

Пояснювальна записка

до дипломної роботи
освітнього ступеня «Магістр»
на тему:

*Обґрунтування параметрів просапних культиваторів
в товаристві з обмеженою відповідальністю «Аверс-Агро»*

Виконав: студент 2 курсу, групи МгМ-2-20

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____	_____
(підпис)	Олейников Є.О. (прізвище та ініціали)
Керівник _____	Харченко Б.Г.
(підпис)	(прізвище та ініціали)
Рецензент _____	Т.Е. Шарабідзе
(підпис)	(прізвище та ініціали)

Дніпро
2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
 ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
 ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
 КАФЕДРА ЕКСПЛУАТАЦІЇ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

Освітній ступінь «Магістр»
 Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ
 Завідувач кафедри
 «Експлуатація машинно –
 тракторного парку», доцент

_____ О.Д. Деркач _____
 (підпис) (прізвище, ініціали)
 « ____ » _____ 20__ р.

ЗАВДАННЯ
 НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Олейников Єгор Олексійович
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту Обґрунтування параметрів просапних культиваторів в товаристві з обмеженою відповідальністю «Аверс-Агро»

Керівник проекту Харченко Б.Г., к.т.н., доцент
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ДДАЕУ від « 17 » листопада 2021 р. № 3539

2. Термін подання студентом проекту « 01 » грудня 2021 р.

3. Вихідні дані до роботи: Значення і місце поверхневого обробітку при вирощуванні сільськогосподарських культур. Агрогрунтове районування України. Аналіз машин для поверхневого обробітку ґрунту. Вплив робочих органів землеобробних агрегатів на ґрунт. Агрегати, що використовуються при виконанні технологічних операцій. Аналіз відмов та надійності машин для поверхневого обробітку ґрунту

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Аналіз методів і засобів поверхневого обробітку при вирощуванні сільськогосподарських культур. Теоретичні дослідження складу і довговічності з'єднань просапного культиватора. Експериментальні дослідження, проведення польових та лабораторних досліджень Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях, Економічне обґрунтування роботи

5. Перелік демонстраційного матеріалу Мета дипломної роботи, задачі, Карта-схема агрогрунтового районування України. Вплив робочих органів землеобробних агрегатів на ґрунт. Схема дії сил на секцію просапного культиватора при обмеженні глибини, швидкості руху. Розрахунок сил і навантаження у рухомих з'єднаннях. Методика розрахунку основних напружень секції просапного культиватора. Методика розрахунку зміщення передніх лап секції просапного культиватора. Результати розрахунків, Основні висновки

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1, 2, 3, 4	Харченко Б.Г.		
5	Кравець В.В.		
6	Вініченко І.І.		
1-6	Харченко Б.Г.		

7. Дата видачі завдання «26» _____ вересня _____ 2021 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналіз методів поверхневого обробітку при вирощуванні сільськогосподарських культур	26.09 – 8.10.21	
2	Теоретичні дослідження складу і довговічності з'єднань просапного культиватора	9.10 – 20.10.21	
3	Експериментальні дослідження, проведення польових та лабораторних досліджень	21.10 – 31.10.21	
4	Оцінка результатів досліджень елементів просапного культиватора	04.11 – 15.11.21	
5	Охорона праці та захист в надзвичайних ситуаціях	16.11 – 23.11.21	
6	Економічне обґрунтування роботи	23.11 – 01.12.21	

Студент

(підпис)

Олейников Є.О.

(прізвище та ініціали)

Керівник проекту

(підпис)

Харченко Б.Г.

(прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Олейников Є.О. Обґрунтування параметрів просапних культиваторів в товаристві з обмеженою відповідальністю «Аверс-Агро»/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» (спеціалізація «Рослинництво»). – ДДАЕУ, Дніпро, 2021. – 104 с.

Об'єктом дослідження – конструктивно-технологічні параметри агрегатів для обробки просапних культур.

Предметом дослідження - ефективність впровадження в конструкцію просапного культиватора захищених підшипників кочення, визначення оптимальної комбінації універсальних стрілочастих лап при обробці ґрунтів з різними фізико-хімічними властивостями, оцінка міцнісних характеристик секції просапного культиватора при робочому навантаженні.

Метою магістерської роботи є підвищення ефективності виробництва сільгосп підприємств на основі розробки агрегатів оптимальної конструкції.

Виконано аналіз методів і способів обробітку ґрунту, виявлено найбільш навантажені вузли, запропоновано конструктивні методи вдосконалення секції просапного культиватора, проведена оцінка міцнісних характеристик робочого органу агрегату.

Вдосконалено конструкцію секції просапного культиватора, розроблено математичну модель процесу міжрядної культивації, що дає можливість врахувати специфіку силових навантажень при обробці просапних культур, спрогнозувати термін служби та економічні показники роботи агрегату.

В ході виконання магістерської роботи було використано наступні програмні продукти: MS Word пакету Microsoft Office, програмний продукт Mathcad Professional (розрахунок показників, імітаційне моделювання), редактор формул Microsoft Equation, редактор таблиць MS Excel, програмний продукт АBBYY FineReader (робота зі сканером), 3D-САПР Autodesk Inventor.

АНАЛІЗ, ЕФЕКТИВНІСТЬ, АГРОНОМІЯ, СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА, ЗЕМЛЕРОБСТВО, ПРОСАПНИЙ КУЛЬТИВАТОР, МОДЕЛЬ МАТЕМАТИЧНА, ДОВГОВІЧНІСТЬ ПІДШИПНИКІВ, ПОЛЬОВІ ВИПРОБУВАННЯ, ЛАБОРАТОРНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, НАПРУЖЕННЯ ЗА МІЗЕСОМ, МІЦНІСТЬ КОНСТРУКЦІЇ

Публікація: Субочев О.І. Обґрунтування показників просапних культиваторів / О.І. Субочев, О.Є. Січко, Б.Г. Харченко, Є.О. Олейников // Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали III Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Мелітополь, 01-26 листопада 2021 р.)/- Мелітополь: ТДАТУ, 2021.- С. 204-206.

ЗМІСТ

ВСТУП	7
1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР	8
1.1. Значення і місце поверхневого обробітку при вирощуванні сільськогосподарських культур	8
1.2. Класифікація і аналіз машин для поверхневого обробітку ґрунту	12
1.3 Марки і моделі машин для поверхневого обробітку ґрунту	18
1.4. Аналіз відмов та надійності машин для поверхневого обробітку ґрунту	21
1.5. Висновки за першим розділом	22
1.6. Обґрунтування теми дипломної роботи	24
2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА	26
2.1. Обґрунтування основних параметрів робочих органів культиваторів	26
2.2. Обґрунтування конструкції стрільчастої лапи	36
2.3. Тяговий опір стрільчастої лапи	39
2.4. Загальний тяговий опір агрегату	41
2.5. Висновок за другим розділом	41
3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОВЕДЕННЯ ПОЛЬОВИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	43
3.1. Вибір та характеристика об'єкта експериментальних досліджень	43
3.2. Мета і завдання експериментальних досліджень	45
3.3. Проведення польових досліджень	46
3.3.1. Методика проведення польових експериментальних досліджень радіального зазору котка	46
3.3.2. Методика проведення польових випробувань працездатності лап просапних культиваторів	47
3.3.3. Аналіз існуючих методів відновлення культиваторних лап	50
3.4. Визначення параметрів закону експериментального розподілу	56

3.4.1. Апроксимація експериментальної функції теоретичним законом розподілу	57
3.5. Результати експериментальних досліджень	58
3.6. Висновки за третім розділом	62
4. АНАЛІЗ НА МІЦНІСТЬ СЕКЦІЇ ПРОМАПНОГО КУЛЬТИВАТОРА	
4.1. Аналіз розподілу навантаження на лапи просапного культиватора	63
4.2. Методика розрахунку деталей секції на міцність методом кінцевих елементів	66
4.3. Методика розрахунку напруження за Мізесом	68
4.4. Методика розрахунку основних напружень	70
4.5. Методика розрахунку зсуву	73
4.6. Методика розрахунку коефіцієнту запасу міцності	75
4.7. Висновки за четвертим розділом	76
5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТОВ АГРО-ОВЕН	77
5.1. Охорона праці при експлуатації машин та знарядь для міжрядної обробки ґрунту	77
5.2. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників	79
5.3. Вимоги безпеки праці при проведенні весняних польових робіт	82
5.4. Правила безпечного виконання робіт при міжрядній культивації	84
5.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації	90
5.6. Висновок за п'ятим розділом	90
6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ	92
6.1. Економічна ефективність застосування агрегату МТЗ-82.1+КРН-5,6	92
6.2. Економічна ефективність застосування модернізованого агрегату МТЗ-82.1+КРН-5,6М	94
6.3. Розрахунок річного економічного ефекту	95
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	97
БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК	99
ДОДАТКИ	101

ВСТУП

На сучасному етапі розвитку сільськогосподарського машинобудування в основу підвищення ефективності виробництва покладені економне та раціональне використання, матеріальних, трудових, інтелектуальних ресурсів.

Принципом раціонального виробництва є прогресивність планових та економічних норм, які базуються на передових інформаційних та виробничих технологіях.

Для підвищення ефективності роботи сільськогосподарської техніки ставиться задача надання своєчасної, якісної, повної інформації відносно агрегату та його технічної експлуатації.

Аналіз технічних особливостей машини не тільки в сенсі техніко-економічних показників обробки ґрунту, а й у питаннях раціонального проектування з моменту розробки технічної пропозиції на новий агрегат, добору конструктивних компонентів, досягненні оптимальної собівартості, аналізі безпеки та узгодженні його експлуатаційних періодів з тактом сільськогосподарських робіт.

Собівартість - важливий елемент ринку, що відіграє вирішальну роль в зростанні конкурентоспроможності продукції, в освоєнні в виробництві останніх досягнень науки й техніки, тому раціоналізація конструкції виготовляємих машин є дуже важливим питанням для надійного зростання підприємства.

В умовах кількісного зростання продукції сільськогосподарського машинобудування в Україні, зростає і попит на отримання якісного наукового та інформаційного супроводження.

Враховуючи усе вище сказане, питання раціонального проектування з моменту розробки технічної пропозиції на новий агрегат та узгодженні його експлуатаційних періодів з тактом сільськогосподарських робіт є актуальним.

1. АНАЛІЗ МЕТОДІВ І ЗАСОБІВ ПОВЕРХНЕВОГО ОБРОБІТКУ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР

1.1. Значення і місце поверхневого обробітку при вирощуванні сільськогосподарських культур

Розбір технологічного процесу поверхневого обробітку ґрунту показав, що ефективність його використання, а саме лушення, культивация, боронування, шлейфування та коткування, залежить від ґрунтово-кліматичних умов, які склалися на відповідному періоді вирощування сільськогосподарських культур.

Основні типи ґрунтів України:

Дерново-підзолисті ґрунти. Більш а все вони розташовані в Поліссі, де підзолистий процес проходить під пологом дерев і на поверхні ґрунту щороку потрапляють сухе листя, хвоя, шматочки кори, дрібні сучки, залишки трав'яної рослинності.

Дерново-підзолисті ґрунти утворюються в умовах надмірного зволоження під пологом змішаних дубово-соснових або соснових лісів, переважно розріджених і з розвиненим трав'яним покривом.

Бурі лісові ґрунти (буроземи). Поширені в гірських лісових районах Криму та Карпат, а також на рівнинних територіях Закарпатської низовини і Передкарпаття. Вони формуються в умовах м'якого, вологого клімату під широколистяними, змішаними і листяними лісами на щербенистих і щільних породах. Буроземні ґрунтоутворення протікають в умовах гарного і рівномірного зволоження та значної тривалості теплої пори року.

Сірі лісові ґрунти. Поширені в лісостеповій зоні і також в Поліссі, де утворюються при помірно вологому континентальному кліматі. За будовою і властивостями вони займають проміжне місце між дерново-підзолистими ґрунтами і чорноземами.

Чорноземи ґрунту. Вони багаті темнофарбованим гумусом ґрунту, не мають ознак сучасного перезволоження, що сформувалися в умовах під багаторічною трав'янистою рослинністю степів та лісостепу. При загальному дефіциті

атмосферного зволоження розкладання органічних залишків у чорноземах відбувається при неповному насиченні ґрунту вологою.

Каштанові ґрунти. Зустрічаються на рівнинному сухому степу. Вони утворюються під типчаково-ковиловою і полиново - злаковою рослинністю в умовах малого зволоження, чим пояснюється менший (ніж у чорноземах) розвиток біомаси, накопичення гумусу, глибини насичення ґрунту вологою і вимивання солевих продуктів ґрунтоутворення.

Коричневі ґрунти. Знаходяться на південному схилі головної гряди Кримських гір і приурочені до областей з середземноморським кліматом, для якого характерно сухе спекотне літо і волога тепла зима. [4]

Лугові, болотні та лучно-болотні ґрунти формують групу гідроморфних ґрунтів, що зустрічаються у всіх природних зонах країни.



Рис. 1.1. Карта-схема агроґрунтового районування України

Таблиця 1.1

Назва зони	Провінції та підзони
Українське Полісся (П) Південно-західна частина зони мішаних лісів	Пз - Західна провінція
	Пп - Правобережна провінція
	Пл - Лівобережна провінція
	Плн - Лівобережна низовинна провінція
Зона лісостепа (ЛС)	Лса - Західна провінція
	Лсп - Правобережна провінція
	Лспн - Лівобережна низовинна провінція
	Лспв - Лівобережна висока провінція
	Лсзн - Закарпатська провінція (Частина Середньодунайської низовини)
Зона степу (С)	Підзона північного степу (СС)
	Ссюз - Південно-західна провінція
	ССп - Правобережна провінція
	ССл - Лівобережна провінція
	ССд - Донецька провінція
	ССзд - Задонецька провінція
	Підзона південного степу (СЮ)
	СЮпд - Придунайська провінція
	СЮп - Правобережна провінція
	Сюл - Лівобережна провінція
	Сюк - Кримська провінція
	Сюкч - Керченська провінція
Зона південної сухого степу (СЮС)	СЮСП - Правобережна провінція
	СЮСл - Лівобережна провінція
	СЮСК - Кримська провінція
Лісолучна буроземна зона Передкарпаття	Кл - рівнина з дерново-підзолистими і дерновими опідзоленими переважно поверхнево-оглеєними ґрунтами
Карпатська гірська лісолучна буроземна зона	Кг - Низькогірська ґрунтово-кліматичні пояс
	Кг - Среднегорний ґрунтово-кліматичні пояс
	Кг - Високогірний лісовий ґрунтово-кліматичний пояс
	Кргя - Зона полонини
Лісолучна буроземна зона Закарпаття	Кпз - Карпат і міжгірських западин з буроземно-підзолистими поверхнево-оглеєними ґрунтами
Кримська гірська країна	КрпС - Кримська передгірна степова підзона
	КрпЛС - Кримська передгірна лісостепова підзона
	Кпг - Кримська гірсько-лісового підзона
	Кгп - Підона яйл
	Крпос - Субтропічна помірно-тепла підзона південного схилу Головної гряди

Пояснення до карти-схеми агроґрунтового районування України

Установлено, що поверхневий обробіток сприяє збереженню капілярності ґрунту, залишає незруйнованими канали, створені корінням рослин по закінченню свого вегетаційного періоду, зберігає структуру в кореневмісному шарі ґрунту, яка в значній мірі впливає на його родючість.

Для задоволення оптимальних ґрунтових умов та одержання стійких і високих урожаїв обробіток ґрунту повинен вирішувати такі задачі:

- надання ґрунту на тій чи другій глибині дрібно-грудочкуватого стану з сприятливою будовою, щоб забезпечити добрий водно-повітряний, тепловий і поживний режими;
- поліпшення кругообігу поживних речовин шляхом залучення їх із більш глибоких горизонтів ґрунту в зону орного шару, а також активізації корисних мікробіологічних процесів у ґрунті;
- ліквідація бур'янів, збудників хвороб і шкідників;
- загортання на необхідну глибину добрив і рослинних решток або залишення стерні на поверхні ґрунту;
- запобігання ерозійним процесам і пов'язаним з цим втратам поживних речовин та води;
- позбавлення життєздатності багаторічної рослинності при обробітку перелогових і залежних земель, а також полив, зайнятих сіяними багаторічними травами;
- надання необхідних властивостей і стану верхньому шару ґрунту для загортання на задану глибину насіння, яке висівається;
- утворення умов для пониження сольових горизонтів та запобігання підвищення рівня ґрунтових вод;
- утворення сприятливих умов для проведення наступних робіт технологічного циклу.

У випадку коли обробіток проводять на глибині традиційної оранки (10-15 см або глибше), затрати палива у перерахунку на гектар відносно високі і в більшості випадків майже доходять до рівня затрат як під час виконання традиційного

обробітку. Основна перевага такого обробітку у порівнянні з традиційною оранкою є її значно вища продуктивність роботи.

Неглибокий обробіток протягом тривалого періоду може призвести до утворення переущільненого шару і тому в більшості технологій чергується поверхневий та глибокий обробіток. У таких випадках, глибокий обробіток виконується перед сівбою чутливих до ущільнення культур, такими як ріпак, горох, цукровий буряк. Легкі ґрунти часто мають більш слабку структуру, ніж глинисті і вимагають більш глибокого обробітку для збереження заданої врожайності.

На протязі останніх 10-ти років фермери сильно знизили використання традиційної підготовки ґрунту (оранка плюс один-два боронування) майже вдвічі. Замість того почали використовувати різні способи поверхневого обробітку. Це сприяло захисту полів від ерозійних процесів. Так, на полях з традиційним способом обробітку ґрунту втрати верхнього родючого шару були 1240 кг/га в рік.

1.2. Класифікація і аналіз машин для поверхневого обробітку ґрунту

Як би не досконало не була проведена оранка чи безполицевий обробіток на глибину, не меншу ніж на 18-20 см, усіх завдань, які стоять перед обробітком ґрунту взагалі, вони не в змозі вирішити. При значному ущільненні ґрунту, забур'яненості поля, необхідності загорнути добрива у верхній шар або зруйнувати ґрунтову кірку, а інколи ущільнити ґрунт, доводиться застосувати заходи поверхневого обробітку. Таких заходів багато, але більш поширеними є луцення, культивація, боронування, шлейфування, коткування, підгортання, малування.

Основними технологічними операціями є різання, кришіння, розпушування, ущільнення, перемішування, вирівнювання, обертання ґрунту та підрізування бур'янів кожна операція виконується робочими елементами визначеної конструкції та призначення рис. 1.2.

Глибина обробітку залежить від операції, способу обробітку ґрунту, та досягається налаштуванням робочих органів агрегату.



Рис1.2. Глибина обробітку

Лущення (дискування) - поверхневий обробіток ґрунту на глибину від 6-8 до 12 см, яким утворюється розпушування, кришіння та часткове перевертання, перемішування ґрунту і підрізання бур'янів. Ця дія вирішує дуже важливі завдання: боротьба з бур'янами, шкідниками і збудниками хвороб культурних рослин; збереження і нагромадження ґрунтової вологи, активізація мікробіологічних процесів; загортання у верхню частину ґрунту післяжнивних решток і добрив; високоякісне виконання наступного заходу основного обробітку.

Боронування - поверхневий обробіток, який забезпечує кришіння, розпушування, часткове перемішування і вирівнювання поверхні ґрунту. Виконують його зубовими, сітчастими, пружинними, голчастими боронами, ротаційними мотиками та шлейф-боронами. Робочими органами борін є зуби квадратного, круглого, ромбоподібного перерізу, а також ножеподібні й лапчасті. Прямокутні зуби застосовують у важких, а круглі - в легких борін. Ножеподібні зуби легко заглиблюються в ґрунт і менше його розпилюють, але недостатньо розпушують та майже не перемішують.

Якість боронування залежить від швидкості руху агрегату. При швидкому русі грудки розбиваються краще, але глибина обробітку при цьому менша, ніж під час повільного руху.

Відомо такі три способи боронування - загінкове, фігурне і поперечно-діагональне. При агінковому боронуванні агрегати кожного разу виходять на край поля. Коли боронують у два сліди, то перший раз площу обробляють уздовж, а другий - упоперек оранки. Загінки при цьому способі боронування повинні мати

форму видовжених прямокутників. Такий спосіб обробітку застосовують насамперед на забур'яненних площах, коли бур'яни повинні бути виволочені на край поля.

Кращим у цьому відношенні є поперечно-діагональне боронування. За такого способу напрямок руху зубів борони не збігається з напрямком оранки, що поліпшує якість розпушування ґрунту і забезпечує краще вирівнювання поверхні поля. [2]

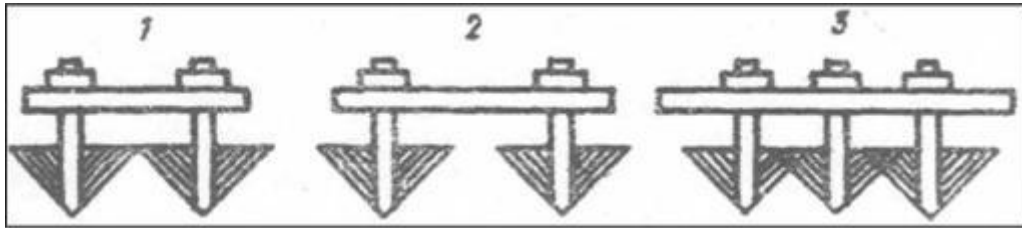


Рис 1.3. Схема роботи зубової борони: 1 - зуби поставлені правильно; 2 - зуби поставлені занадто далеко; 3 - зуби поставлені занадто близько

Шлейфування - захід, за допомогою якого вирівнюють поверхню ґрунту і подрібнюють великі грудки і брили. Його застосовують в основному навесні для зменшення випаровування вологи, вирівнювання гребенів на полях, виораних восени. Шлейфування проводять шлейфами, які складаються з ножа (струга), зубового бруса та кількох рядів сталевих кутників або дерев'яних брусків. Найбільш поширені металеві шлейф-борни ШБ-2,5.

Коткування – це обробіток ґрунту котками, що забезпечують подрібнення брил і великих грудок, ущільнення та деяке вирівнювання поверхні ґрунту. Застосовують його для того, щоб вирівняти поверхню ґрунту, забезпечити рівномірне загортання і кращий контакт насіння з твердою фазою ґрунту для швидкого його набухання, проростання і дружного з'явлення сходів рослин, поліпшити теплові умови ґрунту і зменшити втрати води конвекційно-дифузним механізмом.

Одним з голоаних завдань коткування полягає не в тому щоб ущільненням підтягнути вологу ближче до поверхні, а в тому, щоб у посушливих умовах як умога повніше зберегти її від фізичного випаровування ґрунтом.

У виробничій практиці котки застосовують у таких випадках:

- для ліквідації кірки, що іноді утворюється на посівах до з'явлення сходів (рубчасті або кільчасті котки);
- за недоброякісного обробітку ґрунту, коли коткування вживають для подрібнення брил;
- після сівби буряків, кукурудзи гороху, проса, гречки, багаторічних трав, рідше - ранніх ярих зернових;
- перед сівбою при висіві дрібного насіння багаторічних трав, льону і буряків;
- перед сівбою з метою ущільнення ґрунту, коли оранка проведена незадовго до сівби, що має велике значення при сівбі озимих по зайнятих парах і після не-парових попередників;
- при весняному догляді за озимими при їхньому випиранні (рубчасті котки);
- для руйнування висячої льодової кірки на посівах озимих або багаторічних трав (кільчасті котки).

Підгортання – це такий захід, за якого утворюється розпушування і двобічне розсування ґрунту без перевертання верхнього шару культиваторами з підгортачами. Останні забезпечують привалювання ґрунту до основи стебел картоплі, капусти, кукурудзи та інших культур, а також нарізування поливних борозен і формування гребенів висотою до 25 см за умов недостатнього зволоження, в суху погоду цей захід не рекомендується. Підгортання, як і культивація, припиняється при змиканні рослин просяпних культур у міжряддях.

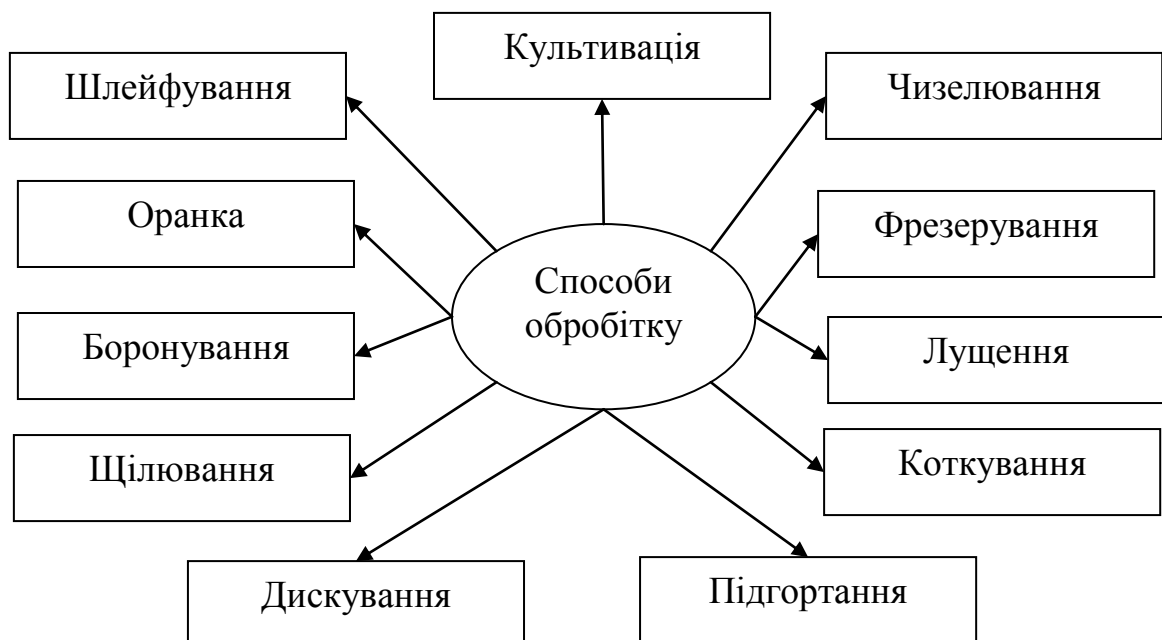


Рис.1.4. Способи обробітку

Таблиця 1.2

Вплив робочих органів землеобробних агрегатів на ґрунт

№	Операція	Вплив на ґрунт
1	Різання	Відрізуванні певних розмірів скиб із загального масиву
2	Кришіння	Забезпечує зменшення розмірів ґрунтових структурних часточок
3	Розпушування	Зміна взаємного розміщення ґрунтових часточок зі збільшенням пористості
4	Ущільнення	Змінюється взаємне розміщення ґрунтових часточок і супроводжується зменшенням пористості
5	Перемішування	Забезпечує зміну взаємного розміщення ґрунтових часточок з метою створення більш однорідного оброблюваного шару ґрунту
6	Вирівнювання	Зменшенню розмірів нерівностей поверхні поля
7	Підрізування бур'янів	Прорізання поверхневого шару ґрунту

Останнім часом для луцення широко використовують культиватори-плоскорізи, які розпушують ґрунт і підрізають бур'яни, лишаючи на поверхні поля післяжнивні рештки.

Культивация - захід поверхневого обробітку, котрий забезпечує підрізування бур'янів, кришіння, розпушування, вирівнювання і часткове перемішування ґрунту без перевертання оброблюваного шару. Виконують її культиваторами. За призначенням розрізняють культиватори парові (для суцільного обробітку ґрунту), просапні (для міжрядного обробітку просапних) та універсальні (для суцільного обробітку ґрунту і міжрядного обробітку просапних культур).

Культиватори обладнують різноманітними робочими органами:

- однобічні плоскорізальні лапи призначені для перших міжрядних обробітків з метою підрізування бур'янів і розпушування ґрунту на глибину до 6 см;
- стрілочасті плоскорізальні лапи - для обробітку ґрунту на глибину до 6 см, які підрізають бур'яни і частково розпушують ґрунт;
- стрілочасті лапи-плоскорізи - для обробітку ґрунтів, які піддаються ерозії, на глибину до 16 см;

- стрілочасті універсальні лапи поєднують у собі роботу полільних і розпушувальних лап, які одночасно з підрізуванням бур'янів добре розпушують ґрунт на глибину до 12 см;

- розпушувальні долотоподібні лапи - для розпушування ґрунту на глибину до 16 см без вивертання на його поверхню нижнього шару;

- розпушувальні оборотні лапи з жорсткими стояками застосовуються для передпосівного або міжрядного обробітку, а з пружинними стояками - для вичісування кореневищних бур'янів при суцільному обробітку на глибину до 12 см;

- списоподібні лапи призначені для розпушування ґрунту на глибину до 16 см та знищення кореневищних бур'янів;

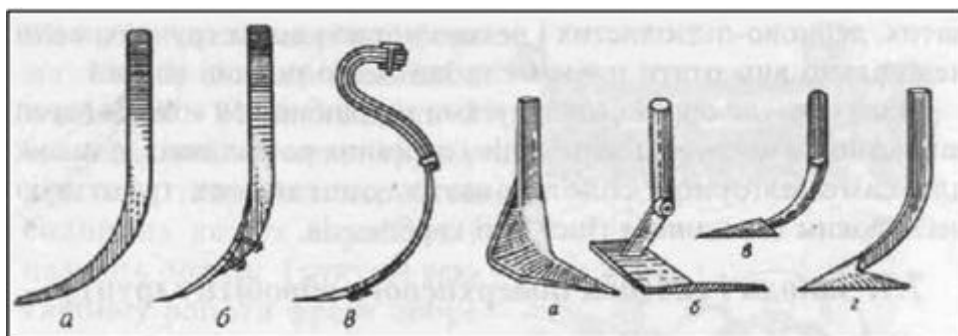
- голчасті диски призначені для руйнування кірки і знищення бур'янів у рядках культурних рослин;

- штанговий робочий орган - це сталева квадратного перерізу штанга, яка заглиблюється в ґрунт на глибину 8-10 см і під час роботи обертається, розриваючи корені бур'янів, виносячи їх на поверхню та одночасно розпушуючи верхній шар ґрунту без перевертання його;

- полільні зуби - для одночасного обробітку захисних зон і міжрядь.

За конструкцією робочих органів культиватори поділяють на чизельні, обладнані лапами, дискові, штангові та плоскорізи. [1]

У культиваторів, обладнаних лапами, основним робочим органом є лапи розпушувального і підрізувального типу. Розпушувальні лапи - це вузькі, іноді долотоподібні знаряддя. Використовують їх для розпушування ущільнених ґрунтів, чистих від бур'янів.



1

2

Рис. 1.4. Лапи культиваторів: 1 - розпушувальні: а - долотоподібна; б - з наральником; в - пружинна з наральником. 2 - підрізувальні: а, б - однобічно-плоскорізальні; в - стрільчаста плоскорізальна; г - стрільчаста універсальна

Підрізувальні лапи мають стрілчасту або ножеподібну форму. Вони призначені для неглибокого підрізування і розпушування ґрунту без перевертання, а також для знищення бур'янів. Під час обробітку підрізувальними лапами забезпечується найкраще зберігання вологи в ґрунті (у шарах, які залягають нижче від верхнього, який розпушується підрізувальною лапою). Підрізувальні, або плоскорізальні лапи залежно від форми поділяють на однобічні плоскорізальні стрілчасто-плоскорізальні та стрілчасто-універсальні. Підрізувальні лапи встановлюють так, щоб усі їхні сліди перекривалися один одним і щоб леза переміщувалися паралельно поверхні ґрунту.

Культиватори з підрізувальними робочими органами використовують і для обробітку міжрядь просапних культур та для обробітку парів. Культиватори, обладнані підрізувальними лапами, недоцільно використовувати на полях, засмічених кореневищними бур'янами.

Лапи культиваторів кріпляться на жорстких або пружинних стояках. На останніх здебільшого кріплять лапи розпушувального типу.

Культиватори з пружинними лапами мають значні недоліки: вони не зрізують усіх бур'янів, особливо коренепаростковими; більше розпилюють і частково перевертають ґрунт, що призводить до його висушування. Такі лапи виносять наверх насіння бур'янів з глибших шарів ґрунту. Саме тому для передпосівного обробітку слід використовувати культиватори з жорсткими стояками. Однак пружинні лапи краще розпушують та перемішують ущільнений ґрунт, не забиваються під час роботи, тому нерідко замінювати їх іншими знаряддями недоцільно.

Культиватори, які використовують для передпосівного обробітку і обробітку парів, мають два типа робочих органів - стрілчасті універсальні та розпушувальні лапи. Робочими органами просапних культиваторів є однобічні та стрілчасті плоско-різальні і розпушувальні долотоподібні лапи.

1.3 Марки і моделі машин для поверхневого обробітку ґрунту

У штангових культиваторів (рис 1.5 -1.6) робочим органом є металевий квадратний (22 x 22 мм) стержень-штанга. При роботі культиватора вона приводиться в обертальний рух, вириває та викидає бур'яни на поверхню ґрунту. Штанга працює на глибині 8-10 см від поверхні, обертаючись у зворотному напрямку, обертанню коліс. Для додаткового розпушування ґрунту застосовують культиватор який обладнаний лапами. Штанговий культиватор менше, ніж який обладнаний лапами, забивається бур'янами.



Рис. 1.5. Секція просапного культиватора з нерегульованими пружинними стійками



Рис. 1.6. Секція просапного культиватора з регульованими пружинними стійками

Вибір такого типу культиваторів і робочих органів залежить від особливостей ґрунту, біології рослин і погодних умов. У посушливих південних районах, особливо в другій половині літа, для розпушування чистих парів використовують такі культиватори, якими можна обробляти ґрунт на невелику глибину, найменше висушуючи його і залишаючи вирівняну поверхню. Культиватори з ножеподібними робочими органами (ножові) і дротяні (для обробітку чистого пару) тощо.

Суттєве значення на розподіл сил під час обробки має таке налагодження агрегату, яке дозволить секції прийняти положення найбільш близьке до рівноваги для запобігання заглиблення або виглиблення робочих органів таких як: лап, дисків, борінок та ін. Негативним фактором регулювання є ступінчастість, так як найбільш оптимальний розподіл сил, та відповідно і якість обробки, проводиться лише при чітко встановленому куті розташування ланок паралелограмного механізму до оброблюємої поверхні поля. Безступінчатості досягають такими конструктивними рішеннями як гвинтовий механізм на опорних колесах, опорних котках, застосуванням регульованих стійок лап.



Рис. 1.7. Просапний культиватор GR 8.4 агрегатування з трактором JD 8400

Від типу матеріалу з якого складається агрегат також залежить його надійність, періодичність відмов, вид зношування. Значна частина технологічних

параметрів та конструктивних елементів обирається опираючись на довідникові матеріали та стандарти.

1.4. Аналіз відмов та надійності машин для поверхневого обробітку ґрунту

Відмова – це така подія, яка полягає у втраті об'єктом здатності виконувати потрібну функції, тобто у порушенні працездатного стану об'єкта.

«Відмова» є подією, на відміну від «несправності», що є станом та причиною відмови. Відмова завжди пов'язана, як з виникненням несправності, так і з втратою працездатності. Щоб забезпечити збільшення періодичності між відмовами та мінімізування їх появи машинно-тракторні агрегати повинні мати високу надійність.

Надійність – це властивість об'єкта зберігати у часі в установлених межах значення всіх параметрів, що характеризують здатність виконувати потрібні функції в заданих режимах та умовах застосування, зберігання та транспортування.

Надійність закладається при проектуванні, забезпечується у виробництві і підтримується в експлуатації. Важливе місце у підтриманні та реалізації необхідного рівня надійності, має експлуатація разом з технічним обслуговуванням та ремонтом.

Необслуговуваний об'єкт – це об'єкт для якого проведення технічного обслуговування не передбачено нормативно-технічною та конструкторською документацією.

Найчастішою причиною відмов є зношення. Зношення – це процес порушення та втрати матеріалу з поверхні твердого тіла чи накопичення остаточної деформації при терті, який з'являється в поступовій зміні розмірів чи формі тіла.

В результаті таких тривалих простоїв відбувається зміна параметрів агрегатів і якості конструкційних вузлів. Причини такі: розвиток корозійних процесів,

деформація робочих органів та інших конструкційних вузлів, неправильно організоване зберігання.

Вузлами які найбільш навантаженні під час роботи є підшипникові вузли опорного колеса, шарніри паралелограма, стійки та лапи секції культиватора. На підшипниковому вузлі опорного колеса і втулках паралелограма концентрується максимальне навантаження саме тому вони підлягають підвищеному зношенню.

Зношення приводить до поломок, тобто відмов, та впливає негативно на терміни виконання сільськогосподарських робіт, затримуючи їх, тим самим приводячи до втрати врожаю. Саме через це при конструюванні секції культиватора треба виключити ймовірність раптових відмов, поступові та релаксацію привести в терміни виконання технічного обслуговування культиватора, яке проводиться в міжсезонний період. Для цього є необхідність розрахувати навантаження, що діє на вузли, та дібрати матеріали, конструктивні компоненти, що задовольняють необхідним умовам, використання дорогих матеріалів негативно вплине на собівартість машини, та також подовживши термін дії вузла, поломка (поступова відмова та релаксація) може відбутися в період активної експлуатації машини (сезон культивації) другого року роботи. Тому головна задача конструктора доцільно дібрати матеріали і конструктивні елементи, щоб дотриматися в експлуатації кратності терміну технічного обслуговування термінам та періодам сільгоспробіт.

Проблеми, які найчастіше виникають при експлуатації:

- знос, що призводить до затуплення і деформації робочих органів (наприклад, що відповідають за розпушування);
- перекис та інші деформації окремих частин рами;
- знос осей та втулок;
- поломки підйомних механізмів, сполучного шарніра, які управляють колесами блоку.

Переважне число робочих органів спочатку виконані такими, що мають спосібність заточуватися самостійно (виключенням є лапи для розпушування). Тверді сплави вже є присутніми на тильній частині. Отже, відновлення сильно

зношених органів неможливе. Єдиний елемент, з яким можлива робота по відновленню — це лапи.

Стрілчасті лапи — відновлюються шляхом облаштування накладки на шкарпетці або монтажу лез (змінних) на спеціальних заклепках. Лапи для розпушування заточують до досягнення товщини різальних кромки. [5]

1.5. Висновки за першим розділом

Аналізуючи конструкцію машин для обробітку ґрунту необхідно відзначити, що основними конструктивними елементами, які схильні до інтенсивного зношення є саме підшипникові вузли і безпосередньо робочі органи такі як лапи, диски, зуби та інші.

Всі заходи регулювання фізико-механічних властивостей ґрунтів та відновлення структури можна об'єднати в три великі групи: механічні, хімічні та біологічні.

Механічний обробіток ґрунту являє собою дію на нього робочими органами ґрунтообробних машин та знарядь на відповідну глибину, це саме один із засобів регулювання водного і повітряного режимів оброблюваного шару.

Детальне знання про ґрунтовий покрив та агровиробничу характеристику ґрунтів кожного земельного виділу дає нам агроґрунтове районування території України.

Обробіток ґрунту ефективний лише за умови, якщо його проводять з урахуванням властивостей ґрунтів та кліматичних і погодних умов, біологічних особливостей рослин і їх вимог до ґрунтового середовища.

Основними технологічними операціями є крішіння, різання, розпушування, ущільнення, перемішування, вирівнювання, обертання ґрунту і підрізування бур'янів кожна операція виконується робочими елементами визначеної конструкції та призначення.

Основними способами обробітку ґрунту є боронування, оранка, культивація, дискування, луцення, луцення стерні, фрезерування, чизелювання, коткування, шлейфування, щілювання та підгортання.

При обробці культиваторами виконується 75% технологічних операцій.

Від особливостей матеріалу з якого складається агрегат залежить його надійність, періодичність відмов та вид зношування.

Щоб забезпечити збільшення періодичності між відмовами і мінімізувати їх появи МТА повинні мати високу надійність.

Для підвищення надійності можна використовувати не обслуговуванні об'єкти.

Зношення приводить до поломок, тобто відмов, та негативно впливає на терміни виконання сільськогосподарських робіт, затримуючи їх і тим самим приводячи до втрати врожаю.

Тому головна задача конструктора доцільно дібрати матеріали та конструктивні елементи, щоб максимально подовжити термін експлуатації сільгоспмашини та узгодити термін її технічного обслуговування з періодами сільгоспробіт. [3]

1.6. Обґрунтування теми дипломної роботи

Аналіз технічних особливостей сільгоспмашин не тільки в сенсі техніко-економічних показників обробки ґрунту, а й у питаннях раціонального проектування з моменту розробки технічної пропозиції на новий агрегат, добору конструктивних компонентів, досягненні оптимальної собівартості, аналізі безпеки та узгодженні його експлуатаційних періодів з тактом сільськогосподарських робіт.

Мета дипломної роботи є підвищення ефективності виробництва сільгосп підприємств на основі розробки агрегатів оптимальної конструкції.

Задачі дослідження:

1. Проведення аналізу агроґрунтового районування території України та способів та методів обробки ґрунту.

2. Розробка моделі динамічної взаємодії секції проривного культиватора з опорною поверхнею.

3. Обґрунтування довговічності підшипників робочих коліс просапних культиваторів, вибір розмірів і геометрії стрілочастих універсальних лап просапних культиваторів.

4. Проведення польових випробувань та лабораторних експериментальних досліджень підшипників просапних культиваторів.

5. Застосування методу кінцевих елементів для оцінки конструкції секції просапного культиватора на міцність.

6. Оцінка напружень при простому розтягненні та складному напруженому стані в конструкції секції просапного культиватора за Мізесом.

7. Обґрунтування запасу міцності конструкції секції просапного культиватора для запобігання руйнації.

Об'єкт дослідження - технологічні процеси обробки просапних культур.

Предмет дослідження - ефективність впровадження в конструкцію просапного культиватора захищених підшипників кочення, визначення оптимальної комбінації універсальних стрілочастих лап при обробці ґрунтів з різними фізико-хімічними властивостями.

Методи дослідження: при проведенні фундаментальних досліджень застосовані методи та методики: системний аналіз, методи оптимізації, математичної статистики, методика проведення польових випробувань лап просапних культиваторів, методика проведення лабораторних експериментальних досліджень підшипників просапних культиваторів, методика обробки експериментальних даних, методика оцінки міцнісних характеристик секції просапного культиватора в заданих режимах роботи, методика оцінки напружень в конструкції секції за Мізесом.

Наукова новизна дипломної роботи складається в розробці математичної моделі динамічної взаємодії секції просапного культиватора з опорною поверхнею, обґрунтування довговічності підшипників робочих коліс просапних культиваторів, оцінка конструкції секції на міцність методом кінцевих елементів, оцінка запасу міцності конструкції секції просапного культиватора за Мізесом.

2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ КУЛЬТИВАТОРА

2.1. Обґрунтування основних параметрів робочих органів культиваторів

Для виконання операції по суцільній і міжрядної обробок ґрунту культиватори обладнуються комплектами робочих органів різної форми і розмірів. Найбільш поширеними з них є стрілочасті, односторонні і розпушувальні лапи, підкормові ножі, підокучники, окучники, лапи-отвальники, голчасті й сферичні диски тощо. Робочі органи у вигляді лап застосовуються на всіх культиваторах при виконанні операцій розпушування ґрунту і знищення бур'янів. В даний час вона найбільш характерні для цих знарядь. Розрізняють три основних типи лап культиваторів: полільні, розпушувальні і універсальні. У свою чергу, полільними лапи можуть бути стрілочастими і односторонніми, а розпушувальні - долотоподібні, списоподібними і оборотними (найчастіше на пружинних стійках).

Універсальні лапи, суміщення операції по подрібненню ґрунту і підрізання бур'янів, можуть бути тільки стрілочастими. Основними параметрами лап культиваторів є: кут розміру лез 2γ у стрілочастих лап або нахил леза односторонньої лапи до напрямку руху γ ; кут постановки лапи до низу борозни ϵ , вимірювань в площині, перпендикулярній до леза, ширина захвату лапи B . Великий вплив на технологічний процес можуть надати кути загострення і різання.

Кут розчину 2γ стрілочастої лапи обумовлений прагненням забезпечити гарне підрізання бур'янів і усунути обволікання лапи рослинними залишками. Нехай лезо mn (рис.2.1) розташоване під кутом γ до напрямку руху. Під впливом сили опору різання R з'являться сила нормального тиску N , тангенціальна складова T і сила тертя F . Під впливом T бур'яни зсуваються по лезу, а сила F прагне перешкоджати цьому. Для здійснення ковзаючого різання і запобігання обволікання лапи рослинними залишками необхідно так підібрати кут γ , щоб забезпечити $F < T$.

Тангенціальна складова знаходиться за формулою:

$$T = R \cdot \cos \gamma, \quad (2.1)$$

де R - сила опору різання,
 γ - кут розчину стрілкової лапи,
 T - тангенціальна складова.
 Сила нормального тиску:

$$N = R \cdot \sin \gamma; \quad (2.2)$$

R - сила опору різання;
 γ - до напрямку руху;

$$F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi = R \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi. \quad (2.3)$$

де F - сила тертя;
 N - сила нормального тиску;
 R - сила опору різання;
 Якщо $F < T$, то

$$R \cdot \sin \gamma \cdot \operatorname{tg} \varphi < R \cdot \cos \gamma$$

де R - сила опору різання;

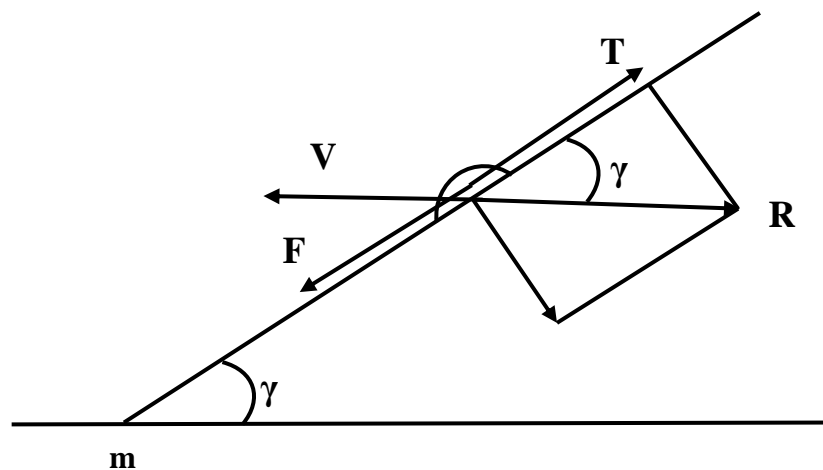


Рис. 2.1. Схема сил, що діють на лезо лапи культиватора

Кут тертя бур'янів про гостру лапу культиватора φ може досягати 45° , тоді $\gamma \leq 45^\circ$, а $2\gamma \leq 90^\circ$.

Однак і при таких значеннях кута 2γ , особливо на вологій і пухкому ґрунті, робота лапи, що має велику ширину захвату, може супроводжуватися скупченням непереріаних бур'янів на кінцях її крил. Обволікання лез широкозахватних лап і відсутність цього явища у лап малої ширини захоплення відзначається багатьма авторами. Спостереження за цим явищем показали, що бур'яни на лезі не залишаються нерухомими, а ковзають уздовж нього, хоча і дуже повільно. Інакше кажучи, обволікання носить не статичний, а динамічний характер. Для усунення цього недоліку кут розчину стрічастих лап, як правило, вибирають не більше 65° і обмежують ширину захвату. Лапи, призначені для роботи на глинистих ґрунтах, можуть мати ширину захвату $b \leq 35 \text{ см}$, а на супіщаних - $b \leq 45 \text{ см}$ [6,9].

Ступінь розсипання ґрунту, виробленої лапою, визначається величиною кута ε постановки лапи до горизонтальної площини. Цей кут вимірюють в площині, перпендикулярній до леза лапи.

За величиною кута ε лапи ділять на плоскорізи - $12 \dots 18^\circ$ і універсальні - $25 \dots 30^\circ$. Робота лапи в великій мірі залежить і від способу заточки (рис.2.2).

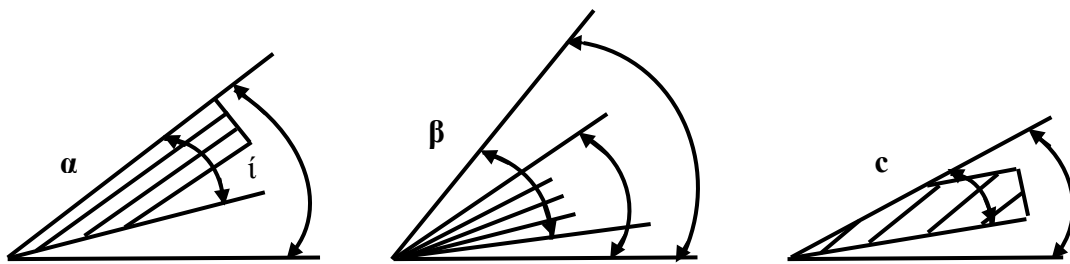


Рис.2.2. Способи заточення лап культиваторів:

а - нижня; в - комбінована; з - нижня; і - кут загострення (заточки) лапи; ε - кут постановки лапи до горизонту; ε_0 - кут різання; $\Delta\varepsilon$ - потиличний кут.

За властивостями матеріалу, що застосовується для виготовлення лап, і щоб уникнути викришування лез, кут загострення і не повинен бути менше $12 \dots 15^\circ$. Якісний зріз рослин відбувається лише при гострій лапі (товщина леза не більше $0,3 \text{ мм}$) і при вугіллі різання ε_0 , що не перевищує $32 \dots 36^\circ$. Для забезпечення сталого ходу лапи необхідно мати позитивний потиличний кут $\Delta\varepsilon$ не менш, ніж $3 \dots$

5 °. Виходячи з цих вимог, універсальні лапи краще заточувати знизу, а плоскоріжучі - зверху або комбінованим способом.

Велике технологічне значення має кут кришення ґрунту α , який лежить в вертикально-подовжній площині і вимірюється між поверхнею лапи і горизонтом (рис. 2.3).

З $\triangle ABD$ можна визначити кут α :

$$BD / AB = tg \alpha \quad (2.4)$$

де BD – сторона $\triangle ABD$;

AB – сторона $\triangle ABD$;

$tg \alpha$ – кут між ними;

З $\triangle ABC$ -

$$BC / AB = \sin \gamma \quad (2.5)$$

BC – сторона $\triangle ABC$;

AB – сторона $\triangle ABC$;

$\sin \gamma$ - кут між ними;

Звідси:

$$AB = BC / \sin \gamma \quad (2.6)$$

підставляючи це значення AB в рівняння, що визначає $tg \alpha$, отримаємо

$$\frac{BD}{AB} = \frac{BD}{BC} \cdot \sin \gamma \quad (2.7)$$

Або

$$\frac{BD}{BC} = tg \varepsilon \quad (2.8)$$

тоді

$$tg \alpha = tg \varepsilon \cdot \sin \gamma \quad (2.9)$$

де γ і ε – кути лап значення;

або

$$\alpha = arctg(tg \varepsilon \cdot \sin \gamma) \quad (2.10)$$

Якщо в це рівняння підставити характерні для існуючих лап значення кутів γ і ε , то можна отримати наступні значення кутів розсипання ґрунту: у

плоскоріжучих лап $\alpha \approx 9 \dots 10^\circ$, у універсальних $\alpha \approx 16^\circ$. Для розпушувальні лап найбільш вживаними значеннями кутів є $25 \dots 45^\circ$.

Культиватори для суцільного обробітку ґрунту не повинні залишати пропусків, забиватися рослинними залишками і грудки ґрунту. Агрегування ґрунту часто виникає з тієї причини, що кожна лапа утворює перед собою зону деформації ґрунту. Дальність зони деформації ґрунту і ширина її визначають параметри розстановки лап на рамі знаряддя. Так, якщо дальність поширення зони деформації виявиться більше відстані між рядами лап, то передній ряд лап буде працювати не в тих умовах, що будівель. Це може привести до втрати стійкості ходу культиватора і агрегування ґрунту.

При русі лапи культиватора на глибині h на ґрунт діє сила R , яка спрямована під кутом тертя до нормалі, проведеної до носку лапи (рис. 2.4). Зрозуміло, що напрямок деформації ґрунту може не збігатися з напрямком зусилля. Якщо допустити можливість застосування до деформованість пласту теорії найбільших дотичних напружень, то небезпечні перетину утворюють з напрямком сили кут Q , симетричний щодо R . У порівняно однорідних середовищах руйнування зазвичай відбувається по одному з напрямків конуса. У ґрунті ж руйнування може відбуватися по обох напрямках через велику нерівномірності механічних властивостей. Це дає певні підстави вважати, що в середньому сколювання ґрунту не відхиляється істотно від напрямку сили R , яка є віссю симетрії по відношенню до можливих і чергується напрямками деформації [7,8].

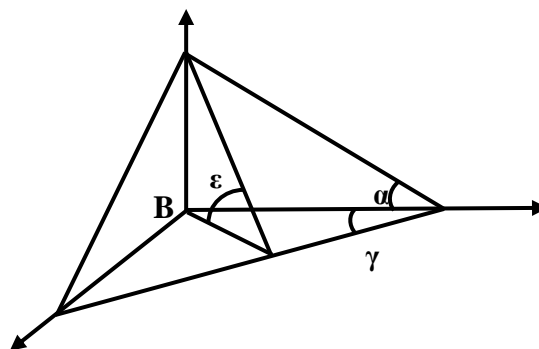


Рис.2.3. Схема до визначення кута крошення ґрунту

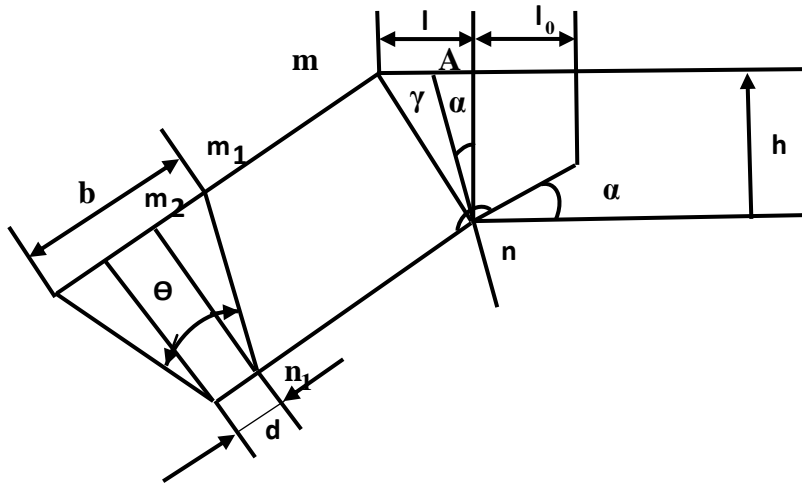


Рис.2.4. Зона деформації ґрунту перед лапою культиватора

Зона поширення деформації в вертикально-поздовжній площині визначиться лінією mn :

$$l = h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2.11)$$

де h – глибина;

З урахуванням вильоту носка лапи щодо стійки l_0

$$m_2 m_1 = mn = \frac{h}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (2.12)$$

відстань між рядами лап повинна дорівнювати

$$L \geq l_0 + l = l_0 + h \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \quad (2.13)$$

$$b = d + 2 \cdot m_2 m_1 \quad (2.14)$$

Причому

$$m_2 m_1 = m_2 n_1 \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2} \quad (2.15)$$

але

$$m_2 m_1 = mn = \frac{h}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (2.16)$$

тоді

$$b = d + \frac{2h \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\cos(\alpha + \varphi)} \quad (2.17)$$

Кут Q зазвичай становить $40 \dots 50^\circ$.

Якщо задатися реальними умовами і визначити відстань між рядами лап по рівнянню 7.3, то виявиться, що воно складе для найбільш поширених лап $500 \dots 600$ мм.

З недоліком даної методики визначення параметрів розстановки лап насамперед зіткнулися при створенні швидкісних культиваторів. При швидкості $12 \dots 15$ км / год різко зростала тяговий опір культиватора, а в зоні дії лап утворювався суцільний ґрунтовий вал. Спостереження за роботою культиватора показали, що причиною цього є невідповідність схеми розстановки лап новому швидкісному режиму. При високій швидкості ґрунт після сходу з лапи рухається як тіло, кинуте під кутом до горизонту. Якщо ґрунт, підкинута першим рядом лап, не встигне опуститися на місце до моменту підходу наступного ряду, то можливий зустрічний удар і, як наслідок, збільшення тягового опору і агрегування (рис. 2.5) [8].

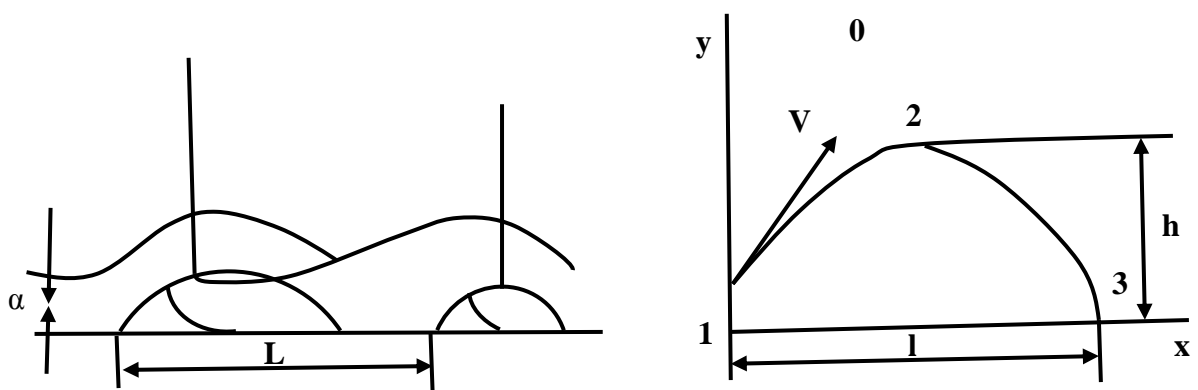


Рис.2.5. Схема взаємодії лап культиватора з ґрунтом при високій швидкості агрегату

Якщо розглянути вплив швидкості в першому наближенні, тобто без урахування сил тертя по металу і опору повітря, то рух ґрунту можна описати рівняннями:

$$\begin{aligned} V_x &= V_0 \cdot \cos \alpha \\ V_y &= V_0 \cdot \sin \alpha - gt \end{aligned} \quad (2.18)$$

$$\begin{aligned} x &= \int V_x dt = (V_0 \cdot \cos \alpha) \cdot t \\ y &= \int V_y dt = (V_0 \cdot \sin \alpha) \cdot t - \frac{gt^2}{2} \end{aligned} \quad (2.19)$$

Найбільш характерними параметрами траєкторії є висота h точки 2 і дальність польоту l для точки 3 (див. Рис. 2.5).

Для точки 2 характерно, що $V_{y2} = 0$, тоді

$$t^2 = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha}{g} \quad (2.20)$$

$$y_2 = h = \frac{V_0 \cdot \sin \alpha \cdot V_0 \cdot \sin \alpha}{g} - \frac{1}{2g^2} g \cdot V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \quad (2.21)$$

Отже

$$h = \frac{V_0^2 \cdot \sin^2 \alpha}{2g} \quad (2.22)$$

Координата x_2 може бути знайдена аналогічно:

$$x_2 = \frac{V_0 \cdot \cos \alpha \cdot V_0 \cdot \sin \alpha}{g} = \frac{V_0^2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} \quad (2.23)$$

Якщо врахувати симетричність параболи, то

$$x_3 = l = 2x_2 = \frac{V_0^2 \cdot 2 \cdot \sin \alpha \cdot \cos \alpha}{g} \quad (2.24)$$

або,

$$l = \frac{V_0^2 \cdot \sin 2\alpha}{g} \quad (2.25)$$

Початкову швидкість ґрунтових частинок V_0 часто ототожнюють зі швидкістю руху агрегату. Насправді вона буде трохи нижче швидкості агрегату, так як ґрунт при русі по лапі загальмується за рахунок сил тертя. Щоб врахувати вплив тертя на швидкість руху ґрунту по лапі, необхідно розглянути сили, що діють на елементи маси m , розташованої на похилій поверхні під кутом α до горизонту (рис. 2.6).

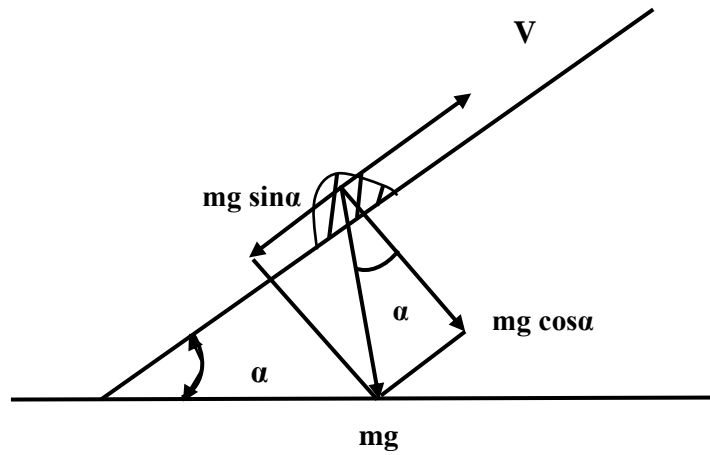


Рис.2.6. Схема сил, що діють на ґрунт, що рухається по поверхні лапи культиватора.

Диференціальне рівняння руху ґрунту може бути складено з урахуванням принципу Д, Аламбера:

$$m \cdot \frac{d^2 S}{dt^2} = m \cdot \frac{dV}{dt} = -mg \cdot \sin \alpha - f \cdot mg \cdot \cos \alpha \quad (2.26)$$

де $f = \operatorname{tg} \varphi$ - коефіцієнт тертя ґрунту про лапу;

φ - кут тертя ґрунту про лапу;

Рівняння може бути вирішено шляхом поділу змінних і послідовного зниження порядку:

$$\frac{dV}{dt} = -g \cdot \sin \alpha - fg \cdot \cos \alpha \quad (2.27)$$

$$\frac{dV}{dt} = -g \cdot \sin \alpha - g \frac{\cos \alpha \cdot \sin \varphi}{\cos \varphi} = -g \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \quad (2.28)$$

$$S = V_0 \cdot t - gt^2 \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{2 \cos \varphi} \quad (2.29)$$

де S - ширина лапи;

Якщо врахувати, що шлях S_2 , пройдений ґрунтом по лапі, залежить від ширини лапи S , то після підстановки цього значення в рівняння (2.8) можна знайти час t руху частинок по поверхні лапи:

$$t = \frac{V_0 - \sqrt{V_0^2 - 2 \cdot \frac{g \cdot \sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi} \cdot S_2}}{g \cdot \frac{\sin(\alpha + \varphi)}{\cos \varphi}} \quad (2.30)$$

Взагалі кажучи, перед знаком радикала в чисельнику при вирішенні квадратного рівняння необхідно було поставити знаки "плюс-мінус", і тоді могли бути визначені два рішення квадратного рівняння (2.8). Аналіз коренів показав, що при знаку "плюс" вийде нереальне рішення, яке могло б мати фізичний зміст лише при нескінченній довжині похилій площині, коли частка, що рухається за рахунок інерції, зупинилася б при підйомі вгору і скотилася вниз до позначки S від початку клину.

Наприклад, для $V = 2 \text{ м / с}$; $\alpha = 15^\circ$; $\varphi = 25^\circ$; $S = 5 \text{ см}$, отримано $t_1 = 0,026 \text{ с}$, $t_2 = 0,55 \text{ с}$, а при русі без урахування тертя $t = 0,025 \text{ с}$. У зв'язку з цим в подальшому використовується тільки одне рішення квадратного рівняння, що визначається за формулою (2.9). Довжина шляху ковзання ґрунту по лапі S_2 повинна бути виміряна вздовж напрямку руху ґрунту, так що S_2 буде відрізнятися від ширини лапи S , яка вимірюється в напрямку, перпендикулярному до леза. Якщо врахувати, що рух ґрунту збігається з напрямком осі x , то S_2 може бути визначена на підставі простих геометричних перетворень (рис. 2.7).

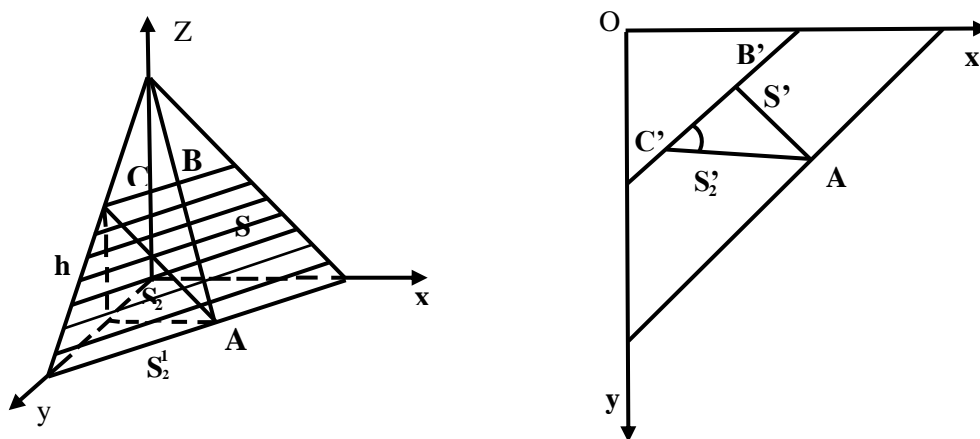


Рис. 2.7. Довжина шляху ковзання ґрунту по лапі

За теоремою Піфагора

$$S_2 = \sqrt{(S_2')^2 + (h')^2} \quad (2.31)$$

де S'_2 - проекції шляху ковзання ґрунту на горизонталь;

h' - висота задньої кромки крила.

з $\triangle AB'C'$

$$\begin{aligned}\frac{S'}{S'_2} &= \sin \gamma \\ S'_2 &= \frac{S'}{\sin \gamma}\end{aligned}\quad (2.32)$$

В свою чергу,

$$S' = S \cdot \cos \varepsilon \quad (2.33)$$

тоді

$$S'_2 = S \cdot \frac{\cos \varepsilon}{\sin \gamma} \quad (2.34)$$

Якщо додатково врахувати, що

$$h' = S \cdot \sin \varepsilon \quad (2.35)$$

то

$$S_2 = \sqrt{S^2 \frac{\cos^2 \varepsilon}{\sin^2 \gamma} + S^2 \cdot \sin^2 \varepsilon} = S \cdot \sqrt{\frac{\cos^2 \varepsilon}{\sin^2 \gamma} + \sin^2 \varepsilon} \quad (2.36)$$

Після підстановки знайденого за формулою (2.9) часу t в рівняння (2.7), можна знайти уточнене значення швидкості ґрунту, що зійшла з крила лапи. Використовуючи цю величину в рівняннях (2.5) і (2.6) замість V_0 , можна визначити висоту підкидання ґрунту і дальність польоту частинок після сходу з крила.

Обчислювальний експеримент, проведений з використанням комп'ютерної програми "Лапа", розробленої за моделлю викладеної вище, показав, що для роботи культиватора на швидкості до 15 км / год, необхідно відстані між рядами лап встановити не менше 700 мм, а кут постановки крила універсальної лапи до горизонту зменшити до 23 ... 24 °.

2.2. Обґрунтування конструкції стрільчастої лапи

Профіль стрільчастої лапи був запозичений у чорноморського скату хвостокору, який був прийнятий в якості біологічного аналогу. Використовуючи параметри тіла тварини, була розроблена геометрична, а потім і чисельна моделі стрільчастої лапи. В результаті було отримане регресійне рівняння регресії поверхні. (рис.2.3.). Поверхня була розбита на окремі елементарні ділянки, до яких було застосоване рівняння підпірної стінки Цитовича [10]. На основі аналізу системи отриманих рівнянь тягового опору для кожної елементарної ділянки був отриманий раціональний інтегральний профіль поверхні, який повинен був забезпечити потрібний рівень кришення ґрунту і, що на менш важливо, відрив кореневої системи стерні рослинних решток від загального масиву ґрунту з виносом її на денну поверхню.

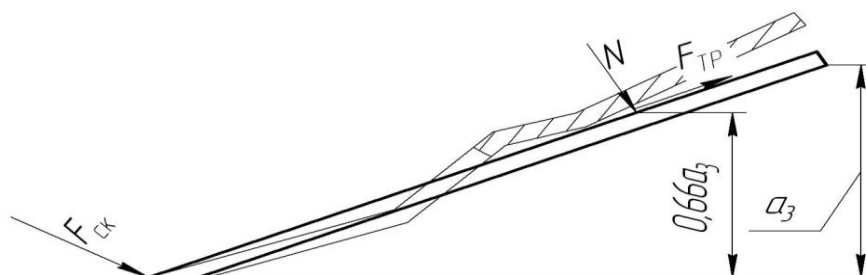


Рис.2.8. – Розрахункова схема до обґрунтування профілю робочої поверхні стрільчастої лапи

Слід відмітити, що наведений профіль відповідає перетину стрільчастої лапи по осі, тобто крила лап можуть мати звичайні добре відпрацьовані на серійних конструкціях конструктивні параметри, а по осі абґрунтовані нами. Варіант такого виконання лапи представлений на рис.2.9.



Рис.2.9. Аналітично обґрунтована і прийнята до експериментальних досліджень стрільчаста лапа (варіант№1)

На рисунки видно, що центральна осьова частина носить випуклий характер.

Слід також відмітити, що жаберні плавники тварини в даному випадку можна розглядати як елемент ідентифікації крил лапи. Тому нами розроблений варіант в якому крила виконані більш пропорційними до загальних розмірів конструкції у відповідності до пропорцій аналогу.



Рис.2.10. – Прийнята до експериментальних досліджень стрільчаста лапа (варіант №2)

З метою уніфікації конструкції базові конструктивні параметри прийняті аналогічними до прототипу:

- ширина захвату стрільчастої лапи $b = 330$ мм
- діаметр диска $d = 350$ мм
- ширина захвату дискової батареї $B = 240$ мм
- кількість дисків в батареї – 5
- відстань між дисками в батареї $a = 60$ мм

Особливість процесу моделювання полягає в тому, що натурний зразок був виготовлений на основі, так званого, інтуїтивно-аналітичного методу. Тобто, спочатку були виготовлені дослідні зразки стрільчастих лап, а вже потім розроблені їх геометрична і чисельні моделі, які лягли в основу розрахункових схем.

Традиційно аналітичною моделлю взаємодії ґрунтообробного знаряддя з ґрунтом вважається математична модель визначення тягового опору в залежності від конструктивних параметрів конструкції, кінематичного режиму роботи і

механіко-технологічних властивостей ґрунту. І традиційно методичною основою досліджень є теорія взаємодії з ґрунтом робочого органа довільної геометричної форми А.М.Панченко [11].

2.3. Тяговий опір стрільчастої лапи

Враховуючи те, що стрільчасті лапи були виготовлені без аналітичного обґрунтування їх розрахункових схем, аналітичну модель взаємодії з ґрунтом треба розробляти не під математичні рівняння профілів робочих поверхонь і ріжучого периметра, а під конкретні чисельні значення конструктивних параметрів.

Для того, щоб можна було аналітично порівняти моделі роботи стрільчастих лап різної геометричної форми, як то : стандартної серійної, запропонованої в роботі і обох, що запропоновані в даній магістерській роботі, необхідно мати єдину аналітичну модель взаємодії всіх конструкцій з ґрунтом. Аналізуючі конструктивні особливості всіх наведених стрільчастих лап ми прийшли до висновку, що в якості базової розрахункової схеми до моделі можна прийняти, запропоновану в роботі розрахункову схему визначення складових тягового опору.

Послідовність взаємодії робочої поверхні з ґрунтом наступна.

Лобова частина лапи відділяє від загального масиву ґрунту призму сколу, яка потрапляє на поверхню лапи і в процесі її руху на поверхню діють сили нормального тиску і тертя. Тяговий опір буде являти собою проекцію на напрямок руху всіх діючих сил. Розглянемо їх послідовно. Відомі три моделі, які можна прийняти як основу виконуваних нами досліджень. Перша розглянута нами в першому розділі. Ця модель враховує тільки сили сколу. Аналізом величини доведених до ріжучого периметра довільної геометричної форми сил [11] встановлено, що сила сколу становить 80 -90% від загальної сили опору ріжучого периметра, що автоматично зменшує адекватність моделі на 10 -20%. Друга модель враховує сили тиску і тертя ґрунту, але вона працює з приведеними величинами конструктивних параметрів і тому не може враховувати конструктивні особливості стрільчастої лапи. Третя модель [12] відрізняється тим, що процес сколу призми розбитий на елементарні нескінченно малі ділянки, які в розрахунках приймають

з'як плоскі, що надає можливості застосувати рівняння підпірної стінки А.М.Цитовича [10] і теорію внутрішньої напруги А.М.Панченко [11]. Модель теж не враховує сили тиску і тертя апіорі прийнявши їх завідомо меншими за сили сколу.

Таким чином, як показує аналіз, більшість авторів сили тиску і тертя не враховують. Враховуючи також те, що розроблений нами агрегат розрахований на використання в умовах заниженої консолідації ґрунту, таке припущення можна вважати цілком правомірним.

Модель передбачає, що скол призми ґрунту відбувається від ріжучої кромки долота. Інші елементи робочої поверхні, в тому числі і крила, в сколі участі не приймають. Але конструктивні [12] особливості запропонованих стрільчастих лап вносять корективи у це положення. Діло в тому, що перехідна частина крил може вважатись частиною долота і теж приймає участь у формуванні призми сколу. В запропонованій нами моделі це явище враховане. Зрозуміло, що та частина крила, що знаходиться вище лінії сколу від долота участі в сколі не приймає. Тому, для моделі вводимо поняття приведеної глибини різання ($a_{ПР}$)

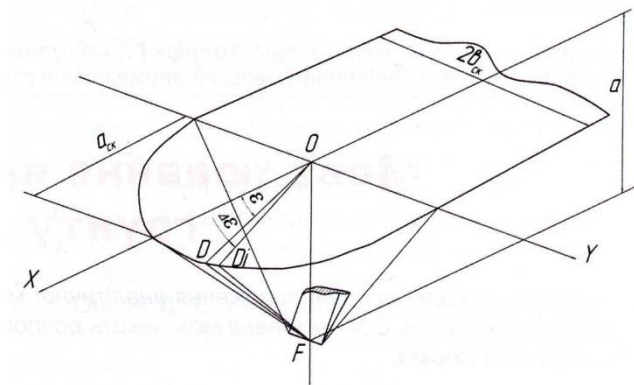


Рис.2.11. Розрахункова схема до визначення сили сколу призми ріжучою кромкою носка стрільчастої лапи [12].

У відповідності сила сколу дорівнює :

$$P_{cx} = a^2 \cdot C_{штг} \int_0^{0.5\pi} \sqrt{[tg(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [tg \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2} \cdot \sqrt{[tg(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [tg \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2 + 1} \cdot d\varepsilon \quad (2.37)$$

де a – дійсна глибина занурення у ґрунт;

α – кут нахилу дотичної до профілю долота в місці перетину з лезом; φ – кут внутрішнього тертя ґрунту; ε – змінна інтегрування.

Рівняння легко вирішується методом чисельного інтегрування.

Для гарантованого знаходження частини крила нижче лінії сколу від долота приведена глибина з якої починається тріщиноутворення повинна становити:

$$a_{\text{ПР}} = a + b \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \beta,$$

де b – ширина носка лапи;

γ – кут розкриття крил лапи;

β – кут постановки крила лапи до дна борозни;

Після математичних перетворень рівняння прийме вид:

$$P_{\text{ск}} = [a + b \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \beta]^2 \cdot C_{\text{шт}} \cdot \int_0^{0,5\pi} \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2} \cdot \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2 + 1} \cdot d\varepsilon \quad (2.38)$$

2.4. Загальний тяговий опір агрегату

В моделі [11] прийняте припущення, що диск занурюється вертикально під дією ваги агрегату і тому, враховуючі занижену консолідацію ґрунту можна з достатньою точністю прийняти, що опір диска визначається силами тертя ґрунту о бокові поверхні.

$$F_{\text{б}} = 12 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5 \cdot \varphi_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 R \cdot \int_0^{\pi} [a - R \cdot (1 - \cos \varepsilon)]^2 \cdot d\varepsilon,$$

де ε – змінна інтегрування.

Таким чином, загальний тяговий опір агрегату буде становити:

$$P_{\text{ск}} = [a + b \cdot \cos \gamma \cdot \operatorname{tg} \beta]^2 \cdot C_{\text{шт}} \cdot \int_0^{0,5\pi} \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2} \cdot \sqrt{[\operatorname{tg}(\alpha + \varphi) \cdot \cos \varepsilon]^2 + [\operatorname{tg} \varphi \cdot \sin \varepsilon]^2 + 1} \cdot d\varepsilon + 12 \cdot \gamma \cdot \operatorname{tg}(45^\circ - 0,5 \cdot \varphi_2) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 R \cdot \int_0^{\pi} [a - R \cdot (1 - \cos \varepsilon)]^2 \cdot d\varepsilon \quad (2.39)$$

Результати розрахунку за наведеною моделлю наведені в розділі 4 у порівнянні з результатами польових досліджень.

2.5. Висновок за другим розділом

Після підстановки знайденого за формулою (2.30) часу t можна знайти уточнене значення швидкості ґрунту, що зійшла з крила лапи. Використовуючи цю

величину в рівняннях (2.22) та (2.25) замість V_0 , можна визначити висоту підкидання ґрунту та дальність польоту частинок після сходу з крила.

Обчислювальний експеримент, проведений з використанням комп'ютерної програми "Лапа", розробленої за моделлю викладеної вище, показав, що для роботи культиватора на швидкості до 15 км/год, необхідно відстані між рядами лап встановити не менше 700 мм, а кут постановки крила універсальної лапи до горизонту зменшити до 23...24 °.

Аналіз відомих математичних моделей взаємодії з ґрунтом використаних складових комплектуючих комбінованого агрегату показує, що вони побудовані за близькими схемами і використовують практично однакові припущення.

Розроблена нами конструкція комбінованого агрегату максимально адаптована до експлуатації в умовах органічного землеробства, тобто в умовах заниженої консолідації ґрунту. Слід відмітити, що запропонована нами комплектація агрегату є мінімально можливою, але це не виключає подальшого розвитку конструкції шляхом додавання інших робочих органів, наприклад, катків і борін.

Запропонована нами модель взаємодії використаних в машині робочих органів з ґрунтом відрізняється від відомих переходом до нескінченно малих, що підвищує точність виконуваних розрахунків. Особливо слід відмітити, що модель базується на використанні питомого зчеплення часток. Як єдиного інтегрального показника всіх механіко-технологічних властивостей ґрунту.

3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРОВЕДЕННЯ ПОЛЬВИХ ТА ЛАБОРАТОРНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Вибір та характеристика об'єкта експериментальних досліджень

Науковою постановкою дослідів та спостережень процесу зношення лап та підшипників в умовах обробки ґрунтів різної щільності та складу дозволяє аналізувати та прогнозувати періодичність технічного обслуговування просапних культиваторів, раптові, поступові відмови, відмови релаксації.

Відтворити експеримент для точності дослідження необхідно в польових умовах з використанням вимірювальних пристосувань та випробувальних стендів, заміри проводити частково в лабораторних умовах (рис. 3.1).



Рис. 3.1. Випробування стійкості ходу лап просапного культиватора

Польові дослідження проводяться з просапними культиваторами, фіксуються період та умови їх експлуатації.

Досліджувані параметри (в умовах різних типів ґрунтів):

- сталість роботи просапного культиватора,
- здійснення агротехнічних вимог,
- оптимальний розмір лап,
- термін зношення лап просапних культиваторів,

- термін зношення закритих радіальних шарико-підшипників,
- термін зношення відкритих радіальних шарико-підшипників.

Результати експериментів мають відповідати трьом статистичним вимогам [15]:

- вимога ефективності оцінок,
- вимога спроможності оцінок,
- вимога незміщеності оцінок.

Розповсюдженим у сьогоднішніх дослідженнях є активний експеримент, оскільки він забезпечує одержання швидких, точних і ефективних результатів співвідносно до специфіки досліджуваних явищ і процесів. Рознясюється це тим, що параметри перемінних, використовуваних величин, вжитих у зазначеній моделі, ми не задаємо в необхідний момент часу, а визначаємо на підставі фіксування досліджуваного об'єкта. Це, у свою чергу, свідчить про обов'язковим проведення експерименту, що носить пасивний характер, що допустило спостерігати цікавлячі процеси, аналізувати їх по вихідних параметрах досліджуваної системи.

Кожне дослідження залежить від типу самого експерименту і вирішаної в процесі його проведення задачі. Проте першою стадією будь-якого експерименту є об'єкт дослідження. Від точного вибору такого об'єкта пов'язанно як вірогідність, так і узагальнюючий характер отримання інформації. Для утворювання масиву необхідної інформації обраний об'єкт повинен мати широкий обсягу зміни становища системи і при цьому задовольняти ряду вимог.

Об'єктом експериментальних досліджень є функціонування машинно-тракторних агрегатів в агрофірмах ТОВ «Жива нива», ТОВ «Наталка», СФГ «Перлина».

Вибір об'єкта дослідження обумовлений наступними причинами:

- необхідністю дослідження явищ функціонування машинно-тракторних агрегатів в агрофірмах;
- належністю сільсько-господарської техніки до різних форм власності;
- адаптацією виробничо-технічної бази (ВТБ) існуючих агрофірм до нових моделей с-г техніки як вітчизняної, так і закордонної.

3.2. Мета і завдання експериментальних досліджень

Основною метою і завданням експериментальних досліджень є встановлення режимів роботи просапного культиватора оптимальних для виконання в результаті міжрядного обробітку таких завдань [16]:

- знизити непродуктивні втрати вологи з ґрунту,
- прибільшення в ґрунті вмісту повітря,
- прискорити проходження в ґрунті біологічних процесів,
- ліквідування бур'яну і частково шкідники та збудники хвороб рослин.

У процесі натурного експерименту досліджується робота просапного культиватора в полі, технічні параметри просапного культиватора.

Модельний експеримент виконується на 3-D моделях здійснених за допомогою програми «Autodesk Inventor» і дає спряможність найповніше вивчити об'єкт і зв'язані з ним процеси.

У підсумку експериментального дослідження була здобута велика інформація про зміну радіального зазору підшипників коліс та профілю просапних лап та інших параметрів культиваторів.

Треба відзначити, що для великих проміжків часу (рік, квартал, місяць) потоки відмовлень і відновлень усередині етапу можна прийняти стаціонарним. Їхні наслідки нейтралізуються за допомогою організаційних мір. Проте усередині невеликого періоду (тиждень, день) можливості регулювання цих потоків найбільш обмежені і складні в реалізації. При цьому облік впливу нестаціонарності потоків вимог є дуже важливим.

Заміна конструктивних параметрів просапного культиватора пов'язана з умовами роботи просапного культиватора, його функції, культури, яка обробляється, та других факторів конструктивних та технологічних, які впливають на якість обробки та виконання агротехнічних вимог.

3.3. Проведення польових досліджень

3.3.1. Методика проведення польових експериментальних досліджень радіального зазору котка

Контроль справності опорного котка містить огляд, перевірку бандажу і легкості обертання, вимір радіального зазору. При наявності зрушення обойм на валу або корпусі, підшипник замінюють на інший.

Пристосування (рис. 3.2) для контролю радіального зазору опорного котка складається з кронштейну фіксуючих бовтів, затискного кулачка, індикатора годинникового типу.

Кронштейн неперушно фіксують на стійці опорного котка за допомогою бовта та кулачка, в пазах встановлюють індикатор в положенні «0», фіксують індикатор. Вимірювання виконується шляхом підйому опорного котка в радіальному напрямку, потрібне зусилля не менше 4 кг, визначення радіального зазору релізують по циферблату індикатора.

Фіксується середнє значення декількох вимірів.



Рис. 3.2. Пристосування для вимірювання радіального зазору котка

3.3.2. Методика проведення польових випробувань працездатності лап просапних культиваторів

Розтошування лап на культиватор (рис. 3.3) було вибрано таким, щоб виключалася можливість заклинювання між суміжними лапами бур'яну і ґрунту, відповідно агротехнічним вимогам обробка поля мусить виконуватися без пропусків.

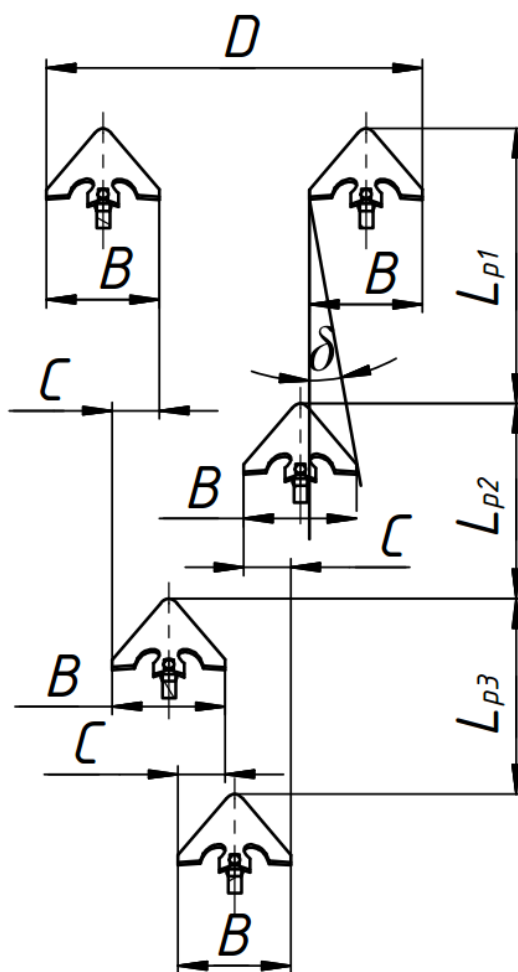


Рис. 3.3. Схема розміщення стрілочастих лап культиватора

Відстань між рядами лап визначається за формулою [14]:

$$L_p \geq l_3 + L, \quad (3.1)$$

де L - виліт лапи;

$$l_3 = h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi); \quad (3.2)$$

φ - кут тертя ґрунту по металу.

Тоді

$$L_p \geq h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + L \quad (3.3)$$

З урахуванням напрямків сколювання ґрунту можливі граничні значення поширення зони деформації ґрунту в поздовжньому напрямку становлять [14]:

$$L_{p\max} = h_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\alpha + \varphi + \frac{\omega}{2}\right) + L; \quad (3.4)$$

$$L_{p\max} = h_0 \cdot \operatorname{tg}\left(\alpha + \varphi - \frac{\omega}{2}\right) + L \quad (3.5)$$

Розташування лап на секції культиватора було зроблено трирядним, перекриття між сусідніми лапами $C=60$ мм. Величину відстані між сусідніми лапами і їх рядами з умов поширення зон деформування ґрунту при дії на нього лапами культиватора $L_{p1} = 500$ мм, $L_{p2} = L_{p3} = 250$ мм. Згідно з теорії найбільших дотичних напружень напрямки, за якими може знищуватися шар ґрунту внаслідок сколювання, розміщуються симетрично щодо сили R під кутом ω один до іншого, де $\omega = 40^\circ \dots 50^\circ$ для ґрунтів [14]. В середньому напрямку сколювання ґрунту істотно не відхиляється від напрямку сили R .

Навантаження, які сприймають лапи культиватора першого ряду, приблизно в 2 рази більше навантажень, які сприймають лапи другого ряду, так як лапи першого ряду працюють в ґрунті, який ще не деформований [13, 14]. Ширину захвату лап прийнято $B = 150$ мм.

Розташування робочих органів (рис. 3.4) відповідає міжряддю 700 мм. Крайні лапи розміщені з урахуванням захисної зони $e = 10$ см від рослин, щоб не допустити їх пошкодження при роботі культиватора. Пошкодження може з'явитися як від безпосереднього дії лап на рослини, так і від порушення кореневої системи рослин при дії на них зони деформування ґрунту, яке створюють лапи під час роботи.

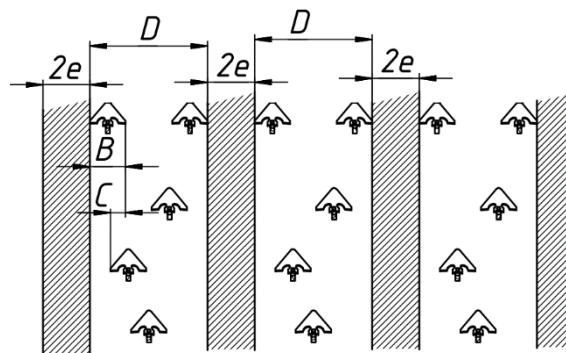


Рис. 3.4. Схема розміщення захисних зон при обробці

Таблиця 3.1

Розміри захисних зон та питомого опору в залежності від глибини обробки

Глибина обробки, см	Захисна зона e , см	Питомий опір обробки, кН/м
4	8-10	0,8-1,1
6	8-10	1,0-1,3
8	10-12	1,0-1,3
10	12-14	1,1-1,7
12	14-16	1,1-1,7

Опорні колеса на культиватор розміщені по ходу таким чином, щоб в робочому положенні вони переміщалися за границі зони деформування ґрунту і щоб був забезпечений вільний прохід розпушеному ґрунту.

Таким чином виконується умова:

$$S \geq 2h_0 \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi_{\max}) + (60 \dots 100) \text{ мм}, \quad (3.6)$$

де (60 ... 100) мм – величина, якою враховується вдавнення колеса в ґрунт.

На рис. 3.5 наведено форми лап лап просапних культиваторів.



Рис. 3.5. Форми лап просапного культиватора:

а – нова, б – зношена

Результати зміни периметру зношення лап просапних культиваторів наведено в таблицях 3.2, 3.3.

Таблиця 3.2

Периметр зношення лап просапних культиваторів шириною В=110 мм після обробки 100 га при глибині обробки 6 см, %.

№ дослідю	%	№ дослідю	%	№ дослідю	%	№ дослідю	%	№ дослідю	%
1	4,1	7	4,9	13	7,1	19	4,4	25	6,8
2	7,5	8	3,9	14	5,1	20	5,3	26	5,3
3	6,0	9	6,8	15	5,7	21	4,3 3	27	4,8
4	6,1	10	5,8	16	7,3	22	4,0	28	6,3
5	3,7	11	7,6	17	8,1	23	4,5	29	6,1
6	6,6	12	3,8	18	7,4	24	6,0	30	6,7

Таблиця 3.3

Периметр зношення лап просапних культиваторів шириною В=150 мм після обробки 100 га при глибині обробки 6 см, %.

№ дослідю	%	№ дослідю	%	№ дослідю	%	№ дослідю	%	№ дослідю	%
1	4,5	7	5,8	13	8,4	19	7,7	25	6,1
2	6	8	3,8	14	5,9	20	5,8	26	8,6
3	5,1	9	3,5	15	4	21	5,6	27	8,3
4	3,6	10	4,9	16	8,1	22	6,0	28	6,8
5	4,1	11	4	17	5,5	23	8,2	29	7,3
6	6,3	12	7,4	18	4,5	24	8,0	30	6,8

3.3.3. Аналіз існуючих методів відновлення культиваторних лап.

Постановка проблеми. Метою цього дослідження був аналіз відомих методів відновлення культиваторних лап для визначення найбільш перспективних, а також виявлення недоліків технологічного процесу їх виготовлення за ступінню неоднорідності напруженого стану.

Аналіз засобів підвищення ресурсу і довговічності культиваторних лап. Найбільшу надійність зроблених і відновлених стрілочастих лап забезпечує комплексну технологію, яка полягає у приварюванні внахлест до остову термоупрочнення компенсують похибки і заправки абразивостійким сплавом зношеної області стійки. На підставі цього і для їх перевірки була опрацьована стрілочаста лапа культиватора (рис.3.4), леза якої з лицьового боку (зверху) зміцнюючих методом індукції наплавлення твёрдосплавним матеріалом товщиною до 1,0 мм і заточували з тильної сторони. Носок стрілочастих лап посилювали зносостійкою пластиною з тильного боку. При цьому, пластина виступала вперед щодо ліній кромки лез на 20 мм. Ширина пластини складала до 30, а товщина в межах 2-3мм. Проведені польові випробування показали ефективність зміцнення твёрдим сплавом леза зверху і збільшення його товщини покриття з 0,4 до 1,0 мм, що дозволило істотно збільшити напрацювання до граничного зносу лапи по ширині захоплення крила, а також зносу по ширині леза, зносу лапи по товщині, за гостротою лез.

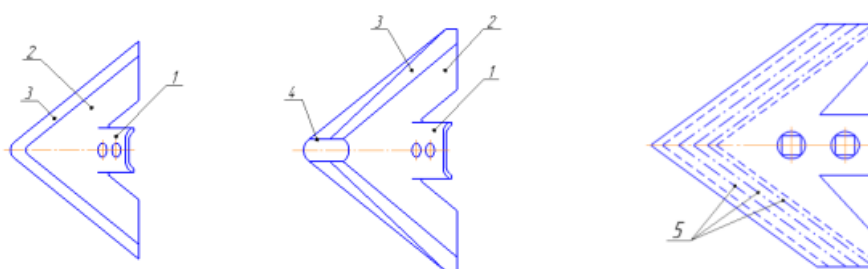


Рис. 3.6. Варіанти наплавлення культиваторних лап: а - з наплавленим лезом патент; б - з наплавленням леза носка і зміненим кутом наплавлення пантентах; в - з армованої зносостійким сплавом поверхнею патенту; 1 - тримач; 2 - крила; 3 - наплавлений зносостійкий шар; 4 - зміцнена носова частина; 5 - лінії армування.

Посилення носка пластиною дало змогу збільшити напрацювання лапи до граничного стану за лінійним зносу носка, по зносу ширини лез, зносу лапи по товщині, по зносу головок кріпильних болтів. Другим методом поверхневого локального укріплення є електромеханічна обробка (ЕМО) лап з тильного боку леза. Вплив струмів великої сили і еластичного деформування допускає одержати структуру поверхневого шару з наявністю «білої смуги» твердістю 60HRC. Незначна глибина термо укріпленого шару (менше 1,2 мм), високі вимоги до

інструменту та обладнання зменшують ефективність технології. Крім цього, видатний спосіб наплавлення абразивостійкого шару на лезову частину, яка передбачає декілька технологічних варіантів. Відмінності між ними полягають у використанні різних способів наплавлення, електродні матеріали, просторового розміщення наплавленого шару, ступеня зміцнюючого впливу наслідком на ту чи іншу частину виробу.

Використання енергоємних технологій (наприклад, плазмова наплавка), дорого стоять наплавлювальних матеріалів з дефіцитними легируючими елементами часто не спричинює до очікуваного підняття ресурсу. Суттєві температурні впливи і виникають напруги при обробці і експлуатації також не сприяють досягненню високої стійкості до абразивного зношування внаслідок тріщини освіти покриттів. Спроби використовувати цементацію і ціанування не знайшли застосування через їх технологічної складності, низькою екологічністю, високу вартість деталі і не значною експлуатаційної ефективності. Створення на кожному крилі культиваторною лапи клина з пилкоподібним лезом і формування виступів і западин на тильній стороні, де розташований зміцнюючий шар металу, приводить до ускладнення процесу виготовлення. Складний профіль леза при обробці засмічених ділянок буде мати негативний вплив на ступінь загарбання бур'янів або пожнивних залишків.

Радіальний, "тепловий", зазор в радіальному шарикопідшипнику, компенсує температурне розширення деталей підшипника при нагріванні в процесі його роботи і не дає можливість підшипнику "заклинити" при дуже високих температурах. Зазор є одним з дуже важливих чинників, що впливають на довговічність роботи підшипника.

В даній конструкції просапного культиватора вибрано підшипник з нормальним зазором, який працює в таких умовах [17]:

- порівняно невеликі частоти обертання та навантаження;
- зовнішні кільця монтується в корпус з зазором;
- внутрішні кільця монтується в отвір з натягом.

Нормальна група забезпечує задовільну роботу підшипникового вузла при звичайних, для більшості випадків посадках та температурних умовах.

Вибір підшипника з оптимальним для цих умов експлуатації радіальним або осьовим зазором дає змогу забезпечити раціональний розподіл навантаження між тілами кочення, максимальне зменшення вібрації підшипника при його роботі, зменшення шуму, який виникає при роботі підшипника.

Підшипник, який використано в існуючих конструкціях культиваторів зроблених по нормальній групі радіального зазору, яка дає змогу при звичайних для більшості випадків посадках і температурних умовах задовільну роботу підшипникового вузла.

Контроль радіальних підшипників кочення включає огляд, перевірку на шум і легкість обертання, вимір осьового і радіального зазорів, вимір розмірів кілець. Діаметри кілець замірюються тільки у разі зрушення обойм на валу або корпусі, а теж за наявності слідів корозії, опіків і появи чорноти [17].

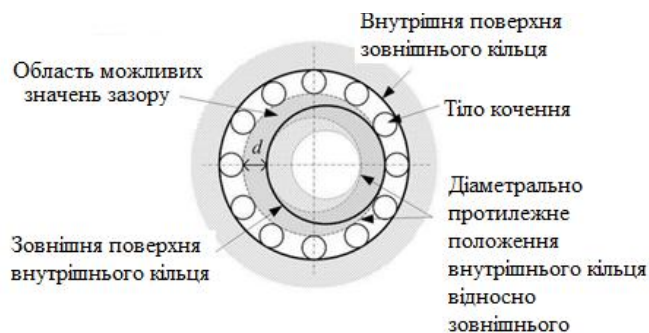


Рис. 3.7. Геометричні параметри радіального зазору підшипника кочення

Дефектація радіальних шарико-підшипників виконується по радіальному зазору [17, 18].

Порядок контролю підшипників кочення повинен бути наступним:

- огляд,
- перевірка на шум і легкість обертання,
- вимір радіального зазору і кілець.

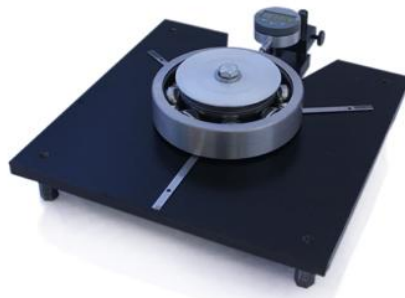


Рис. 3.8. Пристосування для вимірювання радіального зазору підшипника

Пристосування (рис. 3.8) для вимірювання радіального зазору в підшипнику кочення містить основу з перпендикулярно встановленим на ній центратором, фіксація виконується за допомогою притискної шайби та бовта. На кронштейн встановлений індикатор цифрового або годинникового типу.

Встановлюють підшипник кочення на центратор і фіксують його гайкою на вказаному диску за допомогою притискної шайби і бовта, закріплюючи, разом з тим, внутрішнє кільце підшипника кочення. Зрушують до упору зовнішнє кільце підшипника в сторону центратора і фіксують значення на індикаторі, наприклад, годинного типу ИЧ- 5 або цифрового ИЦ 0-5 будь-яких виробників.

Навантаження відповідно до ГОСТ 520-2011 повинно відповідати значенню в 25 Н, таким чином, сила притискання має бути не менше 2,5 кг. З метою компенсації певного відхилення від круглості зовнішнього і внутрішнього кілець підшипника кочення повторюють вимір кілька разів в різних кутових положеннях зовнішнього кільця підшипника кочення. Причому різні кутові положення зовнішнього кільця підшипника кочення досягаються шляхом ручного кругового переміщення кільця.

Середнє значення декількох вимірів є шуканий радіальний проміжок підшипника кочення.



а

б

Рис. 3.9. Радіальні шарико-підшипники:

а – відкритого, б – закритого типу



Рис. 3.10. Радіальний шарико-підшипник відкритого типу, зношений, робочі поверхні

Проведені польові випробування показали, що зношення радіальних шарико-підшипників після обробки площі 1000 га становить:

- закритих $d=24\dots35$ мкм;
- відкритих $d=41\dots89$ мкм.

Зношення периметру лап після обробки 100 га становить:

- при $V=110$ мм – 3,7...8,1%;
- при $V=150$ мм – 3,5...8,6%.

Результати зміни радіального зазору підшипників просапних культиваторів наведено в таблицях 3.4 - 3.6.

Розмір радіального зазору радіальних шарико-підшипників в стані постачання, мкм

№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм
1	16	7	11	13	19	19	18	25	11
2	19	8	18	14	18	20	14	26	16
3	12	9	13	15	19	21	13	27	13
4	8	10	16	16	14	22	16	28	16
5	14	11	15	17	13	23	16	29	14
6	18	12	16	18	13	24	15	30	17

Таблиця 3.5

Розмір радіального зазору закритих радіальних шарико-підшипників після обробки 1000 га, мкм

№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм
1	26	7	34	13	27	19	28	25	26
2	25	8	25	14	29	20	28	26	31
3	28	9	28	15	26	21	27	27	34
4	33	10	27	16	24	22	34	28	28
5	35	11	31	17	28	23	32	29	33
6	27	12	26	18	27	24	28	30	31

Таблиця 3.6

Розмір радіального зазору відкритих радіальних шарико-підшипників після обробки 1000 га, мкм

№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм	№ досліджу	d, мкм
1	53	7	73	13	69	19	41	25	51
2	61	8	89	14	47	20	46	26	69
3	63	9	56	15	82	21	48	27	58
4	83	10	80	16	81	22	62	28	80
5	47	11	87	17	42	23	85	29	55
6	67	12	59	18	57	24	72	30	65

3.4. Визначення параметрів закону експериментального розподілу

Експериментальна ймовірність [19] попадання випадкової величини в інтервали:

$$S_i = \frac{m_i}{n}, \quad (3.7)$$

де m_i - експериментальні частоти попадання випадкової величини в інтервали;

i - номер інтервалу, $i=1;2;\dots;N$;

n - загальна кількість експериментальних спостережень.

Експериментальна щільність ймовірності визначається для кожного інтервалу:

$$q_i = \frac{S_i}{h_N}, \quad (3.8)$$

де h_N - довжина інтервалів.

Математичне сподівання випадкової величини:

$$M_t = \sum_{i=1}^N t_i \cdot S_i, \quad (3.9)$$

де t_i - поточне значення випадкової величини (середини інтервалів);

Дисперсія випадкової величини:

$$D_t = \sum_{i=1}^N [M_t - t_i]^2 \cdot S_i. \quad (3.10)$$

Середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma_t = \sqrt{D_t}. \quad (3.11)$$

Коефіцієнт варіації:

$$v = \frac{\sigma_t}{M_t}. \quad (3.12)$$

3.4.1. Апроксимація експериментальної функції теоретичним законом розподілу

Під апроксимацією експериментальної функції [14] розуміють вибір теоретичного закону розподілу.

У практиці математичної статистики відома достатньо більша кількість таких законів. Для спрощення практичних робіт візьмемо декілька більш поширених та не дуже складних теоретичних законів, що описують безперервні випадкові величини.

Теоретична щільність імовірності, яка називається диференціальною функцією розподілу, для нормального розподілу визначається за формулою:

$$f(t_i) = \frac{1}{\sigma_t \cdot \sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(t_i - M_t)^2}{2 \cdot \sigma_t^2}} \quad (3.13)$$

де t_i - поточне значення випадкової величини (середина інтервалу).

3.5. Результати експериментальних досліджень

За методикою, наведеної в підрозділі 3.5, оброблені експериментальні дані та одержані графіки розподіли зносу профілю універсальних стрілочастих лап № 150 агрофірм ТОВ «Жива нива», ТОВ «Наталка», СФГ «Перлина» (рис. 3.12 – 3.19).

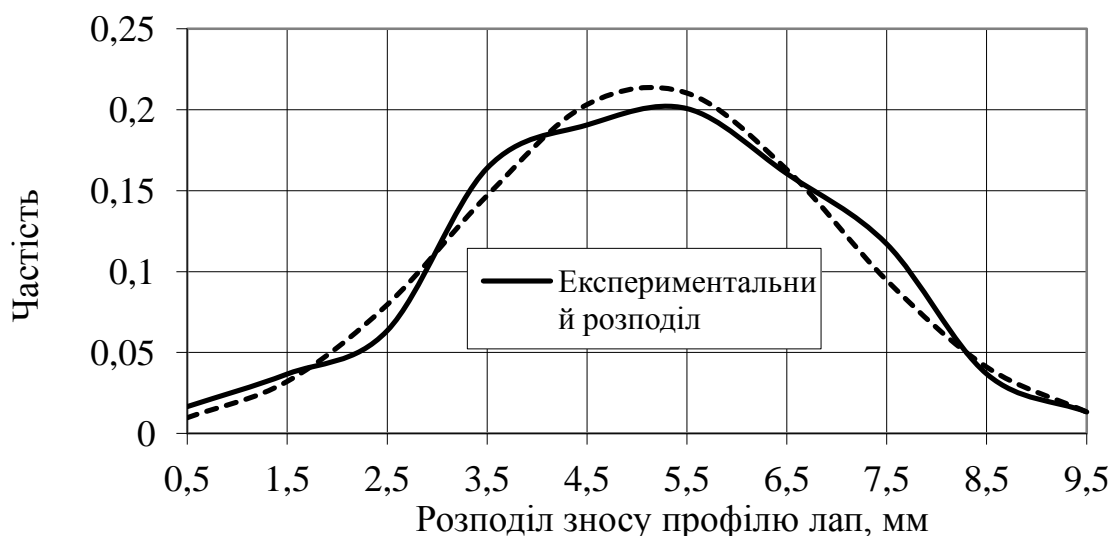


Рис. 3.11. Розподіл зносу периметру універсальних стрілочастих лап № 150 агрофірми ТОВ «Жива нива» після культивування 100 га площі

$$S_{cp}=5,19 \text{ мм}, \sigma_S=1,66 \text{ мм}, v=0,320$$

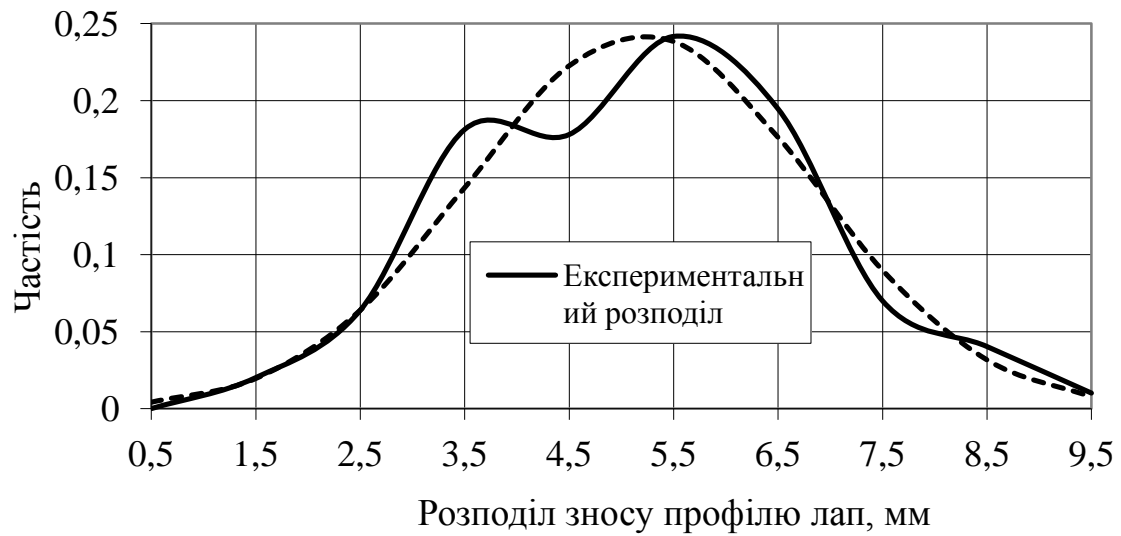


Рис. 3.12. Розподіл зносу периметру універсальних стрілочастих лап № 110 агрофірми ТОВ «Наталка» після культивування 100 га площі

$$S_{cp}=5,18 \text{ мм}, \sigma_S=1,64 \text{ мм}, v=0,317$$

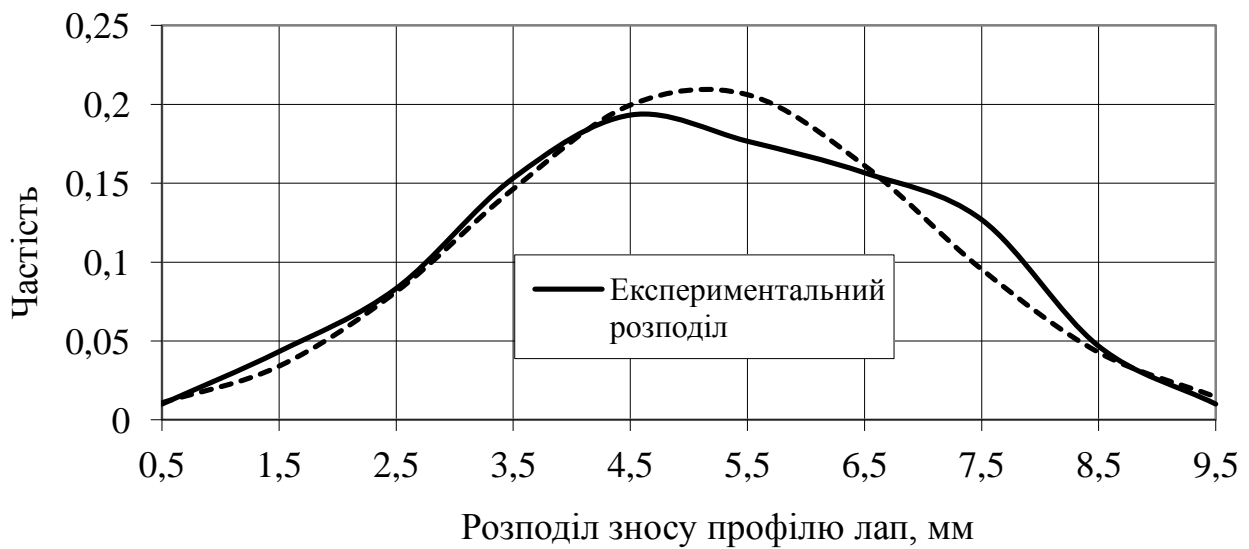


Рис. 3.13. Розподіл зносу периметру універсальних стрілочастих лап № 150 агрофірми СФГ «Перлина» після культивування 100 га площі

$$S_{cp}=5,12 \text{ мм}, \sigma_S=1,90 \text{ мм}, v=0,371$$

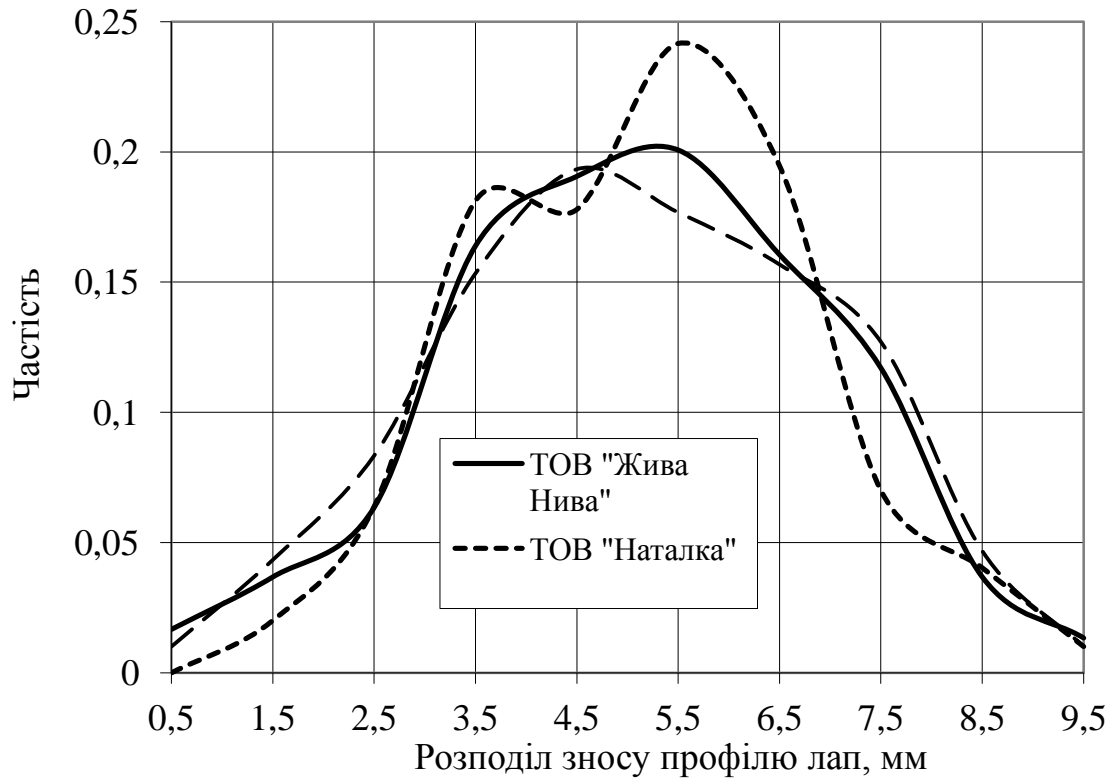


Рис. 3.14. Експериментальний розподіл зносу периметру універсальних стрілоччастих лап № 150 агрофірм після культивування 100 га площі

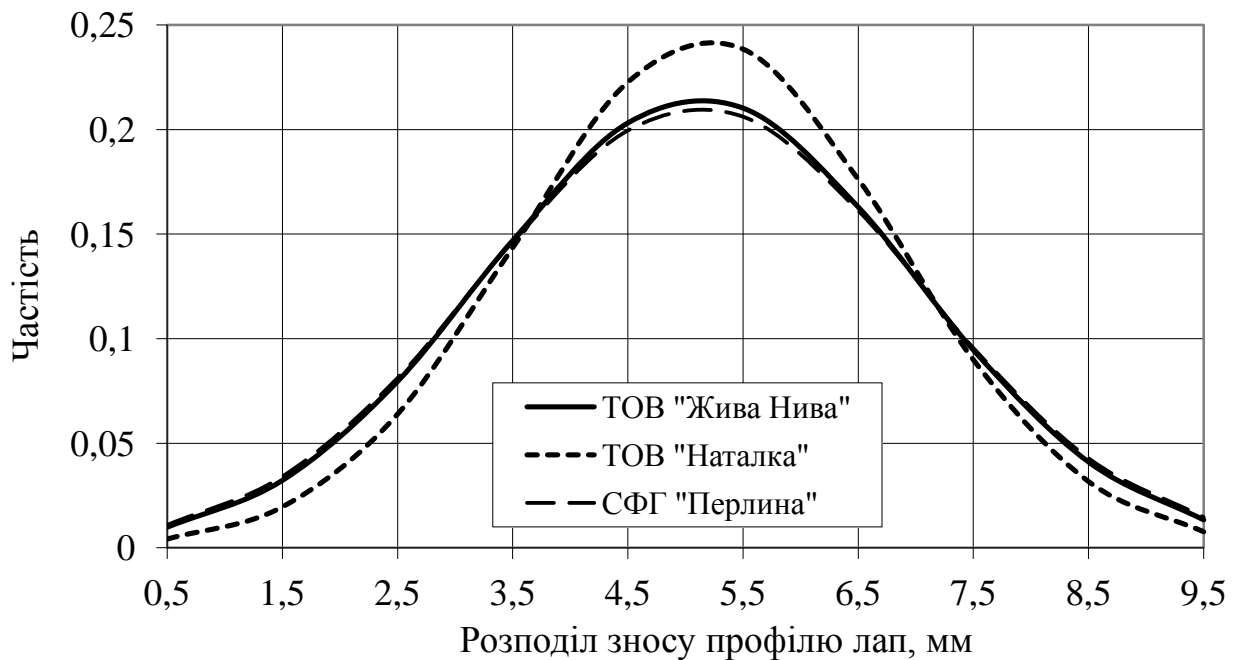


Рис. 3.15. Теоретичний розподіл зносу периметру універсальних стрілоччастих лап № 150 агрофірм після культивування 100 га площі

Вимірено, проаналізовано, та одержано графіки експериментального і теоретичного розподілів зміни радіального зазору нових, захищених та незахищених підшипників коліс просапних культиваторів (рис. 3.15 – 3.17).

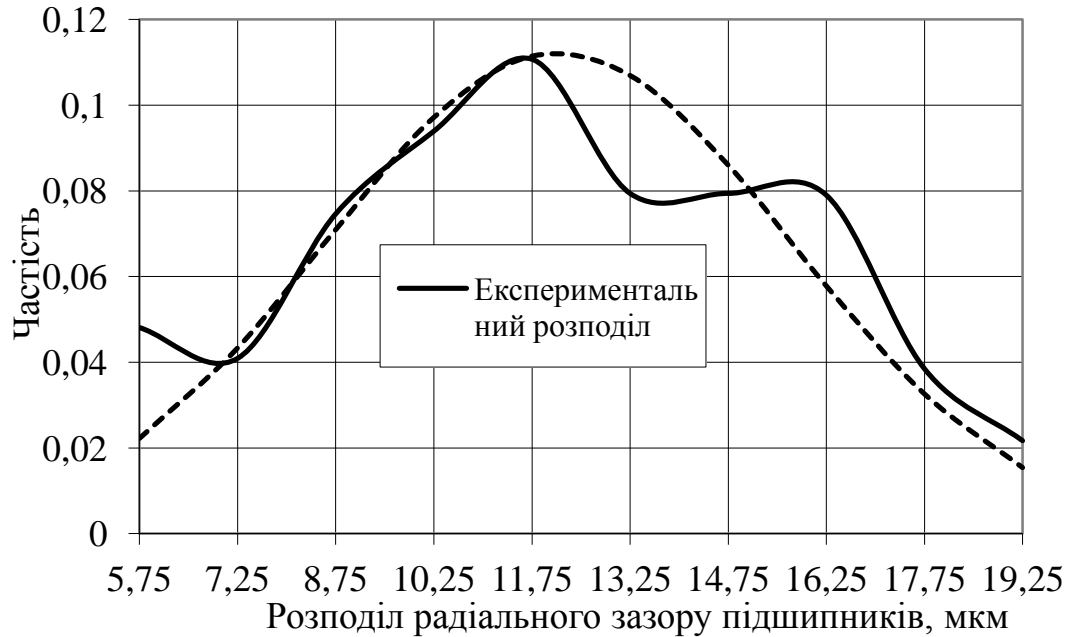


Рис. 3.16. Розподіл радіального зазору нових підшипників коліс культиваторів

$$d_{cp}=12,16 \text{ мкм}, \sigma_d=3,56 \text{ мкм}, v=0,293$$

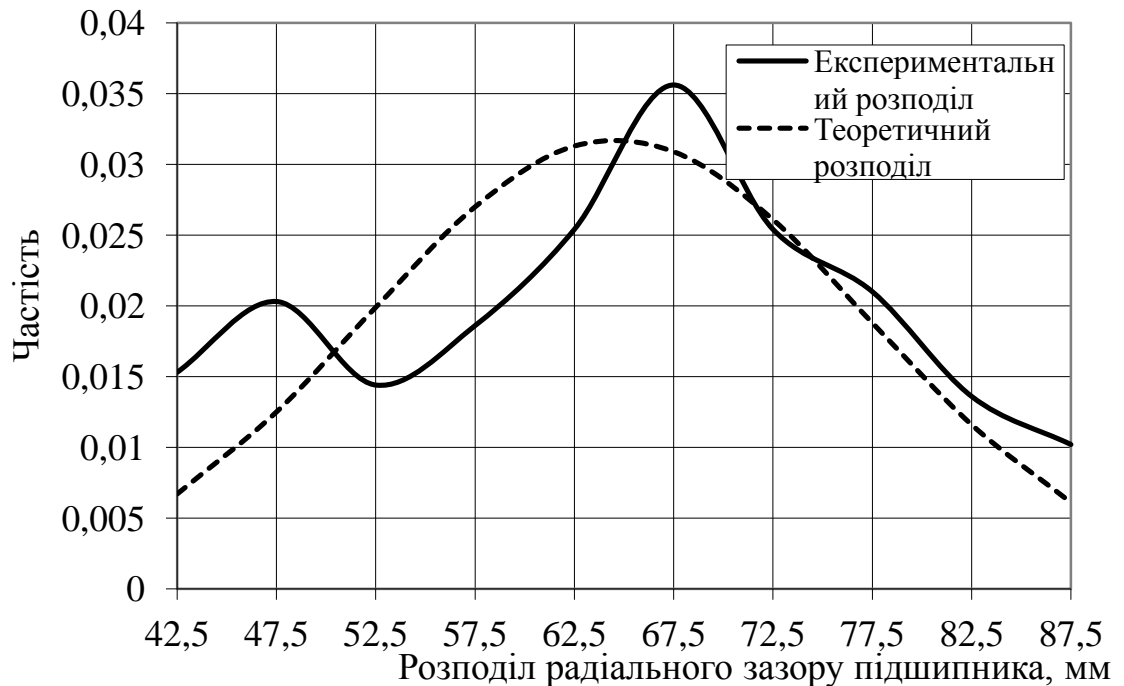


Рис. 3.17. Розподіл радіального зазору відкритих підшипників коліс культиваторів

після культивації 10 000 га площі

$$d_{cp}=64,64 \text{ мм}, \sigma_d=12,58 \text{ мм}, v=0,195$$

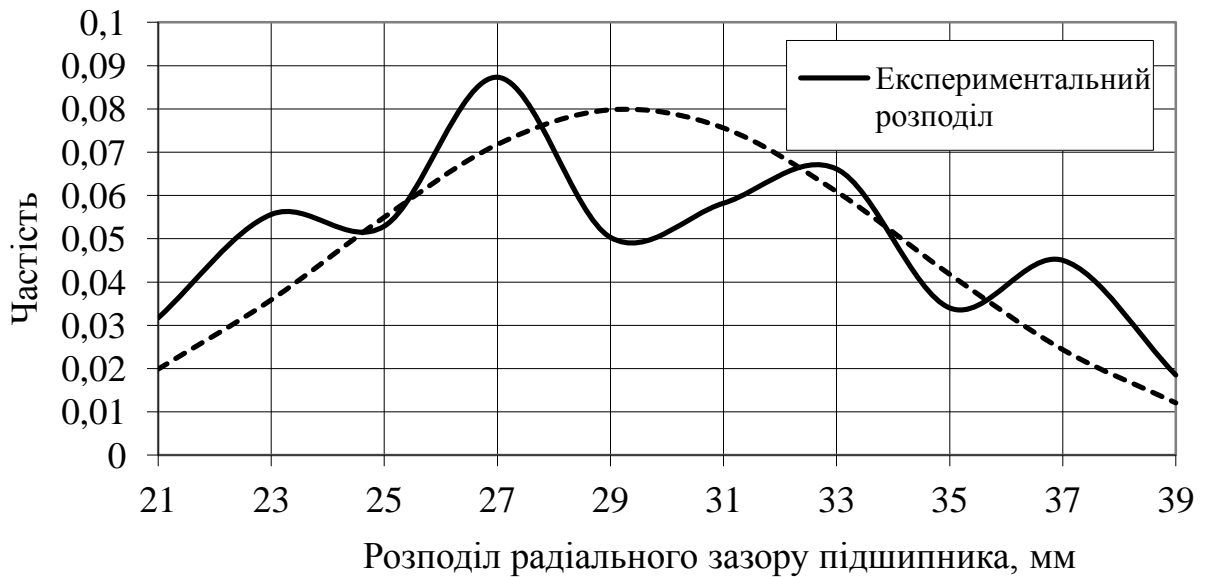


Рис. 3.18. Розподіл радіального зазору закритих підшипників коліс культиваторів після культивації 10 000 га площі

$$d_{\text{cp}}=29,32 \text{ мм}, \sigma_d=4,99 \text{ мм}, v=0,170$$

3.6. Висновки за третім розділом

1. Аналіз та прогнозування періодичності технічного обслуговування просапних культиваторів, раптові, поступові відмови, відмови релаксації необхідно проводити в результаті польових експериментів, з використанням вимірювальних пристосувань та випробувальних стендів, заміри проводять частково в умовах лабораторії.

2. Об'єктом експериментальних досліджень є функціонування машинно-тракторних агрегатів в агрофірмах ТОВ «Жива нива», ТОВ «Наталка», СФГ «Перлина», які знаходяться в різних агрогрунтових районах України.

3. Проведені польові випробування показали, що зношення радіальних шарико-підшипників після обробки площі 1000 га становить: закритих $d=24\dots35$ мкм; відкритих $d=41\dots89$ мкм. Зношення периметру лап після обробки 100 га становить: при $V=110$ мм – 3,7...8,1%; при $V=150$ мм – 3,5...8.

4. АНАЛІЗНА МІЦНІСТЬ СЕКЦІЇ ПРОСАПНОГО КУЛЬТИВАТОРА

4.1. Аналіз розподілу навантаження на лапи просапного культиватора

Виявлено, що процес взаємодії робочих органів ґрунтообробляючих машин з абразивними частинками, які містяться в ґрунті при їх переміщенні характеризується дією абразиву ґрунту на клин з плоскою або криволінійною робочою поверхнею. Дія ґрунту на клин залежить від характеру деформування матеріала, параметрів клина, фізико-механічних властивостей і стану ґрунту, швидкості його переміщення [20].

При переміщенні пласта ґрунту по клину (рис. 4.1) в точці М на робочу поверхню діють сили: маса пласта Q . Динамічний тиск N та сила тертя F_{mp} .

Величину абразивного зношення лапи по товщині I_h можна представити як функцію від наступних факторів:

$$I_h = f(\rho, L, H_\mu, m, S), \quad (4.1)$$

де ρ – нормальний питомий динамічний тиск ґрунту;

L – шлях тертя;

H_μ – твердість матеріала лапи;

m – показник зношуючої здатності абразивних часточок;

S – площа тертя.

Масу елемента ґрунта що знаходиться на клині визначають по формулі:

$$Q = a b l \rho g, \quad (4.2)$$

$$Q = a b l \rho g \cos \varepsilon, \quad (4.3)$$

де ε – кут між полярною віссю та радіусом кривизни ріжучої кромки;

ρ – щільність ґрунту.

Поряд з цим необхідно відзначити, що значення реакції ґрунту зростає відповідно збільшенню розміру ширини лапи (рис. 4.2, 4.3), а реакція на опорний

каток (підшипник) залежить від геометричного положення сили $R_{\Sigma Zx}$, і визначається шляхом створення силових багатокутників (рис. 4.4) (додаток Д).

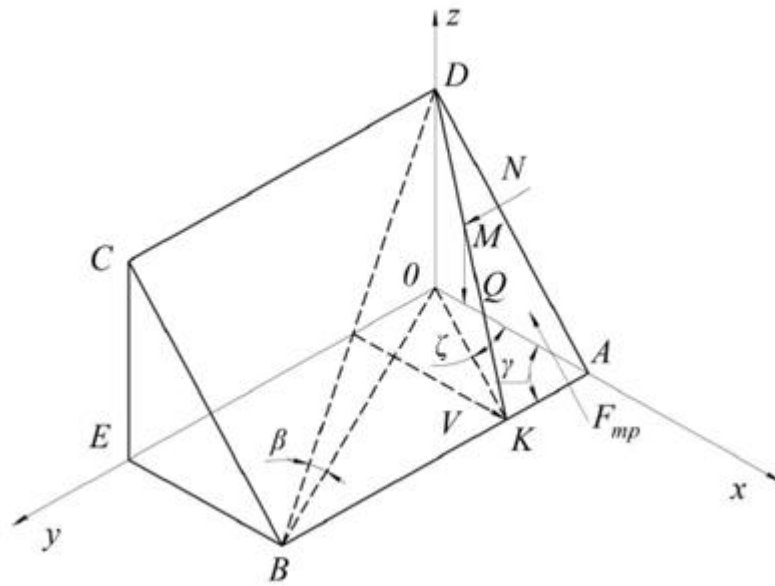


Рис. 4.1. Геометричні параметри навантаження на лапи культиватора при обробці ґрунту

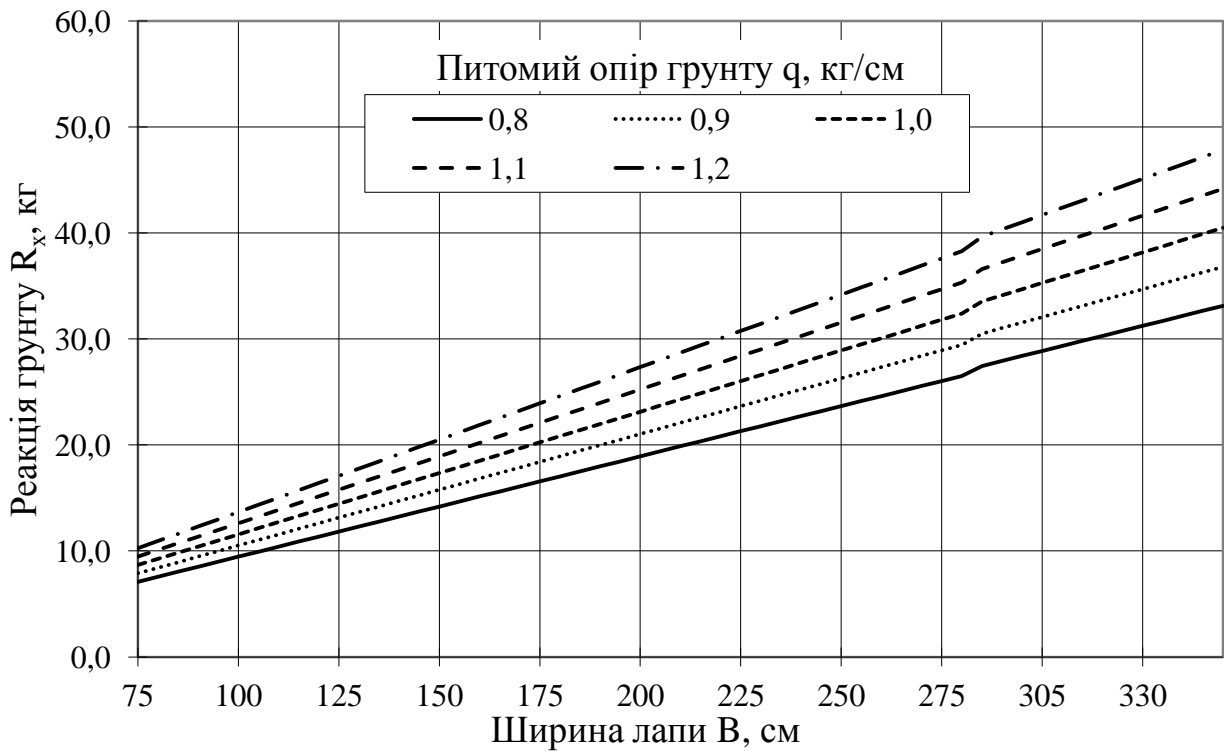


Рис. 4.2. Значення реакції ґрунту R_x при ширині лапи B в залежності від питомого опору ґрунту q , $\psi=18^\circ$

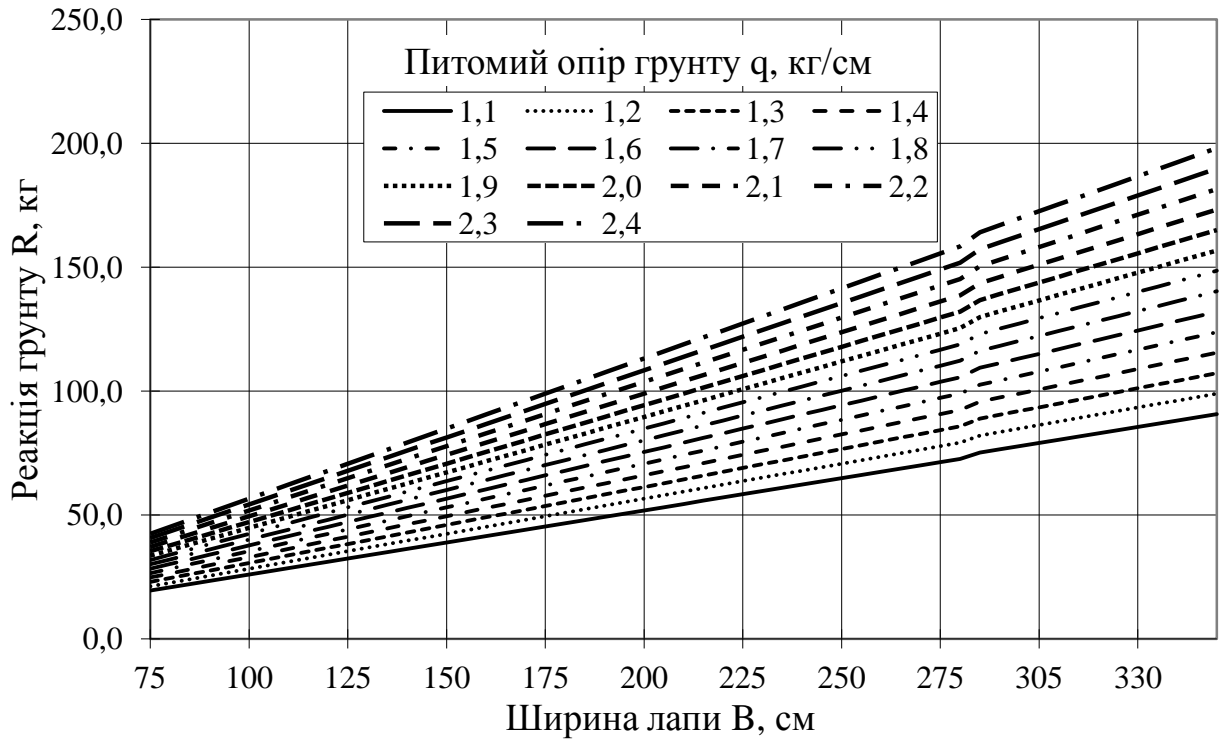


Рис. 4.3. Значення реакції ґрунту R_x при ширині лапи B в залежності від питомого опору ґрунту q , $\psi=24^\circ$

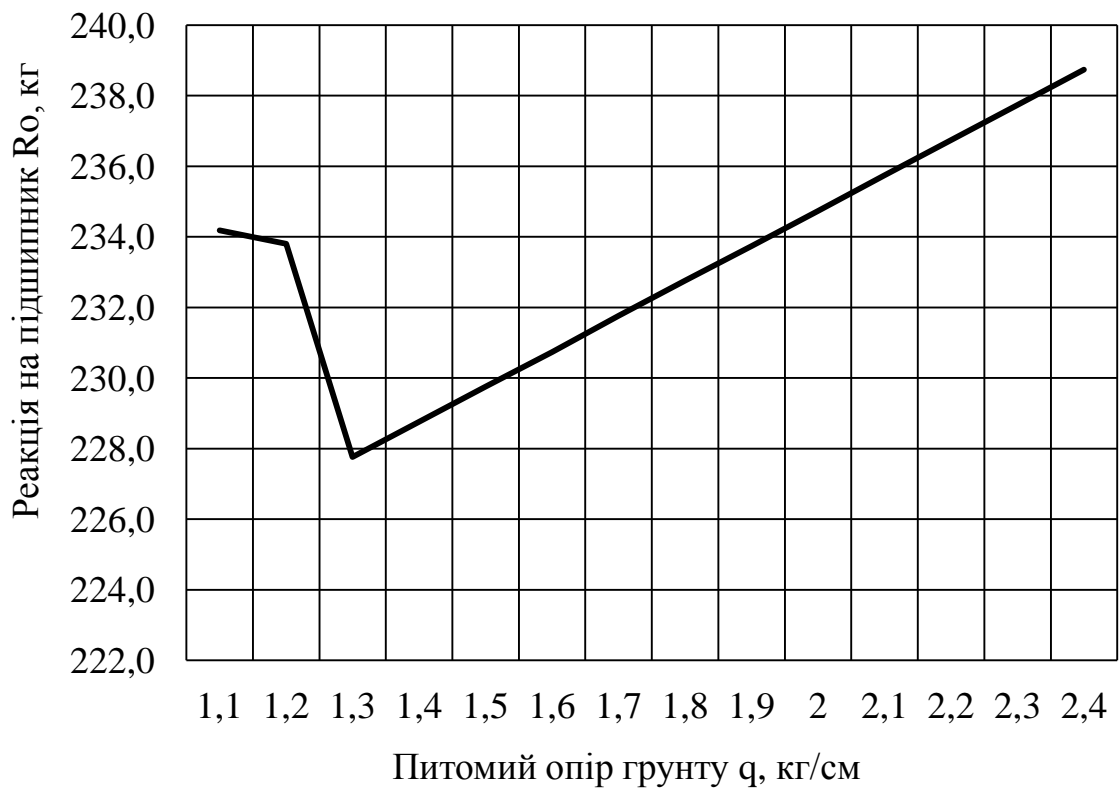


Рис. 4.4. Залежність реакції на опорний каток від питомого опору ґрунту ширина лапи 150 мм

Таблиця 4.1

Залежність реакції на опорний каток від питомого опору ґрунту

Питомий опір ґрунту q , кг/см	Сила опору R_x , кг	Сумарна сила опору $R_{\Sigma x}$, кг	Реакція на підшипник R_o , кг
1,1	18,1	63,2	234,2
1,2	19,7	69,0	233,8
1,3	21,4	74,7	227,8
1,4	23,0	80,5	228,8
1,5	24,6	86,2	229,8
1,6	26,3	91,9	230,7
1,7	27,9	97,7	231,8
1,8	29,6	103,5	232,8
1,9	31,2	109,2	233,7
2,0	32,8	114,9	234,7
2,1	34,5	120,7	235,7
2,2	36,1	126,4	236,7
2,3	37,8	132,2	237,7
2,4	39,4	137,9	238,7

4.2. Методика розрахунку деталей секції на міцність методом кінцевих елементів

Розрахунки на міцність в програмі Autodesk Inventor розробляють шляхом кінцевих елементів.

В якості першої стадії розв'язання задачі треба виконати дискретизацію області на підобласті. Розділюємо область на елементи трикутної форми мінімальний розмір елемента 0,5 см, максимальний 2 см (рис. 4.4).

При дискретизації області треба враховувати бажану точність кінцевого результату, надмірне зменшення елементів яке може сутєво ускладнити розрахунки, а збільшення привести до помилок, які вплинуть на швидкість суміщення, відповідно і результат розрахунків, приведе до великої кількості шагів рішення [21]. Розбиваємо конструкцію на тривимірні елементи у вигляді тетраедерів (рис. 4.6).

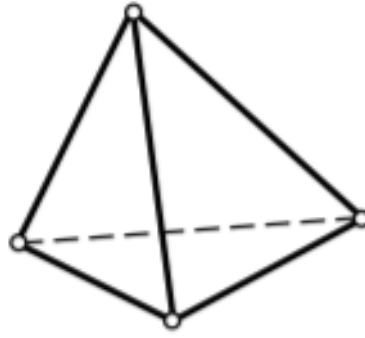


Рис. 4.5. Зразок елементарної частинки при проведенні аналізу методом кінцевих елементів

Поділення областей на підобласті виконуємо враховуючи, що межі між зонами визначаються зміненням геометрії області, зміненням навантаження, властивостей матеріалу. Обираємо необхідну кількість вузлів на кожній поверхні шляхом задання програмі розмірів вузлів і кількості шагів приближень. Якщо на кожній стороні такої зони обрано n вузлів, то кількість отриманих трикутних елементів дорівнюватиме $(n - 1)^2$ (рис.) [21].

Програма Autodesk Inventor дозволяє автоматично розділити поверхні на зони і підзони за заданими параметрами, які суттєво скорочують час на виконання аналізу та розрахунків на міцність.

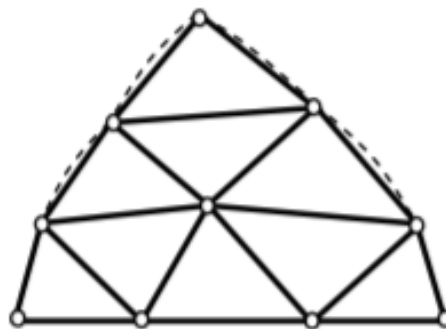


Рис. 4.6. Зразок розділення області на підобласті при проведенні аналізу методом кінцевих елементів

Порядок нумерації вузлів має вплив на ефективність розрахунків метода кінцевих обчислень. Реалізація методу кінцевих елементів приводиться до розв'язання системи алгебраїчних рівнянь, велика кількість коефіцієнтів якої нульові. Програмою розділено конструкцію на 1211296 вузлів.

4.3. Методика розрахунку напруження за Мізесом

Секція просапного культиватора виготовлена зі сталі 3 ГОСТ 1050-90, сталі 40Х ГОСТ 4543-71, графіто-пластиків, резини тощо. Всі перераховані матеріали є ізотопними, саме тому для аналізу конструкції поряд з іншими використовують критерій Мізеса.

В моделі міцності фон Мізеса, що відображає настання текучості матеріалу, кількість енергії формозмінення однакове як при простому ростягненні, так і при складному напруженому стані (рис. 4.7, 4.8) [21].

Напруження визначають за формулою:

$$\sigma_{\text{пр}}^{IV} = \frac{1}{\sqrt{2}} \sqrt{(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2}. \quad (4.4)$$

При моделюванні деформування металів застосовують критерій міцності Мізеса-Хіла, який добре відображає зсувний механізм руйнування.

Тому в якості критерія руйнування застосовують критерій Мізеса-Хіла, який записаний в шостивимірній ортогональній системі координат.

$$\begin{aligned} & \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma_{\beta xx}^2} + \frac{1}{\sigma_{\beta yy}^2} - \frac{1}{\sigma_{\beta zz}^2} \right) \cdot (\sigma_{xx} - \sigma_{yy})^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma_{\beta yy}^2} + \frac{1}{\sigma_{\beta zz}^2} - \frac{1}{\sigma_{\beta xx}^2} \right) \cdot \\ & \cdot (\sigma_{yy} - \sigma_{zz})^2 + \frac{1}{2} \left(\frac{1}{\sigma_{\beta zz}^2} + \frac{1}{\sigma_{\beta xx}^2} - \frac{1}{\sigma_{\beta yy}^2} \right) \cdot (\sigma_{zz} - \sigma_{xx})^2 + \\ & + \frac{1}{\tau_{\beta xy}^2} \cdot \tau_{xy}^2 + \frac{1}{\tau_{\beta yz}^2} \cdot \tau_{yz}^2 + \frac{1}{\tau_{\beta xz}^2} \cdot \tau_{xz}^2 = 1 \end{aligned} \quad (4.5)$$

де $\sigma_{\beta xx}$, $\sigma_{\beta yy}$, $\sigma_{\beta zz}$ – межі міцності матеріалу в напрямках x , y , z відповідно,

$\tau_{\beta xz}$ – межі міцності матеріала при зсуві в двох протилежних напрямках при $i \neq j$.

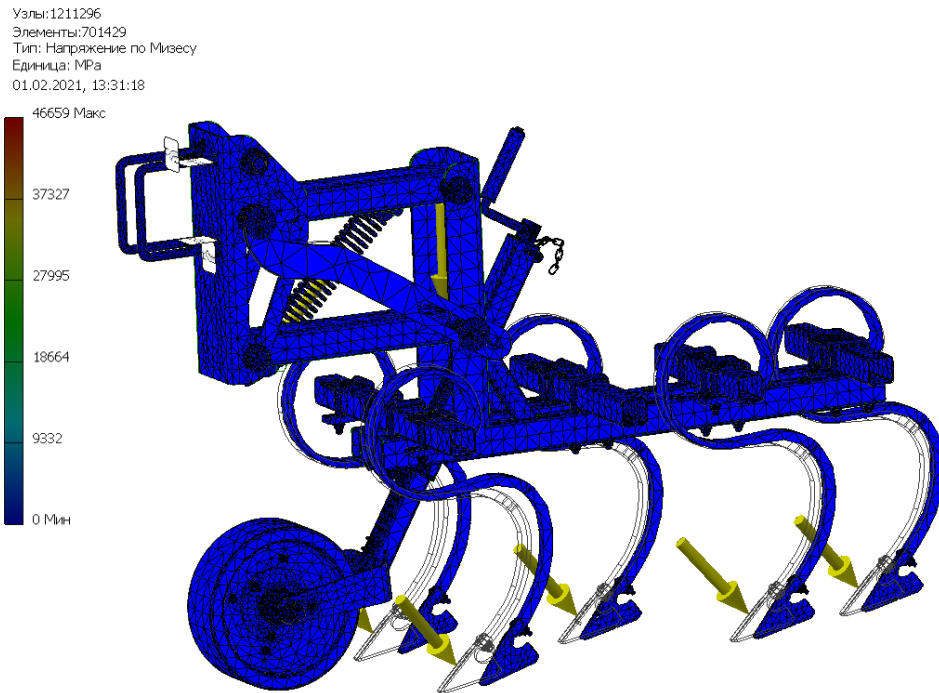


Рис. 4.7. Аналіз 3-D моделі секції просапного культиватора Autodesk Inventor, напруження по Мізесу

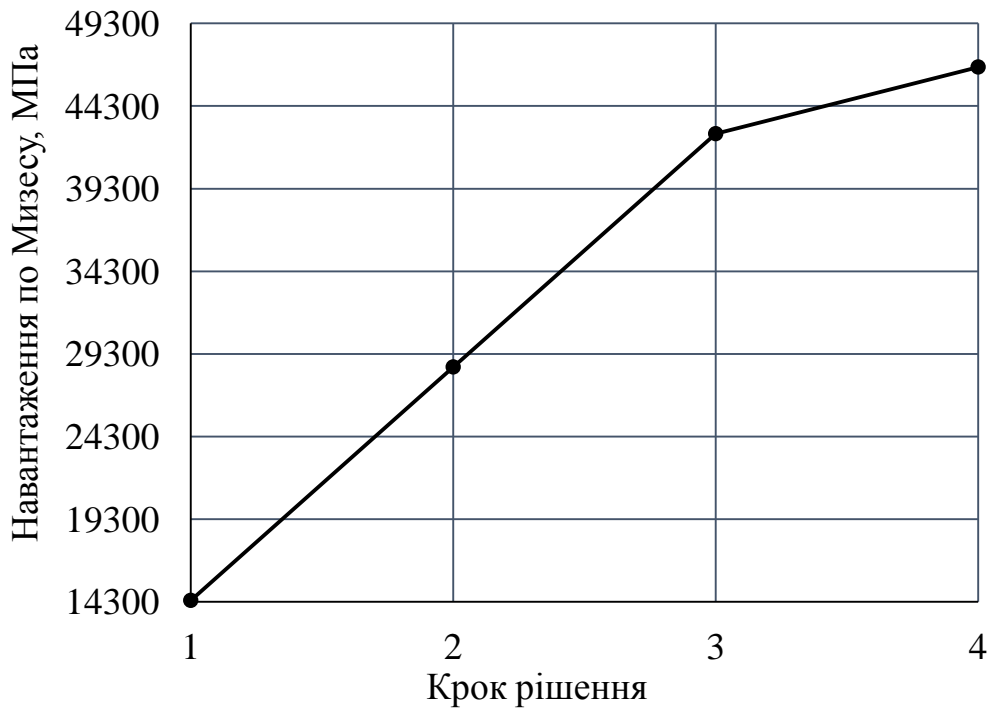


Рис. 4.8. Аналіз швидкість збіжності розрахунків секції просапного культиватора Autodesk Inventor, напруження по Мізесу

Відповідно цьому критерію руйнування межі міцності матеріала при розтягненні і стисканні вважаються рівними.

Для металів тиск як функція питомої внутрішньої енергії E і щільності ρ визначається в залежності від конкретних умов навантаження з рівняння стану:

$$P = P(\rho, E). \quad (4.6)$$

4.4. Методика розрахунку основних напружень

Максимальне головне напруження – це напруження, яке діє перпендикулярно площині, на якій дотичне напруження дорівнює нулю. Максимальне головне напруження дозволяє визначити максимальне напруження при розтягуванні, що виникає в деталі через умови навантаження [23].

Мінімальне головне напруження яке діє перпендикулярно площині, на якій дотичне напруження дорівнює нулю. Воно допомагає визначити максимальне стискаюче напруження, яке визвано в деталі через умови навантаження [23].

На головних ділянках [21] нормальні напруження (головні напруження) приймають свої екстремальні значення – максимум σ_1 , мінімум σ_3 , мінімакс σ_2 . Тензор напружень записаний через головні напруження буде мати вигляд:

$$T_\sigma = \begin{pmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{pmatrix} \quad (4.7)$$

Наприклад якщо з напруженого тіла вирізаний елементарний куб, сторони якого паралельні головним ділянкам та в цих ділянках діють напруження на розтягнення 3997 МПа на стискання -5596 МПа. Нумерація головних напружень секції буде такою $\sigma_1 = 3997$ МПа, $\sigma_2 = 1599$ МПа, $\sigma_3 = -5500$ МПа (рис. 4.9, 4.12).

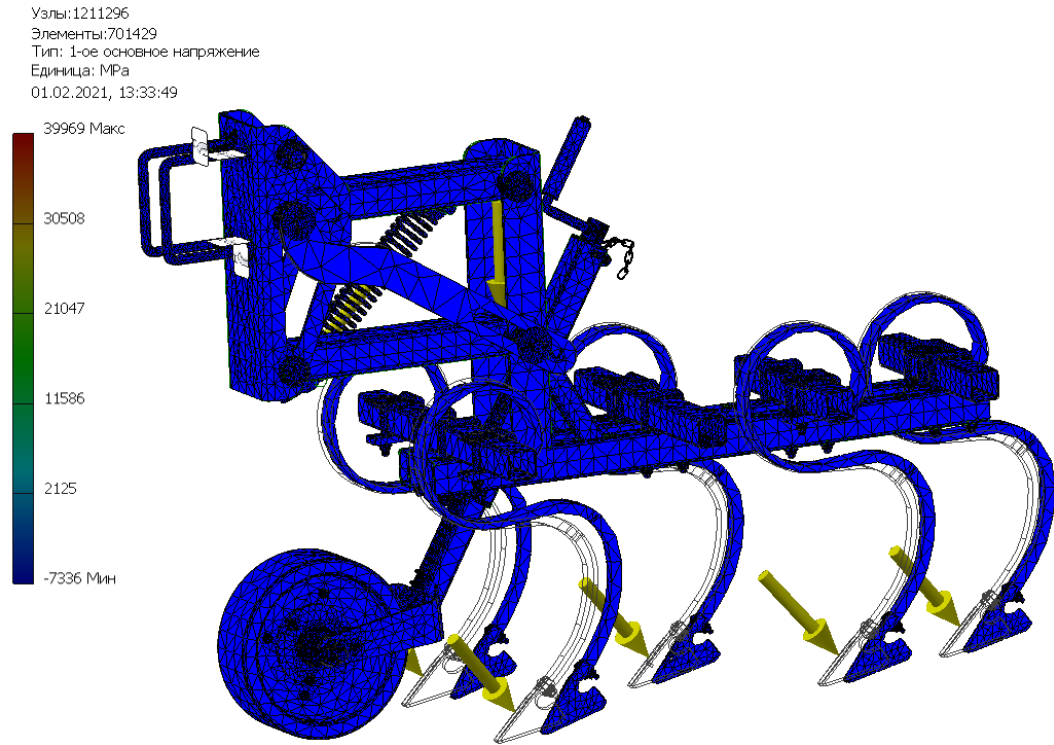


Рис. 4.9. Аналіз 3-D моделі секції просапного культиватора Autodesk Inventor, 1-е основне напруження

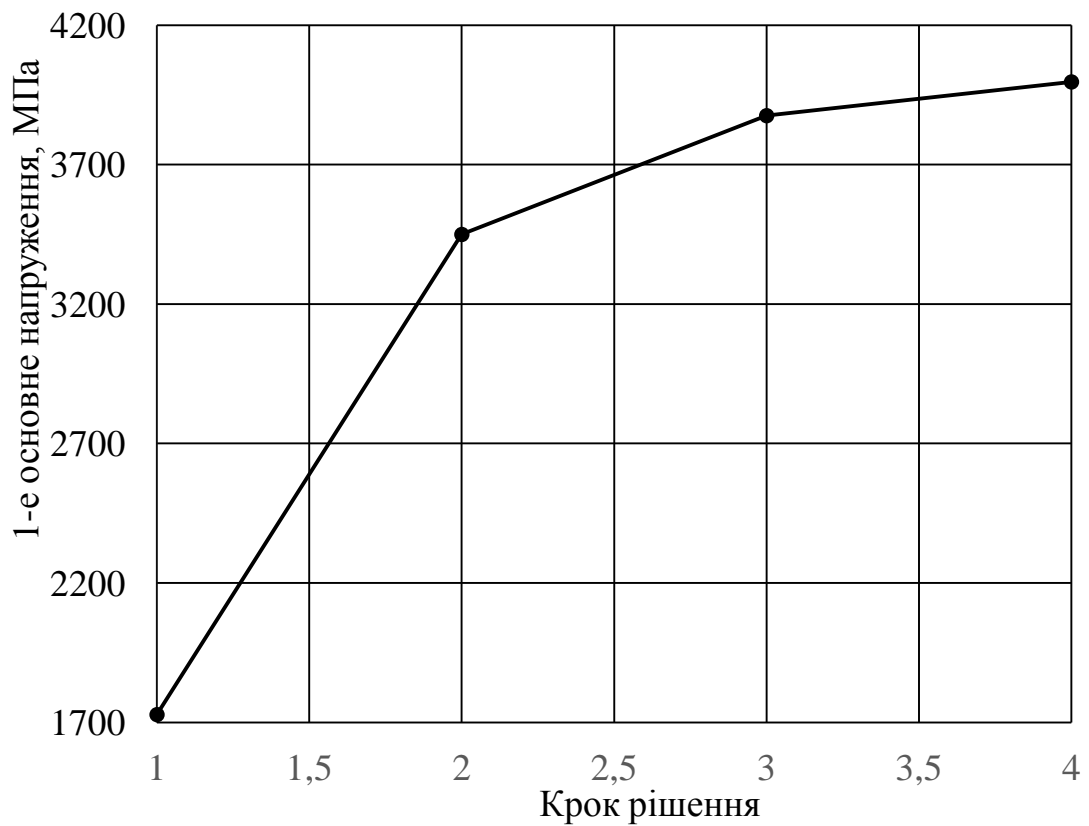


Рис. 4.10. Аналіз швидкість збіжності розрахунків секції просапного культиватора Autodesk Inventor, 1-е основне напруження

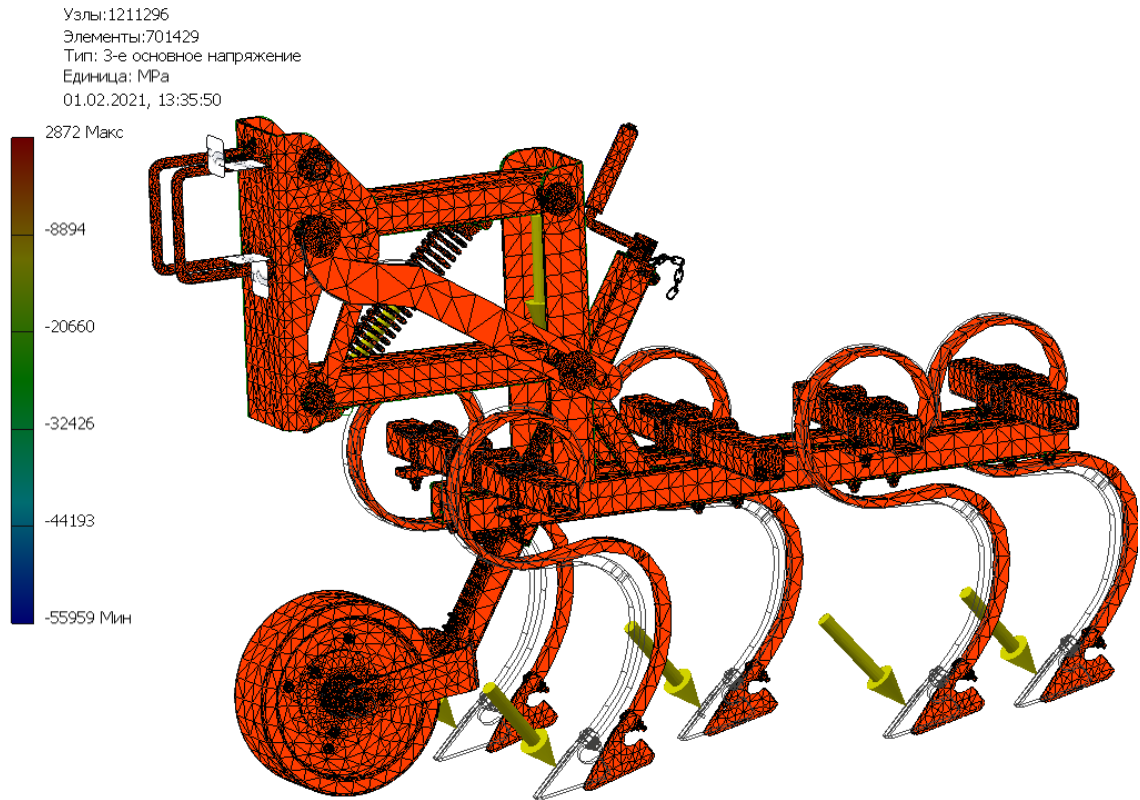


Рис. 4.11. Аналіз 3-D моделі секції просапного культиватора Autodesk Inventor, 3-е основне напруження

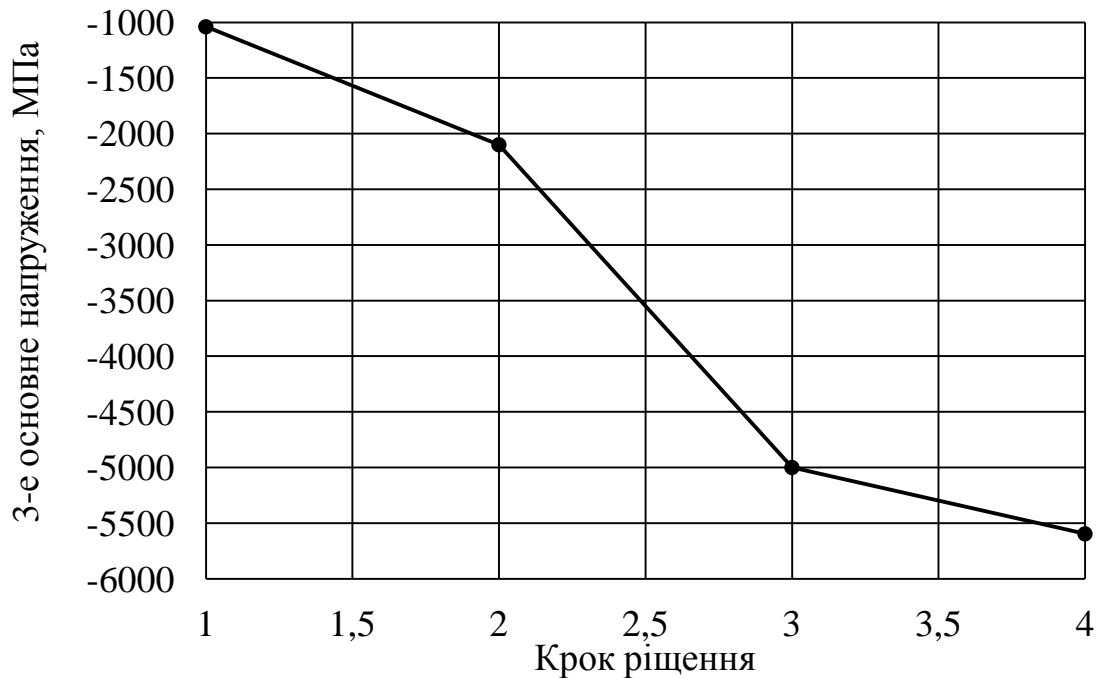


Рис. 4.12. Аналіз швидкість збіжності розрахунків секції просапного культиватора Autodesk Inventor, 3-е основне напруження

Тензор напружень записаний через головні напруження буде мати вигляд:

$$T_{\sigma} = \begin{pmatrix} 3997 & 0 & 0 \\ 0 & 1599 & 0 \\ 0 & 0 & -5596 \end{pmatrix}$$

Тоді в будь якій точці тіла можна виділити елементарний паралелепіпед на гранях якого будуть діяти тільки головні напруження.

В розглядаємій схемі навантаження всі три напруження не рівні нулю, саме тому напружений стан називається об'ємним.

4.5. Методика розрахунку зсуву

Аналізуємо секцію просапного культиватора як просторову стрижньову систему.

Припустимо, що матеріал стрижней ідеально пружний.

Система лінійно деформуєма.

Стрижньова система розбивається на кінцеву кількість елементів, з'єднаних з сусідніми у вузлах, з'єднання в секції просапного культиватора як жорсткі, так і шарнірні.

В результаті дослідження кожен ланку паралелограма розглянуто як окремий кінцевий елемент з шарнірними вузлами i, j . При аналізі з цими шарнірними ланками зв'язують систему координат x . Всю конструкцію програма розбиває на окремі місцеві системи координат, для кожної з них автоматично проводиться розрахунок навантажень, остаточним етапом розв'язання задачі є складання навантажень з місцевих систем координат та його розрахунок [21].

Під дією зовнішніх навантажень елементарна стрижнева система деформується, що призводить до деформації всієї конструкції. Вузли конструкції переміщуються в нові положення з координатами i', j' .

При проведенні дослідженні зони максомального зміщення мають верхні кольори по шкалі градації (рис. 4.13), в результаті якого встановлено, що максимально зміщуються лапи переднього ряду лап секції просапного культиватора.

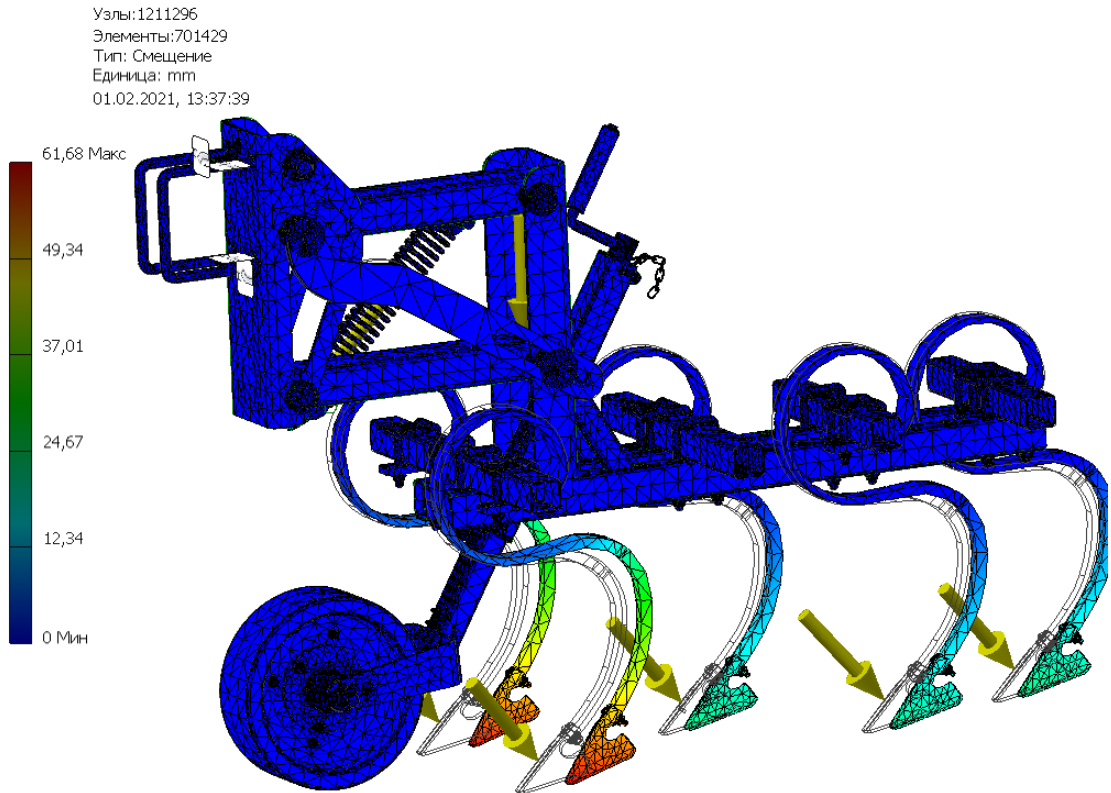


Рис. 4.13. Аналіз 3-D моделі секції просапного культиватора Autodesk Inventor, зміщення

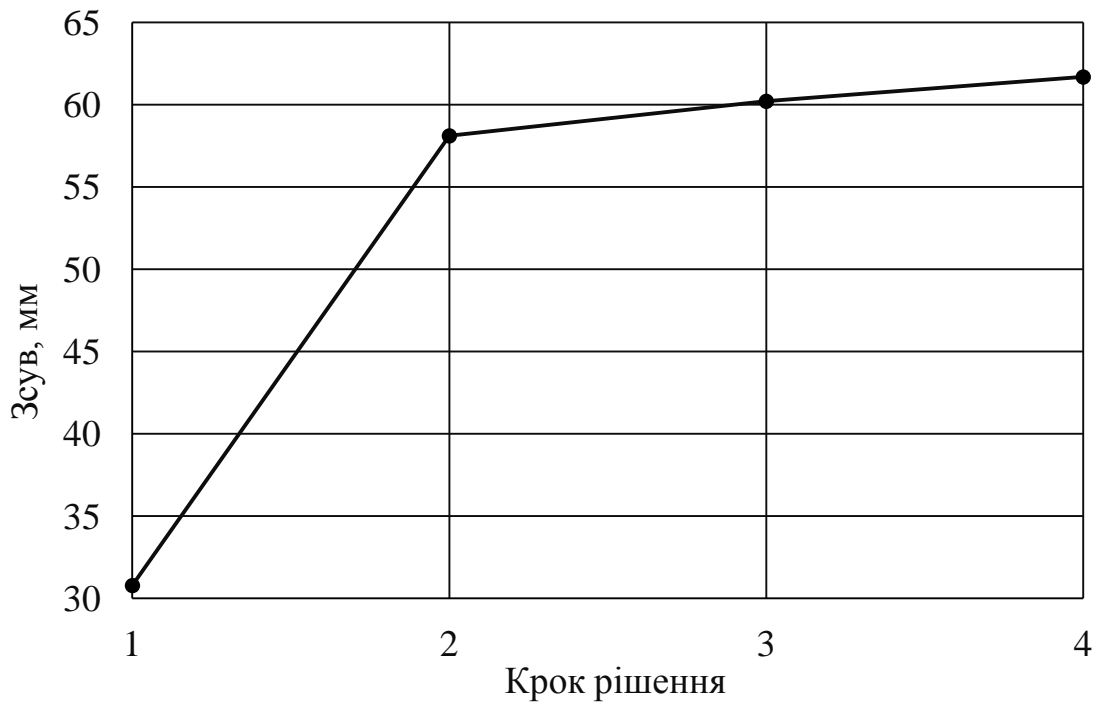


Рис. 4.14. Аналіз швидкість збіжності розрахунків секції просапного культиватора Autodesk Inventor, зміщення

4.6. Методика розрахунку коефіцієнту запасу міцності

В кінці розрахунку запасу міцності виявлено, що небезпечні зони розміщені на безпосередньо робочих органах просапного культиватора: лапах та стійках. В результаті надмірних навантажень лапи та стійки будуть зруйновані. Конструкційно, для запобігання руйнації, стійки виготовляють з пружинних сталей, на лапах в навантажених зонах збільшують розмір елемента, яке знаходиться в небезпечному перерізі. Геометричні параметри лапи, в свою чергу, впливають на опір обробки ґрунту, відповідно на розміщення та напрям потоків сходження часток в обробленій зоні, тому досягається рівномірне розподілення навантаження і ефект самозаточування лап (рис. 4.15) (додаток Е).

Узлы:1211296
Элементы:701429
Тип: Коэфф. запаса прочности
Единица: ul
01.02.2021, 13:39:48

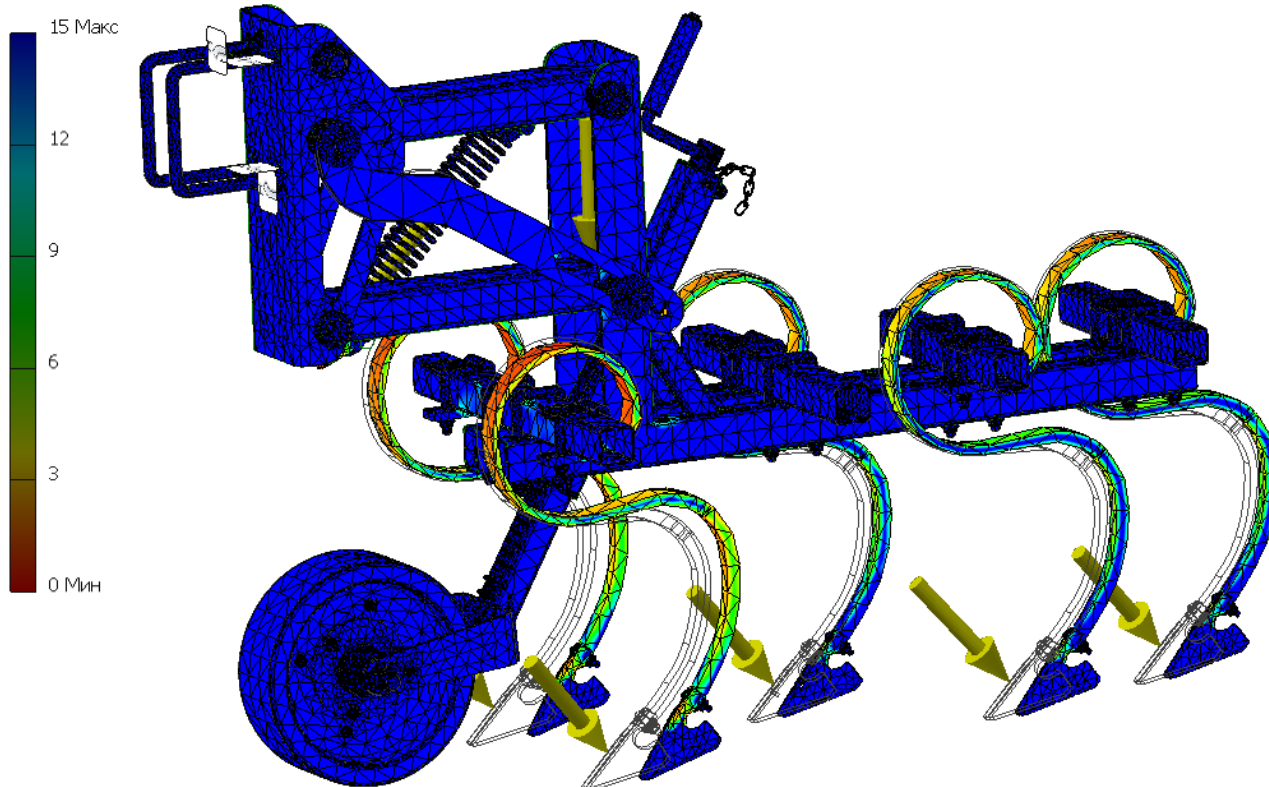


Рис. 4.15. Аналіз 3-D моделі секції просапного культиватора Autodesk Inventor, коефіцієнт запасу міцності

4.7. Висновки за четвертим розділом

1. Процес взаємодії робочих органів ґрунтообробляючих машин з абразивними частинками, які містяться в ґрунті при їх переміщенні характеризується дією абразиву ґрунту на клин з плоскою або криволінійною робочою поверхнею і впливає на параметри міцності секції просапного культиватора.

2. Значення реакції ґрунту зростає відповідно збільшенню розміру ширини лапи, а реакція на опорний каток (підшипник) залежить від геометричного положення сили $R_{\Sigma ZK}$.

3. Розрахунки на міцність виконуємо методом кінцевих елементів в програмі Autodesk Inventor.

4. В розглядаємій схемі навантаження секції просапного культиватора напружений стан називається об'ємним.

5. Геометричні параметри лапи впливають на опір обробки ґрунту, тим самим на розміщення та напрям потоків сходження часток в обробленій зоні, тому досягається рівномірне розподілення навантаження і ефект самозаточування лап.

5. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ ТОВ АВЕРС-АГРО

5.1. Охорона праці при експлуатації машин та знарядь для міжрядної обробки ґрунту

Охорона праці - це правова система, соціально-економічних, організаційно-технічних, санітарно-гігієнічних і лікувально-профілактичних заходів та засобів, спрямованих на збереження життя, здоров'я і працездатності людини у процесі трудової діяльності [ст. 1 Закону України “Про охорону праці”].

Державна політика України в галузі охорони праці здійснюється згідно з міжнародною практикою і національним законодавством, базується на засадах пріоритетності життя і здоров'я людини відносно результатів виробничої діяльності. Додержання законів, інших нормативно-правових актів з охорони праці, вчасне виявлення і усунення недоліків, посилення відповідальності за стан охорони праці та порушення встановлених норм і правил, що зумовлюють численні нещасні випадки, професійні захворювання і аварії на виробництві.

Нещасні випадки в АПК найчастіше трапляються під час експлуатації самохідних машин. Це, насамперед, колісні трактори та вантажні автомобілі. Однією із причин нещасних випадків у сільському господарстві є неухважність і порушення працівниками норм безпеки праці під час виконання механізованих процесів.

Особливу увагу на підприємстві ТОВ «Аверс-Агро» звертають на небезпечні та шкідливі виробничі чинники, що можуть впливати під час використання сільськогосподарської техніки.

Шкідливий виробничий чинник, вплив якого на людину може призвести до захворювання, погіршення працездатності та негативного впливу на здоров'я нащадків. Залежно від кількісної характеристики (рівня, концентрації тощо) і тривалості впливу шкідливий виробничий чинник може стати небезпечним [ДСТУ 2293-99 ст.4.15]:

- **фізичні**- рухомі агрегати й механізми, підвищена температура, запиленість та загазованість повітря робочої зони; рівень шуму, вібрації, освітленості робочої зони, статичної електрики;
- **хімічні**- пестициди, агрохімікати, гази розкладання органічних речовин;
- **психофізіологічні**- фізичні та нервово-психічні перевантаження.

З цими чинниками пов'язанні професійні ризики. Зокрема, ризики під час роботи на ґрунтооброблювальних, посівних та садильних машинах, під час агрегування сільськогосподарської техніки:

- перекидання машини, агрегату;
- втрата стійкості з'єднуваного (агрегатованого) знаряддя;
- раптове опускання навісного знаряддя;
- травмування працівника рухомими частинами машин;
- наїзд на дорожні перешкоди або на працівника;
- падіння знаряддя на працівника;
- падіння працівника з робочих машин;
- від'єднання причепу під час руху.

Роботодавцю та відповідальним керівникам структурних підрозділів необхідно перед початком посівної скласти тех. карту робіт, до якої внести усі аспекти виробничих операцій, так само з охорони праці. Провести інструктажі з охорони праці на робочих місцях з працівниками, медогляди, перевірку знань (особливо механізаторів), по дотриманню правил безпечного виконання робіт. Збільшити контроль за дотриманням правил внутрішнього трудового розпорядку та виробничої дисципліни. До роботи не допускати працівників у стані алкогольного, наркотичного, хворобливого або стомленого стані. Фаховий рівень робітників повинен відповідати виконуваним роботам. Перевірка відповідності робочих машин та обладнання – вимогам правил з охорони праці, пожежної безпеки, дорожнього руху та електробезпеки. Рух та розташування машин, агрегатів, транспортних засобів на полях треба проводити виключно згідно з розробленими тех. картами.

Слід організувати в польових умовах пункти обігріву і харчування працівників, надавати за необхідністю медичну допомогу. Забезпечувати працівників спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Працівників без засобів індивідуального захисту, а також, якщо вони в забрудненому, несправному стані або з простроченими строками періодичних випробувань, то вони до роботи не допускаються.

Механізовані роботи у господарствах пов'язані з обслуговуванням процесів рослинництва та тваринництва. А саме: обробіток ґрунту, посів, догляд за посівами, збір врожаю, заготівля кормів для тварин, тощо. Для цього господар, або його робітники повинні мати дозвіл на виконання робіт підвищеної небезпеки та на експлуатацію (застосування) робочих машин, механізмів, устаткування підвищеної небезпеки.

Заходи безпеки в аварійних ситуаціях:

1. При несправності агрегату негайно його зупинити.

2. Якщо стався нещасний випадок, повідомити адміністрації. Потерпілому надати першу долікарську допомогу. Місце на якому стався нещасний випадок зберегти без змін до повного розслідування. [25]

5.2. Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників

Виробничі фактори залежно від наслідків, до яких може привести їх дія, вони підрозділяються на небезпечні та шкідливі.

Небезпечний виробничий фактор, впливає на працюючого у певних умовах, приводить до травми або різкого погіршення здоров'я.

Шкідливий виробничий фактор – це фактор, вплив якого на працюючого приводить до захворювання або зниження їх працездатності.

До фізичних небезпечних та шкідливих виробничих факторів відносяться фактори, які характеризують технологічний процес (рухомі машини та механізми, частини обладнання, вироби, заготовки та матеріали, які пересуваються, гострі кромки, заусениці; підвищена та знижена температура поверхонь обладнання або матеріалів; підвищене значення електричної напруги, підвищений рівень статичної

електрики), фактори, що характеризують повітря виробничих приміщень (підвищена запиленість та загазованість повітря робочої зони, метеорологічні умови, підвищений рівень шуму, ультразвукових коливань, вібрації на робочому місці, недостатня освітленість робочої зони і т. п.).

Внутрішні нормативні акти з охорони праці на підприємстві ТОВ «Аверс-Агро» схвалюється її керівником і спрямовуються на розробку чіткої системи управління охороною праці та відтворення безпечних і здорових умов праці, з врахуванням [НПАОП 0.00-6.03-93 “Порядок опрацювання та затвердження власником нормативних актів про охорону праці, що діють на підприємстві”, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці України 21.12.1993р. № 132, зареєстрованим в Мін’юсті України 07.02.1994 р. № 20/229].

На підприємстві з ціллю забезпечення пропорційної участі працівників у рішенні з питань безпеки, гігієни праці та виробничого середовища за рішенням трудового колективу може створюватися комісія з питань охорони праці.

Комісія має складатися з представників роботодавця та професійної спілки, а також уповноваженої найманими працівниками особи, спеціалістів з безпеки, гігієни праці та інших служб підприємства відповідно до типового положення, яке затверджується спеціально уповноваженим центральним органом виконавчої влади з нагляду за охороною праці [ст.16 Закону України “Про охорону праці”].

Навчання працівників з питань охорони праці на підприємстві ТОВ «Аверс-Агро»:

Обов’язкові вимоги до проведення навчання робітників з питань охорони праці наведено в статті 18 Закону України “Про охорону праці” “працівники під час прийняття на роботу і в процесі роботи повинні проходити за рахунок роботодавця інструктаж, навчання з питань охорони праці, з надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків і правил поведінки у разі виникнення аварії”.

Порядок проведення навчання та перевірки знань посадових осіб з питань охорони праці визначається [НПАОП 0.00-4.12-05 ”Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці”, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці від 26.01.2005р. № 15, зареєстрованим в Мін’юсті

України 15.02.2005р. № 231/10511 із змінами внесеними наказом Держгірпромнагляд 16.11.2007р. № 273, зареєстрованими в Мін'юсті України 03.12.2007р. № 1334/14601].

Працівники, що зайняті на роботах з підвищеною небезпекою або там, де може бути потреба у професійному доборі, повинні щороку проходити за рахунок роботодавця спеціальне навчання та перевірку знань відповідних нормативно-правових актів з охорони праці .

Перелік робіт з підвищеною небезпекою визначається [НПАОП 0.00-8.24-05 “Перелік робіт з підвищеною небезпекою”, затвердженим наказом Держнаглядохоронпраці 26.01.05 №15, зареєстрованим в Мін'юсті України 15.02.2005 № 231/10512].

Працівники, під час прийняття на роботу та періодично, повинні проходити на підприємстві інструктажі з питань охорони праці, надання першої медичної допомоги потерпілим від нещасних випадків, а також з правил поведінки та дій при виникненні аварійних ситуацій, пожеж і стихійних лих.

Організаційні та технічні заходи по забезпеченню захисту працівників від пожежі:

На підприємстві рохроблюються системи запобігання пожежі, що являють собою сукупність засобів та організаційних заходів, які призначенні для створення умов, за яких імовірність виникнення і (або) розвитку пожежі не буде перевищувати унормоване допустиме значення [ДСТУ 2272:2006].

У підприємстві ТОВ «Аверс-Агро» основними вихідними даними при створенні комплексу технічних і організаційних рішень щодо розробки потрібного рівня пожежної безпеки в кожному конкретному випадку є чинна законодавча і нормативно-технічна база з питань пожежної безпеки, вибухопожежонебезпечні властивості матеріалів і речовин, які застосовуються у виробничому циклі, кількість вибухопожежонебезпечних матеріалів і речовин та особливості виробництва.

Також на підприємстві проводиться навчання з питань пожежної безпеки:

Навчання і перевірка знань з охорони праці і пожежної безпеки, проводиться відповідно до вимог [НПАОП 0.00-4.12-05].

Перелік посад, при призначенні на які особи зобов'язані проходити навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки, та їх організації, затверджено наказом МНС від 29.09.2003, зареєстрований у Мін'юсті України від 11.12.2003 за № 1147/8468 [НАПБ Б.06.001-2003].

Навчання працюючих здійснюється згідно з [НАПБ Б.02.005-2003 «Типове положення про спеціальне навчання, інструктажі та перевірку знань з питань пожежної безпеки на підприємствах, в установах та організаціях України», затверджене наказом МНС від 29.09.2003 № 368, зареєстровано в Мін'юсті 11.12.2003 за № 1148/8469].

Працівники під час прийняття на роботу і щорічно за місцем роботи мають проходити інструктаж з пожежної безпеки.

Особи, яких приймають на роботу, яка пов'язана з підвищеною пожежною небезпекою, мають попередньо пройти спеціальне навчання (пожежно-технічний мінімум). Робітники, зайняті на роботах з підвищеною пожежною небезпекою, один раз на рік повинні проходити перевірку знань відповідних нормативних актів з пожежної безпеки, а посадові особи до початку виконання своїх обов'язків і періодично (один раз на три роки) проходять навчання і перевірку знань з питань пожежної безпеки.

Перелік посад і порядок організації навчання (у тому числі керівників різних рівнів) розробляються Кабінетом Міністрів України. Допуск до роботи осіб, які не пройшли навчання, інструктаж і перевірку знань з питань пожежної безпеки, забороняється. Програма навчань з питань пожежної безпеки має погоджуватися з органами держ. пожежного нагляду.

5.3. Вимоги безпеки праці при проведенні весняних польових робіт

Загальні особливості безпеки при роботі з сільськогосподарськими машинами:[28]

З метою запобігання порушень працівниками, які можуть призвести до нещасних випадків та інших надзвичайних ситуацій, напередодні проведення весняно-польових робіт необхідно:

- призначити відповідальних осіб за організацію безпечної експлуатації обладнання і виконання робіт в структурних підрозділах;
- організувати та провести семінари-навчання робітників безпечним методам роботи;
- провести інструктажі з охорони праці з усіма робітниками, зайнятими у виробничих процесах;
- забезпечити працівників спецодягом, засобами індивідуального захисту, аптечкою, питною водою та засобами пожежогасіння;
- визначити та обладнати місця для відпочинку, споживання їжі та місце для куріння;
- не допускати до роботи осіб, які не пройшли медичний огляд, хворих, перевтомлених, осіб, які перебувають в нетверезому стані, та які не пройшли інструктажі та навчання з охорони праці;
- до виконання технологічних процесів не допускати робочих машини і обладнання, які мають тех. несправності.

Причіп та навіску робочих машин і обладнання на трактор необхідно виконувати удвох. Працівник, який здійснює зчіпку (навіску), не повинен стояти на шляху руху трактора до машин, а зчіпку починати тільки після сигналу тракториста.

Тракторист повинен вести трактор на пониженій передачі, на малих обертах двигуна, без ривків, слідкувати за зчіпками і весь час тримати ногу на педалі головної муфти зчеплення. З'єднувати причіпну сергу з причіпним пристроєм машин потрібно тільки при зупинці трактора і вимкненій передачі.

Пересування робочих агрегатів до місця роботи і виконання робіт повинні виконуватися у відповідності з заздалегідь розробленими маршрутами й технологією, затвердженими керівником або головним спеціалістом господарства (підприємства), з якими повинні бути ознайомлені при проведенні інструктажу всі механізатори, які будуть брати участь у виконанні певного виду робіт.

При роботі на ґрунтооброблювальних машинах можливі такі небезпечні та шкідливі виробничі фактори:

- рухомі агрегати і машини;

- рухомі частини машин: причіпні (навісні) пристрої, робочі органи, пружини, механізми передачі руху, колеса тощо;
- робоча рідина гідросистеми;
- незакриті ями, колодязі, зрошувачі тощо;
- підвищена концентрація пилу, мінеральних добрив в повітрі робочої зони;
- несприятливі метеорологічні умови.

5.4. Правила безпечного виконання робіт при міжрядній культивуванні

Вимоги безпеки до початку роботи:

Одягти спецодяг, акуратно його заправити, щоб не було звисаючих кінців.

При під'єднанні трактора до причіпної машини людям треба відійти від робочої техніки на відстань не менш як 1,5 м. З'єднання проводити при повній зупинці трактора. Перед початком запускання двигуна трактора треба перевірити положення важелів переключення передач, та справність блокуючого пристрою. Починати роботу тільки після ретельної перевірки справності всього агрегату. Робітникам не дозволяється намотувати мотузку на руку, при запуску пускачем. Перед початком руху трактора з місця необхідно переконатися, що це нікому не загрожує, подати попереджуючий сигнал. Особливо бути обережним при навішуванні на трактор навісних машин.

Вимоги безпеки під час роботи:

При підйманні та опусканні навісного знаряддя, також при поворотах треба переконатися, що ці дії не створюють небезпеки для інших робітників. Під час руху агрегату сідати, сходити з нього не дозволяється. Забороняється перебувати під піднятим навісним знаряддям при регулюванні та усуненні неполадок. Не дозволяється залишати навісне знаряддя у піднятому положенні при зупинках трактора. На причіпних знаряддях не дозволяється встановлювати допоміжні сидіння, якщо вони не передбачені заводом-виготовачем. При роботі у нічний час трактор повинен мати справне освітлення. При з'єднанні відвалів, стояків корпусів, передплужників, отвори треба суміщати за допомогою бородків. Очищати плуг від бур'янів, ґрунт який налипає тільки після повної зупинки. При боронуванні,

очищення зубових борін необхідно робити за допомогою гачків. Невиконання цієї вимоги призводить до травмування робітників.

При боронуванні поля, яке забруднено рослинними рештками, бур'янами, зубці борін треба встановити скосами в бік руху агрегату, це буде забезпечувати самоочищення борін. Якщо поле чисте, скоси треба направляти в протилежний бік руху агрегату. При зберіганні зубові борони мають ставитися зубцями вниз. При застосуванні дискових борін, луцильників необхідно звертати увагу на правильне встановлення чисток. Зазор між чисткою і диском має бути не менше 2 мм. Забороняється регулювати глибину ходу дисків, сидіти на баластних ящиках при рухові агрегату. З робочими органами культиваторів важлива обережність. При роботі з навісним культиватором під опорні колеса підкладають дерев'яний брус рівний глибині рихлення. Ця вимога буде забезпечувати безпеку праці, бо зникає необхідність регулювання під час роботи.

При використанні культиваторів на підживленні добрива, треба засипати їх у банки туковисівних апаратів тільки після повної зупинки агрегату. При заточуванні лап культиваторів, дисків луцильників, борін, сошників до сівалок необхідно користуватися рукавицями і захисними окулярами. [27]

Вимоги безпеки після закінчення робіт:

1. Вигнати робочий агрегат із загінки і, по затвердженим у господарстві маршрутам руху, поставити його на місце стоянки. Заглушити двигун та 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. Робітникам зняти одяг, вмитися, по-можливості прийняти душ.

Під час обробітку ґрунту можуть діяти небезпечні і шкідливі виробничі фактори, які можуть призвести до нещасного випадку:

- зовнішні метеорологічні фактори (вітер, опади, гроза, сонячна радіація, низька або висока температура зовнішнього повітря, ожеледиця тощо);
- неправильні режими роботи технологічних систем;
- машини і механізми технологічних систем для обробітку ґрунту;

- рухомі агрегати і машини: причіпні (навісні) пристрої, робочі органи тощо;
- інженерні комунікації;
- устаткування, які працюють під тиском;
- електрифіковане устаткування, інструмент і електропроводка;
- ручні роботи, що викликають фізичні і нервово-психічні перевантаження.

Підготовка техніки:

Слід провести ретельну перевірку тех. стану сільськогосподарських машин, які намічено задіяти в ході посівних робіт. Така перевірка здійснюється одночасно з технологічним налаштуванням робочих механізмів. При цьому необхідно керуватися вимогами нормативно-правових актів про охорону праці та інструкціями з експлуатації, наданими виробниками техніки.

Перевірку слід проводити силами служби (спеціаліста) агропідприємства з охорони праці разом з головним інженером або керівником служби експлуатації.

В ході перевірки необхідно переконатися у:

- наявності акта ремонтної організації про відповідність відремонтованих робочих агрегатів вимогам безпеки;
- наявності сертифікатів відповідності, які підтверджують безпечність використання машин та устаткування, виготовлених за межами України;
- наявності необхідних попереджувальних написів на вузлах і агрегатах сільгоспмашин.

Метою перевірки є недопущення до використання у весняних польових роботах несправної сільгосптехніки, а також машин і механізмів, до конструкції яких внесено зміни, не передбачені виробником. Зокрема, слід категорично заборонити використовувати в роботах трактори з ручним запуском двигуна.

Особливої уваги при підготовці до виконання весняних польових робіт має контроль протипожежного стану пунктів (агрегатів) заправлення тракторів і автомобілів паливом відповідно до вимог нормативних документів.

Для забезпечення безвідмовної роботи машин і механізмів і попередження травматизму необхідно організувати службу технічного обслуговування та ремонту техніки в полі.

Вимоги до самохідних машин:

Кабіни тракторів мають забезпечувати механізатору вільний огляд робочих органів навісних і причіпних машин. Кабіна трактора повинна мати не менше трьох аварійних виходів, а машини — не менше двох. Аварійні виходи повинні відкриватися вручну без інструменту за проміжок часу не довше 3 сек. Якщо вікна не пристосовані до аварійного відкривання, в кабіні повинен бути аварійний засіб для миттєвого розбиття скла. Не допускається зміна заводської конструкції гальмівної системи трактора. Гальмівний шлях при холодних гальмах має відповідати вимогам [ГОСТ 12.2.019]. Органи управління повинні забезпечувати прямолінійність руху тракторів з причіпними агрегатами, повороти, зупинення, початок руху, належне утримання на схилі, запуск двигуна з кабіни трактора тощо. Вихлопна система двигуна має забезпечувати гасіння іскор до виходу відпрацьованих газів в атмосферу. Контрольні прилади на пульті управління повинні підсвічуватися відбитим світлом.

Вимоги до причіпних і навісних сільськогосподарських машин:

Стоянкові гальма мають утримувати машину на схилі 10° (18 %). Машини, ширина яких має перевищує габарити рушія, повинні бути обладнані світловідбивачами (ззаду — червоного, спереду — білого кольору), а також власними приладами світлової сигналізації. Причіпні та напівпричіпні робочі машини повинні мати жорсткі зчіпні пристрої. Останні мають бути обладнані страхувальним ланцюгом або тросом. Робочі органи навісного та причіпного обладнання повинні мати спеціальні фіксатори для транспортування. Карданні вали приводу робочих машин повинні бути закритими захисним огородженням. Гідравлічні машини, крім монтованих, повинні з'єднуватися з гідросистемами енергетичного засобу за допомогою розривних муфт. Регулювання робочих органів та інших механізмів машини під час руху повинен здійснюватися із робочого місця оператора рушія або оператора машини. Місця розташування точок змащування машин має бути позначені кольоровими покажчиками. Застосування ковпачкових маслянок для змащування деталей машини, які обертаються, не допускається. Кришки насінневих і тутових ящиків сівалок повинні щільно закриватися, надійно фіксуватися за допомогою запірною пристрою, а за потреби — вільно відкриватися.

Підготовка поля та визначення маршруту:

Ці дії слід виконувати у денний час, в умовах хорошої видимості. Необхідно оглянути поле, на якому будуть проводитися посівні роботи, щоб усунути перешкоди під час виконання робіт. Слід прибрати камені та великі грудки землі, купи пожнивних залишків та засипати ями тощо. Необхідно обробити поле культиватором на глибину загорання насіння. Небезпечні місця (камені, яри, канави тощо) слід позначити добре, знаками висотою до 3 м. Під час огляду поля треба визначити спосіб та напрямок руху робочих агрегатів, підготувати поворотні смуги та обрати найзручніші під'їзди до відповідних ділянок. Поблизу небезпечних місць ширина поворотної смуги повинна бути не вужчою, ніж подвійний мінімальний радіус розвороту самохідного технічного засобу.

Пересування робочих агрегатів до місця роботи, під час виконання робіт має здійснюватися відповідно до заздалегідь розроблених маршрутів і технологій, затверджених головним агрономом агропідприємства.

Підготовка персоналу та робочих місць:

Працівники, що мають брати участь у проведенні весняних польових робіт, повинні пройти відповідний інструктаж з охорони праці та пожежної безпеки. Постійні та тимчасові робочі місця персоналу мають мати належне освітлення.

Для забезпечення належних умов праці на посівній необхідно організувати в польових умовах пункти обігріву й харчування робітників, а також можливість надання оперативної медичної допомоги в разі необхідності. Для роботи в полі тракторні екіпажі та віддалені бригади треба забезпечити засобами зв'язку.

Робота в полі:

Після першого проходу машини полем слід ще раз перевірити справність робочих органів агрегатів. При цьому треба звернути увагу на:

- техн. стан і комплектність робочих машин;
- наявність і справність інструментів та пристроїв;
- надійність кріплення робочих органів машин;
- наявність пристосувань для очищення робочих органів машин від ґрунту (чистиків, гачків тощо).

Розвороти навісних і напівнавісних машин слід здійснювати в піднятому стані, а причіпних — з вийнятими з ґрунту робочими органами. Швидкість руху робочих машин при виконанні розворотів не повинна перевищувати 4 км/год.

Один робітник може обслуговувати лише один агрегат.

До факторів, що можуть спричинити нещасний випадок під час посівної, належать:

відсутність попереджувальних знаків і написів на сільгоспмашинах;

відсутність інструкцій з охорони праці, технічних описів та інструкцій з експлуатації робочих машин та обладнання;

відсутність захисних (огорожувальних) пристроїв на рухомих частинах робочих машин та обладнання;

відсутність двостороннього зв'язку на агрегатах, на яких працюють двоє і більше осіб;

відсутність заземлення на електрообладнанні та ємностях для зберігання й перевезення паливо-мастильних матеріалів;

відсутність захисних пристроїв на охолоджених і нагрітих частинах робочих машин та обладнання;

відсутність захисних огорож (кожухів) на мобільних робочих місцях;

відсутність засобів колективного та індивідуального захисту, спецодягу, спецвзуття;

несправність вентиляційного та опалювального обладнання у кабінах тракторів і комбайнів;

несправність механізмів керування та гальмівних систем робочих машин;

несправність пускових та блокувальних пристроїв;

несправність електрообладнання робочих машин і механізмів;

несправність тягово-зчіпних пристроїв;

неприєднання гальмівної системи причіпних машин до гальмівної системи тракторів.

ЗАБОРОНЕНО:

допуск робітників до виконання робіт без проходження необхідного інструктажу з охорони праці;

допуск робітників до робочого місця в стані алкогольного чи наркотичного сп'яніння;

використання робочих машин, механізмів обладнання та інструмента в несправному стані та не за призначенням;

усунення несправності техніки на працюючому обладнанні без його зупинення;

робота без захисних пристроїв, спецодягу та засобів індивідуального захисту для працівників;

проїзд сільгоспмашинами за незапланованими маршрутами.

5.5. Дії у разі настання надзвичайної ситуації

Вимоги з охорони праці аварійних ситуаціях:

1. При виникненні загоряння необхідно зупинити робочу машину і за допомогою вогнегасника ОП-5, наявного в кабіні, негайно приступити до гасіння.

2. Як засоби пожежогасіння можна також використовувати пісок або інший не горючий сипучий матеріал, кошму або інші покривала, з допомогою яких необхідно осередок горіння ізолювати від доступу повітря.

3. Для знешкодження місць, які залити дизелем, необхідна наявність хлорного вапна у вигляді кашки або хлорної води.

4. При попаданні крапель або парів дизелю в очі необхідно промити їх водою і негайно звернутися за медичною допомогою.

5. У разі відмови гальмівної системи, необхідно зупинити трактор на рівному майданчику і приступити до усунення несправності.

6. У всіх випадках виявлення травм робітників, слід негайно приступити до надання першої долікарської допомоги потерпілому та викликати швидку медичну допомогу або доставити потерпілого до найближчого медичного закладу.

7. Про всі випадки травм працівників слід повідомити безпосереднього керівника робіт. [24]

5.6. Висновок за п'ятим розділом

У цьому розділі коротко висвітлюються заходи щодо охорони праці і техніки безпеки при роботі з культиваторами, в напрямку застосування захисних пристосувань в місцях з'єднань окремих знарядь між собою та з трактором, а також пристосувань для обслуговуючого персоналу тощо.

Загальні вимоги:

1. Обробіток ґрунту проводиться колісними і гусеничними тракторами класу 20-30 кН. Виконуючи ці роботи дозволяється трактористам-машиністам, які мають категорію "А" і "В" з талонами попередження та пройшли інструктаж вимог безпеки і не мають медичних протипоказань.

2. Трактористи повинні бути забезпечені спецодягом: костюм з пило-непроникної тканини, рукавиці комбіновані, окуляри захисні.

3. Технічний стан тракторів, сільськогосподарських машин повинен відповідати вимогам інструкцій з експлуатації та охорони праці.

4. Під час роботи, переїзду не дозволяється перебувати на тракторах стороннім особам.

5. Тракторист повинен бути навчений прийомам надання долікарської допомоги. На кожному тракторі має бути укомплектована аптечка першої допомоги.

6. При роботі в нічний час відпочивати в борозні, у кабіні трактора при працюючому двигуні не дозволяється. При груповій роботі тракторів визначаються місця відпочинку за межами поля.

7. У разі недомагання необхідно припинити роботу, повідомити керівників і звернутися в медпункт.

6. ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Основними експлуатаційними показниками роботи ґрунтообробного агрегату: продуктивність, витрати робочого часу, паливо-мастильних матеріалів, питомі експлуатаційні та приведені витрати.

У якості базового машинно-тракторного агрегату служить МТЗ-82.1+КРН-5,6 з незахищеними підшипникам коліс секцій просапного культиватора.

Модернізований машинно-тракторний агрегат МТЗ-82.1+КРН-5,6 має захищені підшипники коліс секцій просапного культиватора, дозволить на агрофонах господарств ТОВ «Жива нива» та ТОВ «Наталка» отримати економічний ефект, який буде полягати у зниженні витрат на проведення технічного обслуговування впродовж всього періоду використання модернізованої сільськогосподарської машини.

6.1. Економічна ефективність застосування агрегату МТЗ-82.1+КРН-5,6

Питомі експлуатаційні витрати агрегату розраховують за рівнянням:

$$C_{итт} = C_m + C_{\text{м}} + C_{\text{нмм}} + C_{\text{зн}}, \quad (6.1)$$

де $C_m, C_{\text{м}}$ - сума витрат на реновацію, капітальний і поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин трактора, приймаємо з таблиці 7.1 [29], грн./га;

$C_{\text{нмм}}$ - вартість паливо-мастильних матеріалів, грн./га;

$C_{\text{зн}}$ - оплата праці персоналу, який обслуговує агрегат, грн./га.

$$C_m = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_{\text{рм}} \cdot g_{\text{за}}}{100 \cdot G_{\text{н}}^{\text{рік}}} + \frac{\sum C_{\text{м}}^{\text{н}} \cdot g_{\text{за}}}{1000} \right] \cdot K_i, \quad (6.2)$$

де $B_m \cdot \alpha_{\text{рм}}$ - балансова вартість трактора (грн.) та норма відрахувань, %. З табл. 7.1 [29] визначаємо балансову вартість трактора, яку беремо з урахуванням фактичної сьогоднішньої його ціни (515 000 грн.) та норму відрахувань – 10%;

$\sum C_{\text{м}}^{\text{н}}$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, технічне обслуговування, зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, з

урахуванням сучасних цін складе близько 849 грн. Цю цифру приймаємо за табл. 7.1 [28].

G_n^{pic} , $g_{год}$ - нормативне річне завантаження палива (кг). При сезонному навантаженні 60 нормо-змін по 40 га/зм і гектарній витраті палива 3,6 кг, норма річного завантаження складе 7200 кг;

K_i - коефіцієнт індексації цін, який враховує інфляцію. Так як ціни приймаємо реальні, то K_i приймаємо 1.

Для трактора МТЗ-82.1 витрати на реновацію, ремонт та технічне обслуговування для даного виду робіт складуть:

$$C_m = \left[\frac{515000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 18000} + \frac{849 \cdot 3,6}{1000} \right] \cdot 1 = 13,35 \text{ грн / га}$$

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{пмм} = C_k \cdot G_{год} = 30,5 \cdot 3,6 = 109,8 \text{ грн / га} \quad (6.3)$$

де C_k - комплексна ціна дизельного пального, грн. Вартість пального буде однаковою для обох варіантів агрегатів, що порівнюються.

Оплату праці обслуговуючого персоналу розраховуємо за формулою:

$$C_{зн} = \frac{1,49 (K_{нк} \cdot m_{мех} \cdot f_{мех} + m_{доп} \cdot f_{доп}) \cdot 1,02 \cdot K_3}{W_{зм}}, \quad (6.4)$$

де 1,49 і 1,02 - коефіцієнти, які беруть до уваги при нарахуванні оплати праці;

$K_{нк}$ - коефіцієнт, який передбачає класність механізаторів. Приймаємо коефіцієнт 1,2 для трактористів-машиністів першого класу;

$m_{мех}$ і $m_{доп}$ - кількість трактористів-машиністів і допоміжних працівників, які обслуговують агрегат;

$f_{мех}$ і $f_{доп}$ - оплата праці за змінну норму (тарифні ставки) виробітку відповідно трактористам-машиністам і допоміжним працівникам, грн./зм. Приймаємо з табл.7.2 [29];

K_3 - коефіцієнт збільшення оплати праці за рахунок інфляції, приймаємо $K_3 = 10$.

Оплата праці механізаторів:

$$C_{зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 15,58 + 1 \cdot 10,83) \cdot 1,02 \cdot 10}{32} = 14,02 \text{ грн / га}$$

Експлуатаційні витрати культиватора КРН-5,6 знайдемо за формулою:

$$C_{СГМ} = \left[\frac{B_M \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зМ}^M \cdot W_{зМ}} + \frac{\sum C_{ГО}}{W_{зМ}} \right] \cdot 1, \text{ грн / га} \quad (6.5)$$

$$C_{СГМ} = \left[\frac{55000 \cdot 12,5}{100 \cdot 60 \cdot 32} + \frac{27,4 + 4,3 + 21}{32} \right] \cdot 1 = 5,22 \text{ грн / га}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$$C_{нум}^c = 13,25 + 5,22 + 109,8 + 14,02 = 142,29 \text{ грн / га} \quad (6.6)$$

Приведені витрати:

$$П_6^p = C_n^p + E = 64,48 + 0,15 = 64,63 \text{ грн / га} \quad (6.7)$$

де $E = 0,15$ – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень.

6.2. Економічна ефективність застосування модернізованого агрегату МТЗ-82.1+КРН-5,6М

Експлуатаційні витрати на даному виді робіт складуть для трактора :

$$C_m = \left[\frac{515000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 18000} + \frac{269 \cdot 3,6}{1000} \right] \cdot 1 = 11,27 \text{ грн / га}$$

$\sum C_m^H$ - питомі нормативні витрати на капітальний, поточний ремонт, зберігання, заміну шин і гусениць, грн./т палива, без урахування технічного обслуговування культиватора, складе приблизно 269 грн.

Вартість паливо-мастильних матеріалів знайдемо за формулою:

$$C_{нмм} = Ц_k \cdot G_{год} = 30,5 \cdot 3,6 = 109,8 \text{ грн / га} \quad (6.8).$$

Оплата праці механізаторів:

$$C_{зпс} = \frac{1,49 \cdot (1,2 \cdot 1 \cdot 15,58 + 1 \cdot 10,83) \cdot 1,02 \cdot 10}{38,8} = 11,56 \text{ грн / га}.$$

Експлуатаційні витрати модернізованого культиватора КРН-5,6М знайдемо за формулою:

$$C_{сгм} = \left[\frac{B_m \cdot \alpha_p}{100 \cdot n_{зм}^m \cdot W_{зм}} + \frac{\sum C_{то}}{W_{зм}} \right] \cdot 1 = \left[\frac{55000 \cdot 12,5}{100 \cdot 60 \cdot 38,8} + \frac{7,47 + 1,64 + 1,79}{38,8} \right] \cdot 1 = 3,23 \text{ грн / га.}$$

Розраховуємо загальні експлуатаційні витрати:

$$C_{\text{проект}}^{\text{ит}} = 11,88 + 3,23 + 109,8 + 11,56 = 136,47 \text{ грн / га,}$$

Величину капітальних вкладень при експлуатації агрегату за формулою (6.6):

$$K_p = \frac{B_m \cdot \alpha_{pm} \cdot g_{га}}{100 \cdot G_{\text{рік}}} + \frac{B_m \cdot n}{n_{зм} \cdot W_{зм}} = \frac{515000 \cdot 10 \cdot 3,6}{100 \cdot 7200} + \frac{55000 \cdot 1}{60 \cdot 38,8} = 49,38 \text{ грн / га}$$

було прийнято, що балансова вартість модернізованого культиватора складатиме

$$579000 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на один га при експлуатації модернізованого МТА:

$$\Pi_{\text{є1}}^p = C_n^p + E \cdot K = 64,48 + 0,15 \cdot 49,12 = 71,84 \text{ грн / га}$$

6.3. Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект:

$$E_E = \Pi_{\text{є}}^p - \Pi_{\text{є1}}^p, \text{ грн} \quad (6.9)$$

$$E_E = 71,84 \cdot 300 - 64,63 \cdot 300 = 2163$$

Строк окупності додаткових капітальних витрат визначаємо за формулою:

$$N = \frac{B_{\text{в1}} - B_{\text{в2}}}{E_e}, \quad (6.10)$$

де $B_{\text{в1}}$, $B_{\text{в2}}$ – балансова вартість культиватора до та після модернізації.

$$N = \frac{579000 - 570000}{2163} = 4,16$$

Отримані результати наводяться у в табл. 6.1.

Таблиця 6.1.

Економічне обґрунтування запропонованої розробки

Показник	Одиниця виміру	Варіант	
		Базовий	Проектний
1	2	3	4
Агрегат	-	МТЗ-82.1 + КРН-5,6	МТЗ-82.1 + КРН-5,6М
Балансова вартість агрегату	грн.	570000	579000
Нормативне навантаження	нормо-змін	60	60
Змінна продуктивність	га	32	38,8
Витрати пального	кг/га	3,6	3,6
Витрати на реновацію, ремонт та ТО	грн. / га	13,25	11,16
Вартість ПММ	грн. / га	109,8	109,8
Оплата праці	грн. / га	14,02	11,56
Експлуатаційні витрати	грн. / га	142,29	136,47
Величина капітальних вкладень	грн. / га	-	30,28
Приведені витрати	грн. / га	64,43	71,84
Річний економічний ефект від сервісу при навантаженні 300 га	грн.	-	2163

Таким чином бачимо, що модернізація культиватора КРН-5,6 дозволить ефективно агрегувати її з трактором МТЗ-82.1. При цьому річний економічний ефект складає 2163 грн. при річному завантаженні 60 нормо-змін. Строк окупності модернізованого культиватора складає 4,16 року.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Конструктивно-технологічні параметри агрегатів, що використовує господарство для обробки просапних культур, залежить від типу, рельєфу ґрунту, технології, вирощуваної культури.

2. Розроблена математична модель процесу обробки ґрунту просапним культиватором характеризує основні параметри, сили та фізичні величини, від яких залежить якість обробки.

3. Величина активних сил та реакцій, що діють на секцію просапного культиватора під час обробки обумовлює його конструктивні та технологічні параметри.

4. Проведені польові випробування показали, що зношення радіальних шарико-підшипників після обробки площі 1000 га становить: закритих $d=24\dots35$ мкм; відкритих $d=41\dots89$ мкм. Зношення периметру лап після обробки 100 га становить: при $B=110$ мм – 3,7...8,1%; при $B=150$ мм – 3,5...8,6%.

5. Отримано розрахунок реакції ґрунту R_x , реакція на підшипник R_o та сумарної сили опору $R_{\Sigma x}$ в залежності від питомого опору ґрунту та різних видів лап. Значення реакції ґрунту зростає відповідно збільшенню розміру ширини лапи, а реакція на опорний каток (підшипник) залежить від геометричного положення сили $R_{\Sigma x}$.

6. Геометричні параметри лапи впливають на опір обробки ґрунту, відповідно на розміщення та напрям потоків сходження часток в обробленій зоні, таким чином досягається рівномірне розподілення навантаження, та ефект самозаточування лап.

7. Реалізовано метод кінцевих елементів, що закінчується розв'язанням системи алгебраїчних рівнянь, які враховують навантаження в точках вузлів.

8. Отримано оцінку напружень в конструкції секції за Мізесом як при простому розтягненні, так і при складному напруженому стані при застосуванні критерію руйнування Мізеса-Хіла.

9. Оцінка головних напружень секції просапного культиватора, що виконано з використанням системи моделювання 3D-САПР Autodesk Invento, дозволяє

визначити максимальне напруження при розтягуванні, яке виникає в деталі через умови навантаження, а також максимальне стискаюче напруження, що визвано в деталі через умови навантаження.

10. Розрахунок запасу міцності конструкції секції просапного культиватора запобігає руйнації: стійки виготовляють з пружинних сталей, на лапах в навантажених зонах збільшують розмір елемента, що знаходиться в небезпечному перерізі.

11. Отримані результати магістерської роботи дозволяють сформулювати перспективні напрямки розвитку: необхідність винаходу нових конструктивних форм просапних культиваторів, підвищення якості обробки ґрунту, раціональне використання людських ресурсів.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. <http://www.tsatu.edu.ua/ros/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-2.ahroklimatychni-resursy-ukrayiny.pdf>http://megalib.com.ua/content/3078_423_Poverhnevii_obrobitok_grynty.html
2. https://www.vaderstad.com/ua/pro-nas/novyny/arhiv-novyn/2012/ukraine/poverhnevii_obrobitok_zmenhue_eroziu_na_90_vidotkiv/
3. https://proxima.net.ua/ua/karta_klimaticheskikh_zon_i_gruntov_ukraini.html
4. <https://geomap.land.kiev.ua/zoning-3.html>
5. https://avers-agro.com.ua/kultivator_propashnoj_5m
6. Синеоков Г.Н., Панов И.М. Теория и расчет почвообрабатывающих машин. М.: Машиностроения, 1977.
7. Кленин Н.И. и др. Сельскохозяйственные машины. М.: Колос, 2008 - 816 с.
8. Кошурников А.Ф. и др. Анализ технологических процессов, выполняемых сельскохозяйственными машинами, с помощью ЭВМ. Пермь, 1995, - 272 с.
9. https://studopedia.su/18_28647_obosnovanie-formi-lapi-kultivatora.html
10. 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.
11. Панченко А.Н. Теория измельчения почв почвообрабатывающими орудиями / А. Н. Панченко.- Днепропетровск: ДГАУ, 1999. – 140 с.
12. 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
13. <https://www.geokniga.org/books/281>
14. <http://padaread.com/?book=47535>
15. <http://padaread.com/?book=49966>
16. <http://5fan.ru/wievjob.php?id=66668>

17. <http://www.bibliotekar.ru/2-7-61-kostychev/>
18. https://38308.selcdn.ru/forum-files/9015/constuir.prost_orudi_.pdf
19. <https://docplayer.com/68086965-Selskohozyaystvennye-mashiny.html>
20. [Общий каталог по продукции энергоцепей подшипников направляющих от ООО ХЕННЛИХ.pdf](#)
21. [OST 23.2.164-87.pdf](#)
22. [анализ напряженного состояния и технологические способы повышения ресурса стрелчатых лап культиватора.pdf](#)
23. [Динамика изнашивания лап культиватора.pdf](#)
24. <https://oppb.com.ua/articles/vymogy-bezpeky-praci-pry-provedenni-vesnyanyh-polovyh-robot>
25. <https://www.dsns.gov.ua/ua/Diyi-naselennya-v-umovah-nadzvichaynih-situacij-viyskovogo-harakteru.html>
26. <http://stn.loga.gov.ua/oda/press/news/vimogi-bezpeki-pid-chas-obrobitku-gruntu-sivbi-sadinnya-silskogospodarskih-kultur>
27. <https://xn-----7cdbxfuat6afkbmmhefunjo4bs9u.xn--p1ai/%D0%BF%D1%80%D0%B8-%D1%80%D0%B0%D0%B1%D0%BE%D1%82%D0%B5-%D1%81-%D0%BC%D0%BE%D1%82%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%BE%D0%BA%D0%BE%D0%BC.html>
28. <https://gardenunion.com.ua/tehnika-bezpeki-pri-roboti-z-kultivatorom-46/>
29. https://38308.selcdn.ru/forum-files/9015/constuir.prost_orudi_.pdf

