 + K'(Z + X \cdot tg\varphi_1) \times \\
& \times \epsilon_3 + \frac{9,81\epsilon_3 \cdot a \cdot \gamma}{g} \cdot \frac{\sin\alpha_p \cdot \cos\theta}{\sin(\alpha_p + \theta)} \cdot V^2 \left. \cdot \cos \left[\arctg \left(\frac{i + \sin\varphi_1}{\cos\varphi_1} \right) \right] \right], \quad (2.2)
\end{aligned}$$

де: P_{p1} – горизонтальна складова опору ґрунту; a – приведена глибина робочого ходу; b_3 – приведена ширина захвату ріжучого периметру; Z, X – параметри затуплення леза; α_p – кут атаки; φ_1 – кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі;

φ_2 – кут внутрішнього тертя ґрунту; γ – питома вага ґрунту; $C_{пз}$ – питоме зчеплення часток ґрунту; i – коефіцієнт ковзання.

Особливість методики полягає в тому, що вона працює з приведеними значеннями ширини захвату і глибини робочого ходу. Це спрощує модель, але тяговий опір однотипних але різних за конструктивним виконанням робочих органів при однакоїй приведеній ширині захвату теж буде однаковим. Це робить проблематичним використання методики для порівняння показників роботи знарядь. До того ж збіжність з результатами експериментальних досліджень аналітично розрахованих результатів залежить від ступеня адекватності методик визначення приведених параметрів.

Методика [17] дозволяє оцінити і ступінь кришення ґрунтового середовища, шляхом введення спеціального показника – ступінь кришення, який визначається як

$$i_1 = \frac{2K_p \cdot E_v}{G^2} + 1. \quad (2.3)$$

де K_p – питомий тяговий опір знаряддя;

E_v – модуль пружності;

G – внутрішня напруга.

Ступінь кришення i характеризує процес подрібнення, а саме, визначає кінцевий усереднений діаметр ґрунтових відмінностей, що за накопленою масою становлять 50% ;

$$D = \sqrt[3]{\frac{6V \cdot}{\pi \cdot i}}, \quad (2.4)$$

Таким чином, аналітична модель [17] не дозволяє визначити основні показники кришення, за якими виконується оцінка якості обробітку ґрунту – це коефіцієнт структурності і коефіцієнт різноподрібнення структурованих агрегатів. Для їх визначення треба мати параметри призми сколу, адекватну модель оцінки тягового опору і опис механізмів остаточного кришення сколотої призми. В такому плані і виконані наші дослідження.

2.2. Початковий етап кришення.

2.2.1. Визначення параметрів призми сколу

При переміщенні глибокорозпушувача у ґрунті формуються лінії сколу у поперечно-вертикальній і повздовжно-вертикальній площинах. Лінії сколу формують призму (рис.2.1.), яка являє собою перевернутий конус з напівосями r і R (рис. 2.2: 2.3)

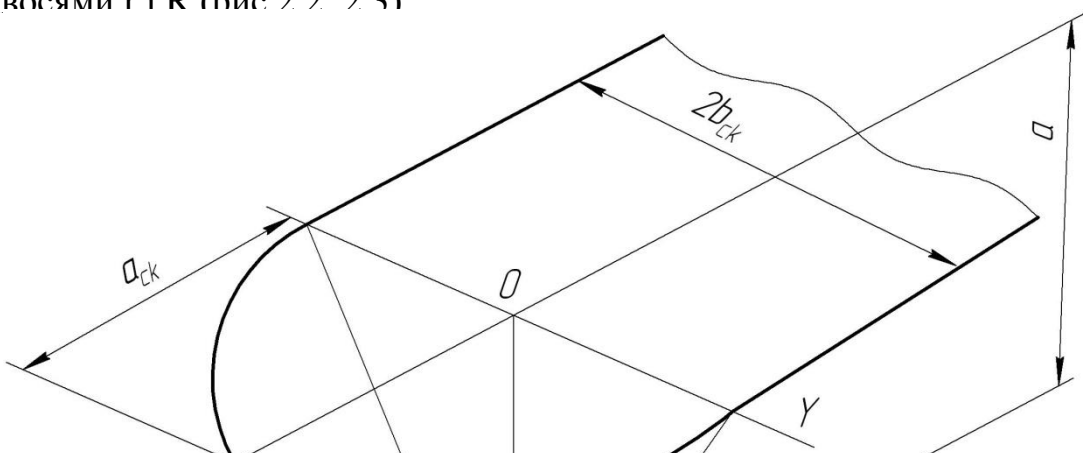


Рис.2.1 – Розрахункова схема до визначення об'єму призми зколу

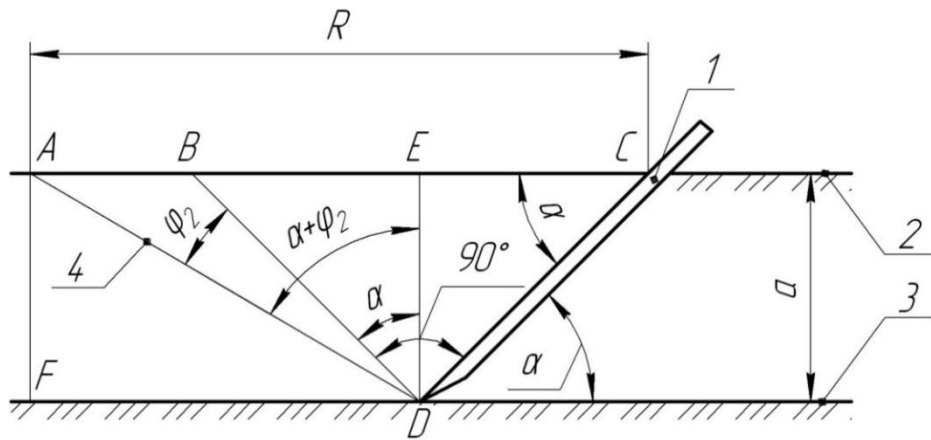


Рис.2.2 – Розрахункова схема до визначення більшої напівосі (за ходом знаряддя) 1 – долото; 2 – рівень денної поверхні; 3 – дно борозни

З розрахункової схеми

$$R = AE + EC = a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_2) + \frac{a}{\operatorname{tg} \alpha} \quad (2.5)$$

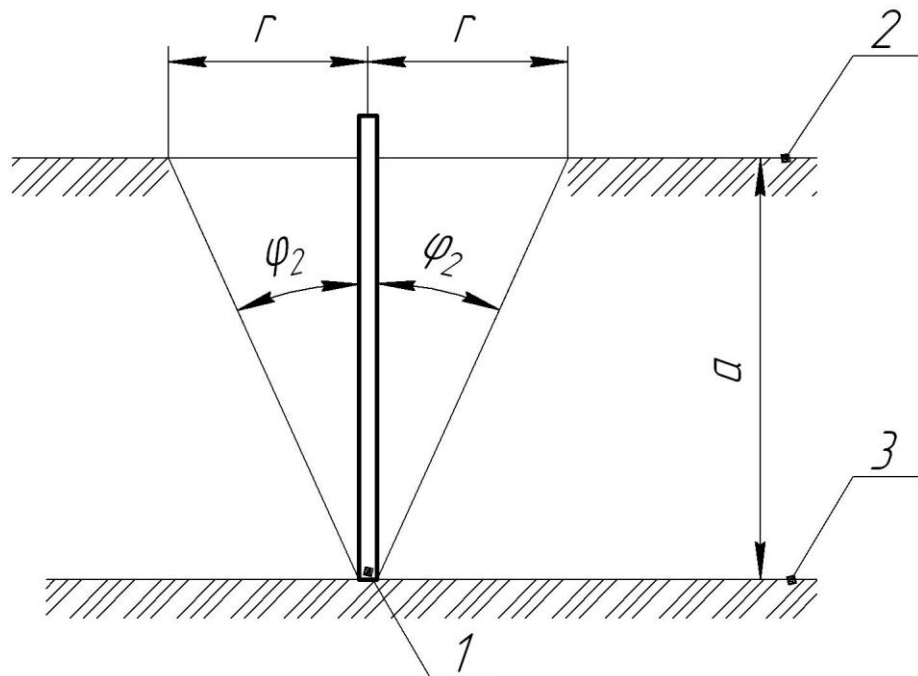


Рис.2.3 - Розрахункова схема до визначення меншої напівосі
(перпендикулярно напрямку руху)

З розрахункової схеми

$$r = a \cdot \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (2.6)$$

де φ_2 – кут внутрішнього тертя ґрунту у консолідованому стані.

Об'єм конусу

$$V = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r \cdot R \cdot a \quad (2.7)$$

Прийнята за основу методика передбачає використання приведених величин

Таким чином Об'єм еліптичного конусу 2.7) відповідає об'єму приведеного циліндричного :

$$\frac{1}{3} \cdot \pi \cdot r \cdot R \cdot a = \frac{1}{3} \cdot \pi \cdot R_{\text{ПР}}^2 \cdot a \quad (2.8)$$

де $R_{\text{ПР}}$ – приведений радіус конуса, об'єм якого дорівнює об'єму призми сколу.

$$R_{\text{ПР}} = \sqrt{r \cdot R}$$

Площа бокової поверхні приведенного конусу буде становити, вона ж площа, що утворена сколом призми. Коефіцієнт 0,5 бо в сколі приймає участь тільки лобова частина

$$S = 0,5 \cdot \pi \cdot R_{\text{ПР}} \cdot \sqrt{a^2 + rR} \quad (2.9)$$

2.2.2. Вихідні розміри ґрунтових відмінностей

Таким чином сила сколу ґрунту буде дорівнювати

$$P_{СК} = C_{ПИТ} \cdot S, \quad (2.10)$$

де $C_{ПИТ}$ – питоме зчеплення часток ґрунту

Як відомо, тріщина у ґрунті розповсюджується зі швидкістю звука в середовищі, що набагато більше, ніж швидкість робочого ходу агрегату. Тому процес розглядаємо у квазістатичному режимі. Приймаємо :

$$K_P = \frac{P_{СК}}{a \cdot b},$$

де b – ширина робочого органу;

a - глибина робочого ходу.

Для прикладу виконаємо розрахунок ступеня кришення для конкретного варіанту, який використаний в ході експериментальних досліджень.

Вихідні дані

Глибина робочого ходу, $b = 0,32$ м

Ширина долота, $a = 0,1$ м.

Кут атаки, $\alpha = 15$ градусів

Кут внутрішнього тертя ґрунту, $\varphi_2 = 55$ градусів

Питоме зчеплення часток ґрунту $C_{ПМТ} = 1,8$ кН/м²

Параметри призми сколу:

$$r = 0,4 \cdot \operatorname{tg} 55 = 0,0,568$$

$$R = 0,4 \cdot \operatorname{tg}(15+55) + 0,4/\operatorname{tg} 15 = 1,096 + 1,48 = 2,58$$

$$R_{ПР} = 1,21 \text{ м.}$$

Площа поверхні сколу

$$S = 2,41\text{м}^2$$

Сила сколу: $P_{СК} = 1,8 \cdot 2,41 = 4,34 \text{ кН}$

Питомий тяговий опір : $K_P = \frac{4,34}{0,4 \cdot 0,05} = 217 \text{ кН/м}^2$

Розрахункова ступінь подрібнення

$$i = \frac{2 \cdot 217 \cdot 24 \cdot 1000}{638 \cdot 638} = 26,6$$

Для усереднених умов Дніпропетровської області

$$G = 638 \text{ кН/м}^2; \text{ заміряне } E_v = 24,0 \cdot 10^3 \text{ кН/м}^2$$

Об'єм сколотої призми

$$V = 0,5 \cdot \pi \cdot 0,33 \cdot 1,21 \cdot 1,21 \cdot 0,4 = 0,304 \text{ м}^3$$

Ситуація полягає в тому, що при визначенні площі сколотої поверхні ми розглядаємо її як половину поверхні конусу, бо скол відбувається тільки фронтальною поверхнею. Об'єм же стосується всього конусу в цілому.

Середній приведений діаметр грудок:

$$D = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot 0,304 \pi}{26,6}} = 0,21 \text{ м.}$$

2.3. Етап остаточного кришення.

Для розглянутого вище першого етапу кришення характерним є детермінований характер діючих сил - напрямок їх дії і величина підлягають аналітичному визначенню, що дозволяє з достатнім ступенем адекватності оцінити розміри утворених на цьому етапі ґрунтових відмінностей. Далі процес набуває імовірнісного характеру, тобто розподіл сил набуває хаотичного характеру відповідно таким стає і кришення. Для оцінки якісних

показників кришення скористуємось методом «Монте-Карло» або імовірнісним моделюванням з використанням генератора випадкових чисел.

з багаторазовим повторенням і усередненням отриманих результатів. Алгоритм досліджень представлений у вигляді схеми, рис.2.4.

Результати розрахунків для різних законів моделювання випадкових чисел у порівнянні з результатами експериментальних даних представлені в розділі №4.

Контрольні діаметри грудок узгоджені з діаметрами отворів решет, що використані в ході експериментальних досліджень. Перехід до масової характеристики теж пов'язаний з методикою експериментальних досліджень.

В розділі нами розглянуті дві математичні моделі визначення тягового опору знаряддя : А.М. Панченко [17] і власно розроблена. Різниця моделей полягає в методиках визначення складової тягового опору , що іде на формування призми сколу. Інші складові, як то сили тиску, тертя швидкісний напор та реакція на затуплення леза в моделях однакові. Тому для порівняння нами виконані розрахунки саме цих складових і виконане порівняння з результатами експериментальних досліджень (табл.4.5.)

Етап №	Зміст етапу
1	Присвоєння початкових значень індексів $k=n=j=m=p=r=s=q=t=0$
2	Розрахунок об'єму сколотої призми
3	Розрахунок прогнозованого тягового опору
4	Визначення внутрішньої напруги G
5	Прогнозована ступінь кришення призми
6	Прогнозований об'єм грудок першого етапу кришення U_1
7	Генерація випадкового числа у відповідності до заданого розподілу F(t) http://megagenerator.ru/numbers/
8	Прогнозований об'єм окремо взятої грудки, V_j

8	Класифікатор ґрунтових відмінностей if $V_j \leq 0,525$ then $k = k+1; t = t+1$ if $V_j \leq 4,2$ then $n = n+1; t = t+1$ if $V_j \leq 8,2$ then $m = m+1; t = t+1$ if $V_j \leq 14,1$ then $p = p+1; t = t+1$ if $V_j \leq 22,4$ then $r = r+1; t = t+1$ if $V_j \leq 65,4$ then $s = s+1; t = t+1$ if $V_j \leq 220,8$ then $q = q+1; t = t+1$ if $t \leq 1000$ then goto №7
9	Коефіцієнт структурності $K = \frac{k}{m+n+p+r+s+q}$
10	end

Рис.2.4 – Алгоритм моделювання структурного складу грудок розпушеного ґрунту : Контрольні діаметри грудок узгоджені з діаметрами отворів решет, що використані в ході експериментальних досліджень

Наведеними дослідженнями ми пропонуємо загальну методику оцінки якісних показників роботи елементарного долота (клина) В той же час відомо що ріжучій периметр і робочі поверхні можна представити як сукупність нескінченної кількості таких елементарних клинів [9,11].

2.4. Обґрунтування конструктивних параметрів долота

В наведеній нами методиці оцінки кришення, долото розглядається просто як ріжуча кромка. В той же час в [17] долото розглядається з точки зору його конструктивних розмірів, а саме ширини і довжини. Таким чином проаналізувавши залежність (2.2) можна знайти оптимальне співвідношення цих параметрів. З точки зору вищої математики необхідно дослідити залежність на min-max. За класичною схемою необхідно представити

довжину як функцію від ширини захвату: $b_3 = k \cdot a$. де k – постійний коефіцієнт. Далі, прийнявши a в якості змінної, взяти першу похідну від досліджуваної функції і дослідити її поведінку в критичних точках. Але так ми отримаємо мінімальне і максимальне значення величин, що в принципі не гарантує оптимізацію проміжних значень.

Нами пропонується власна методика знаходження величини k . Розглянемо рівняння (2.2) як рівняння регресії і за допомогою стандартного калькулятора

<https://www.kontrolnaya-rabota.ru/s/grafik/3d/> знайдемо канонічний вид рівняння і побудуємо поверхню відгуку. Аналіз канонічного рівняння дасть нам значення коефіцієнту a зовнішній вигляд поверхні відгуку покаже наскільки адекватним є рівняння (2.2). Закодуємо фактори (табл.2.6).

Табл. 2.6 - Рівні варіювання факторів

Фактор	Код	Рівні факторів		
		-1	0	+1
Ширина долота, a , мм	X_1	50	60	70
Довжина долота b , мм	X_2	50	100	150
Кут атаки, α , град	X_3	15	20	25

За результатами розрахунків отримане канонічне рівняння :

$$3,25 \cdot X_1 + 0,36 \cdot X_2 + 0,5X_3 - 0,5 \cdot (X+Y+z)^{0,5} + 1,8 = 0 \quad (2.11)$$

Даному рівнянню відповідає поверхня відгуку (рис.2.4)

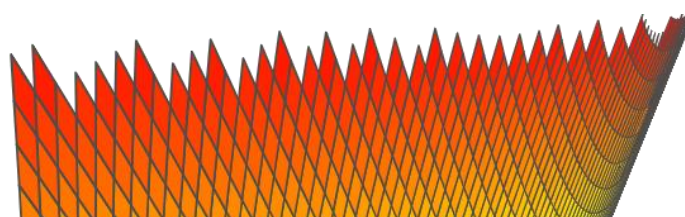


Рис.2.4 – Поверхня відгуку рівняння (2.11)

Аналіз рівняння і сітчаста структура поверхні відгуку вказують на те, що існує доволі значна кількість припустимих значень ширини захвату і довжини долота. Співвідношення ширини і довжини секторів на рис.2.4 дають уявлення про раціональне співвідношення досліджуваних параметрів

$k = 3,6$; Таким чином, прийнявши ширину долота $a = 50$ мм що відповідає прийнятому прототипу, отримуємо $b = 180$ мм.

Висновки

Загальний недолік існуючих моделей взаємодії робочих органів з ґрунтовим середовищем полягає в тому, що вони обмежені аналітичним визначенням величини тягового опору. На даний момент не існує методики аналітичного визначення якісних показників кришення ґрунту. Єдина спроба виконати оцінку кришення виконана в роботі [17], але запропонований коефіцієнт кришення характеризує тільки початковий етап процесу, а саме, процес формування і відділення призми сколу.

Нами запропонована власна методика визначення тягового опору і побудована на її основі методика прогнозування утвореного фракційного складу. Запропонований алгоритм моделювання на ПЕОМ процесу

кришення. Наведені результати розрахунку фракційного складу і отримання коефіцієнта структурності для характерних ґрунтових умов Дніпропетровської області.

В розділі порівнюється розроблена методика і методика [17]. Аргументовано що використання в моделі приведених значень вихідних даних вносить суттєву похибку в результати розрахунку і унеможливорює врахування конструктивних особливостей конкретного знаряддя.

До переваг запропонованої моделі слід віднести деталізацію процесів формування призми сколу і подальшого її подрібнення. Запропонований алгоритм розрахунку фракційного складу розпушеного ґрунту може бути реалізований на ПЕОМ з використанням таблиць excel.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1 Конструкція дослідної установки

Метою експериментальних досліджень є перевірка адекватності розробленої математичної моделі. Модель описує взаємодію ґрунту з долотом простійшої конструкції, тому в експерименті була задіяна конструкція, що дозволяла прослідити роботу саме такого експериментального долота (рис.3.1)

За основу був взятий стояк серійного чизеля (рис.3.1.)



Рис.3.1 – Прототип конструкції

З стояка зняте долото і закріплене і вигляді прямокутної пластини (рис.3.2).



Рис.3.2- Конструкція дослідного зразка глибокорозпушувача

Для визначення тягового опору був використаний тензометричний візок УкрЦВТ (рис. 3.3), який вже використовувався ДДАЕУ [29].

3.2. Програма досліджень

Метою експериментальних досліджень є підтвердження адекватності розробленої математичної моделі і працездатності запропонованої конструкції глибокорозпушувача. Тому програма була адаптована під реалізацію саме цієї задачі.

В математичній моделі задіяні наступні вихідні дані :

Питоме зчеплення часток твердість і межа несучої спроможності, кути внутрішнього і зовнішнього тертя, питома вага ґрунту.

Тому поетапно програмою передбачене:

1. Визначення механіко-технологічних властивостей ґрунту до початку польових випробувань у відповідності до загальновідомих методик [13]

2. Визначення тягового опору дослідного агрегату з використанням тензOMETричного візка ДП «Гуляйпільський механічний завод «ПАТ «Мотор-Січ»

3. Дослідження якості розпушення ґрунту по сліду агрегату, оснащеного дослідним зразком глибокорозпушувача, в тому числі визначення :

- коефіцієнта структурності;
- закону розподілу утворюваних ґрунтових відмінностей.
- гребнистості поверхні.

3.3. Приватні методики досліджень

В роботі були використані методики досліджень, розроблені і добре відпрацьовані в ДДАЕУ[9,16,29].

Питоме счеплення часток ґрунту ($C_{\text{пит}}$) є основним інтегральним показником, що характеризує механічні властивості ґрунту. Визначали за допомогою динамічного твердоміру ДорНДІ (рис.3.3).

Принцип визначення полягає в наступному. Циліндричний наконечник твердоміра поперечним перетином 2 см^2 і довжиною 100 мм встановлюють на поверхню ґрунту, груз масою 2,5 кг піднімають на 0,4 м і відпускають. При ударі о упор наконечник отримує енергію в 1 кгм. Так повторюють до тих пір, поки наконечник повністю не зануриться у ґрунт кількість ударів підраховують і за довідковими даними[13], визначають конкретне значення питомого счеплення часток.

Слід відмітити, що даний показник використаний нами в аналітичній моделі як інтегральний, або такий, що визначає всі інші механічні властивості ґрунту. Тому, в даній роботі твердість ґрунту не визначалась

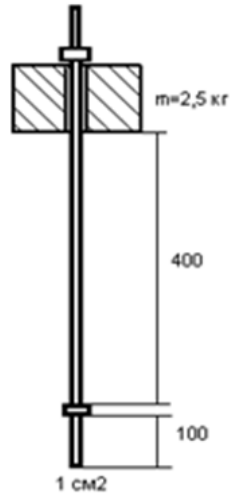


Рисунок 3.3 – конструктивна схема твердоміру дорНДІ[16].

Визначення тягового опору. Механічна частина візка (рис.3.4.) має основну раму 2, у внутрішньому просторі якої встановлена з можливістю повздовжнього переміщення відносно основної рами рухома рама 3. У внутрішньому просторі рухомої рами 3 встановлена з можливістю поперечного переміщення рухома рама 4. На рамі 4 закріплена плита 9 на яку навішується дослідний зразок робочого органа. Обидві рухомі рами спираються на ролики 10, що надає їм можливості переміщення одна відносно одної і відносно основної рами. Таким чином, сили що діють на робочий орган сприймають обидві рами і ці сили можуть бути заміряні. Недоліком базової моделі є те, що заміри діючих сил виконувались динамометрами, що в динамічному режимі практично унеможлиблює можливість зняття точних значень. Тому визначався діапазон розбігу діючих сил, в межах якого знаходилось значення тягового опору. В ході подальшої модернізації динамометри були замінені на датчики сили КМ1502/КТ150, (рис.3.5.).

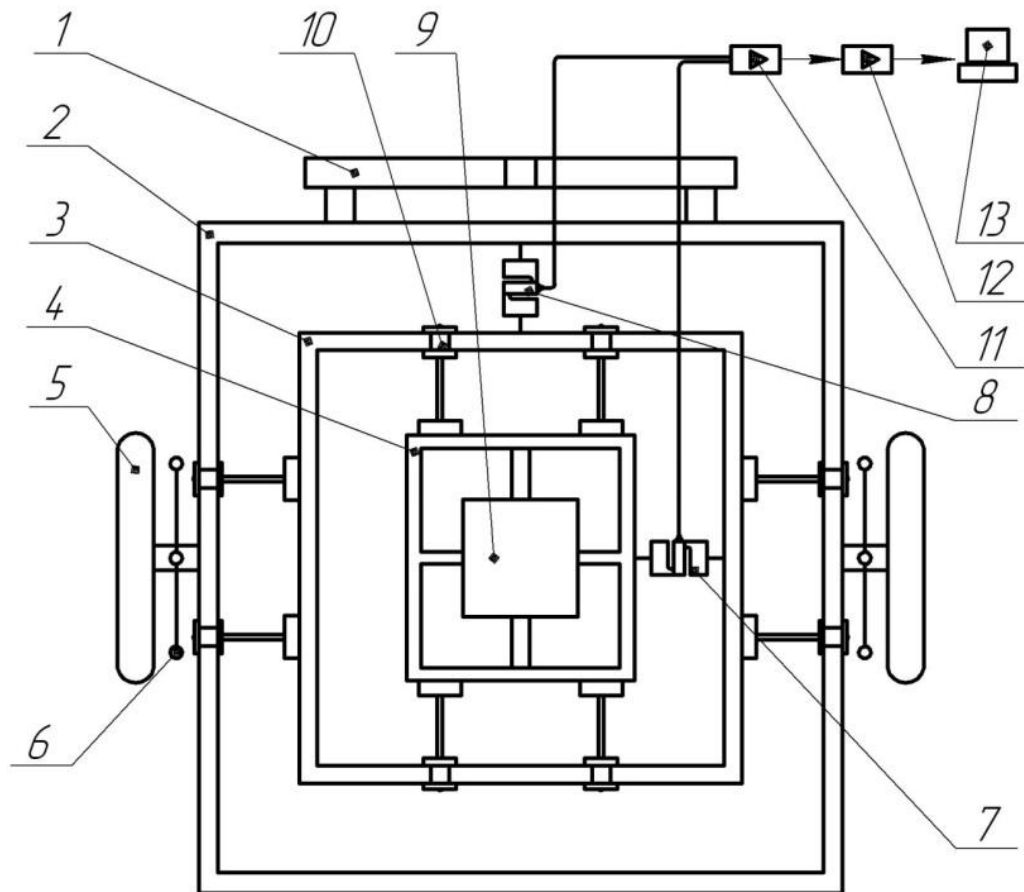


Рисунок 3.4 – Конструктивна схема тензOMETричного візка :

1 – начіпка; 2 – рама основна; 3 – рама рухома повздовжня; 4 – рама рухома поперечна; 5 – колесо опорне; 6 – механізм регулювання глибини заглиблення; 7, 8 – датчик сили КМ1502/КТ150 ; 9 – плита для кріплення досліджуваного робочого органа; 10 – ролик опорний. 11- блок первинної обробки сигналу; 12 – блок переводу аналогового сигналу у цифровий; 13- ПЕОМ;

Датчики сприймають діючі сили, перетворюють їх в електричний сигнал, який передається на блок первинної обробки 11.



Рисунок 3.5 - датчик сили KM1502/КТ150

Блок первинної обробки 11 відсікає випадкові збудження тривалістю менше за 0,1 с. Далі сигнал перетворюється у цифровий і передається на ПЕОМ де підраховується абсолютне значення тягового опору. Тарування візка виконувалось за звичайною схемою шляхом доведення. До рухомого візка відомого навантаження.

Швидкість поступового руху агрегату визначали шляхом хронометрування часу проходження агрегатом контрольних ділянок. Для цього намічали лінію проходу і дерев'яними стовбчиками відбивали на ній контрольні ділянки довжиною 10 м. За допомогою секундоміру визначали час проходження контрольних ділянок по осі заднього моста трактора і за результатами визначали дійсну робочу швидкість.

Коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту визначали на підставі закону Кулона, який на підставі зсувного експерименту встановлює залежність

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

де τ – зсувна напруга, σ – стискаюча напруга, c – сила зчеплення, φ_2 – кут внутрішнього тертя.

Зразок ґрунту поміщали у зсувний прилад (рис.3.6). Після навантаження зразка силою P прикладали горизонтальне навантаження T . Поступово збільшуючи T заміряли мікрометром 4 відносно переміщення b верхнього кільця 2 відносно нижнього 1, поки не відбувалося остаточне порушення ґрунту. Величину зусилля відраховували динамометром 5.

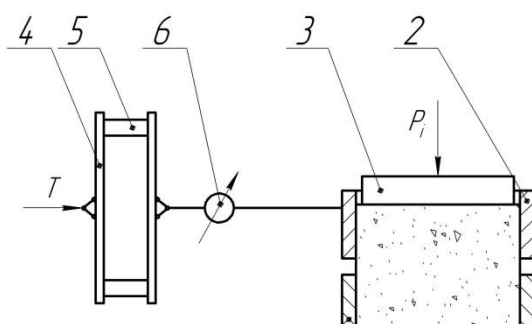


Рисунок 3.6 - Схема та загальний вид лабораторної установки для визначення кута внутрішнього тертя консолидованого ґрунту: 1 – обойма нерухома; 2 – обойма рухома; 3 – кришка; 4 – пружний елемент; 5 – упор; 6 – мікрометр

Рівняння (3.1) має двоє невідомих. Тому для визначення c і φ_2 необхідно провести два зсувних експерименти з різними значеннями σ і заміряти τ ($\tau = T/F$, $\sigma = P/F$, де F – площа поперечного перетину зразка).

Сила зчеплення на відміну від сили тертя не залежить від нормального тиску, тому отримаємо два рівняння з двома невідомими:

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

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

Розв'язавши систему рівнянь отримуємо значення коефіцієнта внутрішнього тертя

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

Більшість методик передбачає визначення кількості рослин на 1 см^2 шляхом накладання на поверхню поля рамки і наступним підрахуванням кількості рослин в її межах. Потім все перераховувалось в розрахунку на $1,0 \text{ см}^2$. Але така схема є досить трудомісткою. Кафедрою сільськогосподарських машин ДДАЕУ відпрацьована і рекомендується для роботи наступна методика (рис.3.9.).



Рисунок 3.7 – До методики визначення кількості рослин шляхом просіювання

В процесі досліджень нами теж на поверхню поля накладалася рамка 25x25 см в межах якої знімався поверхневий шар ґрунту глибиною 5-8 см. Шар просіювався на решеті діаметром 10 мм. Грудки, що залишились в коробі відкидались, рослинні рештки збирались, зважувались і перераховувались. Таким чином, окрім кількості рослинних решток та їх довжини ми отримували і їх вагу.

Для оцінки якості розпушення ґрунту в основному використовують коефіцієнт структурності $K_{СТ}$, який визначається як відношення вмісту агрономічно цінних агрегатів (0,25 – 10 мм) до вмісту суми агрегатів приведеним діаметром менше за 0,25 мм та грудок, більше за 10 мм;

Для його визначення використовують решітний класифікатор. Для визначення $K_{СТ}$ не потрібно знати весь розподіл агрегатів, а достатньо знати вагу фракції діаметром вище 10 мм і менше 10 мм. Тому, в межах контрольної ділянки знімали розпушений ґрунт. Знятий ґрунт висипався у решето з діаметром отворів 10 мм і просіювався (рис.3.10). Рослинні рештки видалялись.

Як показала практика, відокремлення агрегатів менших за 0,25 мм вносить похибку не більше 2...3%, що менше за точність самого експерименту. Таким чином, з достатньою точністю можна прийняти

$$K_{СТ} = \frac{A}{B-A}. \quad (3.6.)$$

де А – маса агрегатів, відсіяних решетом 10 мм;

В – загальна маса взятої проби.



Рисунок 3.8 – Просіювання взятої проби ґрунту

Висновки

1. Використані в роботі методики здебільшого запозичені з загальновідомих джерел і адаптовані до умов наших досліджень. Сумнівів в коректності вони не викликають.
2. Використання пристосованого тензометричного візки для заміру тягового опору є вимушеною мірою в зв'язку з тим, що виконати заміри безпосередньо на розробленому агрегаті такі заміри виконати не можливо.
3. Запропонована методика оцінки якості розпушення за коефіцієнтами структурності дозволяє об'єктивно порівнювати роботу ґрунтообробних машин різної конструкції. Відмова від окремого врахування фракції діаметром менше за 0,25 мм як показали дослідження в умовах чорнозему вносить похибку менше за 1,0 %, що суттєво менше за точність самого експерименту.
4. Нами запропонована і розроблена методика оцінки наявності рослинних решток за ваговим принципом. На наш погляд така методика більш об'єктивно характеризує показник. До того ж викликає великий сумнів, можливість об'єктивного визначення кількості рослин в межах відбитої ділянки. До того ж кількість рослин можна підрахувати і після просіювання. Перевага запропонованої методики полягає в тому, що надає можливість

заміряти довжину окремо взятої рослини і за результатами статистичної обробки отримати показники розподілу.

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Характеристика дослідної ділянки

Площа плантації, 380 га

Тип ґрунту - чорнозем звичайний середньосуглинистий

Стан поверхні –

рел'єф –рівний

мікрорел'єф - рівний

Агрофон - різнотрав'я

Уклон поверхні –до 3 градусів

Табл.4.1. Основні механіко-технологічні властивості ґрунту, усереднені значення за результатами трикратного повторення

№	Показник	Значення
1	Питоме зчеплення часток ґрунту, $C, \text{кН/м}^2$	1,86
2	Межа несучої спроможності, K'	464
3	Питома вага, $\gamma, \text{т/м}^3$	1,46
4	Кут тертя в консолідованому стані, град	52
5	Кут тертя по сталі, град	36
6	Твердість, $q, \text{Н/см}^2$	5,54

Дослідження на підтвердження адекватності математичної моделі

Математична модель передбачає отримання показників якості кришення, тому дослідження мають два етапи, спочатку аналітичне визначення показника, потім експериментальне

4.2. Розрахункові показники у відповідності до математичної моделі

Вихідні дані відповідають експериментально отриманим в ході досліджень дослідної ділянка (табл.4.1). Результати розрахунків представлені у вигляді таблиць (табл.4.1 – 4.3). Графічний аналіз виконаний за допомогою онлайн-калькулятора <https://planetcalc.ru/5992/>.

Табл.4.1

Розрахункові значення розподілу фракційного складу

Закон розподілу випадкових чисел - рівномірний			
Об'єм одиничної грудки, см^3	Приведений діаметр грудки, см	Кількість відмінностей у фракції	Загальна маса фракції г
0,525	1,0	1201	751
4,2	2,0	1226	5149
8,2	2,5	977	1378
14,1	3,0	869	19466
22,4	3,5	110	7194
65,4	5,0	-	-
220,8	7,5	-	-

Всього		339940
--------	--	--------

Коефіцієнт структурності $K_{СТ} = (751+5149)/339940 = 0,017$

Діаметр більше за 50 мм в розрахунках не враховували, бо це вже можна віднести до глибистості поверхні.

Табл.4.2

Розрахункові значення розподілу фракційного складу

Закон розподілу випадкових чисел - нормальний			
Об'єм одиничної грудки, см ³	Приведений діаметр грудки, см	Кількість у фракції	Загальна маса фракції кг
0,525	1,0	251	132
4,2	2,0	424	1781
8,2	2,5	632	5182
14,1	3,0	450	6345
22,4	3,5	370	8288
65,4	5,0	26	1701
220,8	7,5	0	0
Всього			23329

Коефіцієнт структурності $K_{СТ} = (132+1781)/23329 = 0,08$

Табл.4.3

Розрахункові значення розподілу фракційного складу

Закон розподілу випадкових чисел - експоненціальний			
Об'єм одиничної грудки, см ³	Приведений діаметр грудки, см	Кількість у фракції	Загальна маса фракції кг
0,525	1,0	3251	1857
4,2	2,0	613	3758
8,2	2,5	406	4788
14,1	3,0	253	5212
22,4	3,5	109	3564
65,4	5,0	40	3803
220,8	7,5	7	2254
			25236

$$\text{Коефіцієнт структурності } K_{CT} = (1857+3758)/25236 = 0,22$$

4.3. Експериментально отримані показники за вихідними даними у відповідності до математичної моделі

Табл.4.4.

Розподіл фракційного складу за результатами експериментальних досліджень

Діаметр отвору решета, см	Маса фракції, кг	Процентний вміст
1,0	1,43	6,0
2,0	3,76	15,2
2,5	4,78	19,1
3,0	5,21	21,0
3,5	3,56	14,4
5,0	3,79	15,3
7,5	2,24	9,0
Всього	24,77	100

$$\text{Коефіцієнт структурності } K_{CT} = (3,76+1,43)/24,77 = 0,21$$

Розподіл фракційного складу за масою найбільш адекватно підпорядковується кубічній залежності

$$Y = 0,11X^3 - 1,84X^2 + 9,14X - 9,16$$

Графічна інтерпретація чисельного масиву представлена на рис.4.1.

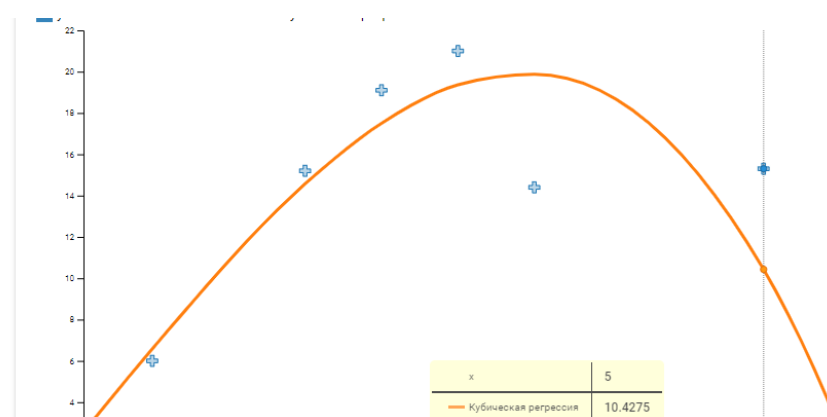


Рис.4.1 – Графічна інтерпретація масиву експериментальних даних

Як показує аналіз отриманих даних, в математичній моделі доцільно використовувати експоненціальний і рівномірний закони розподілу випадкових чисел. Використання нормального закону призводить до завищення вмісту ґрунтових відмінностей більшого приведеного діаметру. Але, слід відмітити що дослідження виконані стосовно відносно легких ґрунтів (питоме зчеплення часток $1,8 \text{ кН/м}^2$, що відповідало ґрунтовим умовам проведення експериментальних досліджень. На більш важких ґрунтах можливо доцільним буде використовувати інші закони розподілу.

Кінцевий розподіл фракційного складу підпорядковується кубічній залежності не залежно від закону, прийнятому при моделюванні. Пояснюється це тим, що теоретичні дослідження виконуються відносно об'єму ґрунтової відмінності, а об'єм, як відомо має кубічну залежить від діаметру.

4.4. Дослідження тягового опору.

Як відомо [7,9,17], тяговий опір має декілька складових в які входять сили

зминання і сколу ґрунту, сили тиску і тертя. Внесені нами конструктивні зміни, а саме аналітично обґрунтоване співвідношення конструктивних параметрів долота, мають вплив на складову сили сколу призми ґрунту і початкове її розпушення. Як показує ряд експериментальних

і аналітичних досліджень, це складова для чизеля-глибокорозпушувача є визначальною [16,17,29].

Проведення повномасштабного експерименту зі зміною конструктивних параметрів, робочої швидкості і механічних властивостей ґрунту в умовах магістерської роботи практично не можливо, тому ми обмежились порівнянням тягового опору експериментальної і серійної машин в однакових умовах експлуатації у відповідності до п.4.1. Результати представлені в табл.4.5.

Табл.4.5.

Результати експериментальних досліджень тягового опору

(робоча швидкість 7,36 км/год)

Глибина робочого ходу, см	Тяговий опір, кН	
	Дослідний зразок	Серійний зразок
20	1,07	1,10
25	1,19	1,22
30	1,23	1,25
35	1,25	1,27

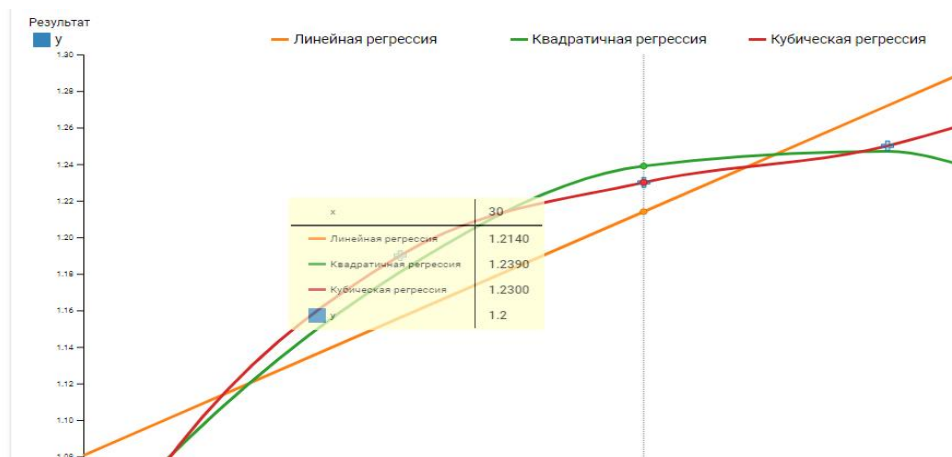


Рис.4.2. Залежність тягового опору експериментального глибокорозпушувача від глибини ходу на швидкості 7,36 км/год

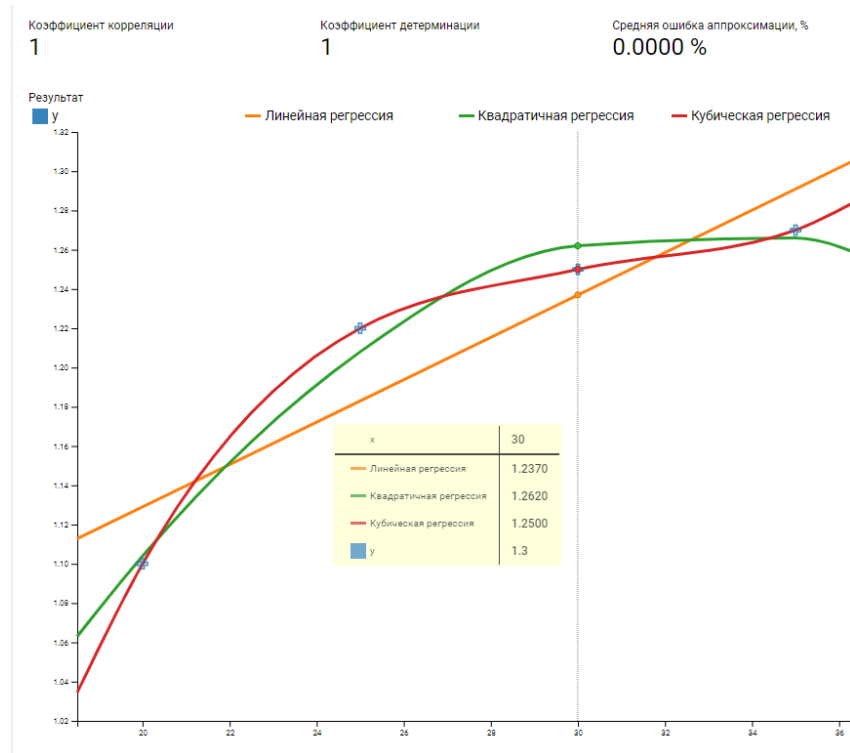


Рис.4.3. Залежність тягового опору серійного глибокорозпушувача від глибини ходу на швидкості 7,36 км/год

Аналіз залежностей рис.4.1 і 4,2 прказує, що найбільш адекватно процес описує кубічна залежність.

4.5. Прогнозована продуктивність агрегата та витрати палива

Годинна продуктивність визначається за формулою:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau,$$

де $B_p = 3,0$ м – робоча ширина захвату;

V_p – швидкість поступового руху, км/год;

τ – коефіцієнт використання робочого часу зміни.

Коефіцієнт використання робочого часу зміни визначається за формулою:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}$$

де T_p – чистий робочий час зміни, годин;

$T_{зм}$ – час зміни, годин.

$T_x = 0,13$ години – час холостого ходу на переїздах;

$T_{пз} = 0,044$ години – підготовчо-заключний час;

$T_{ТО} = 0,22$ години – час, що витрачається на технічне обслуговування;

$T_{ТУ} = 0,048$ години – час, що витрачається на зупинки по технічному нагляду;

$T_{см} = 0,2$ години – час, що витрачається на усунення технологічних відмов;

$T_{ВДП} = 0,30$ години - час відпочинку;

З урахуванням цього чистий робочий час зміни:

$$T_p = 7 - 0,13 - 0,044 - 0,22 - 0,048 - 0,2 - 0,30 = 6,31 \text{ годин}$$

(З робочого часу забрано одну годину на обідню перерву)

Коефіцієнт використання робочого часу зміни:

$$\tau = 6,31 / 7 = 0,9$$

Питання раціонального використання робочого часу завжди є предметом особливої уваги з боку організаторів виробництва і трактористів, тому що це є підставою для нарахування заробітної платні.

Продуктивність за годину:

$$W_{год} = 0,1 \cdot 3,0 \cdot 8,7 \cdot 0,9 = 2,08 \text{ га/год,}$$

де $V_p = 2,41 \text{ м/с} = 8,7 \text{ км/год}$

Продуктивність за зміну:

$$W_{зм} = 2,08 \cdot 7 = 19,6 \text{ га/зм}$$

Витрати паливно-мастильних матеріалів для такого режиму можна обчислити за формулою:

$$q = \frac{Q_P \cdot T_P + Q_X \cdot T_X + Q_O \cdot T_O}{0,1 \cdot B_P \cdot V_P \cdot T_P} \quad (3.8)$$

де q - питомі витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га;

Q_P – часові витрати пального у робочому режимі, 31 кг/год;

Q_X – часові витрати пального на холостих переїздах, 10 кг/год;

Q_O – часові витрати пального на зупинках (при включеному двигуні), 2,3 кг/год;

T_P - час роботи у номінальному режимі, годин;

T_X – час на холості переїзди, годин;

T_O – час роботи на зупинках, годин.

У відповідності до виконаних раніше розрахунків:

$$T_P = 6,22 \text{ год}$$

$$T_X = 0,12 \text{ год}$$

$T_O = 7 - 6,27 - 0,12 = 0,61$ год (вважаємо, що при перерві на обід двигун не працює)

$$\text{Тоді } q = \frac{31 \cdot 6,22 + 10 \cdot 0,12 + 2,3 \cdot 0,45}{0,1 \cdot 3,0 \cdot 8,7 \cdot 6,22} = 12,01 \text{ кг/га}$$

У результаті розрахунків за формулою (отримано, що прогнозовані витрати пального складають $q = 12,01$ кг/га.

Висновки

Експериментальними дослідженнями в основному підтверджена адекватність запропонованої математичної моделі взаємодії робочого органу з ґрунтовим середовищем і правомірність обраного конструктивного рішення.

Визначено, що в процесі моделювання кришення може бути використана експоненціальна або лінійна залежність фракційного складу грудок в обробленому шарі ґрунту.

Тяговий опір дослідного знаряддя в середньому на 10-12% менший за серійний зразок машини. Раціональним слід вважати співвідношення довжини до ширини долота 3.6, що знайшло підтвердження в ході польових досліджень.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1. Вимоги безпеки праці при обробі ґрунту

Виробляються загальні вимоги, безпеки роботи при операції обробітку ґрунту під посів озимих культур:

- до керування трактором допускаються трактористи які пройшли спеціальне навчання і права, на водіння трактора даної категорії;
- перед початком виконання технологічного процесу тракторист обслуговуючий агрегат проходить інструктаж з охорони праці і розписується в журналі реєстрації, одержує на руки пам'ятку по техніці безпеки;
- одяг механізатора не повинний мати довгих звисаючих частин і кінців, дозволяється працювати тільки в застебнутої, ретельно заправленому одягу і головному уборі, робота у фартуху також забороняється;
- категорично забороняється буксирування трактора разом з комбінованим ґрунтообробним агрегатом;
- у кабіні трактора повинна знаходитися аптечка з повним комплектом медикаментів;
- надійність роботи гальм і рульового керування повинна перевірятися систематично;
- забороняється перевезення вантажів на рамі комбінованого агрегату чи використання його не за призначенням;
- забороняється заходити чи входити в кабінку трактора до його повної зупинки;
- постійно стежити за справним станом агрегату і наявністю справних захисних протипожежних засобів (вогнегасник з кріпленням, лопата);
- господарствам забороняється вносити конструктивні зміни в агрегат без узгодження з органами держтехнадзору.

5.2. Вимоги безпеки перед початком роботи

Перевірте відсутність тріщин, налипань, сторонніх предметів тощо на лопатнях вентилятора двигуна та на шківу пускового двигуна.

Перевірте справність деталей і цілісність проводів пристрою, що запобігає запуску двигуна на ввімкненій передачі.

До заправного пункту пально-мастильними матеріалами під'їжджайте так, щоб вихлопна труба знаходилась з протилежного боку від пункту, загальмуйте агрегат, вимкніть двигун.

Перевірте комплектність причіпного пристрою агрегатованого знаряддя (машини), відсутність на його деталях пошкоджень, тріщин, деформацій.

5.3. Вимоги безпеки під час виконання роботи

Крім перерахованих загальних вимог безпеки, варто враховувати специфічні умови роботи агрегату на поле і ряд додаткових небезпек зв'язаних з цим. Вимоги враховуючі ці фактори перераховані нижче:

- трактористу забороняється передавати роботу на агрегаті особам не закріпленим за даним агрегатом ;
- під час роботи забороняється знаходитися перед агрегатом;
- не можна робити ремонт чи регулювання вузлів під час роботи і пересування агрегату, усі види регулювань і технічне обслуговування робити після повної зупинки агрегату при виключеному двигуні;
- не доторкатися до рухливих деталей машин при працюючому двигуні;
- під час роботи агрегату забороняється надягати ремені і ланцюги на шківи і зірочки, а також змазувати підшипники;
- після зупинки агрегату варто переводити важіль коробки передач у нейтральне положення;
- у секторі повороту агрегату не повинні знаходитися люди і транспортні засоби;
- після проведення яких-небудь регулювальних чи ремонтних робіт забороняється залишати на агрегаті інструмент чи інші сторонні предмети;

- з наступом темряви дозволяється робота тільки з включеними в достатній кількості фарами.

5.4. Вимоги безпеки в аварійних ситуаціях

1. Травмування осколками деталей, що обертаються під час запуску двигуна.
2. Травмування внаслідок раптового рушення трактора під час запуску двигуна.
3. Опіки внаслідок загоряння пального під час заправки трактора.
4. Травмування, наїзд на сторонніх осіб під час агрегатування трактора із знаряддями.
5. Травмування під час технологічної наладки агрегованих знарядь.

5.5. Вимоги безпеки після закінчення роботи

1. Вигнати агрегат із загінки і, по затвердженим у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун, загальмувати трактор, у холодний період року злити воду і впевнитись, що вона повністю витекла з системи охолодження.
2. Очистити агрегат від бруду, пилу, рослинних решток. Оглянути та усунути виявлені недоліки.
3. Зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

5.6. Рекомендації щодо забезпечення безпеки та поліпшення умов праці в господарстві

Під час проведення весняно-польових робіт власники, керівники, головні спеціалісти, працівники служб охорони праці підприємств повинні посилити

профілактичну роботу по попередженню виникнення випадків виробничого травматизму.

Враховуючи причин і обставин травматизму та джерел травмування дієвими заходами профілактики в першу чергу мають стати:

- організація інструктування, навчання з охорони праці та професійного відбору;
- забезпечення безпеки виробничого обладнання;
- забезпечення належного контролю та нагляду за охороною праці;
- організації проведення перевірок технічного стану техніки перед початком роботи та усунення усіх виявлених недоліків;
- проведення передрейсових медичних оглядів водіїв та механізаторів;
- організації режиму роботи та відпочинку працівників;
- підвищення рівня трудової та виробничої дисципліни.

Висновок

У даному розділі представлені вимоги охорони праці при підготовці ґрунту комбінованим ґрунтообробним агрегатом. Представлено перелік заходів які зменшують травмування під час виконання робіт, перед початком виконання робіт і під час аварійних ситуацій.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ РОБОТИ

Розрахунки техніко-економічних показників виконуємо у порівнянні з серійним ґрунтообробним агрегатом ГРН-3,0

Вихідні дані для розрахунків зведено до табл.6.1.

Таблиця 6.1.

Вихідні дані до техніко-економічних розрахунків.

№	Показник	Розмірність	Технологічна машина	
			Серійна	Модернізована
1	Річний обсяг гоботи	га	380	380
2	Продуктивність	га/год	1,8	2,08
3	Витрати ПММ	кг/га	14,5	12,01
4	Вартість:	грн		
	- Трактора		560000	560000
	- Машини		146000	146500
	- Всього		706000	706500
5	Кількість обслуговуючого персонала		1	1

Кількість нормо-годин у обсязі робіт:

Базовий

Проект

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{380}{1,8} = 211,11 \text{ год}$$

$$K_{\text{НГ}} = \frac{W_{\text{СЕЗ}}}{W_{\text{ГОД}}} = \frac{380}{2,08} = 182,69 \text{ год} \quad (5.1)$$

Витрати праці:

Базовий

Проект

$$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 211,11 \cdot 1 = 211,11 \text{ год}$$

год, (6.2)

$$V_{\text{П}} = K_{\text{НГ}} \cdot n = 182,69 \cdot 1 = 182,69$$

де $n = 1$ - кількість обслуговуючого персонала.

Експлуатаційні витрати.

Основна і додаткова заробітна плата з нарахуваннями:

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

де C_T - тарифна ставка, 47,54 грн/год;

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

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

Базовий	Проект
$\Pi = \frac{47,54}{1,8} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 43,58 \text{ грн/га}$	$\Pi = \frac{47,54}{2,08} \cdot 1 \cdot 1,2 \cdot 1,375 = 37,71 \text{ грн/га}$

Амортизаційні відрахування.

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

- трактора - 1550год;
- машини - 580год

Базовий	Проект
Трактор: $A_{\text{ТР}} = \frac{560000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 1,8} = 30,11 \text{ грн/га}$	$A_{\text{ТР}} = \frac{560000 \cdot 15}{100 \cdot 1550 \cdot 2,08} = 26,05$

грн/га

машина: $A_{\text{М}} = \frac{146000 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 1,8} = 20,98 \text{ грн/га}$	$A_{\text{М}} = \frac{146500 \cdot 15}{100 \cdot 580 \cdot 2,08} = 18,22$
-------------------------------------------------------------------------------------------------	---------------------------------------------------------------------------

грн/га

Всього: $A_{\Sigma} = 30,11 + 20,98 = 51,09 \text{ грн/га}$

$A_{\Sigma} = 26,05 + 18,22 = 44,27 \text{ грн/га}$

Витрати на ПММ.

Базовий

$\text{Ц}_{\text{ПММ}} = 34,5 \text{ грн/кг}$

$$B_{\text{ПММ}} = C_{\text{ПММ}} \cdot V_{\text{ПММ}} = 34,5 \cdot 14,5 = 500,25 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ПММ}} = 34,5 \cdot 12,01 = 414,35 \text{ грн/га}$$

Норма витрат на ТР, ТО і зберігання:

- $\alpha_{\text{ТО}} = 11\%$ - норма відрахувань на ТО;
- $\alpha_3 = 0,2\%$ - норма відрахувань на зберігання;
- $\alpha_{\text{ТР}} = 8\%$ - норма відрахувань на ремонт.

Витрати на ТО, ТР і зберігання:

$$B = \frac{B_B \cdot (\alpha_{\text{ТО}} + \alpha_3 + \alpha_{\text{ТР}})}{100 \cdot K_{\text{НГ}} \cdot W_{\text{ГОД}}} \cdot K, \quad (6.4)$$

де B_B – балансова вартість, грн;

K – коефіцієнт переводу трактора у еталонний.

Базовий

$$\text{Трактор: } B_{\text{ТР}} = \frac{560000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 211,11 \cdot 1,8} = 282,95 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_{\text{ТР}} = \frac{560000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 182,69 \cdot 2,08} = 282,95 \text{ грн/га}$$

Базовий

$$\text{Машина: } B_M = \frac{146000 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 211,11 \cdot 1,8} = 73,77 \text{ грн/га}$$

Проект

$$B_M = \frac{146500 \cdot (11 + 8 + 0,2)}{100 \cdot 182,69 \cdot 2,08} = 74,02 \text{ грн/га}$$

Всього по агрегатам:

$$B = B_{TP} + B_M = 282,95 + 73,77 = 356,72 \text{ грн/га}$$

$$B = 282,95 + 74,02 = 356,97 \text{ грн/га}$$

Всього експлуатаційних витрат на 1 га:

Базовий

$$E_B = 43,58 + 51,09 + 500,25 + 282,95 = 877,87 \text{ грн/га}$$

Проект

$$E_B = 37,71 + 44,27 + 414,35 + 282,95 = 779,28$$

грн/га

Експлуатаційні витрати на всі роботи:

Базовий

$$E_{\Sigma} = E_B \cdot W_{CEZ} = 877,87 \cdot 380 = 333590,60 \text{ грн}$$

Проект

$$E_{\Sigma} = 779,28 \cdot 380 = 296126,40 \text{ грн}$$

Капітальні вкладення на 1 га:

Базовий

$$\text{Трактор: } K_B = \frac{B_B}{W_{CEZ}} = \frac{560000}{380} = 1473,68 \text{ грн/га}$$

грн/га

Проект

$$K_B = \frac{560000}{380} = 1473,68$$

$$\text{Машина: } K_B = \frac{146000}{380} = 384,21 \text{ грн/га}$$

$$K_B = \frac{146500}{380} = 385,53 \text{ грн/га}$$

Всього:

$$K_B = 1473,68 + 384,21 = 1857,89 \text{ грн/га} \quad K_B = 1473,68 + 385,53 = 1859,21 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на 1 га:

$$P_B = E_B + 0,15 \cdot K_B$$

Базовий

$$P_B = 877,87 + 0,15 \cdot 1857,89 = 1156,55 \text{ грн/га}$$

Проект

$$P_B = 779,28 + 0,15 \cdot 1859,21 = 1058,16 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на весь обсяг робіт:

Базовий

$$P_{B\Sigma} = P_B \cdot W_{\text{СЕЗ}} = 1156,55 \cdot 380 = 439489 \text{ грн}$$

Проект

$$P_{B\Sigma} = 1058,16 \cdot 380 = 402100,80 \text{ грн}$$

Таблиця 6.2

Економічна ефективність роботи

№	ПОКАЗНИКИ	Варіант
---	-----------	---------

		Базовий	Проект
1	Вид роботи	Обробіток ґрунту	
2	Об'єм роботи, га	380	380
3	Склад агрегата:	Т-150К	Т-150К
	Трактор		
	Машина	ГРН-3,0	ГРН-3,0М
4	Продуктивність, га/год	1,8	2,08
5	Кількість нормо-годин у обсязі робіт	211,11	182,69
6	Кількість обслуговуючого персоналу		
	-трактористів-машиністів	1	1
	-допоміжних працівників	-	-
7	Тарифна ставка, грн/год	47,54	47,54
8	Норма витрати пального, кг/га	14,5,	12,01
9	Балансова вартість, грн:		
	- трактора	560000	560000
	- машини	146000	146500
10	Комплексна ціна ПММ, грн/кг	34,5	34,5
11	Експлуатаційні витрати, грн/га	877,87	779,28
	у тому числі:		
	Амортизаційні відрахування:		
	-трактор	30,11	26,05
	-машини	20,98	18,22
	-всього	51,09	44,27
	. Витрати на ПММ	500,25	414,35
	.Витрати на ТО, ТР, зберігання,		
	-трактора	282,95	282,95
	-машина	73,77	74,02
	-всього	356,72	356,97
12	Капітальні вкладення, грн/га	1857,89	1859,21
13	Приведені затрати, грн/га	1156,55	1058,16
14	Річний економічний ефект, грн		37388,20
14	Термін окупності, років		0,1

Річний економічний ефект:

$$E_E = 439489 - 402100,80 = 37388,20 \text{ грн}$$

Термін окупності:

$$T_o = 706500 - 706000 / 37388,2 = 0,1 \text{ роки}$$

Результати заносимо до таблиці 6.2.

Висновок

За результатами розрахунків річний економічний ефект складає 37388,20 грн при сезонному навантаженні 380 га, а термін окупності становить 0,1 роки

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Оглядом літературних джерел і рекламних проспектів фірм-виробників встановлено, що перспективи на подальше використання має комбінований одностояковий глибокорозпушувач. Одностоякові розпушувачі класичної схеми використовують в основному як меліоративні, або в умовах рекультивації техногенно порушених ґрунтів. Двостоякові глибокорозпушувачі складні в експлуатації і схильні до технологічних відмов. Тому їх використовують в основному як копачі столових коренеплодів і цибулевих культур.

2. Розвиток конструкцій відбувається в основному за рахунок експериментальних досліджень. Аналітична база доволі слабка. Загальний недолік існуючих моделей взаємодії робочих органів з ґрунтовим середовищем полягає в тому, що вони обмежені аналітичним визначенням величини тягового опору. На даний момент не існує методики аналітичного визначення якісних показників кришення ґрунту. Єдина спроба виконати оцінку кришення виконана в роботі [17], але запропонований коефіцієнт кришення характеризує тільки початковий етап процесу, а саме, процес формування і відділення призми сколу. Вітчизняні виробники в основному ідуть шляхом копіювання відомих закордонних конструкцій і практично без адаптації до ґрунтових умов.

3. Нами запропонована власна методика визначення тягового опору і побудована на її основі методика прогнозування утвореного фракційного складу. Запропонований алгоритм моделювання на ПЕОМ процесу кришення. Наведені результати розрахунку фракційного складу і отримання коефіцієнта структурності.

4. В роботі порівнюється розроблена методика і методика [17]. Аргументовано що використання в моделі приведених значень вихідних даних вносить суттєву похибку в результати розрахунку і унеможливорює врахування конструктивних особливостей конкретного знаряддя.

До переваг запропонованої моделі слід віднести деталізацію процесів формування призми сколу і подальшого її подрібнення.

5. В роботі запропонована система показників у відповідності до яких в процесі експериментальних досліджень можлива комплексна оцінка якісних показників роботи ґрунтообробної машини любого конструктивного виконання.

6. Проведені експериментальні дослідження підтвердили адекватність розробленої математичної моделі. Аналіз стану охорони праці показав, що внесені конструктивні зміни не погіршили умов роботи на модернізованому агрегаті.

7. Виконаний техніко-економічний аналіз показує хорошу ефективність від впровадження розробленої конструкції у виробництво. Прогнозований річний економічний ефект становить 37388,2 грн.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1 Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник / М. С. Чернілевський, Ю. А. Білявський, Р. Б. Кропивницький, Л. І. Ворона. – вид. 2-ге, допов. – Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. – 84 с. Навчальний посібник розрахований на студентів
- 2 Апроксимация функции одной переменной : онлайн калькулятор/ електронний ресурс/ код доступу <https://planetcalc.ru/5992/>
- 3 Аналіз будови тіла морських тварин на можливість прийняття її за біологічний аналог ґрунтообробних робочих органів.[Волик Б.Теслюк Г.Золотовська О. Майстришин Р] // Техніка і технології в АПК: науково
- 4 Вознесенский В.А. Статистические методы планирования эксперимента в технико-экономических исследованиях / В.А. Вознесенский. – М.: Финансы и статистика, 1981.- 263 с.
- 5 Волик Б.А. Розробка, і дослідження чизель-плуга V-подібної форми : автореф. дис... канд. техн.наук / Б.А.Волик– Дніпропетровськ, 1999. – 17с.
- 6 Волик Б.А., Коновий А.В., Осипенко Р.М. Застосування методів біоніки для формування розрахункових схем сільськогосподарських машин / «Актуальні питання розвитку аграрної науки в Україні: Зб. наукових-праць(11 квітня 2019 року, м.Ніжин) / За наук. Ред. В.С. Лукача [та ін.].— Ніжин, С.99-105.
- 7 Ветров Ю. А. Резание ґрунтов землеройными машинами / Ю. А. Ветров. - М. : Машиностроение, 1971. – 357 с.
- 8 Волик Б.А. Методика визначення конструктивних параметрів V-подібного розпушувача для основного обробітку ґрунту // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / Загальнодержавний міжвідомчий науково-техн. збірник. Випуск 28. – Кіровоград: КДТУ, 1999. – С.190-194.
- 9 Землеробська механіка/ Кобець А.С., Сокол С.П., Пагач А.М., Дирда В.І., Волик Б.А., Тищенко С.С., Гаврильченко О.С. – Дніпро, Пороги,2022 -

408 с.

- 10 Корниенко С.И. Обоснование параметров чизельных рабочих органов / [С.И.Корниенко , В.Ф.Пащенко , В.И.Мельник , Е.Н.Огурцов] электронный ресурс : код доступа : http://dSPACE.khntusg.com.ua/bitstream/123456789/340/1/2_2014-75-80.pdf
- 11 Кленин Н. И. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины / Н.И. Кленин, В. А. Сакур. – М.: Колос, 1980.- 671 с.
- 12 Кириченко В.Е., Коваль В.Я., Мнушко Н.А. Определение тягового сопротивления наклонного рыхлителя для безотвальной обработки почвы. : электронный ресурс : код доступа : http://base.dnsgb.com.ua/files/journal/Visnyk-LuganskNAU-teh_nauki/19%20Mnushko.pdf
- 13 Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: навчальний посібник / А. С. Кобець, Т. Д. Іщенко, Б. А. Волик, О. А. Демидов. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
- 14 Моделювання якості розпушення долотом / [Кобець О.М., Теслюк Г., Волик Б., Лепеть Є.] // Техніка і технології в АПК: науково-виробничий журнал. – Дослідницьке, УкрЦВТ. – 2015. – Вип.6(69). – С.31-33
- 15 Основи наукових досліджень в агрономії : Підручник / В.О.Єщенко, П.Г.Копитко, В.П.Опришко, П.В.Костогриз; за ред.. В.О.Єщенко. – К.: Дія. – 2005. – 288 с.
- 16 Олійник Д.О. Обґрунтування параметрів роботи робочого органу чизеля / Д.О.Олійник – Дипломна робота ступеня магістр за спеціальністю 208 №Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро,- 2018 – 74 с.
- 17 Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с. наука,., 1987 – 440с.
- 18 Практикум з використання машин в рослинництві / [ГльченкоВ.Ю., Кобець А С., Мельник В.П та ін]. – Дніпропетровськ : Дніпроп. держ агр.

- ун-т. – 2002 – 212с.
- 19 Сало В. Чизельний плуг – технічне забезпечення процесів глибокого розпушення ґрунту/ В.Сало - Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу: Код доступу <http://propozitsiya.com/ua/chyzelnyy-plug-tehniche-zabezpechennya-procesiv-glybokogo-rozpushuvannya-gruntu>
 - 20 Самарский А.А., Гулин А.В. Численные методы - М.: Наука, 1989. 432.с.
 - 21 Седов Л. И., Методы подобия и размерности в механике / Л.И.Седов : М:
 - 22 Семенюта А. М. Методика розрахунку загальної реакції різання ґрунту поверхнею довільної геометричної форми / А. М. Семенюта, О. В. Білокопитов, Б. А. Волик // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету.– Мелітополь, 2010. – Вип.10, т.2. – С. 161-167.
 - 23 Чуйко И.С., Волик Б.А., Колбасин В.А. Обоснование конструктивных параметров V- образного орудия для чизелевания почвы./ «Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки»// Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2004. – С.29-33.
 - 24 Чизель V-образной формы. Теория, Конструкция, Место в системе машин/[С.И.Павленко,Б.А.Волик,Н.И.Ролдугин,С.Н.Друздь] :Днепропетровск, 2008. – 54 с.
 - 25 Цилюрик О. Глибокий обробіток ґрунту / електронний ресурс : код доступу <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/10599-hlyboky-i-obrobitok-gruntu-pliusy-ta-minusy.html>
 - 26 Цытович Н.А. Механика грунтов (краткий курс): учебник для строит. вузов / Н. А. Цытович. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1983. – 288 с.
 - 27 Штерензон В. А. Моделирование технологических процессов: конспект лекций / В. А. Штерензон. Екатеринбург: Изд-во Рос. гос. проф.-пед. ун-та, 2010. 66 с. : електронний ресурс, код доступу:

<http://www.rsvpu.ru/filedirectory/3468/shterenzon.pdf>

- 28 Design of working bodies for tillage tools using the methods of bionics / [H.V.Tesliuk, B.A Volik, S.P. Sokol, N.O. Ponomarenko] - JOURNAL of enterprise technologies 3/1 (99). 2019 Kharkiv, Ukraine.- Pag. 49-54. **(Scopus)**
- 29 Шпільковський В.В. Обґрунтування конструктивних параметрів роботи глибокорозпушувача чизельного типу / В.В.Шпільковський – Дипломна робота на здобуття ступеня магістр за спеціальністю № 208 Агроінженерія. – ДДАЕУ, Дніпро, 2019 – 69 с.
- 30 ГОСТ 12.0.003-74 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори. Класифікація. 01.01.1976. Чинність документа відновлена з 26.04.2019 до 01.01.2022 згідно з наказом від 24.04.2019 № 111.
- 31 Закон України «Про охорону праці» Документ 2694-ХІІ, чинний, поточна редакція. Редакція від 16.10.2020, підстава - 124-ІХ. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2694-12#Text>