

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА**

ДИПЛОМНА РОБОТА

Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: «Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту з
обґрунтування конструктивних параметрів розпушувача ґрунту»

Виконав: студент 5 курсу групи Аін-52

Спеціальності **208 «Агроінженерія»**

Головчак Роман Ігорович
(Прізвище та ініціали)

Керівник: к.т.н., доцент Гошко Зіновій Орестович
(Прізвище та ініціали)

ДУБЛЯНИ-2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ ТА ТЕХНІЧНОГО
СЕРВІСУ ІМ. ПРОФ. О. СЕМКОВИЧА

“ЗАТВЕРДЖУЮ”
«28» квітня 2023 р.
Завідувач кафедри _____
к.т.н. доцент Шарибура А.О.

ЗАВДАННЯ

на дипломну роботу

_____ Головчак Роман Ігорович
(підпис)

1. Тема роботи: **«Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту з обґрунтування конструктивних параметрів розпушувача ґрунту»**

Керівник роботи Гошко Зіновій Орестович, к. т. н., доцент.

Затверджено наказом по університету від 28.04.2023 року №133/к-с.

2. Термін здачі студентом магістерської роботи до 15. 01. 2024 р.

3. Вихідні дані для магістерської роботи: *1. Технологічні вимоги до машин для обробітку ґрунту. 2. Патентний огляд. 3. Дослідний зразок ґрунторозпушувача. 4. Наукова та довідкова література.*

4. Перелік питань, які необхідно розробити: (наводиться зміст, який містить пункти і підпункти усіх розділів):

ВСТУП

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Існуючі способи розпушення ґрунтів; 1.2. Аналіз технічних засобів розпушення ґрунтів; 1.3. Аналіз результатів патентного пошуку; Висновки

2. ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ВИЗНАЧЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ РОБОЧИХ ОРГАНІВ РОЗПУШУВАЧІВ

2.1. Аналіз методів визначення тягового опору; 2.2. Обґрунтування тягового опору чизельного знаряддя; 2.3. Аналіз результатів теоретичних досліджень; Висновки

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень; 3.2. Методика експериментальних досліджень

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Об'єкт та очікувані результати досліджень; 4.2. Результати експериментальних досліджень; Висновки

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Аналіз процесів виникнення травм під час розпушування ґрунту; 5.2. Моделювання процесів виникнення травм; 5.3. Розробка заходів щодо зменшення виникнення травм під час розпушування ґрунту

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

5. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1,2,3,4,6	Гошко З.О., доцент кафедри агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича		
5	Тимочко В.О., к.т.н., доцент кафедри фізики, інженерної механіки та безпеки виробництва		

6. Дата видачі завдання

28 квітня 2023 р.

Календарний план

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1	<i>Виконання першого розділу</i>	<i>25.06-05.7</i>	
2	<i>Виконання другого розділу</i>	<i>05.7-15.8</i>	
3	<i>Виконання третього розділу</i>	<i>16.9 -25.10</i>	
4	<i>Виконання четвертого розділу</i>	<i>26.10-29.11</i>	
5	<i>Написання розділу «Охорона праці»</i>	<i>30.11-09.12</i>	
6	<i>Розрахунок економічної ефективності</i>	<i>10.12-15.12</i>	
7	<i>Завершення оформлення розрахунково-пояснювальної записки та аркушів доповіді</i>	<i>15.12-25.12</i>	
8	<i>Завершення проекту в цілому</i>	<i>15.01</i>	

Студент _____ Головчак Р.І.

Керівник дипломної роботи _____ Гошко З.О.

Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту з обґрунтування конструктивних параметрів розпушувача ґрунту. // Головач Р.І. Дипломна робота на здобуття ОКР "Магістр". – Дубляни: ЛНУП, кафедра агроінженерії та технічного сервісу ім. проф. О. Семковича, 2024. – 58 стор. текст. част.; 10 таблиць; 22 рисунки; 18 літературні джерела.

Проведено аналіз сучасного стану механізації розпушування ґрунту, конструкцій робочих органів машин для розробки ґрунтів, на основі чого обґрунтовано необхідність розробки конструктивно технологічної схеми розпушувального знаряддя для пошарового розпушення ґрунту.

Проведений аналіз силової взаємодії робочих органів з ґрунтом, та теоретичне обґрунтування тягового опору розпушувального знаряддя. На основі теоретичних досліджень отримані залежності для розрахунку параметрів запропонованого робочого органу для пошарового розпушення ґрунту.

Наведені результати експериментальних досліджень окремих фізико-механічних властивостей ґрунту, залежності питомого тягового опору та якісних показників роботи ґрунторозпушувального знаряддя від його конструктивно-технологічних параметрів. Розроблені заходи з техніки безпеки, проведено розрахунок економічної ефективності використання розпушувача ґрунту запропонованої конструкції.

Ключові слова: питомий опір ґрунту, розпушувальний робочий орган, критична глибина обробітку, пошарове розпушення.

Key words: shredding, stratified mill, non-metallic material, factions.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ	9
1.1. Існуючі способи розпушення ґрунтів.....	9
1.2. Аналіз технічних засобів для розпушення ґрунтів	12
1.3. Аналіз результатів патентного пошуку	14
Висновки.....	16
2. ОПОРИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЧИЗЕЛЬНИХ ЗНАРЯДЬ	17
2.1. Метод дослідження тягових опорів.....	17
2.2. Аналіз тягових опорів ґрунтопоглиблювача.....	18
2.3. Результати теоретичних досліджень	20
Висновки.....	22
3. ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	23
3.1. Програма експериментальних досліджень	23
3.2. Методика експериментальних досліджень	23
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	31
4.1. Методи експериментальних досліджень	31
4.2. Результати експериментальних досліджень	34
Висновки.....	40
5. ОХОРОНА ПРАЦІ	41
5.1. Аналіз процесів виникнення травм під час розпушування ґрунту	41
5.2. Моделювання процесів виникнення травм.....	42
5.3. Розробка заходів щодо зменшення виникнення травм під час розпушування ґрунту	46
6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.....	48
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	56
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК.....	57

ВСТУП

Різання ґрунтів – один з найбільш поширених і разом з тим недостатньо вивчених робочих процесів землерийних машин. Не дивлячись на те, що процес різання ґрунтів переважає серед робочих процесів землерийних та більшості сільськогосподарських машин, вивчення його розпочате порівняно недавно. Пояснюється це тим, що інтенсивний розвиток засобів механізації сільськогосподарського виробництва та земляних робіт в будівництві розвернувся по суті лише в 20...30-і роки минулого століття, коли почалось масове використання мобільних енергетичних засобів.

Протягом останніх 20...30-ти років проведені дослідження, що виявили закономірності процесів різання і копання ґрунтів, які дозволили побудувати нові розрахункові системи для визначення робочих опорів землерийних машин. В той же час ці нові і точніші методи розрахунку ще не знайшли широкого використання. Робочі органи землерийних машин розраховуються за старими методиками, які характеризуються простотою, і не є точними.

На сьогоднішній день накопичений значний досвід з розпушування ґрунту при підготовці його до вирощування с.г. продукції, але ще й сьогодні є багато запитань. Одним з пріоритетних напрямків є зменшення тягових опорів машин в Західних регіонах України – Львівській, Івано-Франківській, Волинській областях при проведенні глибокого розпушування або щільювання ґрунтів.

Тому в подальшому і буде проведено аналіз роботи розпушувальних робочих органів, розташування їх на рамі машини, впливу на стійкість та зниження енергоємності при подальшій роботі наступних ґрунтообробних машин, розглянути можливість пошарового розпушування з метою зниження тягового опору за рахунок деблокованого різання та зменшення впливу „критичної глибини різання“.

Мета досліджень: обґрунтування параметрів розпушувальних робочих органів з пошаровим розпушуванням ґрунту для забезпечення зниження тягового опору на підготовчих операціях з обробітку ґрунту в ґрунтово-кліматичних умовах Західного регіону України.

Задачі досліджень:

- провести аналіз розпушувальних робочих органів та знарядь пошарового обробітку ґрунту;
- провести аналіз впливу робочих органів розпушувачів на якісні та енергетичні показники роботи агрегату;
- провести теоретичні дослідження впливу окремих параметрів розпушувальних робочих органів на енергетичні показники їх роботи;
- визначити основні фактори, які впливають на роботу агрегату пошарового розпушування ґрунту;
- провести виробничі дослідження на базі серійних робочих органів для глибокого пошарового розпушування ґрунту;
- розробити математичну модель взаємодії розпушувального робочого органу з ґрунтом та встановити вплив факторів на тяговий опір;
- провести техніко-економічний аналіз ефективності конструкторської розробки.

Об’єкт досліджень: залежності взаємозв’язку показників питомого тягового опору від параметрів розпушувального знаряддя для пошарового розпушування ґрунту.

Предмет досліджень: компоновка та конструкція розпушувального знаряддя для пошарового розпушування ґрунту.

Методи досліджень: при вирішенні поставлених задач досліджень використовувалися класичні методи теоретичної механіки, опору матеріалів, математичного аналізу та моделювання. Вивчення механіко-технологічних властивостей ґрунту проводилося з використанням методів математичної статистики та регресійного аналізу на ПЕОМ. Експериментальні польові дослідження проводились на спеціально виготовленій установці з використанням методу тензометрування.

Практичне значення полягає в тому, що запропонована конструкція розпушувального ґрунтообробного знаряддя дозволить: підвищити якість обробітку ґрунту на глибину до 45 см і більше; знизити тяговий опір; поліпшити

властивості ґрунту для його подальшого обробітку, тобто покращити умови роботи спеціальних ґрунтообробних машин.

У роботі отримано вихідні дані та аналітичні вирази для розрахунків та проектування розпушувачів для пошарового розпушування ґрунту з покращеними показниками якості роботи.

Особистий внесок магістранта: основні положення та результати дипломної роботи отримано самостійно, а саме:

- патентно-інформаційний пошук існуючих технологій розпушування ґрунту та конструкцій розпушувальних ґрунтообробних знарядь;
- теоретичні дослідження впливу окремих параметрів розпушувальних робочих органів на енергетичні показники їх роботи;
- вибір методик польових досліджень та приладів для визначення тягового опору розпушувального знаряддя та показників якості роботи;
- обробка результатів польових досліджень з обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів розпушувального знаряддя;
- економічна оцінка експериментального розпушувального знаряддя.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАДАЧІ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Існуючі способи розпушення ґрунтів

Обробіток ґрунту – один з найбільш енергоємних процесів у сільськогосподарському виробництві і пов'язани з зміною його механічного стану.

За принципом різання працює переважна більшість ґрунтообробних машин і виконується для основного та поверхневого обробітку ґрунту у сільськогосподарському виробництві. Більшість робіт пов'язаних з обробітком ґрунту здійснюється знаряддями, що руйнують його структуру, відповідно на плуги припадає 45...50 і на культиватори, борони, луцильники та фрези 40...45% загального об'єму ґрунтообробних робіт [2]. На зміну структури ґрунту крім ґрунтообробних знарядь також можуть впливати машини та комбайни, які забезпечують збирання продукції, товарна частина якої розташована в ґрунті (коренебульбоплоди), робочі органи яких працюють за принципом різання ґрунтів.

У технологічному відношенні різання ґрунтів це процес відділення від ґрунтового масиву, скиби певного розміру знаряддям з клиноподібною формою. Під дією клина шар ґрунту може підрізатись з подальшим перекиданням та кришенням, або відділятись від загального масиву. Форма профілю скиби на пряму залежить від форми і розташування робочого органу що діє на ґрунт (рис. 1.1).

У сільськогосподарському виробництві, широко застосовуються знаряддя, робочий процес яких полягає у відділенні шматків або шарів ґрунту від загального масиву, робочим органом форма якого утворена тригранним клином.

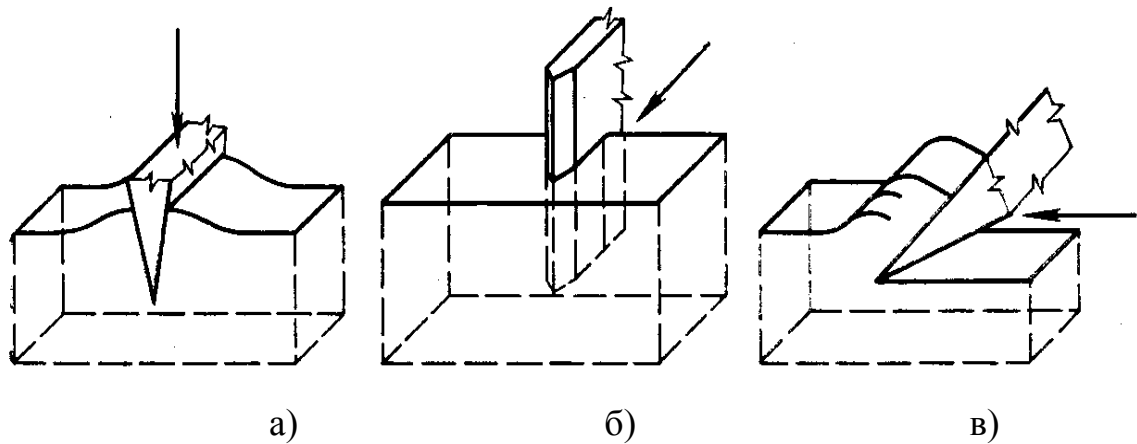


Рисунок 1.1 - Способи різання ґрунту:

а), б) – перерізання; в) – розрізання з утроренням скиби

Процес різання ґрунту ділять на наступні типи (рис. 1.1): перерізання і розрізання з утроренням скиби. Ріжуть ґрунт за допомогою дво або тригранного клину.

Практика показала, що руйнування ґрунту знаряддями клиновидної форми, у порівнянні з іншими методами є найменш енергозатратний. Тому більшість ґрунтообробних машин діє за принципом різання (луцильники, дискові борони, плужні корпуси і ін.).

Значно менше використовується принцип розрізання, який відрізняється більшою енергоємністю. Отже, основним способом обробки ґрунтів є різання з відділенням стружки. В цьому способі розробки є також різновиди залежно від його геометричних умов.

Залежно від розташування скиби відносно напрямку руху ґрунтообробного знаряддя виділяють звичайне, і косокутне різання з відокремленням стружки. Різання може здійснюватися клином з прямолінійною, ломаною або криволінійною різальною кромкою (рис. 1.2).

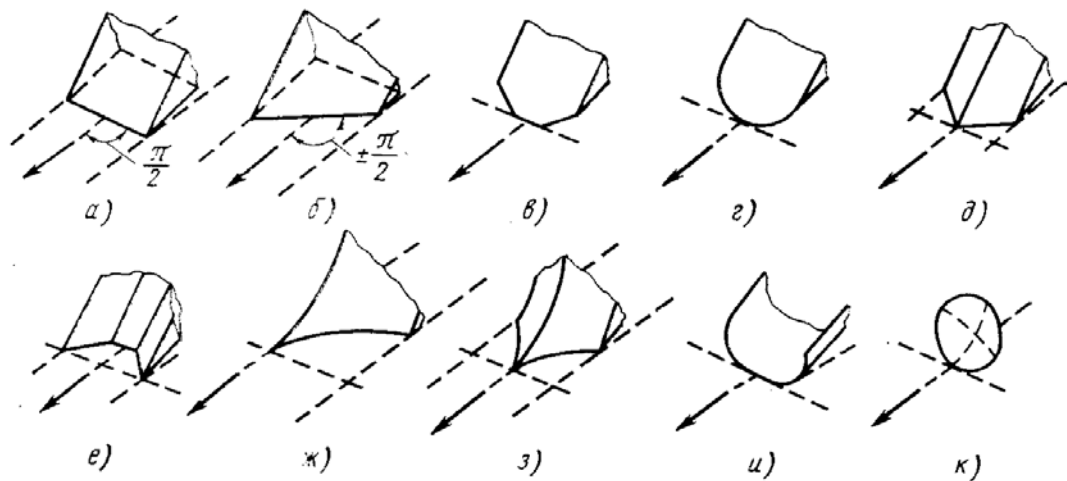


Рисунок 1.2 - Різновиди різання з відокремленням стружки:

a – прямокутне плоским клином; *б* – косокутне плоским клином; *в* – прямокутне плоским клином з криволінійною різальною крайкою; *г* – те ж, але з опуклою кривою; *д, е* – дво- і тригранним клином; *ж, з* – косе різання криволінійним клином; *и, к* — прямокутне різання криволінійним клином.

Всі названі різновиди різання застосовуються у виробництві. Сільськогосподарський плуг працює за принципом напіввільного відділення стружки косим криволінійним клином. Плуговий канавокопач працює, як косий криволінійний клин з двома робочими поверхнями, тощо.

До окремої групи можемо віднести знаряддя, що забезпечують глибоке рихлення ґрунтового масиву. Їх можна віднести до спецзасобі, в завдання яких входить рихлення ґрунтової підшви, видалення з нижніх шарів ґрунту корневих решток та залишків валунів. На відміну від класичних ґрунтообробних машин, вони працюють переважно з тракторами підвищеної прохідності і потужності, адже для виконання цих операцій необхідно долати значні опори ґрунту, що супроводжується значними енерговитратами. Взаємодію чизельного робочого органу глибокорозпушувача з ґрунтом та його силовому розрахунку присвячено багато робіт науковців [5], розроблені методики їх проектування та забезпечення роботоздатності. Проте, зважаючи на велику проблему зниження енергоємності цього технологічного процесу, слід відмітити що її вирішенню приділено ще недостатньо уваги.

Виходячи з вищенаведеного, проблемою сучасних ґрунтообробних знарядь для глибокого рихлення є висока енергоємність, це пов'язано з тим, що вони забезпечують процес різання плоским клином, особливість якого є високе рихлення орного шару.

Розв'язання даної проблеми передбачає проведення аналізу всіх показників розпушувача, що впливають на зростання результуючої його тягового опору. До цих показників ми можемо віднести, як його конструктивні особливості, так і режими роботи на яких розпушувач використовують.

1.2. Аналіз технічних засобів для розпушення ґрунтів

Розпушувачі в сільському господарстві переважно застосовують для відновлення, або покращення структури ґрунту. Основний робочий орган або органи (якщо їх кілька) виконані у вигляді двогранного клина, різальна кромка якого розташована паралельно поверхні ґрунту і кріпиться до масивної опори. Його завдання полягає в глибокому рихленні структури ґрунту, або пошаровому перемішуванні пласта рихлення.

Розпушувачі відносяться до категорії спеціальних знарядь, для подальшого полегшення класичних ґрунтообробних знарядь.

Розпушувачі відносяться до знарядь пасивної дії. Їх класифікують за наступними ознаками: за способом з'єднання з енергетичним засобом причіпні і навісні; за типом ходового обладнання – гусеничні і колісні; за механізмом керування – гідравлічні і канатні; за потужністю тягача – легкі, середні, великої потужності і надпотужні. До легких відносяться розпушувачі з потужністю двигуна до 55 кВт і тяговим зусиллям до 15 кН, середні – 55 до 110 кВт і зусиллям на гаку трактора 15...30 кН, важкі і надважкі розпушувачі в сільськогосподарському виробництві не застосовуються, тому ми їх розглядати не будемо.

Зусилля, з допомогою якого відбувається руйнування ґрунту ділять на статичне (воно виникає в процесі переміщення енергетичного засобу з швидкістю

7,2-9,3 км/год) і динамічне (робочий процес відбувається на швидкостях від 36 км/год і більше).

Переважає більшість глибокорозпушувачі використовуваних у сільськогосподарському виробництві за способом дії на ґрунт відносяться до статичних (рис. 1.3).

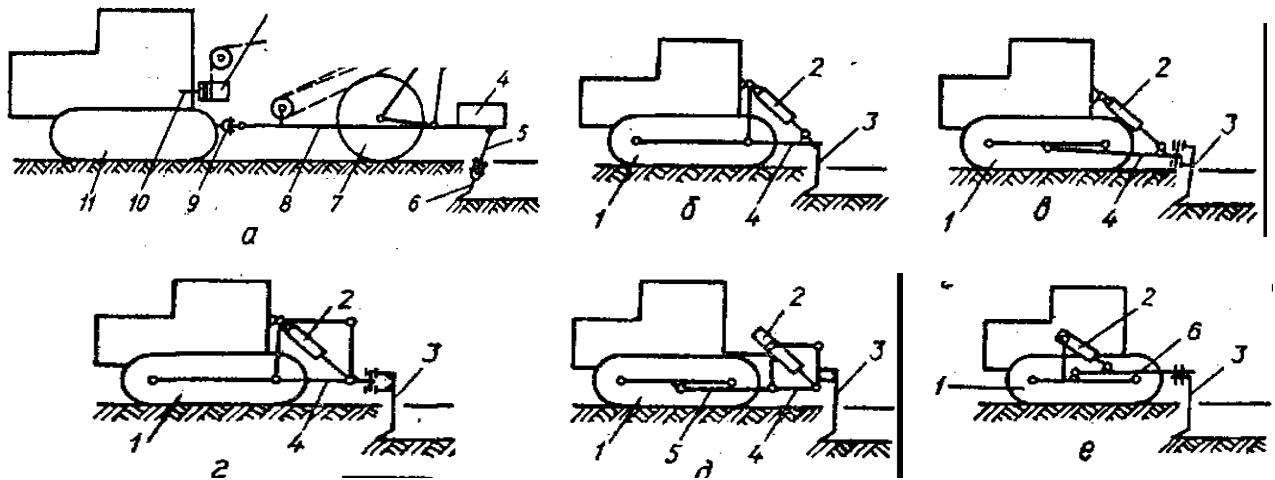


Рисунок 1.3 - Будова розпушувачів

1 – енергетичний засіб; 2 – навіска; 3 – розпушувач; 4 – основна рама; 5 – рухома рама; 6 – додаткова рама; 7 – колесо опорне

При кріпленні розпушувача до навіски енергетичного засобу кут різання зубів при зміні глибини розпушення змінюється у невеликих межах, корпус заднього моста слабо навантажений, зусилля в штоках гідроциліндрів порівняно невеликі.

Робочий орган розпушувача оснащується одним або кількома зубами, кріплення яких може бути жорстким і шарнірним. Шарнірне кріплення зубів застосовується при розпушенні важких тріщинуватих ґрунтів, а також ґрунтів із включеннями крупних глиб і валунів. На спеціальних розпушувачах з великою глибиною розпушення зуби кріпляться жорстко.

Залежно від умов використання форма розпушувальних зубів може бути зігнута, напівзігнута, рівна. Зуби, що мають зігнуту форму (рис. 1.4, а) застосовують для розпушення ґрунтів на глибину до 0,8 м. Зуби з напівзігнутою формою (рис. 1.4, в) сприяють зменшенню самозаглиблення при значних рихленнях. Зуби рівної форми (рис. 1.4, б) універсальні і можуть застосовуватись

для роботи на різних ґрунтах. На рис. 1.4, наведені різні конструктивні рішення профілів розпушувачів.

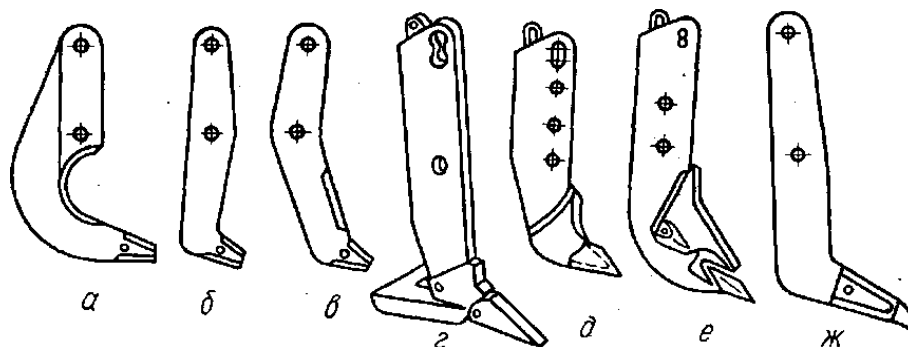
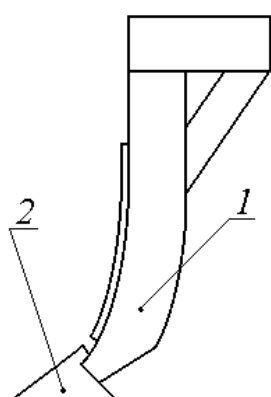


Рисунок 1.4 – Типи розпушувальних зубів: а – з вигином; б – рівні; в – з напівзігнутою формою; г – оснащені пятою; д – з змінною насадкою; е – з змінним долотом; ж – самозаглиблювальні.

1.3. Аналіз результатів патентного пошуку

У сучасному сільськогосподарському виробництві надають перевагу одностовбовим чизельним плугам ПЧ-3; ПЧ-5, головне завдання яких полягає у безвідвальному поглибленні ґрунту та руйнуванні ґрунтової підшви, утвореної багаторічною оранкою на сталу глибину класичними плугами. Їх будова включає масивну раму, яка спирається на два опорні клеса, з допомогою яких регулюють глибину ходу розпушувачів у ґрунту. Для забезпечення максимально ефекту від процесу рихлення, розпушувачі встановлюють у шахматному порядку у два ряди, в другому ряді завжди на один робочий елемент більше, з метою забезпечення стабільності і рівноваги руху знаряддя. (рис. 1.5).

Якість кришення ґрунтових агрегатів ґрунторозпушувачем залежить від глибини його ходу, чим більша глибина рихлення, тим нерівномірніший склад ґрунтових грудок, із збільшенням глибини рихлення, їх розмір буде збільшуватись, найкрупніші грудки будуть ближче до поверхні ґрунту.



З метою вирівняти розміри грудок в процесі рихлення, науковці і конструктори вдаються до різних модернізацій існуючих уже знарядь, з метою покращити їх якість роботи. Прикладом може служити розпушувач ПЧ-5, його

особливістю є модернізований стояк, що дозволяє частково зменшувати тягові опори.

Рисунок 1.5 - Схема чизельного розпушувача ПЧ-5: 1 – стовба; 2 – клиноподібна лапа.

Ще один спосіб покращити кришення ґрунту запропонували в конструкції RZ-2.7 (рис. 1.6). Для цього на робочій частині стовби закріпили додаткові пера шириною 330 мм, завдання яких полягає у сприянні інтенсифікації процесу кришення. На жаль крім ускладнення конструкції бажаного ефекту досягнути не вдалося. Єдине чого досягнули, це переміщення ґрунтових агрегатів у підорному шарі, чим збільшили час їх стабілізації.

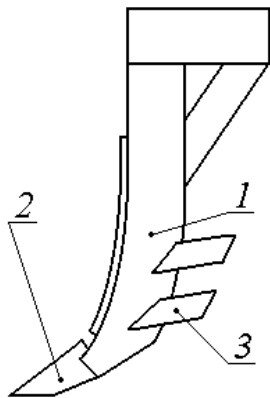


Рисунок 1.6 - Схема чизельної лапи RZ-2.7:
1 – стовба; 2 – клин; 3 – пера.

Ряд закордонних фірм у своїх розробках пробували забезпечити динамічне руйнування нижніх шарів ґрунту, з допомогою використання вібрації для приводу розпушувача WS-2 (рис. 1.7). Його особливість у використанні вібраційног долота, що сприяє забезпечення кращого руйнування ґрунтових агрегатів при менших тягових опорах на глибинах до 0,8 м.

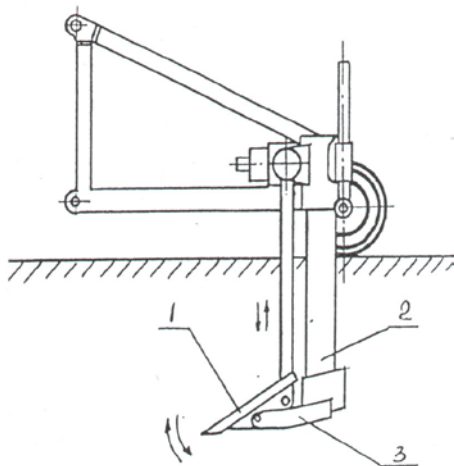


Рисунок 1.7 - Схема вібраційного розпушувача: 1-зубило; 2-стовба; 3– пята.

Вказані шляхи модернізації сучасних розпушувальних знарядь, на жаль не дали бажаного ефекту. В одному випадку значно ускладнилась конструкція розпушувача, в іншому зменшилась надійність, зросла металоємність та ін.

Висновки

1. Дослідження шляхів зниження енергоємності та покращення роботи чизельних розпушувачів ґрунтів, які широко використовуються в агропромисловому комплексі, є доцільними та актуальними.

2. Основним завданням аналізу є дослідження складових тягових опорів ґрунторозпушувача, які є одними з головних характеристик процесу і заслуговують на подальші дослідження в конструкторському і теоретичному аспектах.

3. Проведений аналіз існуючих ґрунторозпушувальних знарядь, де можливість зробити висновок, що одним з напрямків покращення кишення ґрунту знаряддями даного типу, є їх модернізація, що дозволить пошарове кришення агрегатних шарів.

2. ОПОРИ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЧИЗЕЛЬНИХ ЗНАРЯДЬ

2.1. Метод дослідження тягових опорів

Визначаючи тягові опори ґрунтообробних машин або зусилля, що виникають на гаку енергетичного засобу використовують формулу [16]

$$P = K_0 \cdot a \cdot b,$$

де K_0 – тяговий опір на гаку трактора, $K_0=20...130$ кПа;

a – глибина обробітку ґрунту, м;

b – ширина ґрунту, що обробляється знаряддям за один прохід, м.

Залежність видає значну похибку, адже в ній не прийнято до уваги швидкісні показники ґрунтообробного знаряддя, його маса, особливості конструкції рихлячи елементів. Для значних глибин роботи ґрунтообробних знарядь дана залежність дає менші похибки і суттєву для малої глибини обробітку. Для плуга з п'ятьма корпусами для $a = 25$ см, похибка складає приблизно 20 %, а для $a = 10$ см похибка вже становить 60 %.

Для наших розрахунків використаємо формулу, що враховує механічні властивості ґрунтів і конфігурацію робочої поверхні знаряддя [11].

$$P = f \cdot G + m \cdot \delta \cdot a \cdot b, \quad (2.1)$$

де f – коефіцієнт тертя лемешів об ґрунт;

G – вага машини, т;

m – експериментальний коефіцієнт що враховує форму леміша, $m=0,016...0,13$;

δ – міцність ґрунту, кПа;

a, b – глибина і ширина роботи ґрунтообробного засобу, см.

Аналізуючи роботу ґрунтообробних знарядь, вченими було встановлено, що сумарний тяговий опір плуга складається з трьох опорів різних складових:

$$P = P_1 + P_2 + P_3. \quad (2.2)$$

Де P_1 зусилля, що затрачається на подолання шкідливих опорів:

$$P_1 = f \cdot G, \quad (2.3)$$

де f – коефіцієнт, що затрачається на перекочування коліс енергетичного засобу;

G – вага енергетичного засобу разом з ґрунтообробним знаряддям, t .

P_2 опори, обумовлені деформацією шару ґрунту.

$$P_2 = k \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (2.4)$$

де k – кінематичний показник опору ґрунту, H/m^2 ;

n – кількість корпусів, *шт.*

P_3 опори, пов'язані з підрізанням та перекиданням пласта ґрунту. Звідси отримаємо формулу для визначення P_3 :

$$P_3 = \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2, \quad (2.5)$$

де V – швидкість на якій відбувається оранка, m/c ;

ε – швидкісний коефіцієнт, на який впливає робоча форма плуга, а також враховуються властивості орного шару, $H \cdot c^2/m^4$.

Рівняння сумарного тягового опору плуга набере вигляду:

$$P_3 = f \cdot G + k \cdot a \cdot b \cdot n + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2. \quad (2.6)$$

За допомогою даної формули можна визначити сумарний опір ґрунтообробного агрегату.

Для розрахунків деталей, вузлів і механізмів використовують максимальні значення розрахованого сумарного опору знаряддя. Щоб врахувати вплив неоднорідності ґрунту на сумарний тяговий опір знаряддя, у виразі (2.6) вводиться поправочний коефіцієнт Θ :

$$P_{розр} = \Theta \cdot (f \cdot G + k \cdot a \cdot b \cdot n + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot n \cdot V^2). \quad (2.7)$$

В міру того, як робоча ширина ґрунтообробного знаряддя зростає, значення коефіцієнт Θ зменшується з 2 до 1,3.

2.2. Аналіз тягових опорів ґрунтопоглиблювача

Для глибокого чизельного обробітку ґрунту, переважно використовують ґрунтопоглиблювачі оснащені долотоподібним клином з гладкою поверхнею, що забезпечує підрізання пласта ґрунту і часткове його переміщення. В деяких випадках клин можуть доукомплектовувати стрільчастими відкрilками, що сприяє більш інтенсивному розпушенню та перемішуванню, нижніх шарів ґрунту. Ця особливість закладена в конструкції чизельних знарядь.

Для розрахунку тягового опору ґрунтообробного знаряддя для пошарового розпушування ґрунту стосовно нового робочого органу використовуємо вирази [16]:

$$P_k = f \cdot G + (K + \zeta \cdot \vartheta^2) \cdot F_k, \quad (2.8)$$

де P_k – тяговий опір ґрунтопоглиблювача, H ;

f – коефіцієнт, що враховує ґрунтові опори;

K – коефіцієнт, що враховує опірпласта;

ζ – коефіцієнт, що враховує форму розпушувача;

ϑ – робоча швидкість різання ґрунту, m/c ;

F_k – поперечний переріз розрихленого шару, m^2 ;

Щоб визначити площу поперечного перерізу розпушеного ґрунту використаємо формулу:

$$F_k = a \cdot B_k - \frac{1}{4} \cdot (n - 1) \cdot (M - b)^2, \quad (2.9)$$

де B_k – робоча ширина розпушувача, m ;

n – кількість чизелів.

a – робоча глибина, cm ;

b – відстань між чизелями на рамі, cm ,

M – відстань між паралельно розташованими розпушувачами, m .

Використовуючи чизель для нарізання щілин використаємо залежність:

$$\frac{M - b}{a} > 2. \quad (2.10)$$

В такому випадку бокові деформації у ґрунті для довільного значення його глибини обробітку заданої глибини обробки не перетинаються, а для визначення площі поперечного перерізу розпушеного ґрунту використаємо формулу:

$$F_k = a \cdot B_k - (n - 1) \cdot (M - b - a) \cdot a. \quad (2.11)$$

Загальний вираз тягового опору ґрунтопоглиблювача на граничній робочій глибині матиме вид:

$$P_k = f \cdot G + (K + e \cdot g^2) \left[a \cdot B_k - \frac{1}{4} \cdot (n - 1) \cdot (M - b^2) \right]. \quad (2.12)$$

2.3. Результати теоретичних досліджень

Для розрахунку тягового опору ґрунтопоглиблювача на граничній робочій глибині застосуємо формулу (2.12). Провівши аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень робимо висновок, що вони є автентичні.

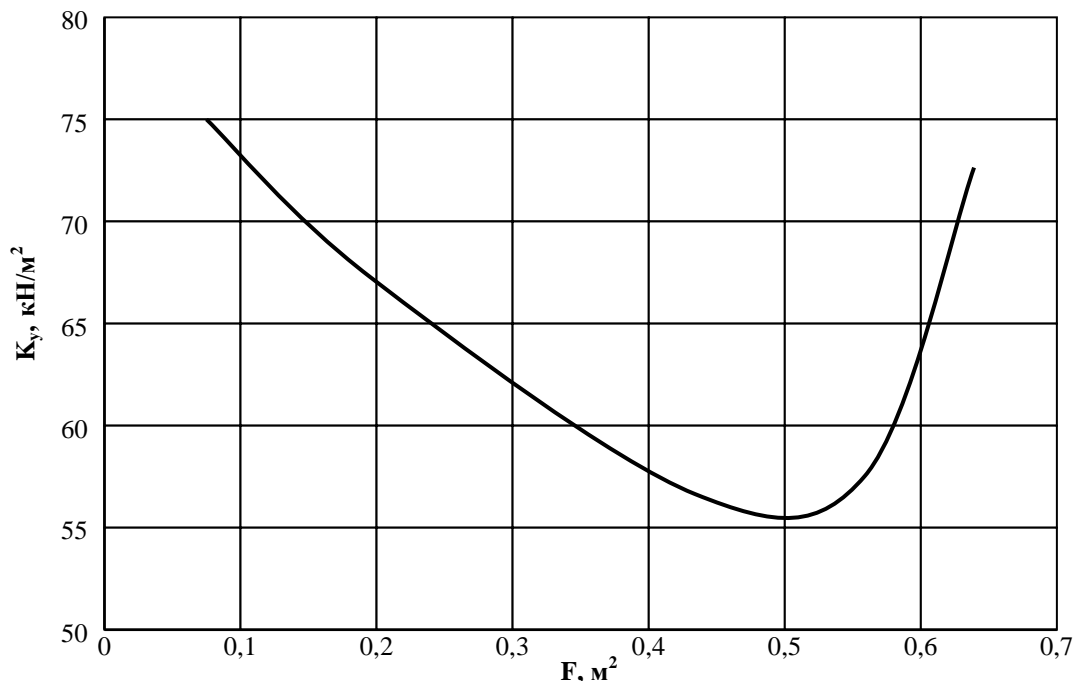


Рисунок 2.1 - Залежність питомого опору розпушувача від площі перетину зони різання.

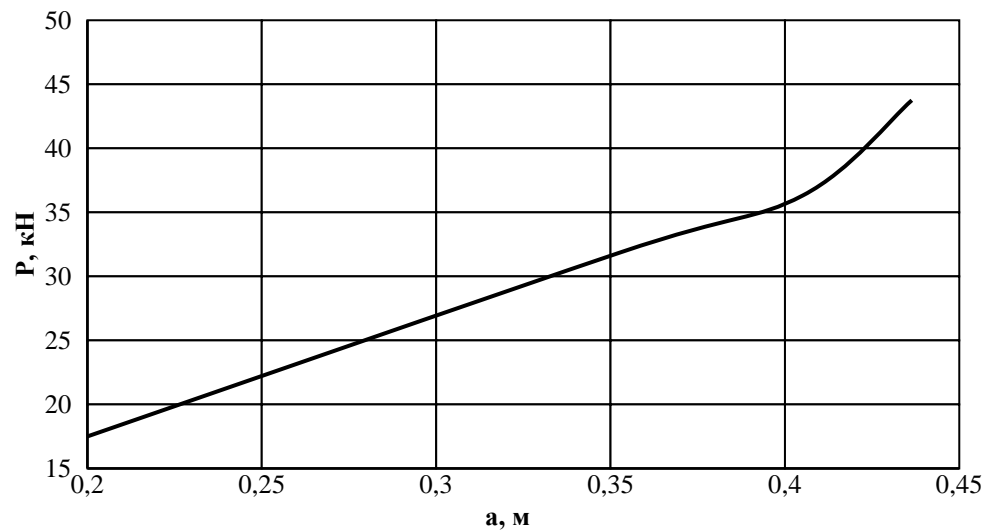


Рисунок 2.2 - Зміна опору розпушувача від зони рихлення.

Згідно рис. 2.1 бачимо, що тяговий опір ґрунту, досягає мінімальних значень у межах площі перетину зони різання $0,4...0,55 \text{ м}^2$, згідно рис. 2.2 і збільшенням зони рихлення прямо пропорційно зростають опори. Критична глибини рихлення становить $0,37...0,43 \text{ м}$. На більших глибинах опори рихленню сильно зростають.

З рис. 2.3 видно що, тяговий опір ґрунторозпушувача для різних глибини розпушення змінюється по ломаній лінії, це пояснюється тим, що ґрунт на різних глибинах характеризується різними властивостями (2.13). При цьому спостерігається вплив робочої швидкості на інтенсивність росту тягового зусилля, із збільшенням швидкості, інтенсивність зростає.

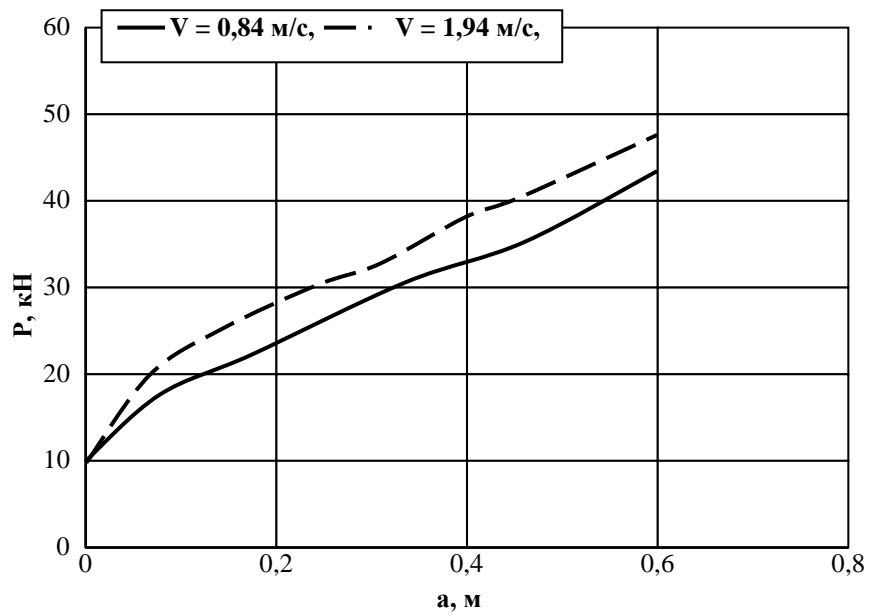


Рисунок 2.3 - Залежність тягового зусилля розпушувача від глибини різання при різних робочих швидкостях

Висновки

1. На основі проведеного аналізу встановили, що опори, які виникають в процесі впливу розпушувача на шар ґрунт змінюються за лінійною залежністю до певної граничної зони рихлення 38 см. Із збільшенням глибини рихлення опори різко зростають, це пояснюється тим, що чизель починає працювати в зоні високоміцного шару ґрунту, який попередньо не оброблявся.

2. Із зростанням робочих швидкостей роботи ґрунтообробного агрегату з 3 до 6,2 км/год його опори на глибині 0,2 м зростуть на 13,2%, а для 0,36 м зростуть на 17,5%. Це свідчить, що зміна швидкості ґрунтообробного знаряддя має суттєвий вплив при глибокому обробітку ґрунту.

3. Чим глибший обробіток ґрунту, тим більше зростає тяговий опір ґрунтообробного знаряддя.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Програма експериментальних досліджень

Метою експериментальних досліджень була перевірка та обґрунтування конструктивних параметрів ґрунтопоглиблювача для розпушування ґрунту. Щоб вирішити поставлені питання необхідно виготовити експериментальну установку для проведення польових досліджень, а також дослідити основні механіко-технологічні властивості середовища в якому це обладнання буде працювати.

У нашому випадку досліджуване середовище, це шар ґрунту на глибині до 1 м його властивості напряму залежать від механічного складу, вологості та глибини залягання. В роботі пропонується дослідити наступні моменти:

- обґрунтування конструктивної схеми установки для дослідження робочих органів ярусного глибокорозпушувача.

- дослідити вплив конструктивних параметрів робочих органів ярусного глибокорозпушувача на протікання технологічного процесу розпушення ґрунту, та зміну енергозатратності процесу;

- розробка і аналіз математичної моделі технологічного процесу глибокого пошарового розпушування ґрунту та вибір оптимальних конструктивних параметрів розпушувача і якості виконання технологічного процесу.

3.2. Методика експериментальних досліджень

Для отримання оптимальних результатів, дослідження проводились у два етапи. Перша серія дослідів проводилась у лабораторних, максимально наближених до реальних, під час цих досліджень визначали вологість, твердість та коефіцієнти об'ємного зминання ґрунту для різни ґрунтових поясів. Ґрунтові пояси вибирали в залежності від глибини взяття проб, перший на глибині 20 см, другий 40 см, третій 60 см, четвертий 80 см. Дослідження властивостей ґрунтів на більших глибинах не враховували, вважаючи це недоцільним, адже глибина

проникнення кореневих систем рослин у ґрунт на такі глибини мінімальна, а отже і покращувати його структуру на такій глибині не має змісту.

В лабораторних умовах також досліджувалась вологість ґрунту. Зміна вологи суттєво впливає на несучу здатність ґрунтів. Досліди проводили у 10 кратній повторності, щоб отримати коефіцієнт варіації у межах 0,83-0,85, для достовірності результатів.

Щоб визначити абсолютну вологість ґрунту, брали зразки з різних ґрунтових ярусів, поміщали к сушильні контейнери і використовували метод гарячого висушування у спеціальній сушильній шафі. Перед висушуванням наважку ґрунту попередньо зважували на електронних вагах, потім цю операцію повторювали після певного періоду сушіння і до тих пір поки вага наважки не починала залишатись незмінною. Отримані результати підставляли у формулу 3.1.

$$W_a = \frac{M_b - M_c}{M_c}, \quad (3.1)$$

де M_b - маса наважки з вологим ґрунтом, г;

M_c - маса наважки висушеного ґрунту, г.

Вологість ґрунту напряму впливає на його твердість. Твердість ґрунту, це його здатність чинити опір прикладеним зусиллям, що безпосередньо і відбувається коли долото ґрунторозпушувача вступає з ним в контакт. Основним показником від якого залежить твердість ґрунту, це є його процентний вміст «фізичного піску» і «фізичної глини». Переважаючий вміст того чи іншого компонента відповідно буде утруднювати або полегшувати обробіток ґрунту. Ґрунти, що містять значну кількість «фізичної глини», більше 50 %, вважаються важкими, а ті що менше 50%, середньо легкими і легкими.

Для визначення твердості ґрунту використовують прилади розроблені В.П. Гарячкіним і Ю. Ю. Ревякіна. Оба вони працюють за принципом вмінання плунжера певного діаметру у ґрунт і фіксації прикладеного зусилля (рис.3.1).



Рисунок 3.1 - Твердомір

Твердомір В.П. Гарячкіна відноситься до категорії механічних вимірювальних приладів. Конструкція проста і надійна у використанні, використовується для дослідження механічних властивостей ґрунту у верхніх шарах пласта на либині до 1 м. Для вимірювань вибирають найбільш характерні ділянки притаманні даному ландшафту регіону. Випробування проводять 30 кратній повторності. Отримані результати обробляють з допомогою спеціальних формул.

Прилад складається з двох основних частин: нерухомої до складу якої входить масивна рама, фіксатор і в нижній частині рами розташована упорна плита, до бокової штанги рами кріпиться металева пластина, до якої прикріплений міліметровий папір; до складу рухомої частини відноситься плунжер закріплений у нижній частині упора з'єднаного з направляючими та через пружину з важелем для прикладання зусиль. Робочий процес твердоміром здійснюється наступним чином, він встановлюється на досліджуваній ділянці ґрунту, нижня платформа нерухомої рами щільно притискається до його поверхні, через важіль дослідник передає зусилля через упор на плунжер, який

під прикладеним зусиллям заглиблюється у ґрунт і його вминає. Дане зусилля і переміщення штока плунжера фіксується на міліметровому папері з допомогою самописця і паралелограмного механізму. Отримані результати обробляються і заносяться у розрахункові формули (3.2).

$$\delta = \frac{F_{np}}{S}, \quad (3.2)$$

де F_{np} – прикладене зусилля, Н;

S – площа плунжера, що відповідає площі мм^2 .

Результати отримують опрацювавши діаграму (рис.3.2).

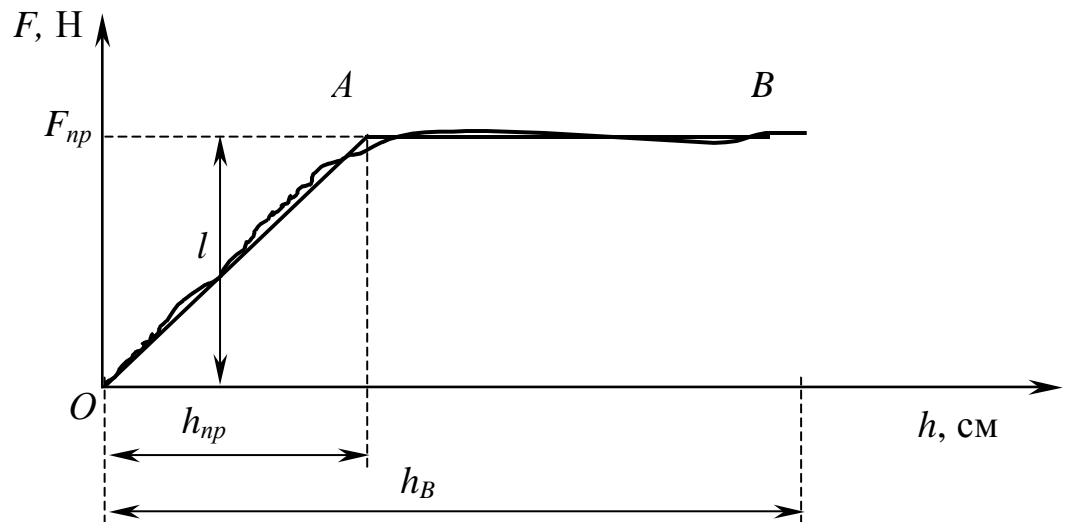


Рисунок 3.2 – Діаграма залежності величини деформації ґрунту від прикладеного зусилля

Для розрахунку твердості ґрунту і його коефіцієнта об'ємного зминання використовують наступні залежності:

1) – поперечне січення штока плунжера, в см^2 ;

$$S = \frac{\pi d^2}{4}, \quad (3.4.)$$

2) - об'єм витсненого ґрунту, см^3 ;

$$V = Sh, \quad (3.5)$$

3) – жорсткість пружини твердоміра отримана методом тарування;

$$F_{np} = ql, \quad (3.6)$$

4) - твердість досліджуваної ділянки ґрунтового шару, H/cm^2 ;

$$\delta = \frac{ql}{S}, \quad (3.7)$$

5) - коефіцієнт об'ємного зминання ділянки ґрунтового шару, H/cm^3 .

$$C = \frac{ql}{Sh}, \quad (3.8)$$

Результати досліджень подаємо у вигляді табличних значень.

3.3. Дослідження якості роботи ґрунторозпушувача

Щоб оцінити якість роботи ґрунтоподрібнювача для поярусного обробітку ґрунту, випробування відбувались на другому рвні досліджень, а саме в польових умовах, максимально наближених для роботи чизельних робочих органів. Перш ніж запустити техніку, здійснили відбір проб ґрунту, щоб в подальшому можна було дослідити, як змінюється тяговий опір агрегата, та його робочих показників від зміни механічного стану і вологості ґрунтового шару, ділянки відру проб наведені нарис. 3.3.

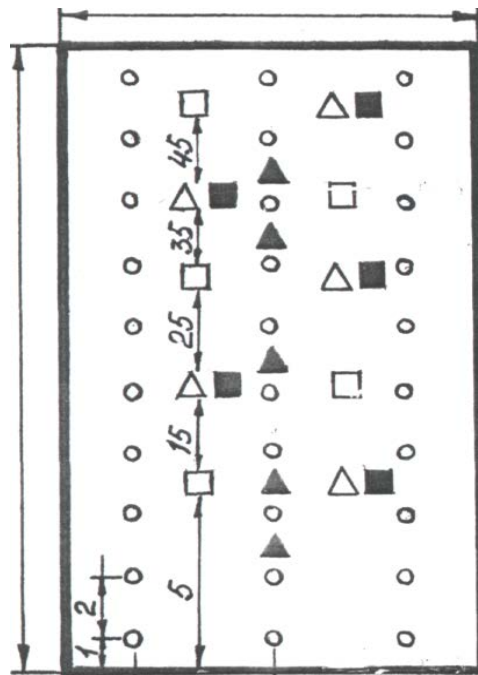


Рисунок 3.3 - Схема досліджуваної ділянки поля з відмітками брання проб:

- – точка заміру глибини розпушення; □ – зона заміру розпушування; Δ - зона дослідження твердості ґрунтів; ■ – зона досліджень вологості; ▲ - зона пошкодження стерні.

В процесі експериментальних досліджень робочу швидкість ґрунтопоглиблювача брали в межах 8,5 км/год:

$$V = 3,6 \frac{S}{t}, \quad (3.9)$$

де V – робоча швидкість агрегату, км/год;

S – довжина залікової ділянки, м;

t – час проходження залікової ділянки, с.

Тяговий опір агрегату при пошаровому його обробітку досліджували з допомогою тягового динамометра попередньо протарованому на тарувальному стенді.

Під час динамометрування с.-г. машин тяговий електричний динамограф встановлюють між трактором і ґрунтопоглиблювачем. В процесі роботи ґрунтообробного агрегату корпус динамографа працює на розтяг. Одночасно деформуються датчики, міняється їх січення, а відповідно і опір. Згідно першого закону Ома буде змінюватись і величина сили струму. Дана зміна фіксується осцилографом.

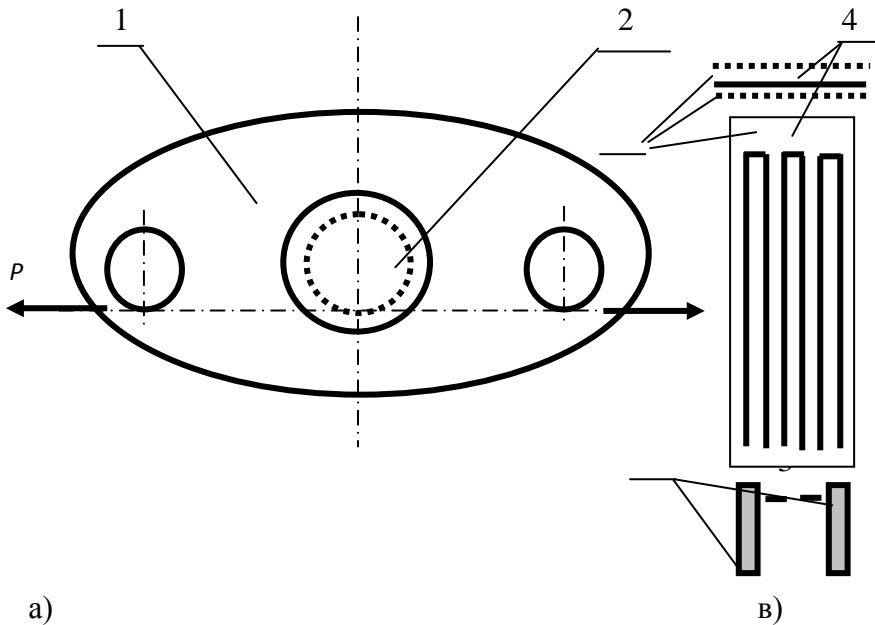
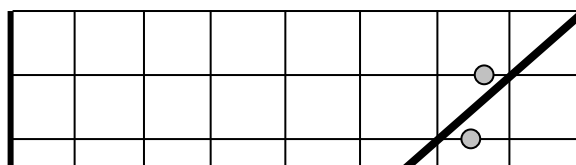
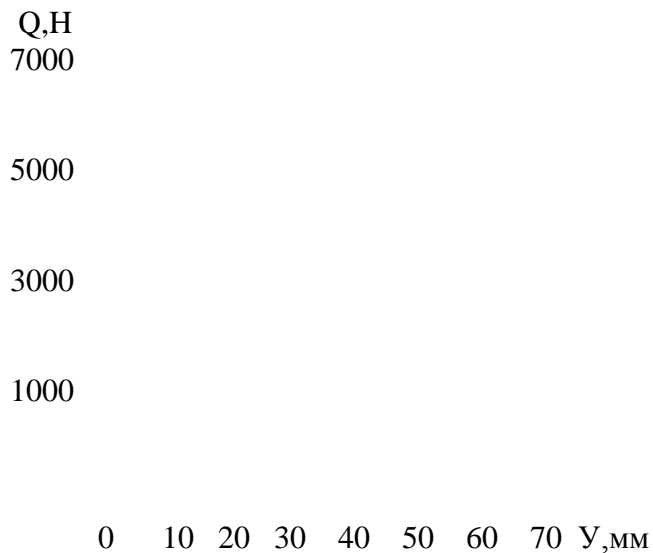


Рисунок 3.4 - а) Тензометрична ланка. в) фольговий датчик 1-пружина; 2-датчик; 3-провідник; 4-вимірювальний датчик





а) характеристика динамометра.

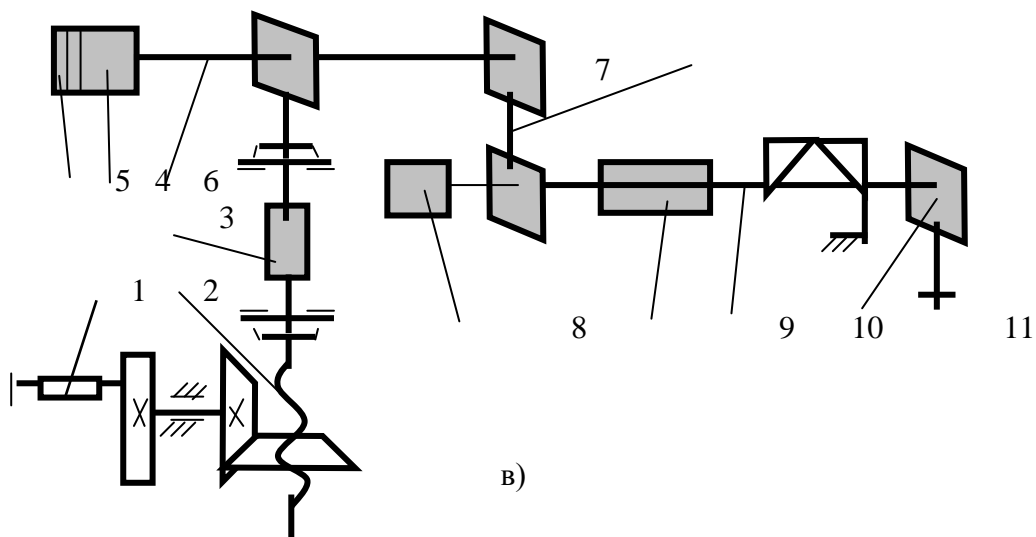


Рисунок 3.5 - Принципова схема тарувальної установки: 1-рукоятка гвинта; 2-гвинт; 3-динамограф; 4-велика противага; 5-знімна частина противаги; 6-важіль; 7-тяга; 8-мала противага; 9-повзун; 10-важіль; 11-терезотримач.

Для отримання величини тягового опору ґрунтопоглиблювача осцилограму необхідно обробити, визначають середнє значення ординати, мм (Y_{cp}). Взначивши масштаб електричного динамографа δ Н/мм, ціну його полілки при певному навантаженні, визначаємо Q тяговий опір агрегату Q :

$$Q = \delta Y_{cp} . \quad (3.10)$$

Між зусиллям і деформацією пружини існує лінійна залежність. Для технічних розрахунків приймається, що поки тертя немає значного впливу на величину масштабу.

Щоб оцінити ефективність подрібнення ґрунту за ярусним розпушувачем запропонованої конструкції здійснюємо вибірку восьми ділянок розпушення по ходу агрегату. Щоб оцінити ступінь розпушення ґрунту використовували дерев'яну рамку з довжиною граней 0,7х0,7 м, з внутрішньою площею 0,49 м², в середині рамки здійснювали виїмку ґрунту надсліджувани глибину розпушення.

Агрегатний склад ґрунтових компонентів розбиваємо на класи: 150 мм, 150...100 мм, 100...50 мм і менше 50 мм. Причому, спочатку вибираємо крупні грудки, потім ґрунт просіваємо на спеціальному наборі решіт з діаметрами отворів менше 50 мм, 100 і понад 150 мм [17]. Решета в наборі розташовуємо у порядку зменшення отворів. Ґрунт фракції менше 50 мм просіваємо на дно набору решіт (Рис. 3.6).



Рисунок 3.6 – Загальний вигляд ґрунтового класифікатора ГК-8

4. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Методи експериментальних досліджень

Здійснення глибокого розпушування ґрунту передбачається агрегатом, який включає трактор тягового класу 30 *кН* та розроблений глибокорозпушувач для пошарового розпушування ґрунту, робочі органи якого встановлено у три ряди (рис. 4.1).

Першим рядом робочих органів глибокорозпушувача є долотоподібні лапи з стрільчастими вікрilками і регулятором глибини обробітку ґрунту від 10 до 20 *см*.

Другим і третім рядом є долотоподібні робочі органи. Робочі органи другого ряду можуть міняти своє положення як, за шириною розташування, так і за довжиною (на рамі машини) відносно першого ряду робочих органів, які можуть міняти своє положення лише за шириною розташування. Третій ряд робочих органів здійснює глибокий обробіток ґрунту 45...50 *см*, і може змінювати своє розташування відносно другого ряду за довжиною ґрунтообробного агрегату.

В процесі пошарового обробітку ґрунту, робочі органи першого ряду встановлюють на глибину рихлення 15...25 *см*. Відстань в ряді між лапами вибирається таким чином, щоб не утворювалось мертвих зон в процесі роботи, зони рихлення повинні забезпечувати перекриття, відстань між лапами приймають в межах 0,4 м. Другий ряд ґрунтопоглиблювачів встановлюють таким чином, щоб вони рихлили не обробляні ділянки ґрунту, зона їх деформації буде значно ширшою, адже вони працюють на значно більшу глибину 25...35 *см*. Опір, що буде виникати в процесі роботи другого ряду є у двічі меншим, ніж при роботі звичайного розпушувача, адже другий ряд лап буде переміщатись по ділянках частково оброблених першим рядом. Третій ряд ґрунтопоглиблювачів довершає роботу, він до подрібнює залишки брил та грудок утворених першим та другим рядами і додатково здійснює розпушення підорного шару на глибину 35...45 *см*. Остаточного використання пошарового обробітку дозволяє досягнути наступних переваг: відбувається рівномірне розрушення на всю оброблювану глибину, у тричі зменшується кількість великих брил та грудочок, затрати

потужності зменшуються із за відсутності бокового защемлення стовби ґрунторозпушувача. Відстань між всіма чизелями вибирають у таких межах, щоб не утворювалось необроблених ділянок ґрунту і відповідно не відбувалось забивання кріпильних елементів рослинними рештками, та ґрунтовими брилами, процес розпушення повинен відбуватись деблоковано з мінімальними енергозатратами.



а)



б)

Рисунок 4.1 – Дослідний зразок польового агрегату:

а) загальна будова ґрунторозпушувача; б) денaмометр з обладнанням.

Для вимірювання робочого зусилля на навісці трактора Т-150 використовували електричний динамометр ДЕ-2,5 дванадцятиканальний осцилограф К12 (рис. 4.2). Для фіксації навантажень, що виникали в процесі розпушення на навісці трактора використовували механічний самописний прилад СМ-5 (рис. 4.3)



Рисунок 4.2 – Обладнання для фіксації зміни навантажень на навісці трактора.



Рисунок 4.3 - Тарувальний стенд для тарування механічного динамометра

На рснові результатів отриманих дослідни шляхом, мож на стверджувати, що використання пошарового розпушення покращує відновлення структури ґрунту, дає можливість при порівняно незначних енергозатратах здійснювати рихлення ущільнених ґрунтів на глибину до 50 см. Використання розпушувача з пошаровим рихленням ґрунту створить умови для:

- зменшення навантаження на гаку енергетичного засобу під час роботи розпушувача;

- покращить агрофізичні властивості ґрунту, тобто умови роботи ґрунтообробних машин;
- дасть можливість зекономити паливо мастильні матеріали, як на виконанні операції розпушування ґрунту так і на подальших операціях його обробітку;
- стати ефективним засобом забезпечення необхідних технічних показників роботи землерийних машин.

4.2. Результати експериментальних досліджень

План експериментів вибирали наступний. Для побудови математичної моделі, технологічного процесу глибокого пошарового розпушування ґрунту, оцінки ступеню впливу окремих факторів та їх взаємодія на якісні показники, пошук оптимальних значень основних його параметрів, потрібно було проведення багатофакторного експерименту. Для його реалізації було використано методика Бокса-Бенкіна для проведення трьох факторного експерименту, який містить в ортогональній частині повний факторний експеримент, досліді на зіркових точках, і в центрі плану на нульовому рівні.

Параметрами оптимізації в дослідженнях є:

- Y_1 – показник якості розпушення ґрунту у шарі 0...20 см;
- Y_2 – показник ступеня збереження рослинності %;
- R_x – питомий тяговий опір робочих органів, $кН/см^2$.

План експерименту та інтервали варіювання факторів вибрано виходячи з попередніх досліджень та розрахунків та подано в табл. 4.2, 4.3.

Постійні параметри у експериментальних дослідженнях (рис. 4.4) наступні:

- глибина розпушування першого ряду чизельних робочих органів – 250 мм;
- глибина розпушування другого ряду робочих органів розпушувача – 350 мм;
- глибина обробітку третього ряду робочих органів – 450 мм.

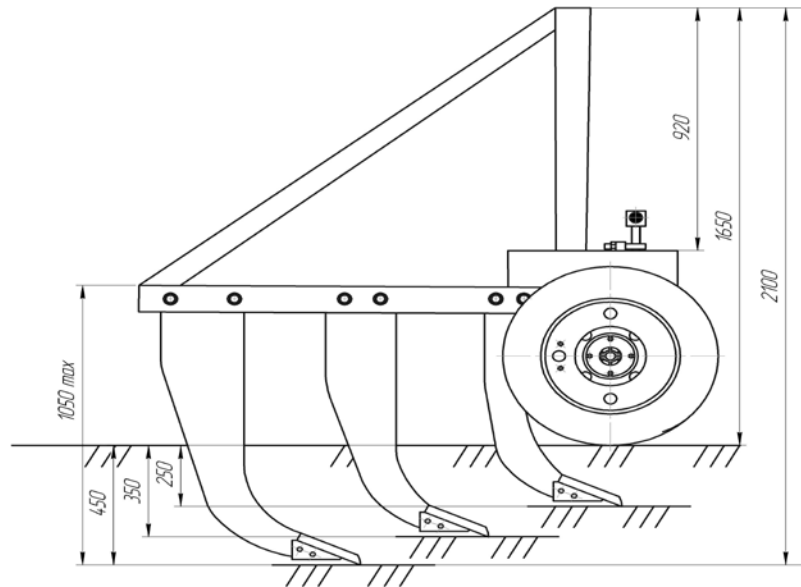
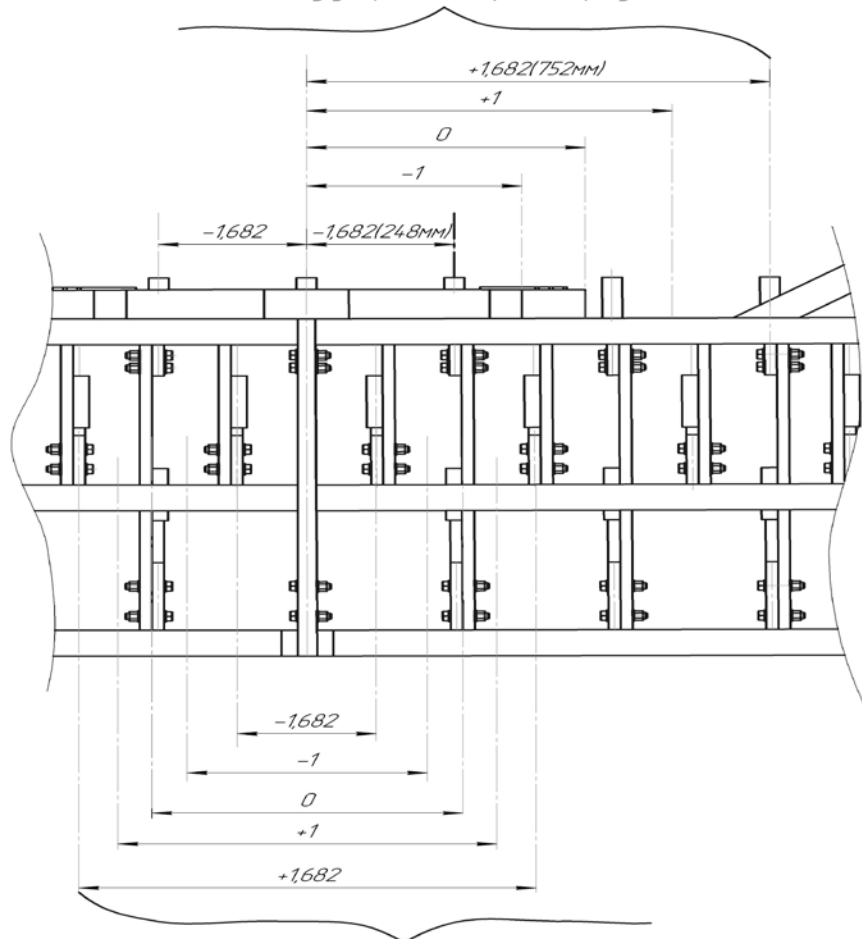


Рисунок 4.4 - Схема розташування робочих органів I,II і III рядів по глибині обробітку

Відстань між робочими органами по ширині захвату у першого та третього ряду



Відстань між робочими органами по ширині захвату у другого ряду

Рисунок 4.5 - Схема розташування робочих органів і рівні варіювання для I,III і II рядів за шириною захвату

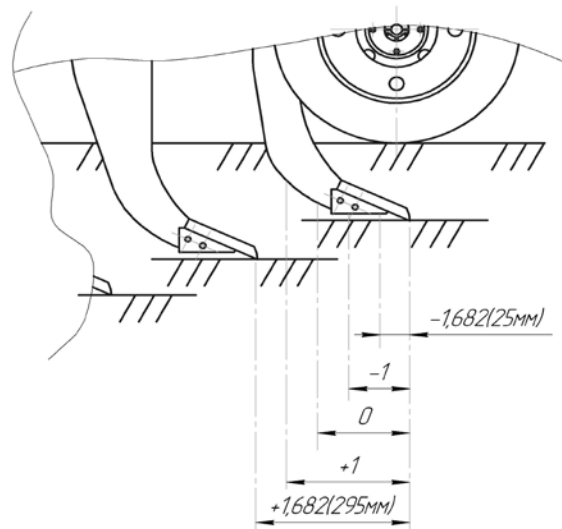


Рисунок 4.6 - Схема розташування робочих органів II ряду і рівні варіювання у відношенні до першого ряду

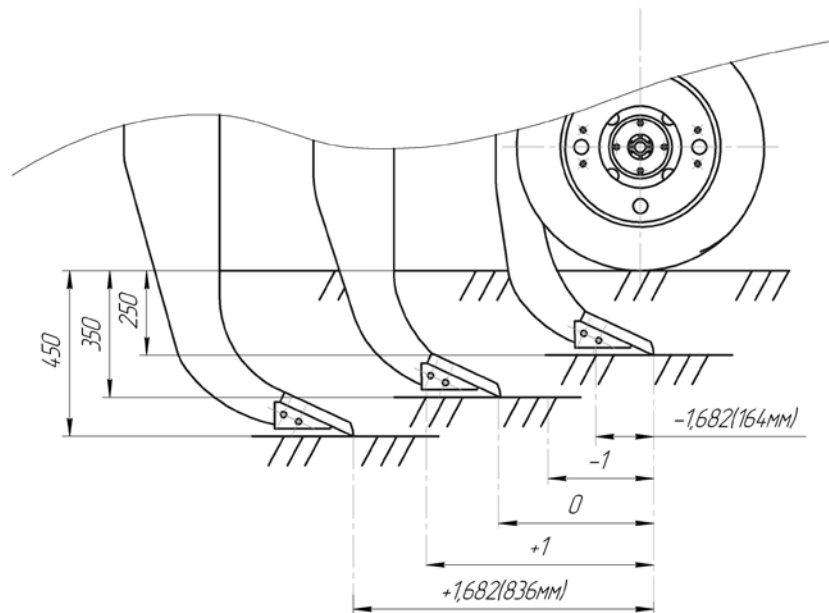


Рисунок 4.7 - Схема розташування робочих органів III ряду і рівні варіювання у відношенні до першого ряду

Відстань між робочими органами в другому та третьому рядах за шириною захвату відповідає плану проведення експерименту і повністю відповідає відстані між робочими органами в першому ряду (рис. 4.5).

Відстані розташування робочих органів II ряду і рівні варіювання у відношенні до першого ряду (рис. 4.6) та робочих органів III ряду і рівні варіювання у відношенні до першого ряду (рис. 4.7) відповідають плану проведення експерименту.

Таблиця 4.2 – Варіювання факторів на різних їх рівнях

№ п/п	Варіювання факторів на різних їх рівнях	Фактори		
		Відстань між рядами робочих органів першого, другого та третього ряду, мм (Рис. 4.6)	Відстань між робочими органами другого ряду у відношенні до першого по ходу руху знаряддя, мм (Рис. 4.7)	Відстань між робочими органами третього ряду у відношенні до першого по ходу руху знаряддя, мм (Рис. 4.8)
1	Кодове позначення	X_1	X_2	X_3
2	Нульовий рівень $X = 0$	500	160	500
3	Інтервал варіювання	150	80	200
4	Верхній рівень $X = +1$	650	240	700
5	Нижній рівень $X = -1$	350	80	300
	Зіркові точки $X = +1,682$ $X = -1,682$	752 248	295 25	836 164

Таблиця 4.3 - Матриця математичного планування та середні значення результатів експериментів за питомим опором

Варіанти	Змінні фактори						F, м ²	R _{11Пит} , Н/м ²	R _{12Пит} , Н/м ²	R _{13Пит} , Н/м ²	R _{1Пит СР} Н/м ²
	X ₁		X ₂		X ₃						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	+1	650	+1	240	-1	300	0,45	24,2	23,8	23,7	23,9
2	+1	650	+1	240	+1	700	0,45	28,6	29,1	29,3	20,0
3	+1	650	-1	80	-1	300	0,45	26,7	26,3	26,89	26,6
4	+1	650	-1	80	+1	700	0,45	27,1	27,4	27,8	27,4
5	-1	350	+1	240	-1	300	0,24	23,5	23,0	23,6	23,4
6	-1	350	+1	240	+1	700	0,24	25,4	26,1	25,8	25,8
7	-1	350	-1	80	-1	300	0,24	27,5	28,2	29,3	28,3
8	-1	350	-1	80	+1	700	0,24	26,3	26,1	26,8	26,4

9	-1,682	248	0	160	0	500	0,17	18,7	18,1	18,5	18,5
10	+1,682	752	0	160	0	500	0,52	28,9	28,1	28,2	28,4
11	0	500	-1,682	25	0	500	0,34	21,8	22,1	21,4	21,8
12	0	500	+1,682	295	0	500	0,34	22,4	22,6	22,1	22,3
13	0	500	0	160	-1,682	164	0,34	19,2	19,5	19,6	19,4
14	0	500	0	160	+1,682	836	0,34	20,8	21,3	21,6	21,2
15	0	500	0	160	0	500	0,34	24,8	24,1	24,0	24,3
16	0	500	0	160	0	500	0,34	23,5	23,7	24,3	23,9
17	0	500	0	160	0	500	0,34	24,9	24,1	23,8	24,3
18	0	500	0	160	0	500	0,34	25,1	24,9	24,3	24,8
19	0	500	0	160	0	500	0,34	24,7	24,2	24,3	24,4
20	0	500	0	160	0	500	0,34	23,8	24,5	24,6	24,3

4.2.2. Результати другого етапу досліджень (польовий експеримент)

За результатами табл. 4.3 записуємо рівняння математичної моделі для визначення сумарного опору R_1 на гаку трактора ґрунторозпушувального агрегата. На основі рівняння математичної моделі (4.1) можна ступінь впливу кожного з факторів, зокрема процесу дозволяє оцінити характер впливу кожного з факторів на параметр оптимізації за ступенем розпушення R_1 :

$$R_1 = 24,2 + 1,4 \cdot X_1 - 0,4 \cdot X_2 + 0,6 \cdot X_3 + 0,5 \cdot X_1 \cdot X_2 + 0,6 \cdot X_1 \cdot X_3 + 1,1 \cdot X_2 \cdot X_3 + 0,6 \cdot X_1^2 + 0,16 \cdot X_2^2 - 0,4 \cdot X_3^2 \quad (4.1)$$

На (рис. 4.8) графіку представлена інтерпретація рівняння математичної моделі опору на гаку трактора поверхнею відгуку в області експерименту з її двомірними перетинами контурні лінії яких відповідають відповідним значенням параметра оптимізації при фіксованому значенні X_1 відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду за шириною захвату.

Результати наведених залежностей свідчать, що для сталого показника X_1 розташування ґрунтопоглиблювачів третього ряду у відношенні до першого за ходом руху агрегату $-X_3$, не має суттєвого впливу на тяговий опір на гаку енергетичного засобу. Набагато важливішим є розташування

грунтопоглиблювачів другого ряду до першого по ходу руху знаряддя X_2 , залежно, як буде змінюватись ця відстань $+1$, -1 буде змінюватись і опір на гаку ґрунтообробного агрегату, в межах $3,5 \text{ кН}$.

З графіка ми бачимо, що мінімальне значення тягового опору агрегату R_1 знаходиться за межами центру плану, а це свідчить, що ми не попали в зону деблокованого різання.

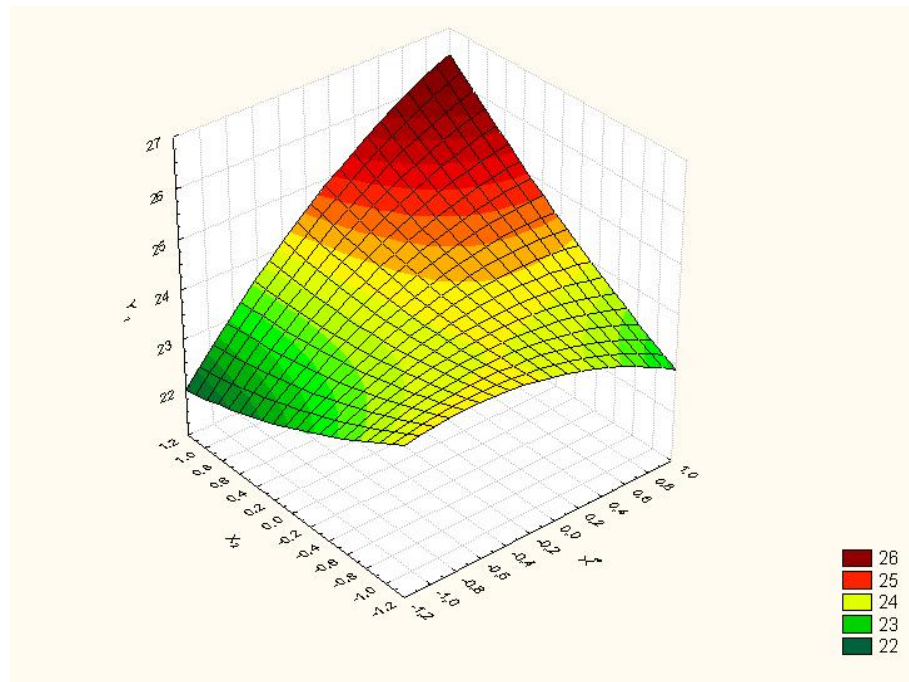


Рисунок 4.8 – Графічна залежність тримірних перетинів опорів R_1 : залежно від відстані між робочими органами другого ряду у відношенні до першого по ходу руху знаряддя X_2 та відстані між робочими органами третього ряду у відношенні до першого по ходу руху знаряддя X_3 при фіксованому значенні X_1 відстані між робочими органами першого, другого та третього ряду за шириною захвату на нульовому рівні.

Висновки

За результатами попередніх польових випробувань розпушувального знаряддя для пошарового розпушування ґрунту з використанням моделювання експерименту встановлено:

1. Залежно від відстані встановлення робочих органів, буде змінюватись тяговий опір агрегату, чим ця відстань менша, тим менший і опір.

2. На основі результатів польових досліджень можемо зробити наступні висновки, що розпушення ґрунту в активному шарі із збільшенням відстані між робочими органами погіршується, а із зменшенням – поліпшується, а ступінь збереження стерні на оборот, із збільшенням відстані між робочими органами, як за шириною так і по ходу машини – збільшується, а із зменшенням - зменшується.

3. Згідно результатів польових досліджень розпушувача для пошарового рихлення ґрунту, відстань між робочими органами в ряді не повинна перевищувати 0,4 м, а між рядами ця відстань повинна становити 0,35 м., що дозволить забезпечити максимально якісне рихлення ґрунту з мінімальними енергозатратами.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1 Аналіз процесів виникнення травм під час розпушування ґрунту

Процеси виникнення травм під час розпушування ґрунту можуть виникати у наступних випадках [13,14]:

- під час проведення обслуговування трактора і машини;
- під час комплектування машин у машинно-тракторний агрегат;
- під час поставлення машини на зберігання;
- під час роботи агрегату на майданчику.

Під час проведення обслуговування машин травми виникають у випадках коли:

- не встановлені захисні пристрої на обертових деталях машин;
- внаслідок контакту робітників з гострими кромками деталей;
- використання несправного інструменту;
- під час проведення обслуговування з працюючим двигуном, чи піднятим знаряддям.

Під час комплектування машин у машинно-тракторний агрегат травми виникають у випадках коли:

- у випадку несправності засобів сигналізації;
- обмежується оглядовість тракториста чи допоміжного робітника;
- під час проведення комплектування немає підставок на машини.

Під час вставлення машин на зберігання:

- у випадку коли для очищення машини немає потрібного обладнання та місця проведення;
- відсутність потрібних підставок.

Під час роботи агрегату в полі травми можуть виникати у випадках:

- раптових несправностей;
- неуважного керування агрегатом.

5.2. Моделювання процесів виникнення травм

Метод логічного моделювання процесів формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків [14] доцільно застосовувати для аналізу

існуючих або потенційних небезпек, що виявлені при обстеженні робочих місць, окремих марок машин, агрегатів, а також різних споруд, виробничих процесів і технологій. Але як показали дослідження. Будь-яка аварія або катастрофа може бути наслідком однієї із багатьох потенційних небезпечних ситуацій або їх поєднання. Тому метод логічного моделювання не може бути застосований для моделювання складних процесів, що імітують формування і виникнення складних аварій. Обчисленням рівня безпеки можна спрямувати удосконалення конструкції технічних засобів на зниження їх небезпек, а також вживати термінованих заходів для усунення небезпек з більш високим рівнем [13].

Метод "дерева" - "дерева" несправностей або "дерева" помилок оператора застосовують для аналізу складних систем. Аналіз умов обставин та причин різних аварій, виробничих травм та деяких катастроф показав, що процеси формування та виникнення цих явищ можна заздалегідь моделювати, застосовуючи метод побудови "дерева" відказів та помилок оператора людиномашинних систем у сільському господарстві. Так побудовані операторні або логіко-імітаційні моделі травм.

Основні принципи побудови моделі такі. Визначається виробництво, на якому мали місце раніше або можуть мати місце аварії, виробничі травми. Для побудови логіко-імітаційних моделей застосовують різні символи. Що характеризують ті чи інші події. Як правило побудова моделі починається з головної операції, а наступні розміщуються зверху вниз аж до базових подій.

Методикою оцінки рівня безпеки робочих місць, машин, виробничих процесів та окремих виробництв передбачено пошук об'єктивного критерію (показника) рівня безпеки для конкретного об'єкта. Для того, щоб оцінку рівня безпеки певного об'єкта чи явища запровадити на виробництві, необхідний простий і доступний метод обчислення значень ймовірностей будь-якого випадкового явища. Основні принципи того методу полягають у тому, що на основі обстеження робочого місця виявляють виробничі небезпеки аварійні та травмонезбезпечні ситуації. При оцінці ситуації визначають події, які можуть

стати головною подією при побудові логіко імітаційної моделі. Після цього будують модель ("дерево помилок і відказів оператора"). При цьому важливе значення має правильний вибір головної випадкової події. Головна випадкова подія в даному випадку – травма, модель якої побудована на (рис. 5.1.). Для побудови даної моделі ("дерева") травми використовували оператори "І" та "АБО", після цього виконую набір ситуацій, які призвели до цієї події, яку вибрано як головною, після визначення ситуації, що привела до травми визначаємо інші такі події, що входять до кожної такої ситуації. Процес побудови моделі триває поки не будуть здійснені усі базові події, що визначають межу моделі.

Після визначення ймовірностей всіх подій, починаючи з лівої нижньої гілки "дерева", позначаємо номерами всі випадкові події, що увійшли до даної моделі. Потім модель представляємо до математичного виконання ймовірностей випадкових подій. Застосовуючи формули [13].

1. Базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "І" входять у наступну третю подію. Тоді ймовірність виникнення цієї події P_3 можна визначити так:

$$P_3 = P_1 \cdot P_2. \quad (5.1)$$

2. За допомогою оператора "І" три події з ймовірностями P_1, P_2 і P_3 формують четверту випадкову подію. Тоді ймовірність цієї події P_4 обчислюють так:

$$P_4 = P_1 \cdot P_2 \cdot P_3 \quad (5.2)$$

3- Оператор "І" об'єднує n події з ймовірностями P_1 і $P_2. \dots P_n$ тоді ймовірність вихідної події P буде

$$P = P_1 \cdot P_2 \cdot \dots P_n. \quad (5.3)$$

Таблиця 5.1 - Результати обчислень ймовірностей випадкових подій логіко - імітаційної моделі.

Випадкова подія, що увійшла в дану модель.	Номер події	Показник %
Стан контролю з охорони праці	1	0,32

Професійний рівень працюючого	2	0,45
Помилка працюючого	3	0,51
Підставка не фіксується	4	0,82
Стан підставки не оглядався	5	0,46
Стан контролю з охорони праці	6	0,45
Досвід працюючого	7	0,3
Підставка складена з випадкових предметів	8	0,56
Підставка не справна	9	0,67
Підставка не правильно встановлена	10	0,67
Підставка не правильно виготовлена	11	0,67
Підставка встановлена не за призначенням	12	0,67
Підставка втратила стійкість	13	0,38
Підставка зруйнувалась	14	0,16
Розпушувальна машина упала з підставки	15	0,35
Під Розпушувачем знаходився робітник.	16	0,24
Травма	17	0,038

4. Дві базові події з ймовірностями P_1 і P_2 за допомогою оператора "АБО" входять до третьої події. Тоді ймовірність P_3 буде

$$P_3 = P_1 + P_2 - P_1 \cdot P_2. \quad (5.4)$$

5. Оператор "АБО" об'єднує три базові події з ймовірностями P_1 , P_2 , P_3 , які за допомогою цього оператора входять у наступні події з ймовірністю P_4 . Тоді ймовірність цієї події можна визначити за формулою:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1 \cdot P_2 - P_1 \cdot P_3 - P_2 \cdot P_3 + P_1 \cdot P_2 \cdot P_3. \quad (5.5)$$

6. Якщо оператор "АБО" входять чотири і більше випадкових базових події з відомими значеннями ймовірностей, то для спрощення обчислень їх згруповують по дві або по три події і застосовують наведені формули.

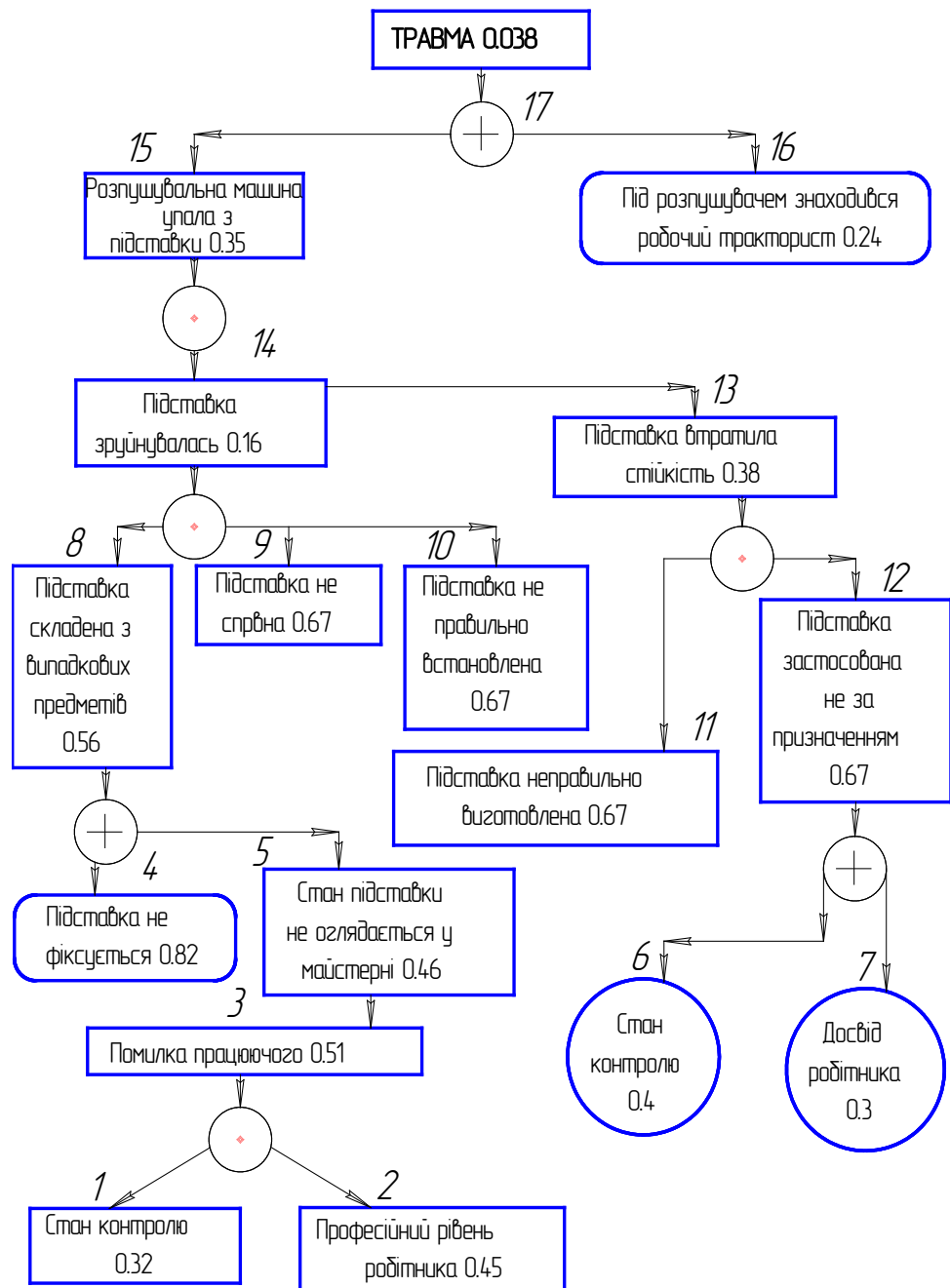


Рисунок 5.1- Модель „помилки і відмов оператора”

Після визначення ймовірностей вихідних подій кожної з таких груп, їх знову. необхідно згрупувати і провести аналогічні обчислення, аж поки не залишаться дві або три події, над якими необхідно провести ті ж операції. Так поступово обчислюючи ймовірність вихідних подій кожного окремого розгалуження, наближаємось до головної події і обчислюємо ймовірність її виникнення

5.3. Розробка заходів щодо зменшення виникнення травм під час розпушування ґрунту

Для запобігання процесів виникнення травм [14] під час розпушування ґрунту необхідно:

- до роботи допускати лише технічно справні машини та знаряддя, що повністю відповідають вимогам безпеки. Нові відремонтовані, а також машини, що тривалий час не працювали, допускаються до роботи лише після їх обкатки і ретельної перевірки роботи всіх органів;
- до керування та обслуговування машин допускати лише кваліфікованих фізично здорових працівників і навчених за спеціальною програмою, що мають відповідні посвідчення й пройшли відповідні інструктажі. Забороняється допускати до роботи неповнолітніх, некваліфікованих працівників.

Комплектування машинно-тракторного агрегату повинен здійснювати тракторист-машиніст і допоміжний робітник під обов'язковим контролем механіка. Довільна заміна чи комплектування машин без дозволу цих осіб не допускається.

Забороняється експлуатація [13] машин без захисних пристроїв на обертових та інших деталях, які можуть створити схоплювання одягу робітників. Не дозволяється використовувати несправний інструмент, саморобні підставки та інше обладнання яке при його використанні може травмувати робітника [14].

Перед виконанням робіт по розпушуванню ґрунту будівельну ділянку спочатку обов'язково повинен оглянути начальник дільниці. Після цього (при потребі) його підготовляють: видаляють велике каміння, помічають віхами і табличками з попереджувальними написами рови, ями, та інші перешкоди, що неможливо усунути. Після цього ділянку розмічають відповідно до операційної технології. Коли працюватиме група машин, то обов'язково вибирають, обладнують і позначають місце для відпочинку.

При необхідності, якщо потрібно провести обслуговування чи ремонт ґрунтообробного агрегату, то це потрібно проводити при заглушеному двигуні і

надійно зафіксованій машині у піднятому положенні. Для цього потрібно використовувати спеціальні підставки, або пристрої.

Під час руху агрегату забороняється виконувати будь-які регулювання, усувати несправності, очищати робочі органи.

Працювати на схилах колісним трактором на вузькій колії заборонено. Трактори які працюють на схилах повинні бути обов'язково обладнані пристроями для постійного контролю кута похилу (або спеціальними сигналізаторами) , а також дерев'яними упорами (відповідно до ведучих коліс) або гальмовими башмаками, щоб не допустити скочування або сповзання машини при зупинках. Всі роботи на схилах виконуються у світлий час доби. На схилах не дозволяється виконувати технічне обслуговування агрегатів.

Для працівників які працюють на схилах проводять додаткові інструктажі з безпеки роботи агрегатів на схилах [1]. Під час поставлення машин на зберігання заборонено користуватись саморобними ненадійними підставками, несправними домкратами та іншим інструментом, що може викликати в працівника травми.

6. ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ

6.1. Визначення продуктивності ґрунтообробного агрегату

Визначення вартісних витрат на розробку ґрунту проводимо для ґрунтових умов Лісостепу України при проведенні технологічної операції ґрунторозпушувальною машиною з використанням розпушувальних робочих органів, з метою зниження щільності розроблюваного шару ґрунту для забезпечення оптимальних умов роботи спеціальних землерійно-транспортувальних машин.

Для визначення економічної доцільності перш за все визначимо продуктивність даної машини.

Вихідні дані до розрахунку

– трактор – Т-150К;

– розпушувальна машина – МГП-4 (умовна назва – машина ґрунторозпушувальна пошарового обробітку ґрунту);

– ширина захвату агрегату – 4 м;

Розміри ділянки:

– довжина 800 м;

– ширина 20 м;

Визначаємо мінімально необхідну ширину поворотної смуги.

$$E_{\min} = 2,8 \cdot R_0 + e + d_k, \quad (6.1)$$

де e – довжина виїзду машини, м, $e = l_{\text{Тр}} + l_{\text{АГП}}$,

$$e = 4750 + 1800 = 6550 \text{ мм}, (6,55 \text{ м}).$$

$$d_k = \frac{b_k}{2};$$

$$d_k = \frac{3,8}{2} = 1,9 \text{ м};$$

$$E_{\min} = 2,8 \cdot 3,8 + 6,55 + 1,9 = 19,09 \text{ м}.$$

Ширину поворотної смуги E приймаємо за умови, що вона кратна робочій ширині захвату, тобто $E = 20 \text{ м}$.

Визначаємо довжину повороту

$$L_x = (6,6...8)R_0 + 2e; \quad (6.2)$$

$$L_x = 8 \cdot 3,8 + 2 \cdot 6,55 = 43,5 \text{ м.}$$

Визначаємо довжину робочого шляху (розміри ділянки де проводилися випробування)

$$L_x = L - 2E; \quad (6.3)$$

$$L_x = 800 - 2 \cdot 20 = 760 \text{ м.}$$

Визначаємо час, витрачений на продуктивну роботу за один прохід машини

$$t_p = \frac{0,06 \cdot L_p}{V_p}; \quad (6.4)$$

$$t_p = \frac{0,06 \cdot 760}{8,3} = 5,48 \text{ хв.}$$

Визначаємо час, витрачений на один холостий хід при швидкості руху машини $V_x = 5 \text{ км/год}$.

$$t_x = \frac{0,06 \cdot L_x}{V_x}; \quad (6.5)$$

$$t_x = \frac{0,06 \cdot 43,5}{5} = 0,52 \text{ хв.}$$

Час, витрачений на очистку робочих органів приймаємо $t_{оч} = 2 \text{ хв}$.

Визначаємо час, витрачений на один цикл

$$t_{ц} = t_p + t_k + t_{оч}; \quad (6.6)$$

$$t_{ц} = 5,48 + 0,52 + 2,0 = 8 \text{ хв.}$$

Визначаємо поза цикловий час.

$$t_{нц} = t_{зуп} + t_{контр} + t_{об} + t_{заїз} + t_{виїз}, \quad (6.7)$$

де $t_{зуп}$ – зупинки агрегату по особистих причинах (фізіолог. зупинки),

$$t_{зуп} = 10...15 \text{ хв};$$

$t_{контр}$ - час, витрачений на контроль якості роботи та регулювання,

$$t_{контр} = 5...10 \text{ хв};$$

$t_{об}$ – час, витрачений на обслуговування на початку і в кінці зміни,
 $t_{об} = 20 \text{ хв}$;

$t_{заїз}$ – час витрачений на заїзд і підготовку агрегату, $t_{заїз} = 2 \text{ хв}$;

$t_{виїз}$ – час виїзду з заїмки, $t_{виїз} = 2 \text{ хв}$;

Визначаємо кількість циклів за зміну

$$П_{ц} = \frac{T_{зм} - t_{ну}}{t_{ц}}, \quad (6.8)$$

де $T_{зм}$ – час зміни при 8-и годинному робочому дні, $T_{зм} = 480 \text{ хв}$;

$$П_{ц} = \frac{480 - 44}{8} = 54,5 \text{ хв.}$$

Відповідно до розрахунків приймаємо цілу і парну кількість проходів або кількість циклів - $П_{ц} = 56$.

Уточнюємо баланс часу роботи агрегату в загоні

$$T_{зм} = П_{ц} (t_p + t_x + t_{оч}) + t_{ну}; \quad (6.9)$$

$$T_{зм} = 56 \cdot (5,48 + 0,52 + 2,0) + 44 = 492 \text{ хв}$$

Визначаємо коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}} = \frac{t_{ц} П_{ц}}{T_{зм}}; \quad (6.10)$$

$$\tau = \frac{8 \cdot 56}{492} = 0,91.$$

Визначаємо технічну продуктивність за один час змінного часу

$$W_2 = B_p \cdot V_p \cdot \tau; \quad (6.11)$$

$$W_2 = 10^3 \cdot 4 \cdot 8,3 \cdot 0,91 = 30,2 \cdot 10^3 \text{ м}^2/\text{год.}$$

Визначаємо погектарну витрату палива

$$g = \frac{G_p T_p + G_x T_x + G_o T_o}{60 \cdot F_s}, \quad (6.12)$$

де G_p, G_x, G_o – відповідно, годинні витрати палива двигуна трактора Т-150К:

- при робочому навантаженні - $G_p = 26 \text{ кг/год.}$;
- при холостих поворотах і заїздах - $G_x = 11,5 \dots 14 \text{ кг/год.}$;
- на зупинках агрегату при працюючому двигуні - $G_o = 2,5 \text{ кг/год.}$;

T_p – час роботи агрегату під навантаженням, $T_p = t_p \cdot \Pi_{\psi}$;

$$T_p = 5,48 \cdot 56 = 306,88 \text{ хв} = 5,11 \text{ год.};$$

T_x – час роботи агрегату в холосту, $T_x = t_x \cdot \Pi_{\psi} + t_{\text{заїз}} + t_{\text{виїз}}$;

$$T_x = 0,52 \cdot 56 + 2 + 2 = 33,12 \text{ хв} = 0,55 \text{ год.};$$

T_o – час роботи двигуна на зупинках, $T_o = t_{oc} \cdot \Pi_{\psi} + t_{\text{контр}} + t_{\text{зуп}} + t_{ob}$;

$$T_o = 2 \cdot 56 + 10 + 10 + 20 = 152 \text{ хв} = 2,53 \text{ год.};$$

F_3 – площа загінки або продуктивність за зміну роботи, $F_3 = W_{\psi} \cdot T_p$;

$$F_3 = 30,2 \cdot 10^3 \cdot 5,11 = 154,3 \cdot 10^3 \text{ м}^2.$$

Тоді, питома витрата палива визначиться

$$g = \frac{26 \cdot 6,11 + 13 \cdot 0,38 + 2,5 \cdot 1,87}{154,3 \cdot 10^3} = 1,54 \cdot 10^{-3} \text{ кг / м}^2.$$

Визначаємо затрати труда на одиницю виконаної роботи

$$H = \frac{m_{tp} \cdot m_{ob}}{W_{\psi}}, \quad (6.13)$$

де m_{tp} , m_{ob} – відповідно кількість трактористів и обслуговуючого персоналу;

$$H = \frac{1}{30,2 \cdot 10^3} = 0,033 \cdot 10^{-3} \text{ люд.год. / м}^2.$$

6.2. Визначення вартості виготовлення машини

Галузева собівартість розроблювальної комбінованої розпушувальної машини визначиться за формулою

$$C_o = P(\Pi \cdot H \cdot K_m + M) + D, \quad (6.14)$$

де $P = \sum P_i$ – чиста вага знаряддя, $P = 2380 \text{ кг}$;

Π – коефіцієнт конструктивної складності в порівнянні із серійними знаряддями, $\Pi = 1,2$;

H – витрати на виробництво 1 кг чистої маси однотипної продукції,
 $H = 1,6 \text{ грн/кг}$;

K_m – коефіцієнт зміни витрат на виробництво, $K_m = 1,25$;

M – вартість 1 кг чистого матеріалу, що входить у знаряддя, $M = 8,5$ грн/кг (за цінами на 1.12.10);

D – вартість витрат, пов'язаних із транспортними витратами, $D = 1200$ грн.

$$C_o = 2380 \cdot 1,2 \cdot 1,25 \cdot (1,6 + 8,5) + 1200 = 37257 \text{ грн.}$$

Визначаємо нижню межу ціни по формулі:

$$C_{nn} = C_o + P_n, \quad (6.15)$$

де P_n - нормативний прибуток, грн.

$$P_n = \frac{P_c \cdot C_o}{100}, \quad (6.16)$$

де P_c – галузева нормативна рентабельність, $P_c = 7\%$.

$$n_n = \frac{7 \cdot 37257}{100} = 2608 \text{ грн.}$$

Тоді:

$$C_{nn} = 37257 + 2608 = 39865 \text{ грн.}$$

Визначаємо лімітну галузеву ціну:

$$C_n = C_{nn} \cdot V, \quad (6.17)$$

де V – коефіцієнт подорожчання, зв'язаний з підвищенням вартості виробництва продукції через її несерійність, $V = 1,05$;

$$C_n = 39865 \cdot 1,05 = 41858 \text{ грн.}$$

Разом галузева ціна склала 41858 грн.

Для подальшого розрахунку економічної ефективності вихідні дані, отримані шляхом розрахунку, або використання нормативно довідкових матеріалів (н.д.м.), зводимо в табл. 6.1.

6.3. Розрахунок показників економічної ефективності.

Даний розрахунок проводимо в порівнянні з технологією, що застосовується традиційно.

Визначимо заробітну плату оператора за формулою

$$Z_n = \frac{f_m}{W_2}. \quad (6.18)$$

Проектний варіант

$$z_n = \frac{16,9}{30,2 \cdot 10^3} = 0,56 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2$$

Таблиця 6.1 - Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності

№ пп	Показники	Позначення	Розмірність	Джерело	Базова модель	Проектова модель
1	Марка трактора.	-	-	-	К-701	Т-150К
2	Оптова ціна трактора.	B_m	грн.	н.д.м.	240000	150000
3	Марка машини.	-	-	-	ДП-22С	МПП-4
4	Оптова ціна с.г. машини.	B_m	грн.	розрахунок / н.д.м.	46000	41858
5	Продуктивність.	$W_ч$	$\text{м}^2/\text{год.}$	розрахунок / н.д.м.	$32 \cdot 10^3$	$30,2 \cdot 10^3$
6	Нормативне завантаження: – трактора; – машини.	T_{zm} T_{zm}	дні дні	розрахунок / н.д.м.	300 36	300 36
7	Кількість обслуговуючого персоналу.	n	люд.	н.д.м.	1	1
8	Тарифна ставка тракториста.	f_m	грн./год	н.д.м.	18,6	16,9
9	Відрахування на трактор: - реновацію; - ремонт і ТО.	Q_{pm} Q_{km}	% %	н.д.м. н.д.м.	24,5 22	24,5 22
10	Відрахування на машину: - реновацію; - ремонт і ТО.	Q_{pm} Q_{km}	% %	н.д.м. н.д.м.	14,2 16	14,2 16
11	Ціна 1 кг палива.	C	грн.	н.д.м.	6,2	6,2

По базовій моделі:

$$z_{n_0} = \frac{18,9}{32 \cdot 10^3} = 0,591 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2.$$

Визначаємо відрахування на ремонт і амортизацію тракторів

$$S_{om} = \frac{1,1 \cdot B_m \cdot (Q_{pm} + Q_{km})}{100 \cdot T_{zm} \cdot W_ч}. \quad (6.19)$$

Проектний варіант

$$S_{omn} = \frac{1,1 \cdot 150000 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 300 \cdot 30,2 \cdot 10^3} = 6,97 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2$$

По базовій моделі

$$S_{омб} = \frac{1,1 \cdot 240000 \cdot (24,5 + 22)}{100 \cdot 300 \cdot 32 \cdot 10^3} = 11,89 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2$$

Визначаємо відрахування на ремонт і амортизацію машини

$$S_{ом} = \frac{1,1 \cdot B_m \cdot (Q_{pm} + Q_{pm})}{100 \cdot T_{зм} \cdot W_q} \quad (6.20)$$

Проектний варіант

$$S_{омп} = \frac{1,1 \cdot 41858 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 20 \cdot 30,2 \cdot 10^3} = 9,9 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2.$$

По базовій моделі

$$S_{омб} = \frac{1,1 \cdot 46000 \cdot (14,2 + 16)}{100 \cdot 20 \cdot 32 \cdot 10^3} = 12,3 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2$$

Визначаємо вартість палива

$$G_T = C_T \cdot g_T \quad (6.21)$$

Проектний варіант

$$G_n = 6,2 \cdot 1,54 \cdot 10^{-3} = 9,6 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2.$$

По базовій моделі

$$G_o = 6,2 \cdot 1,85 \cdot 10^{-3} = 11,9 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2.$$

Разом витрат будемо мати:

$$I = I_{п} + S_{от} + S_{ом} + G_T \quad (6.22)$$

Проектний варіант

$$I_{п} = (0,56 + 6,97 + 9,9 + 9,6) \cdot 10^{-3} = 27,03 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2$$

По базовій моделі

$$I_o = (0,59 + 11,89 + 12,3 + 11,9) \cdot 10^{-3} = 36,68 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2$$

Визначаємо питомі капітальні витрати:

$$S_y = \frac{1,1 \cdot B_m}{W_q \cdot T_{зм}} + \frac{1,1 \cdot B_m}{W_q \cdot T_{зм}} \quad (6.23)$$

Проектний варіант

$$S_{y_n} = \left(\frac{1,1 \cdot 150000}{30,2 \cdot 300} + \frac{1,1 \cdot 41858}{30,2 \cdot 20} \right) \cdot 10^{-3} = 42,6 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2.$$

Базовий варіант

$$S_{y_o} = \left(\frac{1,1 \cdot 240000}{32 \cdot 300} + \frac{1,1 \cdot 46000}{32 \cdot 20} \right) \cdot 10^{-3} = 49,6 \cdot 10^{-3} \text{ грн} / \text{м}^2.$$

Визначаємо річний економічний ефект

$$\mathcal{E}_p = \left[(I_o - E_o \cdot S_{y_o}) - (I_n - E_n \cdot S_{y_n}) \right] \cdot T_{зм} \cdot W_{зм} \quad (6.24)$$

$$\mathcal{E}_p = [(36,8 + 0,15 \cdot 49,6) - (27,03 + 0,15 \cdot 42,6)] \cdot 10^{-3} \cdot 36 \cdot 211,4 \cdot 10^3 = 82344 \text{ грн}$$

5.1.7. Строк окупності визначається:

$$T_o = \frac{Z_{np}}{\mathcal{E}} \quad (6.25)$$

де Z_{np} – витрати на модернізацію, $Z_{np} = 41858 \text{ грн}$.

$$T_o = \frac{41858}{82344} = 0,51 \text{ років.}$$

Результати розрахунків зводимо в табл. 6.2.

Таблиця 6.2 - Техніко-економічні показники використання ґрунтообробного агрегату

Показники	Одиниці виміру	Базова машина	Проектована машина
Вартість машини	грн.	46000	41858
Заробітна плата	грн/м ²	0,59 · 10 ⁻³	0,56 · 10 ⁻³
Витрати на експлуатацію тракторів	грн/м ²	11,89 · 10 ⁻³	6,97 · 10 ⁻³
Витрати на експлуатацію с.г. машин	грн/ м ²	12,3 · 10 ⁻³	9,9 · 10 ⁻³
Витрати на ПММ	грн м ²	11,9 · 10 ⁻³	9,6 · 10 ⁻³
Разом витрат	грн/ м ²	36,68 · 10 ⁻³	27,03 · 10 ⁻³
Питомі капітальні витрати	грн/ м ²	49,6 · 10 ⁻³	42,6 · 10 ⁻³
Річний економічний ефект	грн.	–	82344
Строк окупності додаткових затрат	років	–	0,51

В результаті проведених розрахунків техніко-економічних показників отримали, що річний економічний ефект склав 82344 грн., а окупиться ця розробка менше як за 1 рік, що дозволяє зробити висновок про доцільність впровадження результатів досліджень та ґрунторозпушувальної машини запропонованої конструкції у виробництво.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Проведений аналіз конструкцій та виконані патентні дослідження знарядь для пошарового розпушування ґрунту показують, що їх використання має високу ефективність, забезпечує покращення якості розпушування, зменшення тягового опору в межах 8...11% в порівнянні з серійними машинами.

2. Аналіз результатів теоретичних досліджень показав, що тяговий опір у функції площі розрихленого пласта має лінійну залежність до критичної глибини різання (різання з відділенням ґрунтової стружки), значення якої приблизно 0,35 м. При обробітку на більшу глибину різання тяговий та питомий опір різко зростають за рахунок блокованого різання.

3. При збільшенні швидкості різання у інтервалі між 0,84...2,64 м/с тяговий опір при обробітку ґрунту на глибину 0,2 м. підвищується на 13,5%, а при обробці на 0,35 м підвищується на 17,8%, що свідчить про більш суттєвий вплив підвищення швидкості руху агрегату на приріст тягового опору при глибокому розпушуванні ґрунту.

4. Отже, виходячи з п. 2 і 3, необхідно забезпечити обробіток ґрунту без досягнення критичної глибини різання, що досягається за рахунок пошарового і деблокованого різання.

5. Як показали результати експериментальних досліджень, питомий тяговий опір ґрунторозпушувального знаряддя зростає із збільшенням відстані між робочими органами розпушувача, проте збільшення відстані між робочими органами впливає на показник металомісткості та габаритні розміри машини, що підтверджує необхідність проведення комплексних досліджень для встановлення раціональних значень відстані між робочими органами ґрунторозпушувального знаряддя.

4. В результаті проведених розрахунків техніко-економічних показників отримали, що річний економічний ефект склав 82344 грн., а окупиться розробка менше як за 1 рік, що дозволяє зробити висновок про доцільність впровадження результатів досліджень та ґрунторозпушувального знаряддя запропонованої конструкції у виробництво.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Бердій Я. І., Джигрей В.С., Кидисюк А.І. та ін. Безпека життєдіяльності. – Львів, 1997. – 275 с.
2. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. та ін. Механізація сільськогосподарського виробництва і захисту рослин. – Київ: Вища школа, 1993. – 512с.
3. Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. Сільськогосподарські машини. – Київ: Урожай, 1994. – 448 с.
4. Войтюк Д.Г., Дубровін В.О., Іщенко Т.Д. Сільськогосподарські та меліоративні машини: Підручник / За ред. Д.Г. Войтюка. – Київ: Вища освіта, 2004. – 544 с.
5. Гаврилюк Г.Р., Живолуп Г.І. та ін. Технологічна наладка та усунення несправностей сільськогосподарських машин. – Київ: Урожай, 1988. – 256с
6. Гуков Я. С. Обробіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умова України. – Київ: Нора-прінт, 1999. – 280 с.
7. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А., Луценков В.А., Работягов В.І. Охорона праці: Навчальне видання. – Київ: “Урожай”, 1994. – 272 с.
8. Луценков В. Л., Бутко Д. А. Критерії оцінки виробничих небезпек: Навчальний посібник. – Сімферополь: Бізнес-Інформ, 1996. – 224 с.
9. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації. – Київ.: Урожай, 1990. – 184 с.
10. Національний стандарт України. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138-2002. – Вид-ня офіційне. – Київ: Держстандарт України, 2003. – 173 с.
11. Сисолін П.В., Рибак Т.І., Масло В.М. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. “Машини та обладнання с.-г. вир-ва”: У 3 кн. – Кн.. 2: Машини для рільництва / За ред. М.І. Чорновола. – Київ: Урожай, 2002. – 364 с.
12. СТП ХНТУСГ 01–05. Стандарт підприємства. Структура і оформлення дипломних та курсових проектів (робіт). – Харків: ХНТУСГ, 2005. – 27 с.

13. Лехман С.Д., Рубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. – Київ: “Урожай”, 1993. – 272 с.
14. Лехман С.Д., Целинський В.П. та ін. Довідник з охорони праці в сільському господарстві.- Київ: Урожай , 1990. – 400с.
15. Комаристов В.Ю., Петренко М.М. Довідник з механізації післязбирального обробітку ріпаку. – Київ: Урожай , 1990. – 184с.
16. Хайліс Г.А., Коновалюк Д.М. Основи проектування і дослідження сільськогосподарських машин: Навч. посібник. – Київ: НМК ВО, 1992. – 320 с.
17. Хоменко М.С., Вожик Ю.Г. та ін. Підвищення якості роботи сільськогосподарської техніки. – Київ: Урожай , 1987. –224с.
18. Шикула М.К. Охорона довкілля: Навч. посіб. /О.Ф.Ігнатенко, Л.Р.Петренко, М.В.Капштик. – Київ:Т-во “Знання”, КОО, 2001. – 398 с.