

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до захисту
Завідувач кафедри
_____ Войтік А.В.
“___” _____ 2023 р.

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА
до дипломної роботи
_____ магістр
(освітній рівень)

на тему «ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ КРИВОЛІНІЙНОЇ
КУЛЬТИВАТОРНОЇ ЛАПИ»

Виконав: студент 2 курсу, групи 21 зм-ім
Спеціальність 208 Агроінженерія
_____ Шмаркатюк Сергій Віталійович
(прізвище та ініціали)

Керівник _____ Ковальчук Ю.О.
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____ Кепко О.І.
(прізвище та ініціали)

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ САДІВНИЦТВА
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Освітній рівень _____ магістр _____
 Спеціальність _____ 208 Агроінженерія _____
 (шифр і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
 _____ **Войтік А.В.**
 “ ____ ” _____ **2023 р.**

З А В Д А Н Н Я НА МАГІСТЕРСЬКУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Шмаркатуку Сергію Віталійовичу _____
 (прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи «Обґрунтування параметрів криволінійної культиваторної лапи»

керівник роботи _____ Ковальчук Ю.О., к.т.н., доцент _____
 (прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом вищого навчального закладу від

“ 09 ” листопада 20 23 р. № 01-06/256

2. Строк подання студентом роботи _____ 30.11.2023 р.

3. Вихідні дані до роботи: фізико-механічні властивості ґрунтів; існуючі технологічні процеси та технічні засоби для суцільного обробітку ґрунту.

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

аналіз існуючих способів та засобів для суцільного обробітку ґрунту, огляд попередніх досліджень з даного питання; визначення впливу параметрів культиваторних лап на якість виконання операції; обґрунтування конструктивних параметрів культиваторної лапи; дослідження якісних показників роботи запропонованої машини; розробка заходів з охорони праці; визначення ефективності застосування розробленої машини.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):

підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 15 слайдів) як додаток до доповіді за темою магістерської роботи.

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 14 вересня 2022 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів магістерської роботи	Строк виконання етапів роботи	При- мітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	02.10.2022 р.	
2.	Розділ 1. Стан питання та задачі досліджень	02.11.2022 р.	
3.	Розділ 2. Теоретичні визначення параметрів прутка ворсу	02.12.2022 р.	
4.	Розділ 3. Експериментальні дослідження	29.01.2023 р.	
5.	Розділ 4. Охорона праці	15.03.2023 р.	
6.	Розділ 5. Техніко-економічна ефективність машини	30.06.2023 р.	
7.	Виконання графічної частини роботи	17.10.2023 р.	
8.	Представлення роботи керівнику на перевірку	20.11.2023 р.	

Студент

(підпис)

Шмаркатюк С.В.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

(підпис)

Ковальчук Ю.О.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Шмаркатиюк С.В. Обґрунтування параметрів криволінійної культиваторної лапи (Магістерська робота. Умань, Уманський національний університет садівництва, 2023. – 54 с.).

Об'єкт дослідження – технологічний процес та технічні засоби для поверхневого обробітку ґрунту.

Предмет дослідження – закономірності впливу параметрів культиваторної лапи на показники якості роботи культиватора для мілкого обробітку ґрунту.

Мета роботи – підвищення ефективності процесу обробітку ґрунту за технологіями мінімального обробітку шляхом обґрунтування параметрів культиваторної лапи.

В роботі написано вступ, дана характеристика та приведено аналіз існуючих конструктивних рішень для мілкого обробітку ґрунту. Проведено огляд попередніх досліджень з даного питання.

Визначено вплив прогину конструктивних параметрів культиваторної лапи на показники її роботи. Визначено оптимальні геометричні параметри культиваторної лапи. Проведено дослідження по визначенню якісних показників роботи культиватора для поверхневого обробітку ґрунту.

Запропоновані заходи з покращення умов охорони праці та довкілля. Визначено показники економічної ефективності від впровадження запропонованого пристрою у виробництво.

Зроблено висновки і пропозиції, складено список використаної літератури.

Ключові слова: ґрунт, лапа, культиватор, форма, кривизна, сталь.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
Розділ 1. ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ	7
1.1. Існуючі принципи обґрунтування параметрів культиваторної лапи в плані боротьби з бур'янами. Причини і наслідки обволікання лап бур'янами	7
1.2. Конструкція поверхонь лап культиватора на основі спеціальних геометричних методів	13
Розділ 2. АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ЛАП З БУР'ЯНАМИ	18
2.1. Модель руху бур'янів по ланцету культиватор лапа	18
2.2. Обґрунтування форми леза ноги культиватора	29
Розділ 3. ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ ЛАПИ УЛЬКУЛЬТАТОРА З ВИГНУТИМ ЛЕЗОМ	33
3.1. Обґрунтування параметрів і алгоритму проектування універсального культиватора з вигнутим лезом	33
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	46
РОЗДІЛ 5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ	49
Загальні висновки.....	52
Список використаної літератури.....	54

ВСТУП

У технології вирощування просапних культур міжрядний обробіток посівів є важливою технологічною операцією, оскільки вона спрямована на боротьбу з бур'янами в міжрядній зоні. У разі обробітку пару знищення бур'янів є чи не найголовнішим завданням у поєднанні з руйнуванням верхнього шару ґрунту для закриття вологи. Однак стандартні культиваторні лапи, якими виконуються ці операції, обволікаються коренями і рослинними рештками на кінцях крил, що підтверджено як практикою, так і науковими дослідженнями. Обволікання лап призводить до зменшення кількості знищених бур'янів та зниження стабільності руху лап у вертикальній площині, що в свою чергу зменшує або збільшує глибину обробітку. Зменшення глибини обробітку ще більш знижує відсоток знищених бур'янів, а збільшення – пошкоджує корені культурних рослин за міжрядного обробітку.

З огляду на викладене, постає актуальною задача розробки конструкції культиваторної лапи підвищеної обтічності, яка забезпечила б самоочищення лапи від налиплого ґрунту і завислих бур'янів.

У зв'язку зі значними площами обробітку просапних культур і пару в Україні ця проблема набуває особливо важливого народногосподарського значення.

РОЗДІЛ 1. ОГЛЯД ПОПЕРЕДНІХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Існуючі принципи обґрунтування параметрів культиватор азиміни в плані боротьби з бур'янами, Причини і наслідки обволікання лап бур'янами

У боротьбі з бур'янами одним з найважливіших параметрів є кут нахилу розхилу лап $2\gamma_0$, так як від величини цього кута безпосередньо залежить якість боротьби з бур'янами.

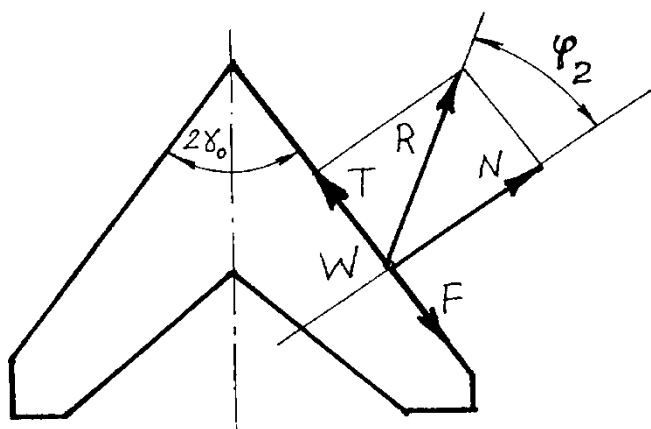


Рисунок 1.1 – Схема сил, що діють на бур'ян в момент повного контакту з лопаткою лапи по Г.Н. Сінеокову: W - бур'ян; F - сила переміщення; T - сила тертя; R - повна реакція леза; N - нормальний; φ_2 - кут тертя бур'яну об метал

У своїх роботах Г.Н. Сінеоков [1, 2], П.М. Василенко і П.Т. Бабій [3], А.С. Кобець [4], Н.І. Кленін, В.А. Сакун [5] та ін. розглянули загальну схему руху бур'яну по лопаті лапи (рис. 1.1). На бур'ян впливає сила зсуву і сила тертя при русі по лопаті лапи. Бур'ян F T буде пересуватися по лезу тільки при виконанні умови

$$F > T.$$

Підставляючи значення сил в умову, маємо

$$R \sin \gamma_0 \operatorname{tg} \varphi_2 > R \cos \gamma_0, \quad (1.1)$$

φ_2 де - кут тертя бур'яну об лопатку лапи.

Діленням отриманого виразу на $R \sin \gamma_0$, маємо

$$\operatorname{ctg} \gamma_0 > \operatorname{tg} \varphi_2, \quad (1.2)$$

Де ми приходимо до стану

$$\operatorname{tg}(90^\circ - \gamma_0) > \operatorname{tg} \varphi_2; \quad (1.3)$$

або

$$\gamma_0 < 90^\circ - \varphi_2. \quad (1.4)$$

Отриманий вираз хоч і встановлює принцип обґрунтування кута рішення 2, γ_0 але не враховує величину сили, F яка залежить від швидкості руху культиватора.

Г.Н. Сінеоков [7] зазначає, що величина кута повинна бути такою, щоб бур'яни обрізалися ковзним зрізом, а коріння висмикнутих бур'янів γ_0 ковзали по лезу. Якщо цього не зробити, відбувається обволікання леза, при якому стебла і коріння бур'янів, скріплені силами тертя, накопичуються на крилах лап і поглиблюються лапи з ґрунту. Однією з причин такого явища Г.Н. Сінеоков [7] вважає злипання лапи з ґрунтом. Друга причина обволікання лап - динамічна, при якій лопаті лапи загорнуті не в нерухомо звисають бур'яни, а повільно ковзають по ній.

Динамічне обволікання бур'янів відбувається наступним чином (рис. 1.2). При переміщенні лапи в зруйнованому шарі ґрунту з позиції I в позицію II бур'яни, розташовані в області ABCD, відриваються і, рухаючись по лезу, ковзають лапою, накопичуються на CD-ділянці лопаті лапи. Кількість бур'янів n на цій ділянці дорівнює:

$$n = iL\Delta h, \quad (1.5)$$

де i - кількість бур'янів на одиницю площі поля;

L - довжина середньої лінії трапецієподібної ABCD;

Δh - висота трапеції ABCD.

Зі схеми на малюнку 1.5 видно, що довжина середньої лінії трапеції ABCD дорівнює

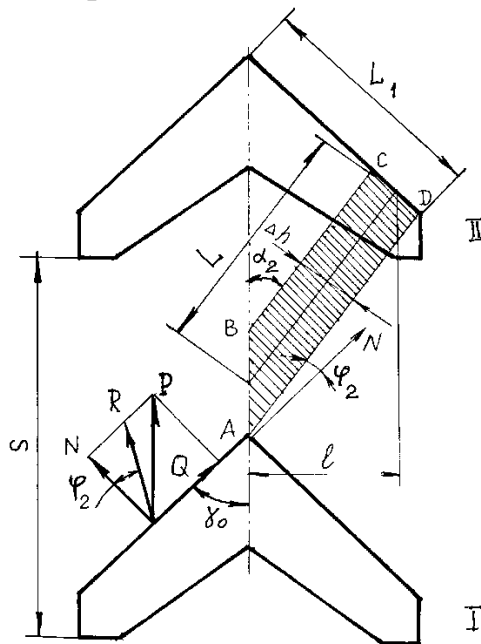


Рисунок 1.2 – Схема, що пояснює динамічне обволікання лап культиватора

$$L = \frac{\ell}{\cos(\varphi_2 + \gamma_0)}, \quad (1.6)$$

ℓ де - відстань від середньої лінії трапеції ABCD до осі лапи.

Підставляючи отримане значення L в формулу розрахунку кількості бур'янів і беручи $\Delta h = 1$, отримуємо

$$n = \frac{i\ell}{\cos(\varphi_2 + \gamma_o)}. \quad (1.7)$$

Г.Н. Сінеков [7] вважає, що по залежності (1.7) може статися «перевантаження» лапи, при якій на кінцях лапи накопичуються бур'яни.

Третя причина обволікання лап по Г.Н. Синеокову [7] полягає в тому, що лапи з більшою робочою шириною, які інтенсивніше обволікаються, встановлюються в другому ряду. Це призводить до того, що «волочіння» бур'яну, розташованого на кінці крила азіміни другого ряду, може виявитися більше, ніж тангенціальна складова рухомого ґрунту за рахунок прилипає до площини лапи ґрунту.

В результаті проведених досліджень Г.Н. Синеоков рекомендує наступні значення параметрів для лап культиватора: $2\gamma_o = 55 \dots 60^\circ$ на клейких і $2\gamma_o = 75 \dots 80^\circ$ для піщаних ґрунтів.

У своїй роботі Н.В. Бугайченко [11] розглядає причину обволікання лап бур'янами через збільшення сили тертя в процесі ковзання по лезу. Однак при проведенні робіт не враховується швидкість роботи культиватора.

Ш.М. Григорян і Р.А. Сухудян [4] досить повно розглядають причини обволікання лап бур'янами. У своїй роботі вони враховують наступну умову сповзання бур'янів

$$\frac{P}{Q} > \frac{1}{\cos\gamma_o(1 - \operatorname{tg}\gamma_o \operatorname{tg}\varphi_2)}, \quad (1.8)$$

де P - лобовий опір ґрунту (рис. 1.2);

Q - бічний опір ґрунту (рис. 1.2).

Це нерівність встановлює межу співвідношення лобового P і бічного опору Q ґрунту, при якому ще можливо ковзання бур'яну.

Виходячи з ланцюга харчування і (1, 13), виводиться наступне співвідношення:

$$\frac{Q}{\sin[90^\circ - (\alpha_2 + \gamma_o + \varphi_2)]} = \frac{R}{\sin(\alpha_2 + \gamma_o)}, \quad (1.9)$$

де α_2 - кут між абсолютною швидкістю бур'яну і напрямком руху культиватора;

R - реакція леза, що визначається за формулою

$$R = \frac{P \sin \gamma_o}{\cos \varphi_2}. \quad (1.10)$$

Після заміщення і перетворень умова прокльовування бур'яну прийме наступний вигляд

$$\frac{P}{Q} > \frac{1}{\sin \gamma_o [\operatorname{ctg}(\alpha_2 + \gamma_o) - \operatorname{tg} \varphi_2]}. \quad (1.11)$$

Згідно [4], величина кута α_2 описується наступною залежністю:

$$\alpha_2 = 46 - (0,014\gamma_o + 0,38)S_1 - 0,354\gamma_o, \quad (1.12)$$

де S_1 - величина зміщення бур'яну.

Підставляючи (1,11) в (1,12) Ш.М. Григорян і Р.А. Сухудян пропонують визначати кут розхилу лапи в залежності від максимальної відстані ковзання бур'яну S_1 .

Виходячи з цих залежностей, рекомендується брати ширину напівзахоплення лапи за формулою

$$b = S_1 \cdot \sin \gamma_o. \quad (1.13)$$

На підставі виконаних досліджень [4] пропонується ланцетна лапа, площа леза якої виконана під кутом до напрямку руху, проте в цьому випадку лезо залишається прямим.

У своїх роботах І.Ф. Попов [10], Н.І. Кленін, В.А. Сакун [4] вказує, що залежність (1.7) є односторонньою. Від умови мінімальної кількості бур'янів на лезі лапи дають залежність довжини леза від ED кута нахилу розхилу, яка виглядає так:

$$L_1 = ED = \frac{b}{2 \sin \gamma_o}, \quad (1.14)$$

і величина руху бур'яну в ґрунті при ковзанні по лезу

$$AD = \frac{b}{2 \cos(\gamma_o + \varphi_2)}. \quad (1.15)$$

У цій же роботі складено графіки зміни руху лапи, S і L_1 . З графіків випливає, що при $\ell = 30^\circ$, оптимальний кут розв'язку, визначений за формулою

$$\gamma_o = \frac{90^\circ - 30^\circ}{2} = 30^\circ.$$

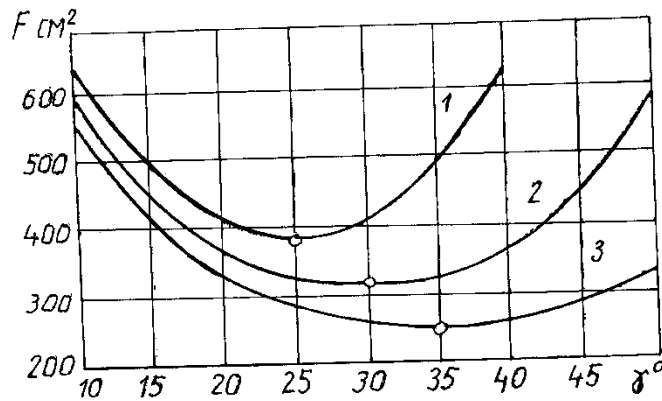


Рисунок 1.3 – Площа, захоплена F лапою, при $\frac{b}{2} =$

13,5 см і кут тертя в залежності від φ_2 кута: γ_0

1 - $\varphi_2 = 40^\circ$;

2 - $\varphi_2 = 30^\circ$;

3 - $\varphi_2 = 20^\circ$

При такому значенні площа, захоплена лапою, а отже, і кількість бур'янів на F одиницю ширини леза найменші (рис. 1.3). У вищенаведеній роботі, однак, вплив швидкості руху ґрунту на рух бур'яну не розглядається.

Б.І. Кравченко в своїй роботі [7] описує метод вимірювання сил, що діють на бур'ян, але не дає числових значень.

А.Ш. Чиковані розглянув конструкцію лап культиватора для роботи на високих швидкостях. У своїй роботі [13] для мінімізації гребенів поля він рекомендує наступні параметри:

$$2\gamma_0 = 70^\circ, = 16^\circ, = 22^\circ \alpha^\circ \beta \text{ і } = 170 \text{ мм. } b$$

Вплив суспензії лапи культиватора на ступінь обрізки бур'янів визначив Г.А. Рябцев [12]. У роботі вказані переваги гнучкої підвіски при роботі на швидкості 1,8 ... 2,2 м/с, а глибина 7 ... 10 см.

С.М. Васильківський розглядав роботу культиваторів в умовах Середнього Поволжя [24]. Встановлено, що для мінімізації перемішування ґрунту під час розпушування та зменшення його висихання використовуються параметри стрілкової лапи: ширина захвату $2 = b$ 340 мм, кут розхилу $2 = 60^\circ$ γ_0 , кут розсіпання $= 30^\circ \beta$.

Виходячи з вищенаведеної інформації, видно, що кут розхилу лапи ланцета для чорноземів рекомендується приймати в межах $2\gamma_0 = 60 \dots 70^\circ$.

Для боротьби з бур'янами важлива заточка стрічастих лап. Згідно [21], існує три способи заточування: верхній, нижній і комбінований.

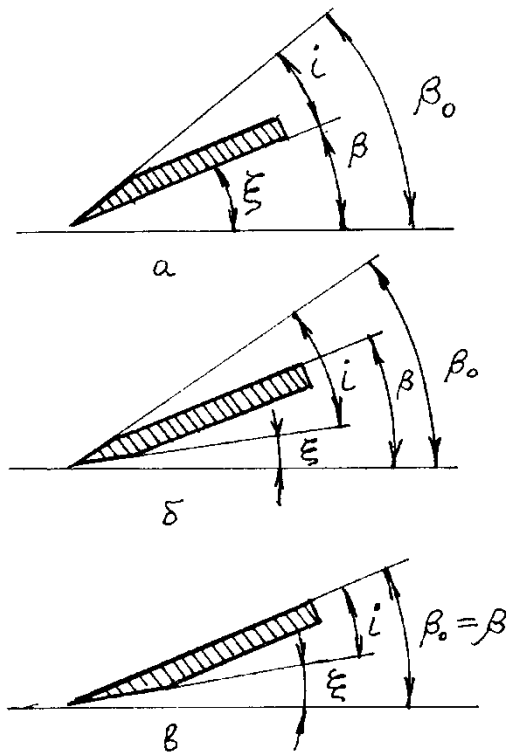


Рисунок 1.4 – Способи заточування
леза лап культиватора по П.М.

Василенку та П.Т. Бабій:

a - верхня заточка;

б – комбіновані;

с – нижня заточка

При верхній заточці (рис. 1,4 а) кут різання дорівнює сумі кутів

$$\beta_o = i + \xi, \quad (1.16)$$

де i - кут заточування; ξ - потиличний кут.

Кут заточування i приймається в межах $12...15^\circ$, а потиличного $10\xi \approx^\circ$.

Тому кут різання дорівнює

$$\beta_o = (12...15)^\circ + 10^\circ = 22...25^\circ.$$

Спосіб заточування лека, а особливо його товщина, істотно впливають на ступінь обрізки бур'янів. Так, за даними С.І. Бондарєва [13], лапи з товщиною лека $0,2 \dots 0,3$ мм зрізу $98 \dots 100\%$ бур'янів, при цьому тупі лапи, що мають товщину лека $0,6 \dots 0,8$ мм, обрізається всього $76 \dots 83 \%$.

Обволікання ланцетних лап бур'янами викликає зміну геометрії поверхні, що призводить до їх поглиблення. Однак стійкість ходу лапи в глибину особливо важлива для міжрядного обробітку просапних культур. Так В.А. Фат'янов [16] вказує, що глибина залягання 35% коренів кукурудзи у фазі 3-4 листків, в момент першої міжрядної обробки становить $6,7 \dots 8,3$ см на відстані 10 см від ряду і $9,6 \dots 10,7$ см на відстані 20 см від ряду.

Тому в разі заглиблення лапа підріже коріння кукурудзи, знизивши її врожайність.

Заглиблення лапи при обволіканні бур'янами при міжрядному обробітку також негативно позначається на врожайності просапних культур. Б.А. Тютюнник [15], Сувора В.П. і В.Д. Онищенко відзначають, що дрібне розпушування, виконане тричі на глибину 5-6 см, повністю не знищує бур'яни,

їх кількість коливається в межах 1,5 ... 2,9 шт/м², залишаючи посіви кукурудзи засміченими. Крім того, внаслідок застосування обробітку на невеликій глибині відбулося зниження врожайності на 2,4 ц/га при двох розпушуваннях і на 3,4 ц/га при одному розпушуванні [18].

Вплив глибини і кількості міжрядних обробок на врожайність просапних культур відзначають П.І. Сусідко, В.С. Циков [19], А.І. Головка і С.М. Крамарьов [4], Марков М.П. та ін. [7, 9].

Виходячи з вищесказаного, обволікання лап культиватора бур'янами є істотним недоліком в їх роботі.

Таким чином, підводячи підсумки даного огляду, можна припустити, що причинами обволікання лапки бур'янів є:

- переклеювання лапи ґрунтом, що перешкоджає витісненню бур'янів;
- «перевантаження» лапи бур'янами через неправильно підбраного кута нахилу розхилу;
- підвищена сила тертя в міру переміщення бур'яну до кінця лапи;
- недостатня сила зміщення бур'янів уздовж леза;
- підвищення стійкості ґрунту при збільшенні швидкості роботи культиватора.

З огляду на великі площі просапних культур, усунення обволікання лап культиватора дасть значний економічний ефект. При цьому необхідно враховувати адаптацію параметрів лап культиватора [18, 19] до обробки ґрунту.

1.2. Конструкція поверхонь лап культиватора на основі спеціальних геометричних методів

Останнім часом, з розвитком спеціальних геометричних методів, були розроблені конструкції лап культиватора, поверхні яких відрізняються від гранованих.

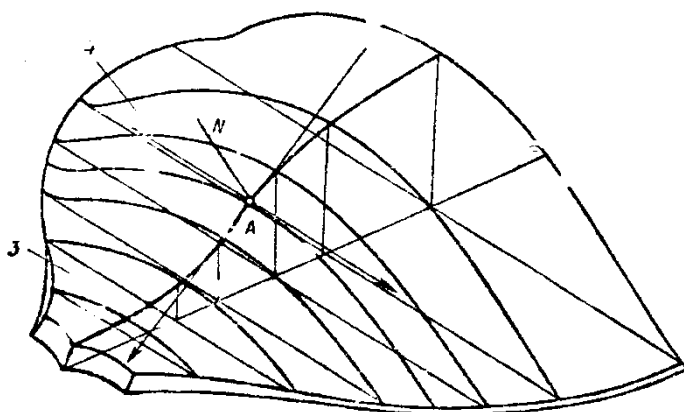


Рисунок 1.4 – Розпушувальна лапа складної форми по Б.І. Корабельському

З метою поліпшення якості розпушування ґрунту при одночасному дотриманні енергетичних потреб, А.С. Павлоцький, В.І. Ветохін, В.Н. Данченко під керівництвом Б.І. Корабельський [6] запропонував криволінійну стрілчасту лапу (рис. 1.4).

Ця лапа призначена для розпушування ґрунту в умовах мінімального кута різання і зниження (за рахунок збільшення втрат міжґрунтового зв'язку) руйнівно-місильної дії площинних деформаторів. Криволінійні форми мінімізують кількість пилоподібних фракцій, що позитивно позначається на факторі вимивання і вивітрювання родючих частинок. Ефективне розпушування криволінійних поверхонь сприяє поліпшенню накопичення вологи властивості ґрунту і процесів її аерації, що в цілому сприяє підвищенню її біологічної активності. В процесі експлуатації такої лапи зменшується зона пластичних деформацій, що забезпечує мінімальне ущільнення структурних агрегатів ґрунту. Незважаючи на ці позитивні характеристики, ця азіміна малоприсаєднана для боротьби з бур'янами, так як лезо азіміни має точку перегину, при якій будуть накопичуватися бур'яни.

Під керівництвом А.С. Кушнарєва [8, 13] було запропоновано ряд робочих органів для півдня України (рис. 1.5). Ці робочі органи забезпечують високоякісний обробіток ґрунту в степовій зоні України. Ці робочі органи мають перетин змінної кривизни, яке визначається на основі рішення контактної задачі теорії пружності. За рахунок поперечних перерізів змінної кривизни в ґрунті утворюються зони стиснення і розтягування, які забезпечують утворення структурних агрегатів, але змінна кривизна леза сприяє засмічення бур'янів.

Спеціальні методи проектування робочих органів обробки ґрунту передбачають використання певних геометричних елементів. Одним з таких елементів є використання трансцендентних ліній, і зокрема логарифмічної спіралі.

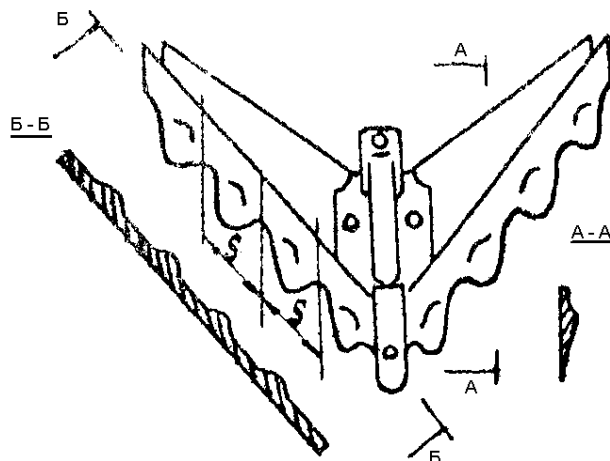


Рисунок 1.5 – Стоматологічний робочий орган по А.С. Кушнарєву для півдня України

Вперше логарифмічна спіраль була використана А.В. в конструкції стійки лапи розпушувача культиватора. Бауков і А.С. Кушнарьов [8]. У запропонованому способі проектування центр логарифмічної спіралі розташовується на денній поверхні поля. Основними параметрами в конструкції спіралі є кут внутрішнього тертя ґрунту ρ , глибина обробітку і h повний виліт лапи. Кут нахилу спіралі до горизонту приймається виходячи з нерівностей

$$\alpha \leq (45^\circ - \frac{\rho}{2}). \quad (1.17)$$

Рама поверхні ніжки культиватора утворена колами площини, які складають кут 2ρ з поточним радіусом-вектором спіралі.

Аналогічний метод проектування стійки плоскорезу пропонує А.Г. Веніков [27]. Величина вильоту спіралі задається формулою

$$r = a (tg\delta_n + \frac{e^{\delta_o tg\varphi} \cos\varphi_2}{e^{\delta_n tg\varphi} \cos\delta_n}), \quad (1.18)$$

a де - глибина обробки;

φ_2 - кут тертя ґрунту об ґрунт;

δ_n - початковий кут нахилу спіралі;

δ_o - формування кута спіралі.

Згідно з цим виразом, охоплення спіралі залежить від глибини обробки, а тяговий опір буде мінімальним. Тут слід зазначити, що наведена вище формула являє собою з'єднання параметрів спіралі, при порушенні яких спіраль припиняє своє існування.

А.А. Кувшинов, В.В. Гальцев та ін. [7] використовують логарифмічну спіраль для проектування вирізів дискових культиваторів. Однак у роботі не розглядається взаємодія зрізу з ґрунтом.

Значна частина досліджень присвячена формуванню поверхонь на основі вивчення норних органів тварин.

Е.Я. Авдотьєв у своїй роботі [1] наводить комплекс комплексних алгебраїчних поверхонь, що апроксимують поверхні норних органів різних тварин.

Л.Ф. Бабицький і А.В. Бауков пропонують проектувати робочі органи на основі зубчастих копальних тіл біологічних зразків. Так, при дослідженні зубів ведмежої ноги було встановлено, що зовнішня частина зуба апроксимована дугою кола, а внутрішня - логарифмічної спіраллю, причому ці центри збігаються.

$$z = -r_1 + \frac{2[4(r_1 + r_2)r_1 - v^2]r_1 - r_2}{u^2 + v^2 + 4(r_1 + r_2)^2}. \quad (1.21)$$

де u і v - параметри поверхні лапи.

Виключивши параметри u з v попередніх рівнянь, В.М. Яхненко отримує рівняння поверхні в координатній формі:

$$(x^2 + r^2 - r_1^2)(r_1 + 2r_2 - z) - y^2(r_1 + z) = 0. \quad (1.22)$$

Виходячи з наведених рівнянь, А.С. Кушнар'ов, А.В. Бауков, В.М. Найдиш [8] запропонував набір програм для обчислення координат поверхні на ЕОМ. Слід зазначити, що дана лапа не призначена для боротьби з бур'янами.

Поверхні, на основі яких спроектовані ці робочі органи, є нерозгорнутими. У той же час ряд авторів П.Н. Бурченко, А.Н. Іванов, В.Г. Кірюхін, Н.М. Орлов [15], В.М. Найдиш [94], Тищенко С.С. [122] експериментально встановили і теоретично обґрунтували переваги робочих органів з поверхнями, що розкладаються, перед нерозгортаючими, які впливають з диференціально-геометричних властивостей поверхонь, що розкладаються [9].

Технологічна якість розгортається поверхні полягає в тому, що шар, що прилягає до такої поверхні і копіює її форму, піддається додатковим деформуючим діям. Це підтверджується рядом кінематичних досліджень, виконаних автором дослідження, які наочно показують різницю в реологічному поведінці ґрунтового шару на площинних і вигнутих ніжках.

Незважаючи на те що розроблено і введено в експлуатацію значну кількість комбінованих машин з пасивними робочими органами і активними [9], резерви одиничних пасивних робочих органів далеко не вичерпані. Ці резерви, як вказує Л.Ф. Бабицький і А.Г. Вітвіцький [5] І.А. Шевченко [12], являє собою зміну геометрії робочого органу по відношенню до здійснення технологічного процесу.

РОЗДІЛ 2. АНАЛІТИЧНА МОДЕЛЬ ВЗАЄМОДІЇ ЛАП З БУР'ЯНАМИ

2.1. Модель руху бур'янів по ланцету культиватор лапа

При боротьбі з бур'янами культивацією потрібно враховувати два випадки.

Перший випадок полягає в тому, що глибина залягання кореневої системи бур'янів h_c менше, ніж глибина обробки h ($h_c < h$). При цьому коріння бур'янів втрачають контакт з ґрунтом, а частина коренів h рветься. При переміщенні ґрунтового шару частина коренів виноситься на поверхню. Втрата контакту коренів з ґрунтом і виведення їх на поверхню поля призводить до пригнічення їх життєдіяльності, і бур'яни гинуть.

Другий випадок характеризується тим, що глибина обробки h менше глибини залягання кореневої системи h_c ($h < h_c$). При цьому контакт леза лапи відбувається в три фази. У першій фазі бур'ян h_c потрапляє в зону розпушування, утворену провідної тріщиною. У другій фазі стебло бур'яну стикається з лезом, а в третій фазі бур'ян під дією ґрунтового потоку стикається з лопаткою лапи по всій довжині. Г.Н. Сінеков [15, 16], Ш.М. Григорян, Р.А. Сухудян [4] відзначають, що саме в цій фазі починається рух бур'яну по лезу.

У момент повного зіткнення бур'яну з лезом лапи під повним кутом покриття починається обрізка його коренів, яка може відбуватися як при ковзанні, так і при русі.

При переміщенні лапи культиватора в ґрунті перед нею за рахунок розпушування утворюється фронтальний потік зруйнованого ґрунту, що створює тиск

$$D = \rho v^2, \quad (2.1)$$

де ρ - щільність ґрунту, кг/м³;

v - швидкість пересування культиватора, м / с.

Так як зруйнований ґрунт збільшується в об'ємі, а лапа працює в режимі заблокованого різання, то витрата ґрунту, що біжить в лапу, збільшується на певну величину і буде дорівнює

$$v_1 = r_1 v, \quad (2.2)$$

де r_1 - коефіцієнт приросту об'ємної маси, $r_1 = 1, 01 \dots 1,35$ [103].

В результаті тиск лобового потоку ґрунту дорівнює

$$D_1 = \rho r_1^2 v^2. \quad (2.3)$$

При попаданні ґрунту в площину лапи швидкість течії v_1 розташовується під кутом ξ до лопаті лапи ОА, яка, згідно з дослідженнями Л.В. Гячова [5] дорівнює

$$\xi = 1,08 \gamma_0 \quad (2.4)$$

де γ_0 - половина кута розхилу лапи, град.

Розглянемо тепер потоки ґрунту і сили, що діють на бур'ян на лапу культиватора. Визначимо систему координат в просторі O_{xyz} так, щоб носок лапи знаходився на початку координат, а осі утворювали площину дна O_x борозни, як показано на малюнку 2.1. Бур'ян, розташований на лапі, позначається O_y точкою W, через яку проводимо нормаль до площини лапи N.

Завдяки тому, що вектор швидкості v_1 розташований в площині лапи під кутом ξ до леза, його можна розкласти на дві складові.

Складовою поздовжньої швидкості, з якою рухається ґрунтовий потік по відвалу, є

$$v_2 = v_1 \cdot \cos \xi = r_1 v \cos(1.08 \gamma_0). \quad (2.5)$$

Відповідно, друга складова, яку ми називаємо поперечною, дорівнює

$$v_3 = v_1 \cdot \sin \xi = r_1 v \sin(1.08 \gamma_0). \quad (2.6)$$

Складові швидкості v_2 і v_3 утворюють два потоки ґрунту. Поздовжній тиск потоку становить:

$$D_2 = \rho v_2^2 = \rho r_1^2 v^2 \cos^2 \xi. \quad (2.7)$$

Відповідно, перехресний тиск буде визначатися наступним чином:

$$D_3 = \rho v_3^2 = \rho r_1^2 v^2 \sin^2 \xi. \quad (2.8)$$

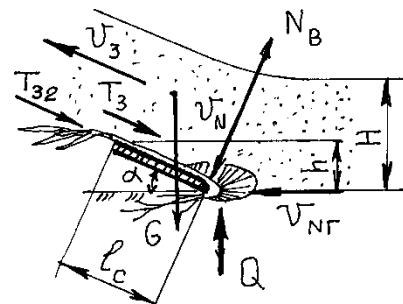
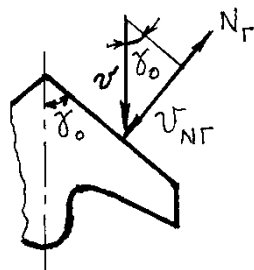
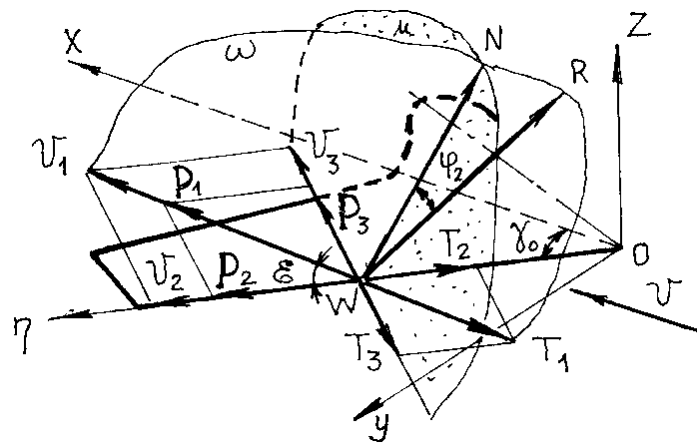


Рисунок 2.1 – Схема сил, що діють на бур'ян при зміщенні лапою культиватора

Розглянемо тепер сили, що викликаються потоками ґрунту, і діють на бур'ян за схемою малюнка 2.1. і.

В першу чергу на бур'ян впливає сила динамічного тиску від поздовжнього потоку, який витісняє бур'ян по лезу:

$$P_2 = D_2 S_T = \rho v_2^2 S_T = \rho r_1^2 v^2 S_T \cos^2 \xi, \quad (2.9)$$

S_T де - площа бур'яну, що потрапляє під поздовжній потік, м².

Площа S_T визначається наступним чином:

$$S_T = d_c \cdot \ell_c, \quad (2.10)$$

d_c де - середній діаметр бур'яну, м;

ℓ_c - довжина бур'яну на лапі культиватора, м.

Крім сили динамічного тиску на бур'ян, існує сила тертя, що перешкоджає його зміщенню. Ця сила обумовлюється динамічним тиском ґрунту, яке направлено по нормалі до площини лапи.

Щоб визначити нормальну складову сили динамічного тиску ґрунту, визначимо горизонтальну складову швидкості фронтального потоку, яка дорівнює малюнку 2,1, згідно з малюнком 2,1. В

$$v_{N\Gamma} = v \sin \gamma_0. \quad (2.11)$$

Після цього нормальну складову швидкості ґрунту можна визначити за такою формулою

$$v_N = v \sin \gamma_0 \sin \alpha, \quad (2.12)$$

α де - кут постановки лапи на дно борозни, град.

Нормальна складова тиску динамічного тиску ґрунту буде виглядати так:

$$D_N = \rho v_N^2 = \rho v_1^2 \sin^2 \gamma_0 \sin^2 \alpha, \quad (2.13)$$

А сила тертя, викликана динамічним тиском ґрунту, становить:

$$T_1 = D_N S_H f_2 = \rho f_2 S_H v_1^2 \sin^2 \gamma_0 \sin^2 \alpha, \quad (2.14)$$

де f_2 - коефіцієнт тертя бур'янів об лезо лапи;

S_H - площа бур'яну, що потрапляє під зустрічний потік, м².

Площа бур'яну, S_H по якому проходить ґрунтовий стік, дорівнює

$$S_H = i \cdot d_c \cdot h = i \cdot d_c \cdot \ell_c \sin \alpha, \quad (2.15)$$

де i - кількість бур'янів на лапі.

Сила тертя бур'яну об метал розташовується в площині, що T_1 проходить по нормалі до площини лапи N і вектору ω зустрічної швидкості. Відзначимо, що в цій же площині відбувається повна реакція R поверхні v_1 лапи, що відхиляється від нормальної N на кут тертя бур'янів об метал. Таким чином, силу тертя φ_2 можна розкласти на дві складові: поздовжню і поперечну. T_1

Поздовжня складова сили тертя, виходячи з (2,13), дорівнює

$$T_2 = T_1 \cos \xi = D_N S_H f_2 \cos \xi = \rho r_1^2 v^2 f_2 S_H \sin^2 \gamma_0 \sin^2 \alpha \cdot \cos \xi. \quad (2.16)$$

Поперечна складова сили тертя дорівнює

$$T_3 = T_1 \sin \xi = D_N S_H f_2 \sin \xi = \rho r_1^2 v^2 f_2 S_H \sin^2 \gamma_0 \sin^2 \alpha \cdot \sin \xi. \quad (2.17)$$

Розглянемо тепер вплив перехресного потоку ґрунту на бур'ян. Малюнок 2.1. в, де картина перетину представлена площиною μ , також проходить через нормаль до площини N (рис. 2.1. а). Згідно з цією картиною, бур'ян омивається поперечним потоком ґрунту, який проходить над ним зі швидкістю руху. При цьому на бур'ян v_3 впливає сила тяжіння обсягу ґрунту над бур'яном G і сила динамічного тиску P_3 .

Рухомий ґрунт захоплює бур'ян за рахунок сили тертя, і T_3 прагне змістити його в напрямку перехресного потоку. Але зміщення буде перешкоджати сила тертя від ваги ґрунту і ковзання бур'яну по металу. T_{32} При цьому на бур'ян діють такі сили:
- міцність на вагу

$$G = \gamma_1 \ell_c H \cdot d_c, \quad (2.18)$$

де ℓ_c - довжина бур'яну, м;

γ_1 - питома вага ґрунту, Н / м³;

H - глибина обробки, м;

- сила тертя бур'яну об ґрунт

$$T_3 = f_3 G = f_3 \gamma_1 \ell_c H \cdot d_c; \quad (2.19)$$

- сила тертя бур'яну об метал

$$T_{32} = f_2 G = f_2 \gamma_1 \ell_c H \cdot d_c, \quad (2.20)$$

де d_c - діаметр бур'яну, м.

Так як бур'ян прищипується лезом лапи і дном борозни, незалежно від коефіцієнта тертя бур'яну об ґрунт, буде домінувати f_3 поздовжня сила тертя T_2 , тому в подальшому будемо враховувати тільки силу тертя T_2 .

Під час роботи лап культиватора бур'яни, перебуваючи на лапі, переміщаються в серцевині ущільненого ґрунту (рис. 2.1. в), який формується перед лезом. Крім того, бур'ян затискають між лезом лапи і нижньою частиною борозни. Це защемлення і рух в ущільненому сердечнику можна позначити силою Q . Чисельне визначення цієї сили дуже складно, тому сила защемлення буде характеризуватися коефіцієнтом K , який має розмірність кг / с, а сама сила буде залежати в першу чергу від поздовжньої швидкості бур'янів

$$Q = K \cdot v_2. \quad (2.21)$$

Таким чином, на бур'ян впливає поздовжня сила P_2 , яка викликає його зміщення і сили защемлення Q і сили тертя T_2 , що перешкоджають зміщенню.

Розробляючи модель руху бур'яну, під дією зменшених сил ми виходимо з того, що маса бур'яну t зосереджена в області зіткнення з лезом, так як в цьому місці на бур'ян впливає сила защемлення Q , а перед ним знаходиться серцевина з ущільненого ґрунту.

Спираючись на формули (2,9), (2,16) і (2,21) і рекомендації П.М. Василенка [20], складемо перше диференціальне рівняння руху бур'янів по лезу лапи, в якому будемо враховувати силу прищипування бур'яну і тертя бур'яну об поверхню лапи:

$$m \frac{d^2 \eta}{dt^2} = P_2 - T_2 - K v_2. \quad (2.22)$$

де m - маса бур'янів на лезі лапи, кг.

Тут при складанні рівняння ми взяли вісь, O_η яка збігається з лезом лапи культиватора.

Підставляючи в (2,22) значення P_2 сил, T_2 і коефіцієнт защемлення K , приходимо до детального диференціального рівняння руху бур'янів

$$m \frac{d^2 \eta}{dt^2} = \rho r_1^2 v_2^2 S_T - \rho r_1^2 v^2 f_2 S_H \sin^2 \gamma_o \sin^2 \alpha \cos \xi - K v_2. \quad (2.23)$$

Маючи на увазі, що

$$\frac{d^2 \eta}{dt^2} = \frac{dv_2}{d\eta} \cdot \frac{d\eta}{dt} = \frac{dv_2}{d\eta} \cdot v_2, \quad (2.24)$$

Маємо наступне рівняння

$$m \frac{dv_2}{d\eta} v_2 = \rho r_1^2 v_2^2 S_T \cdot \cos^2 \xi - \rho r_1^2 v^2 f_2 \sin^2 \gamma_o \sin^2 \alpha \cos^2 \xi - K v_2. \quad (2.25)$$

Вказати

$$A = \rho r_1^2 S_T \cdot \cos^2 \xi, \quad (2.26)$$

$$T_2 = \rho r_1^2 v^2 f_2 S_H \sin^2 \gamma_o \sin^2 \alpha \cos \xi, \quad (2.27)$$

Отримуємо диференціальне рівняння в компактному вигляді

$$m \frac{dv_2}{d\eta} = A v_2^2 - K v_2 - T_2. \quad (2.28)$$

Відокремлюючи змінні, отримуємо наступний вираз щодо довжини руху бур'яну по лезу

$$d\eta = \frac{m v_2}{A v_2^2 - K v_2 - T_2} dv_2. \quad (2.29)$$

Інтегруючи праву і ліву частини, приходимо до рівняння координати руху бур'яну по лопаті лапи від поздовжньої швидкості

$$\eta = \frac{m}{2A} \ell_n |A v_2^2 - K v_2 - T_2| + \frac{mK}{AB} \arctg \frac{2A v_2 - K}{B} + C, \quad (2.30)$$

Постійна інтеграція C виявляється з початкових умов $\eta = 0$, $v_2 = v \cos \gamma_o$ яким відповідає бур'ян на початку лопатки:

$$C = \frac{m}{2A} \ell_n |A v_{20}^2 - K v_{20} - T_2| - \frac{mK}{AB} \arctg \frac{2A v_{20} - K}{B}, \quad (2.31)$$

де $B = \sqrt{4AT_2 - K^2}$;

v_{20} - початкова швидкість руху бур'яну по лезу після повного контакту,
 $v_{20} = v \cdot \cos \gamma_o$.

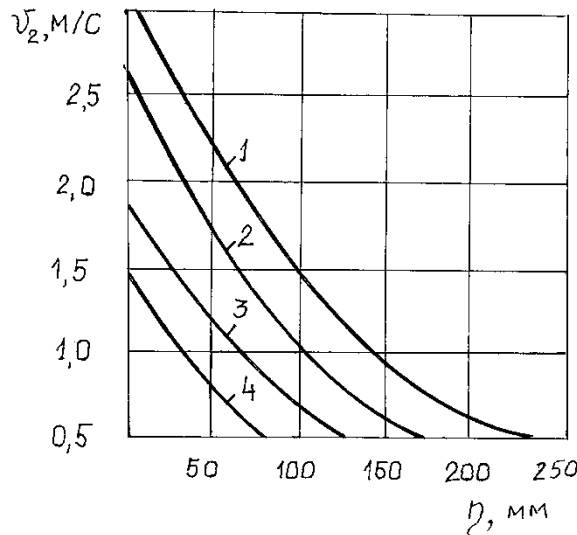


Рисунок 2.2 – Залежність швидкості руху бур'яну від руху по лезу з початковою швидкістю:

- 1 - $v_{20} = 3$ м/с;
- 2 - $v_{20} = 2,59$ м/с;
- 3 - $v_{20} = 1,82$ м/с;
- 4 - $v_{20} = 1,5$ м/с.

На малюнку 2.2 наведені графіки залежності швидкості руху бур'яну від леза при наступних значеннях: маса бур'янів на лапі, $m = m_c \cdot S_l = 0,97 \cdot 0,05 = 0,049$ де - m_c маса бур'янів на m^2 , - площа, захоплена лапою S_l $S_l = \frac{b^2}{\sin \gamma_o}$; прийнята щільність ґрунту $\rho = 1400$ кг/м³; коефіцієнт розпушування $= 1,1$; площа бур'яну $= 0,0015$ м² r_1 ; половина кута нахилу розхилу $= 30^\circ$; кут S_T кришення $= 28^\circ$; кут введення ґрунтового потоку на лапу $\gamma_o = 31,08^\circ$; коефіцієнт тертя бур'яну об метал після повного контакту з лапою з урахуванням кута покриття ξ $f_2 = 0,73$; коефіцієнт защемлення $K = 0,95$.

Як видно з малюнка, швидкість руху бур'янів уздовж лапи різко падає, і $\eta = \frac{b}{\sin \gamma_o} = \frac{165}{0,5} = 330$ тільки бур'ян з початковою швидкістю м / с може досягти кінця лапи $v_{20} = 3$ мм . З огляду на, що при швидкості міжрядної обробки м / с $v = 2$, звідки м / с, $v_{20} = v \cdot \cos \gamma_o = 2 \cdot 0,87 = 1,74$ бур'ян буде долати відстань в 120 мм і висіти.

Розглянемо тепер сили, що діють на бур'ян, з урахуванням зони застою. У цьому випадку (перетин 2.3) поздовжня швидкість задається формулою

$$v_2 = -\frac{v \cos \gamma_o \sin \gamma_o}{b} \eta + v \cos \gamma_o. \quad (2.32)$$

Сила динамічного напору в цьому випадку дорівнює:

$$P_2 = \rho S_T \left(-\frac{v \cos \gamma_o \sin \gamma_o}{b} \eta + v \cos \gamma_o \right)^2. \quad (2.33)$$

сила защемлення

$$Q = K \left(-\frac{v \cos \gamma_o \sin \gamma_o}{b} \eta + v \cos \gamma_o \right) \quad (2.34)$$

Сила тертя T постійна і задається (2, 16).

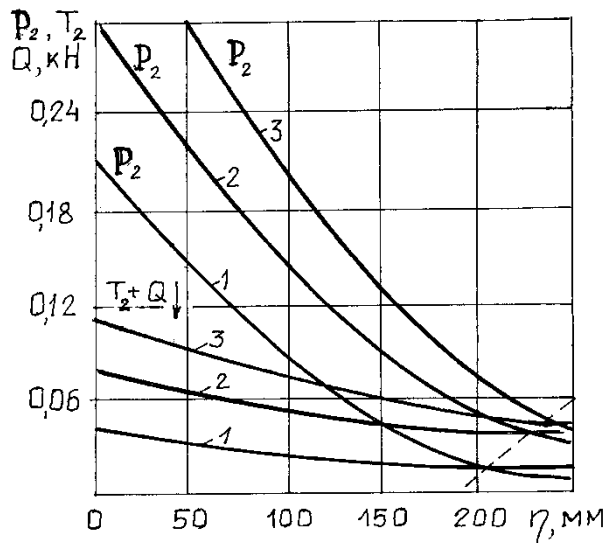


Рисунок 2.3 – Сили, що діють на бур'ян з урахуванням зони застою ґрунту:

- 1 – $v = 1,8$ м/с;
- 2 – $v = 2,2$ м/с;
- 3 – $v = 3,02$ м/с

На малюнку 2.3 показані залежності сил P_2 , і $Q T_2$ у функції переміщення бур'яну по лезу лапи і швидкості руху культиватора.

Розрахунки сил, , , і $P_2 Q T_2$ виконуються при діючих значеннях: половина кута розхилу лапи $\gamma_o = 30^\circ$; швидкість культиватора = 1,8; 2,2; v 3,02 м/с; ширина напівзахоплення = 135 мм = b 0,135 м; коефіцієнт тертя бур'янів об метал = f_2 0,73; площа бур'яну, що потрапляє під поздовжній стік ґрунту $S_T = 0,0015$ м².

Як видно з малюнка 2.3, перетин графіків дає рівність сил, при якому $P_2(\eta)$ зупиняється рух бур'яну по лезу ноги культиватора. Так, для швидкості роботи культиватора = $(T_2 + Q)(\eta)$ 1,8 м / с = 0,21 м, для швидкості = v 3,02 м / с $\eta_{\max} = 0,225$ м. Так, наявність v зони застою призводить до рівності сил, що діють на бур'ян в поздовжньому напрямку, що призводить до зависання бур'янів на лапах культиватора. $\eta_{\max}$

Розглянемо тепер процес зрізання коренів бур'янів лезом з урахуванням сил, що діють на бур'ян.

Для цього розглянемо дію сил в горизонтальній площині (рис. 2.1).

Бур'ян потрапляє в лезо W лапи ланцета і переміщається під дією сили AB поздовжнього тиску ґрунтового потоку. Якщо виконується умова $P_2 >$, P_2 де - T_{21} узагальнена сила тертя з урахуванням T_{21} сили защемлення, то буде спостерігатися ковзання держака. Кут ковзання визначається наступним чином: χ

$$\operatorname{tg} \chi = \frac{P_2 - |T_{21}|}{D_N}, \quad (2.35)$$

де D_N - сила динамічної головки, що діє по нормалі до леза AB .

На $> P_2$ дотримується T_{21} χ умова $>$, т. $E \varphi_2$. Зрізання коренів бур'янів відбувається з ковзанням. Однак сила динамічного напору P_2 залежить від тангенціальної швидкості течії ґрунту, v_2 яка виражається рівнянням

$$v_2 = v \cos \gamma_o \left(1 - \frac{\eta \sin \gamma_o}{b}\right). \quad (2.36)$$

Завдяки наявності зони застою в точці в c $\eta_c = \frac{0,15b}{\sin \gamma_o}$ дотичному потоці сила потоку стає дорівнює P_2 узагальненій силі тертя, яка зупиняє рух бур'яну по лопатці лапи. З цього моменту $P_2 = T_{21}$ ковзний держак перетворюється в зміщення держака. При цьому кут ковзання χ стає рівним куту тертя бур'яну по лезу лапи і $\chi = \varphi_2$ бур'ян, залишаючись на лопаті лапи, рухається в напрямку абсолютної швидкості v_a , яка збігається за напрямком з повною реакцією леза. Різкий перехід від ковзного держака до різання зі зміщенням R обумовлений різними факторами: такими як затуплення леза, злипання леза з ґрунтом призводить до підвищування бур'янів на лезі лапи в тому випадку, коли вони не зрізані лезом. Точку переходу різання з ковзанням до різання зі зміщенням легко визначити за графіками рис. 2.3.

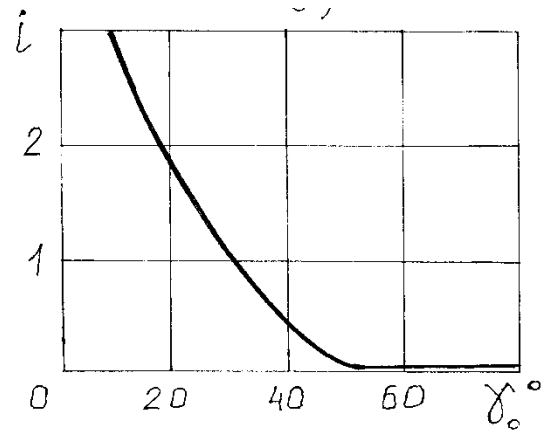
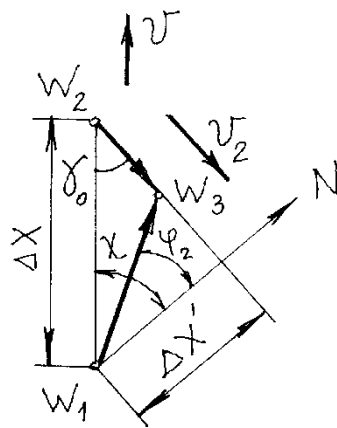
Узагальненою характеристикою ковзання є коефіцієнт ковзання, i який дорівнює відношенню шляху, пройденого бур'яном по лезу, $W_2 W_3$ до шляху, пройденого бур'яном в напрямку повної реакції леза. $W_1 W_3$ 2.4. а).

Виходячи з малюнка 2.8. А і теореми синусів, маємо

$$\frac{W_1 W_2}{\sin(180^\circ - \chi - \gamma_o)} = \frac{W_2 W_3}{\sin(\chi - \varphi_2)} = \frac{W_1 W_3}{\sin \gamma_o}, \quad (2.37)$$

$W_1 W_2$ де - шлях, пройдений лапою за одиницю часу Δt :

$$W_1 W_2 = v \cdot \Delta t = \Delta x$$



А б

Рисунок 2.4 – Схема визначення коефіцієнта прокльовування бур'янів від леза лапи (а), і її залежність від кута нахилу крила лапи (б)

Взявши $\Delta t = 1$, після перетворення маємо:

$$\frac{W_2 W_3}{W_1 W_3} = \frac{\sin(\chi - \varphi_2)}{\sin \gamma_0}. \quad (2.38)$$

Висловимо кут ковзання χ через сили, що діють на бур'ян. Для цього, спрощуючи, запишіть

$$\cos \chi = \frac{D_N}{D} = \frac{s \rho v^2 \sin^2 \gamma_0}{s \rho v^2} = \sin^2 \gamma_0. \quad (2.39)$$

Підставляючи отримане значення $\cos \chi$ в (2,61), маємо:

$$i = \frac{\sin(\arccos \sin^2 \gamma_0 - \varphi_2)}{\sin \gamma_0}. \quad (2.40)$$

Як видно з отриманого виразу, коефіцієнт ковзання не залежить від швидкості роботи культиватора, а залежить від кута тертя в бур'яну об метал і половини кута нахилу φ_2 розхилу γ_0 .

Давайте дізнаємося, на яких значеннях γ_0 зупиняється ковзна різання. В даному випадку $i = 0$, таким чином, необхідно прирівняти чисельник (2, 40) до нуля

$$\sin(\arccos \sin^2 \gamma_0 - \varphi_2) = 0. \quad (2.41)$$

З отриманого виразу напишіть

$$\arccos \sin^2 \gamma_0 = \varphi_2. \quad (2.42)$$

Оскільки кут тертя коренів бур'янів об метал в середньому $\varphi_2 = 43^\circ$ або $27'$, то то

$$\gamma_0 = \arcsin \sqrt{\cos \varphi_2} = \arcsin \sqrt{0,73} = 57^\circ.$$

Насправді кут γ_o слід брати менше через наявність сили защемлення бур'яну між лапою і нижньою частиною борозни.

Підводячи підсумок, слід зазначити, що при певних умовах ковзний держак з рухом перетворюється в зрізання, що призводить до обволікання лап бур'янами на кінцях крил.

Розглянемо тепер розрахунок коефіцієнта ковзання через дію нормальної сили і сили динамічного напору. Для цього запишіть співвідношення (2,38) через сили тангенціальної і нормальної головки по відношенню до леза. Тоді коефіцієнт (2,38) складе

$$\frac{W_1 W_2}{W_1 W_3} = \frac{\rho^2 v_2^2 S_T}{\frac{\rho^2 v^2 \sin^2 \gamma_o}{\cos \varphi_2} \cdot S_T}. \quad (2.43)$$

Звідки коефіцієнт ковзання з урахуванням падіння поздовжньої швидкості течії ґрунту дорівнює

$$i = \frac{v_2^2(\eta) \cos^2 \varphi_2}{v^2 \sin^2 \gamma_o}. \quad (2.44)$$

На рисунку 2.5 наведені графіки залежності коефіцієнта ковзання від довжини крила ноги культиватора різної конфігурації.

Як видно з малюнка, коефіцієнт ковзання i ($i = 1,5$) на початку крила лапи не залежить від швидкості руху культиватора. Однак падіння поздовжньої швидкості ґрунту призводить до того, що на відстані близько 0,9 довжини від носка лапи коефіцієнт ковзання по лезу стандартної лапи наближається до нуля. У цей момент бур'ян висить. Звисання бур'яну змушує ґрунт прилипати до леза лапи, що в подальшому буде сприяти звисання бур'янів і прилипання лапи до ґрунту.

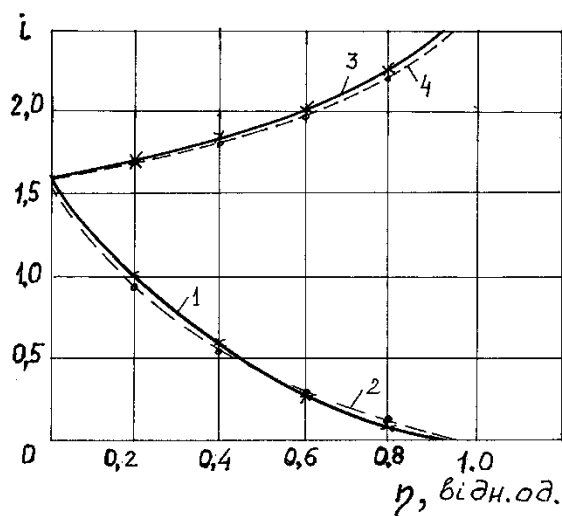


Рисунок 2.5 – Залежність коефіцієнта ковзання від відносної довжини лопатки лапи.

Стандартні катети: 1 – $v = 1$ м/с;

2 – $v = 3$ м/с.

Лапи з загнутим лезом:

3 – $v = 1$ м/с;

4 – $v = 3$ м/с.

де - φ кут між радіус-вектором і віссю O;

θ - кут між дотичною і радіус-вектором.

Переходячи до дотичних, отримуємо

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \theta}{1 + \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \theta}. \quad (2.47)$$

Позначивши γ , $\operatorname{tg} \gamma = \frac{dy}{dx}$ а $\operatorname{tg} \varphi = \frac{y}{x}$, приходимо до диференціального рівняння профілю лопатки лапи

$$\frac{dy}{dx} = \frac{y - wx}{x + wy}, \quad (2.48)$$

де $w = \operatorname{tg} \theta$.

Рішення отриманого рівняння і буде виразом

$$\sqrt{x^2 + y^2} = C \cdot e^{-\frac{1}{w} \operatorname{arctg} \frac{y}{x}}, \quad (2.49)$$

де C - константа інтегрування.

Рівняння (2,49) - це не що інше, як рівняння логарифмічної спіралі, записане в декартовій системі координат. В даному випадку w константою інтегрування є початковий радіус-вектор r_0 .

Вибір логарифмічної спіралі обумовлений геометричним фактором її утворення. Якщо криві другого порядку, які технологічно більш кращі для функції ріжучої кромки (коло, еліпс, парабола а, d іпербола), ніж пряма, яка використовується на стрілчастих лапках, то логарифмічна спіраль, на відміну від деякої сталості зміни кривизни над названими кривими другого порядку, має геометричну властивість зменшення радіуса кривизни до кінця кривої.у ріжучого краю, що сприяє раціональному зближенню коренів від лапи і підсилює її ріжучий ефект.

У полярній системі координат рівняння логарифмічної спіралі має вигляд

$$r = r_0 e^{\varphi \operatorname{ctg} \theta}. \quad (2.50)$$

Як видно з рівняння, логарифмічна спіраль визначається двома параметрами: початковим радіусом-вектором і кутом θ між дотичною і радіус-вектором. Цей параметр є найважливішою характеристикою [11], тому для вказівки логарифмічної спіралі необхідно спочатку встановити кут θ .

Розглянемо граничні випадки для значень кута θ . Першим з таких випадків є випадок, коли $\theta = 0^\circ$ Тоді $\operatorname{ctg} \theta = \infty$ і спіраль вироджується в прямолінійний пучок, що виходить з полярного центру, тому що $r = r_0 e^\infty$ при

будь-яких значеннях полярного кута φ . Другий граничний випадок спостерігається при $\theta = 90^\circ$. У цьому випадку $\operatorname{ctg} 90^\circ = 0$ і логарифмічна спіраль перетворюється в коло, тому що $r = r_0 e^{0\varphi} = r_0 \cdot 1$ при будь-яких значеннях полярного кута φ .

Тому кут в θ першу чергу повинен знаходитися в межах $0 < \theta < 90^\circ$.

Для більш точного визначення зміни значень кутів θ розглянемо систему сил, що діють на бур'ян, що рухається по логарифмічній спіралі (рис. 2.6). Виходячи з малюнка, запишемо рівняння рівноваги в проекціях на вісь O_x і O_y для i -го значення полярного кута φ :

$$\begin{aligned} \sum x &= D_2 \cos(\varphi - \theta) - N \cos(90^\circ - \varphi + \theta) - f_2 N \cos(\varphi - \theta) = 0; \\ \sum y &= D_2 \sin(\varphi - \theta) - N \sin(90^\circ - \varphi + \theta) - f_2 N \sin(\varphi - \theta) = 0 \end{aligned} \quad (2.51)$$

Висловимося з першого значення нормальної реакції

$$N = \frac{D_2 \cos(\varphi - \theta)}{\sin(\varphi + \theta) + f_1 \cos(\varphi + \theta)}. \quad (2.52)$$

Підставляючи отриманий вираз на N друге і проводячи перетворення, отримуємо

$$\operatorname{tg}(\varphi - \theta) = \frac{1 - f_2}{\sin(\varphi + \theta) + f_2 \cos(\varphi - \theta)}, \quad (2.53)$$

де f_2 - коефіцієнт тертя бур'янів об метал.

Отриманий вираз є функцією двох незалежних змінних: полярного кута φ кута θ між вектором радіуса струму і r дотичною.

Давайте розглянемо можливі значення, які кути θ можуть приймати. Ці значення залежать від положення дотичної до спіралі. У крайньому положенні, тобто в кінці траєкторії бур'яну, дотична θ паралельна осі, яка збігається з напрямком руху. При цьому полярний кут дорівнює O_x куту φ , а їх різниця дорівнює нулю. Отже, θ вираз (2.9) має вигляд: $\varphi - \theta = 0$

$$0 = \frac{1 - f_2}{\sin 2\theta + f_2}.$$

Оскільки знаменник не дорівнює нулю, то, виходячи з рівності чисельника нулю,

$$0 = 1 - f_2,$$

Мати

$$f_2 = 1.$$

У зв'язку з тим, що коефіцієнт тертя є f_2 тангенсом кута тертя, φ_2 маємо граничне значення кута θ , 45° рівне, яке близьке до отриманого значення $\theta = 45^\circ = 43\varphi_2^\circ 27'$.

Коли кут $\varphi = 0$ між дотичною і радіус-вектором дорівнює початковому куту установки відвалу в плані $\theta = \gamma_o$, який береться виходячи з руху бур'янів і $\theta < (90^\circ - \varphi_1)$ має значення на $2\gamma_o = 75 \div 80^\circ$ піщаних ґрунтах і на $2\gamma_o = 55 \div 60^\circ$ чорноземах [8].

Дослідження кута тертя бур'яну об метал з урахуванням охоплення лопатки лапи в початковий момент руху дають значення $\varphi_2 = 41^\circ 30' \div 44^\circ 40'$.

Виходячи з цього, кут θ між дотичною і радіусом-вектором повинен знаходитися в межах $\theta = 26^\circ 30' \div 44^\circ 40'$, що забезпечить переміщення ґрунту по лапі і спуск бур'янів від кінця леза.

Розглянемо тепер сили, що діють на бур'ян при русі по вигнутому лезу. Для цього за формулами (2,16), (2,33) і (2,34) розрахуємо динамічну силу тиску, що діє на P_2 бур'ян, силу защемлення Q і силу тертя T_2 в залежності від руху по лезу лапи. Результати розрахунків представлені на графіках на рис. 2.7.

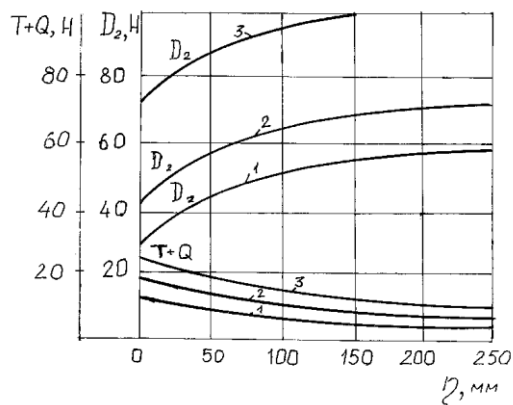


Рисунок 2.7 – Сили, що діють на бур'ян при русі по вигнутому лезу:

- 1 – $v = 1,8$ м/с;
- 2 – $v = 2,2$ м/с;
- 3 – $v = 3,02$ м/с.

Як видно з малюнка, точки перетину графіків немає. $P_2(\eta)$ Це пов'язано зі зменшенням кута при русі від носка до кінця лапи, що $Q + T_2(\eta)$ викликає збільшення сили динамічної голови. γ_i Характерною особливістю графіків є те, що сумарна сила опору руху бур'яну (P_2) зменшується ближче до кінця крила лапи через зменшення $Q + T_2$ сили тертя через зменшення тиску лобового потоку ґрунту. T_2

РОЗДІЛ 3. ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОЇ ПОВЕРХНІ НОГИ УЛЬКУЛЬТАТОРА З ВИГНУТИМ ЛЕЗОМ

3.1. Обґрунтування параметрів і алгоритму проектування універсального культиватора з вигнутим лезом

3.1.1. Обґрунтування параметрів універсальної поверхні ноги культиватора з вигнутим лезом

Основними вихідними параметрами в конструкції поверхні ноги універсального культиватора з вигнутим лезом є: $2\gamma_0$ - початковий кут рішення лапи; γ_k - кінцевий кут розхилу лапи; $2b$ - ширина захвату; θ - кут між дотичною і радіус-вектором, які беруться виходячи з наступних вимог.

Початковий кут розхилу лапи $2\gamma_0$ береться за формулою (3,1) і (3,2) і знаходиться в діапазоні $\gamma_0 < 37^\circ \text{ до } 20^\circ / -40^\circ \text{ до } 29^\circ$. Зазначені межі кута забезпечують спуск бур'янів в носок лапи. γ_0

Кінцевий кут рішення γ_k береться в межах $\gamma_k = 0 \dots 5^\circ$.

Робоча ширина $2b$ приймається рівною 250, 270, 300 мм. Цей параметр повинен збігатися зі стандартною робочою шириною наявних лап, так як розміщення робочих органів на мотокультиваторах всіх марок ґрунтується на цих габаритах.

Кут між радіус-вектором і дотичною θ слід приймати в межах $\theta = 26^\circ 30' \dots 44^\circ 40'$ (перетин 2.5), тобто між кутом тертя ґрунту об сталь і максимальним кутом тертя бур'янів об метал.

3.1.2. Конструювання леза в якості прямої вигнутої поверхні лапи

У даній роботі розглянуто всього два способи конструювання леза лапи: на основі многочленів і логарифмічної спіралі.

Конструкція клинка на основі логарифмічної спіралі виконується в такій послідовності.

1. Визначте декартову систему координат $OxOy$ так, щоб вісь Ox була протилежна ходу лапи, тоді вісь Oy буде перпендикулярною.

2. Виберіть розташування полярного центру спіралі.

2.1. Варіант I. Симетричне розташування полярного центру. Використання цього варіанту обумовлено рівністю початкового кута рішення і кута γ_0 між радіус-вектором і дотичною $\theta = \gamma_0$.

2.1.1. Беремо, виходячи із зазначених меж, ширину напівзахоплення b , початковий кут розхилу лапи, кут між радіус-вектором і тангенсом, кінцевий кут розхилу $\gamma_o, \theta, \gamma_k$

2.1.2. За формулою (3.1) визначаємо кінцевий полярний кут повороту радіус-вектора

$$\varphi_k = \theta - \gamma_k. \quad (3.1)$$

2.1.3. Через ширину напівзахоплення лапи b за формулою (3.1) визначаємо значення вектора початкового радіуса

$$r_o = \frac{b}{\sin \varphi_k}. \quad (3.2)$$

2.1.4. Виразом (3.40) визначаємо координату x_{oid} полярного центру спіралі, маючи на увазі, що $y_c = 0$

$$x_c = r_o e^{\varphi_k \operatorname{ctg} \theta}. \quad (3.3)$$

2.2. Варіант II. Зовнішнє розташування центру спіралі. Цей параметр використовується, коли кут між вектором радіуса і дотичною становить приблизно 45° , $\theta \approx 45^\circ$, $\gamma_o \approx \theta$

2.2.1. Виходячи з цих меж, беремо ширину напівзахоплення лапи b , початковий і кінцевий кут рішення i , кут γ_o між вектором радіуса і дотичною. γ_k, θ

2.2.2. Визначити за формулою (3.48) кут відхилення початкового вектора радіуса r_o від осі OP

$$\mu = \operatorname{arctg}\left(\frac{\operatorname{tg} \gamma_o - \operatorname{ctg} \theta}{\operatorname{ctg} \theta \operatorname{tg} \gamma_o + 1}\right). \quad (3.4)$$

2.2.3. Кінцевий полярний кут повороту радіуса-вектора φ_k визначається виразом (3,2)

$$\varphi_k = 90^\circ - \mu - \gamma_k - \theta. \quad (3.5)$$

2.2.4. З огляду на значення половинної ширини робочої b за формулою (3.3), визначаємо значення вектора початкового радіуса

$$r_o = \frac{b}{e^{\varphi_k \operatorname{ctg} \theta} \cos(\varphi_k - \mu) - \cos \mu}. \quad (3.6)$$

2.2.5. За допомогою формул (3.1) і (3.2) обчислимо декартові координати полярного центру спіралі

$$x_c = -r_o \sin \mu; \quad (3.7)$$

$$y_c = -r_o \cos \mu. \quad (3.8)$$

2.3. Варіант III. Внутрішнє розташування полярного центру спіралі може бути застосовано, коли кут між дотичною і радіус-вектором менше початкового кута розхилу, $\theta < \gamma_0$.

2.3.1. Приймемо значення параметрів b , γ_0 , γ_K і θ .

2.3.2. За формулою (3.5) визначаємо кут відхилення початкового вектора радіуса від осі Oh

$$\mu = \arctg\left(\frac{\operatorname{ctg}\theta \operatorname{tg}\gamma_K - 1}{\operatorname{tg}\gamma_K + \operatorname{ctg}\theta}\right). \quad (3.9)$$

2.3.3. Кінцевий полярний кут повороту вектора радіуса визначається рівнянням (3,7):

$$\varphi_K = \gamma_0 - \gamma_K. \quad (3.10)$$

2.3.4. З огляду на значення половинної ширини захоплення b з рівняння (3.8), обчислимо значення вектора початкового радіуса

$$r_0 = \frac{b}{e^{\varphi_K \operatorname{ctg}\theta} \sin(\varphi_K - \mu) - \sin \mu}. \quad (3.11)$$

2.3.5. Координати полярного центру спіралі визначаються за формулами (3.9) і (3.10):

$$x_c = r_0 e^{\varphi_K \operatorname{ctg}\theta} \cos(\varphi_K - \mu), \quad (3.12)$$

$$y_c = r_0 e^{\varphi_K \operatorname{ctg}\theta} \sin(\varphi_K - \mu). \quad (3.13)$$

2.4. Будуємо направляючу криву, яка одночасно є лезом лапи.

2.4.1. У разі постановки леза лапи многочленом $P(x)$ відрізок координат $[x_1, x_K]$ ділять на n частин, визначаючи приріст параметра $x_1 = 0$

$$h = \frac{x_K}{n}, \text{ за адресою } x_1 \neq 0 \quad h = \frac{x_K - x_1}{n}. \quad (3.14)$$

2.4.2. Обчислити координати значення кривої за формулою

$$y_i = P(x_i), \quad (3.15)$$

Де. $x_i = x_{i-1} + h$ $x_1 = 0$

2.4.3. Сформувати масив значень точок кривої A_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) у вигляді матриці розміром $2 \times n$, перший рядок якої представляє значення координати x_i , а друга - значення y_i

$$A = \begin{vmatrix} x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_K \\ y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_K \end{vmatrix}. \quad (3.16)$$

2.4.4. При проектуванні напрямної по логарифмічній спіралі визначаємо приріст незалежного параметра, який є полярним кутом повороту радіус-вектора

$$\Delta\varphi = \frac{\varphi_K}{n}, \quad (3.17)$$

де n - кількість точок, в яких обчислюються значення вектора радіуса струму.
 φ_i

2.4.5. Обчислити декартові координати кривої за формулами:

Варіант I:

$$x_i = x_c - r_o e^{\varphi_i \text{ctg} \theta} \cos(\varphi_K - \varphi_i); \quad (3.18)$$

$$y_i = r_o e^{\varphi_i \text{ctg} \theta} \sin(\varphi_K - \varphi_i). \quad (3.18)$$

Варіант II:

$$x_i = -x_c + r_o e^{\varphi_i \text{ctg} \theta} \sin(\varphi_i - \mu); \quad (3.20)$$

$$y_i = -y_c + r_o e^{\varphi_i \text{ctg} \theta} \cos(\varphi_i - \mu). \quad (3.21)$$

Варіант III:

$$x_i = x_c - r_o e^{\varphi_i \text{ctg} \theta} \cos(\varphi_i - \mu); \quad (3.22)$$

$$y_i = y_c - r_o e^{\varphi_i \text{ctg} \theta} \sin(\varphi_i - \mu), \quad (3.23)$$

де $\varphi_i = \varphi_{i-1} + \Delta\varphi$, $\varphi_1 = 0$.

2.4.6. Сформувати масив значень точок кривої A_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) у вигляді *матриці* $3 \times n$, в якому перший рядок - значення незалежної змінної, друга - значення φ_1 х і координати, а третя - координата у.

$$A = \begin{vmatrix} \varphi_1 & \varphi_2 & \varphi_3 & \dots & \varphi_n \\ x_1 & x_2 & x_3 & \dots & x_n \\ y_1 & y_2 & y_3 & \dots & y_n \end{vmatrix}. \quad (3.24)$$

2.4.7. Побудуємо систему координат O_{huz} як показано на малюнку 3.1. На підставі результатів розрахунків, які розміщені в матриці A , побудуємо ліву і праву гілки направляючої кривої $m(x, y)$.

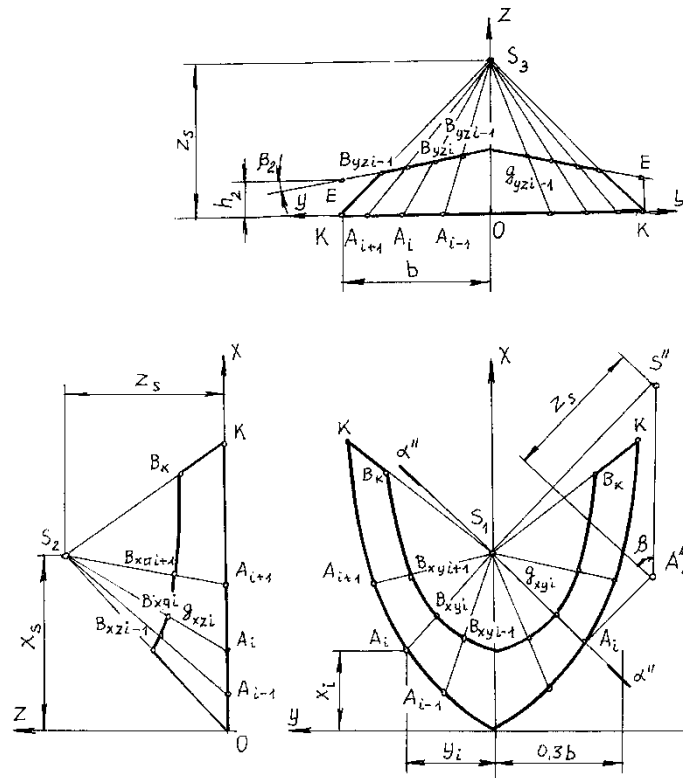


Рисунок 3.1 – Формування рами формуючої і робочої поверхні ноги універсального культиватора з вигнутим лезом

3.1.3. Побудова поверхні та ділянок опори культиватора

Побудова поверхні ноги універсального культиватора полягає в установці каркаса формує g і i ($i = 0, 1, 2, \dots, n$), що проходить через вершину і точку падіння з кривою $S(x_s, y_s, z_s)$ та $A_i(x_i, y_i)$ (x, y).

1. Задайте координати вершини поверхні S . Координата $y_s = 0$, так як вершина поверхні розташована в площині симетрії.

x_s Координата вибирається в межах $x_s = (0,55 \dots 1) \ell$, де

$$\ell = \frac{b \left[e^{\varphi_k \operatorname{ctg} \theta} \cos(\varphi_k - \mu) - \cos \mu \right]}{e^{\varphi_k \operatorname{ctg} \theta} \sin(\varphi_k - \mu) - \sin \mu}. \quad (3.25)$$

По ширині захоплення ($oci Ou$) визначимо точку A_i з координатою $y_i \approx 0,3b$ і задовольняє нерівності $y_{i+1} y_i \ll y_{i-1}$. Координата z_s визначається наступним чином

$$z_s = \operatorname{tg} \beta \sqrt{y_i^2 + (x_s - x_i)^2}, \quad (3.26)$$

де β - кут нахилу формує I до горизонтальної площини і приймається в межах $\beta = 20 \dots 30^\circ$.

2. Кожна проекція i -го формування задається двома параметрами: кутовим коефіцієнтом r_i і вільним членом b_i , які впливають із загального рівняння прямої на площині

$$y = r x + b. \quad (3.27)$$

Відповідно до (3.17), (3.18) і (3.19) розраховуємо коефіцієнти r , b як зазначено нижче.

На горизонтальній площині проекції Oxy

$$r_{xyi} = \frac{y_i}{x_i - x_s}, \quad (3.28)$$

$$b_{xyi} = \frac{y_i x_s}{x_i - x_s}. \quad (3.29)$$

На фронтальній площині проекції Ouz

$$r_{yzi} = \frac{-z_s}{y_i}, \quad (3.30)$$

$$b_{yzi} = z_s. \quad (3.31)$$

На площині профілю проекції Ohz

$$r_{xzi} = \frac{-z_s}{x_i - x_s}, \quad (3.32)$$

$$b_{xzi} = -z_s \left(\frac{x_s}{x_i - x_s} + 1 \right). \quad (3.33)$$

3. За отриманими розрахунками формуємо масиви у вигляді матриць розміром $2 \times n$. Визначення положення i -ї форми на площинах проекції:

На горизонтальній площині проекцій Oxy :

$$g_{xy} = \begin{vmatrix} r_{xy1} & r_{xy2} & r_{xy3} \dots r_{xyn} \\ b_{xy1} & b_{xy2} & b_{xy3} \dots b_{xyn} \end{vmatrix}. \quad (3.34)$$

На фронтальній площині проекцій Ouz :

$$g_{yz} = \begin{vmatrix} r_{yz1} & r_{yz2} & r_{yz3} \dots r_{yzn} \\ b_{yz1} & b_{yz2} & b_{yz3} \dots b_{yzn} \end{vmatrix}. \quad (3.35)$$

На площині профілю проекції Ohz :

$$g_{xz} = \begin{vmatrix} r_{xz1} & r_{xz2} & r_{xz3} \dots r_{xzn} \\ b_{xz1} & b_{xz2} & b_{xz3} \dots b_{xzn} \end{vmatrix}. \quad (3.36)$$

4. Малюємо на екрані рамку прямолінійних утворень, відсікаючи відрізки, що виходять за вершини S і падаючу точку A .

5. Побудова виступів лапи починається з лобної. Для цього на лобовій проекції встановлюємо пряму лінію CE (рис. 3.2), яка визначає проекцію

верхнього краю лапи. Пряма CE проходить через точку E з координатами $y_E = b, z_E = 10 \dots 12$ мм під кутом $\beta_2 = 10 \dots 12^\circ$ до осі Ou . В результаті її рівняння матиме вигляд

$$z = -tg\beta_2 y - tg\beta_2 b + h_2. \quad (3.37)$$

Точки лобової проекції верхнього краю лапи визначаються спільним рішенням системи рівнянь:

$$\left. \begin{aligned} z &= tg\beta_2 y - tg\beta_2 b + h_2 \\ z &= \frac{-z_s}{y_i} y + z_s \end{aligned} \right\}, \quad (3.38)$$

де ми отримуємо формули для обчислення координат точок відсікання Bi на фронтальній площині проекцій

$$z_{Bi} = \frac{tg\beta_2(y_i - b) + h_2}{1 + \frac{y_i}{z_s} tg\beta_2}; \quad y_{Bi} = -\frac{y_i}{z_s} \left[\frac{tg\beta_2(y_i - b) + h_2}{1 + \frac{y_i}{z_s} tg\beta_2} \right] + y_i. \quad (3.39)$$

На горизонтальній площині проекцій проекцій точок *верхнього врожаю* Vui визначається шляхом підстановки значення координати y_{Byzi} в рівняння горизонтальної проекції, формуючи і перетворюючи її щодо координати x :

$$x_{Bi} = \frac{x_i - x_s}{y_i} \left\{ -\frac{y_i}{z_s} \left[\frac{tg\beta_2(y_i - b) + h_2}{1 + \frac{y_i}{z_s} tg\beta_2} \right] + y_i \right\} - x_s. \quad (3.40)$$

На профільній площині проекції лінія верхнього обрізу x_{ei} формується координатами z_{ei} і $B_{xz}(x_{ei}, z_{ei})$.

Сформуємо масиви верхніх точок обрізання у вигляді трьох матриць розміром $2 \times n$ наступним чином:

- на горизонтальній площині проекцій Oxy

$$B_{xy} = \begin{vmatrix} x_{e1} & x_{e2} & x_{e3} & \dots & x_{en} \\ y_{e1} & y_{e2} & y_{e3} & \dots & y_{en} \end{vmatrix}, \quad (3.41)$$

- на фронтальній площині проекцій

$$B_{xz} = \begin{vmatrix} x_{e1} & x_{e2} & x_{e3} & \dots & x_{en} \\ z_{e1} & z_{e2} & z_{e3} & \dots & z_{en} \end{vmatrix}, \quad (3.42)$$

- на площині профілю проекцій

$$B_{yz} = \begin{vmatrix} y_{e1} & y_{e2} & y_{e3} & \dots & y_{en} \\ z_{e1} & z_{e2} & z_{e3} & \dots & z_{en} \end{vmatrix}. \quad (3.43)$$

Отримані точки з'єднуємо на екрані, малюючи проекції обрізки лапи.

6. Побудова ділянок лапи здійснюється за допомогою фронтальної, $x_j = \alpha_F$ горизонтальної і $z_q = \beta_G$ профільної площин $y_p = \gamma_P$ рівня, де α_F , β_G і γ_P деяких фіксованих чисел, що показують відстань площин від початку координат (рис. 3.3).

7. Починаємо побудову фронтальних ділянок з визначення кроку розташування фронтальних площин

$$\Delta x_F = \frac{\ell}{f}, \quad (3.44)$$

де f - кількість площин.

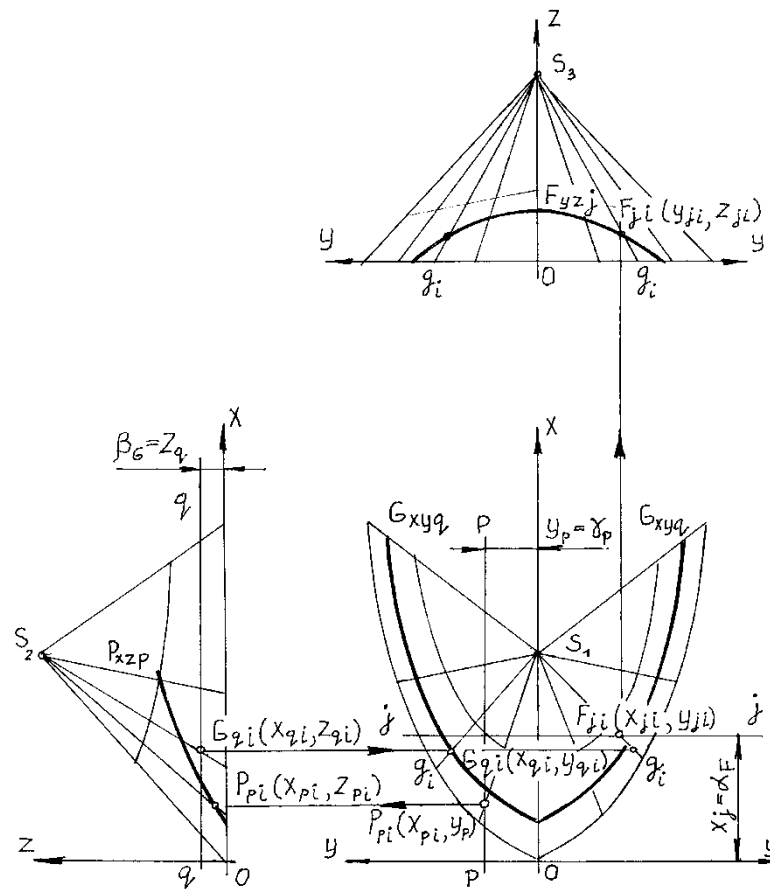


Рисунок 3.3 – Побудова горизонтальних, лобових і профільних секцій універсальної ноги культиватора з вигнутим лезом

Підставляючи значення кроку Δx_F послідовно в рівняння горизонтальних проекцій формують, g_{xyi} отримуємо значення координат y_{ji} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) для j -го ділянки:

$$y_{ji} = r_{xyi}x_j + b_{xyi}, \quad (3.45)$$

де $x_j = x_{j-1} + \Delta x_F$; $x_1 = 0$, $j = 1, 2, 3, \dots, f$

Отримавши значення координат, y_{ji} підставляємо їх в рівняння формування фронтальних проекцій і g_{yzi} обчислюємо координати z_i ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) для j -го перетину:

$$z_{ji} = r_{yzi} y_{ji} + b_{yzi}, \quad j = 1, 2, 3, \dots, f \quad (3.46)$$

З y_{ji} отриманих значень z_{ji} формуємо тривимірний масив розмірністю $3 \times f \times n$:

$$F = \begin{matrix} & j=1 & j=2 & \dots & j=f \\ \begin{matrix} x_1 x_1 x_1 \dots x_1 \\ y_{11} y_{12} y_{13} \dots y_{1n} \\ z_{11} z_{12} z_{13} \dots z_{1n} \end{matrix} & \begin{matrix} x_2 x_2 x_2 \dots x_2 \dots \\ y_{21} y_{22} y_{23} \dots y_{2n} \dots \\ z_{21} z_{22} z_{23} \dots z_{2n} \dots \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} x_f x_f x_f \dots x_f \\ y_{f1} y_{f2} y_{f3} \dots y_{fn} \\ z_{f1} z_{f2} z_{f3} \dots z_{fn} \end{matrix} \end{matrix} \quad (3.47)$$

8. G Починаємо визначати горизонтальні ділянки з розрахунку кроку розташування горизонтальних площин

$$\Delta z_G = \frac{z_s}{m}, \quad (3.48)$$

де m - кількість горизонтальних ділянок.

Підставляючи значення кроків послідовно Δz_G в перетворені рівняння профільних проекцій, що утворюються, g_{xzi} отримаємо значення координат x_{qi} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) для q -го ділянки:

$$x_{qi} = \frac{1}{r_{xzi}} (z_q + b_{xzi}), \quad q = 1, 2, 3, \dots, m, \quad (3.49)$$

де $z_q = z_{j-1} + \Delta z_G$; $z_1 = 0$, $q = 1, 2, 3, \dots, m$

Підставляючи значення x_{qi} координати в рівняння формування горизонтальних проекцій, q_{xyi} отримаємо координату y_{qi} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) для q -го перетину:

$$y_{qi} = r_{xyi} x_{qi} + b_{xyi}, \quad q = 1, 2, 3, \dots, m \quad (3.50)$$

З x_{qi} отриманих значень y_{qi} сформуємо тривимірний масив розміром $3 \times n \times m$

$$G = \begin{matrix} & q=1 & q=2 & \dots & q=m \\ \begin{matrix} x_{11} x_{12} x_{13} \dots x_{1n} \\ y_{11} y_{12} y_{13} \dots y_{1n} \\ z_1 z_1 z_1 \dots z_1 \end{matrix} & \begin{matrix} x_{21} x_{22} x_{23} \dots x_{2n} \dots \\ y_{21} y_{22} y_{23} \dots y_{2n} \dots \\ z_2 z_2 z_2 \dots z_2 \dots \end{matrix} & \dots & \begin{matrix} x_{m1} x_{m2} x_{m3} \dots x_{mn} \\ y_{m1} y_{m2} y_{m3} \dots y_{mn} \\ z_m z_m z_m \dots z_m \end{matrix} \end{matrix} \quad (3.51)$$

9. Профільні секції Π будуються аналогічно попереднім. Визначте інтервал між секціями

$$\Delta y_p = \frac{b}{s}, \quad (3.52)$$

де s - кількість секцій.

Підставляючи значення координат y_p в перетворене рівняння горизонтального проєкційного формування, g_{xyi} визначимо координати x_{pi} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) для p -го ділянки:

$$x_{pi} = \frac{1}{r_{xzy}}(y_p + b_{xyi}), \quad (3.53)$$

де $y_p = y_{p-1} + \Delta y_p$; $y_1 = 0$, $p = 1, 2, 3, \dots, s$

Підставляючи отримані значення координат x_{pi} в рівняння формування фронтальної проєкції, отримуємо координати z_{pi}

$$z_{pi} = r_{xzi}x_{pi} + b_{xzi}, \quad i = 1, 2, 3, \dots, n \quad (3.54)$$

З отриманих значень, аналогічних попереднім, будуємо тривимірний масив $3 \times n \times s$

$$G = \begin{matrix} & p=1 & p=2 & \dots & p=s \\ \begin{matrix} x_{11}x_{12}x_{13}\dots x_{1n} & x_{21}x_{22}x_{23}\dots x_{2n}\dots & x_{s1}x_{s2}x_{s3}\dots x_{sn} \\ y_{11}y_{12}y_{13}\dots y_{1n} & y_{21}y_{22}y_{23}\dots y_{2n}\dots & y_{s1}y_{s2}y_{s3}\dots y_{sn} \\ z_{11}z_{12}z_{13}\dots z_{1n} & z_{21}z_{22}z_{23}\dots z_{2n}\dots & z_{s1}z_{s2}z_{s3}\dots z_{sn} \end{matrix} \end{matrix} \quad (3.55)$$

При необхідності виведіть на екран необхідний перетин.

3.1.4. Побудова розгортки поверхні лапи

Побудова розгортки здійснюється шляхом визначення $SA_i A_{i+1}$ натуральних величин трикутників, утворених суміжним формуванням q_i і q_{i+1} ($i = 1, 2, 3, \dots, n$) і визначенням точок в A_{oi} системі координат, B_{oi} в якій будується розгортка. $O_{x_0y_0}$

Виходячи з рисунка 3.14, повний розмір i -ї форми дорівнює

$$L_i = \sqrt{g_i^2 + z_s^2}, \quad (3.56)$$

де g_i - проєкція формуються проєкцій на горизонтальній площині і визначається наступним чином :

Відрізок SB_i визначається за формулою

$$R_i = SB_i = \sqrt{(x_s - x_{ei})^2 + y_{ei}^2 + (z_s - z_{ei})^2}. \quad (3.62)$$

Підставляючи перетворене рівняння прямої в рівняння кола, маємо формулу обчислення координати x_{oi} точки B_{oi}

$$x_{oi} = \frac{SB_i}{\sqrt{1 + \operatorname{tg}^2 \sum_{j=1}^i \lambda_j}}. \quad (3.63)$$

Координата y_{oi} визначається наступним чином:

$$y_{oi} = x_{oi} \operatorname{tg} \sum_{j=1}^i \lambda_j. \quad (3.64)$$

Отримані точки з'єднують плавною кривою, отримуючи лінію верхнього обрізку.

Аналогічні конструкції виконуються і для іншої половини поверхні лапи.

Вищевказаний алгоритм може бути реалізований графічно. При цьому порядок дій не змінюється, а конструкції показані на малюнках.

3.1.5. Досвід проектування лап універсального культиватора з вигнутим лезом

Згідно з розробленою методикою, ряд універсальних лап культиватора з вигнутим лезом був розроблений для наступних ґрунтово-кліматичних умов.

Регіон застосування азіміни - центральна і південна частина України.

Ґрунти важкосуглинних південних чорноземів з наступним діапазоном твердості 1,51 ... 1,78 МПа, середня вологість 19,26 ... 26,98 %.

Лапа шириною 250 мм. Кут нахилу розхилу лапи дорівнює $2 = 60^\circ$. Робоча ширина $2 = 250$ мм. Довжина лапи $= \gamma_0$ 272 мм. Кінцевий кут розхилу лапи $= b$ $3\ell^\circ$. γ_k Кут між радіус-вектором логарифмічної спіралі і дотичною дорівнює $\theta = 37^\circ$. Кут нахилу верхнього краю фронтальної проекції $= 12^\circ$. Висота β_2 нижньої точки верхньої обрізки $= 10$ мм. Кут нахилу формуючої поверхні в першій третині лопаті $= 22^\circ$. Z_E Координати вершини конічної поверхні $= \beta$ 155 мм, $= 40$ мм. X_s Z_s

Лапа шириною 270 мм. Параметри лапи наступні: кут розхилу лапи дорівнює $2 = \gamma_0$ 60° ; захоплення $2 = 270$ мм; довжина $= 272$ мм; кінцевий кут $= b$ 7° ; ℓ кут γ_k між радіус-вектором і дотичною $= 42^\circ$ θ ; кут верхнього краю

$= 10^\circ$; висота нижньої точки верхнього краю $= 10$ мм; кут β_2 нахилу формувальних поверхні в першій третині лопаті $= 28^\circ Z_E$; координати вершини конічної поверхні $= \beta$ 155 мм, $= 40 X_s Z_s$ мм. 3.15. Як видно з малюнка, поперечні перерізи лапи I, II, ..., VI мають невелику кривизну, що є значною зручністю при виготовленні шаблонів поверхонь.

Лапа шириною 330 мм. Для цієї лапи параметри мають такі значення: $2 = 60^\circ \gamma_0$; $2b = 330$ мм; $\ell = 272$ мм; $\gamma_k = 7^\circ$; $\theta = 40^\circ$; $\beta_2 = 9^\circ$; $Z_E = 15$ мм; $\beta = 18^\circ$; $X_s = 160$ мм; $Z_s = 57$ мм. Малюнок лапи аналогічний рис.3.15, тому він тут не наводиться. Ця поверхня також має невелику кривизну поперечних перерізів.

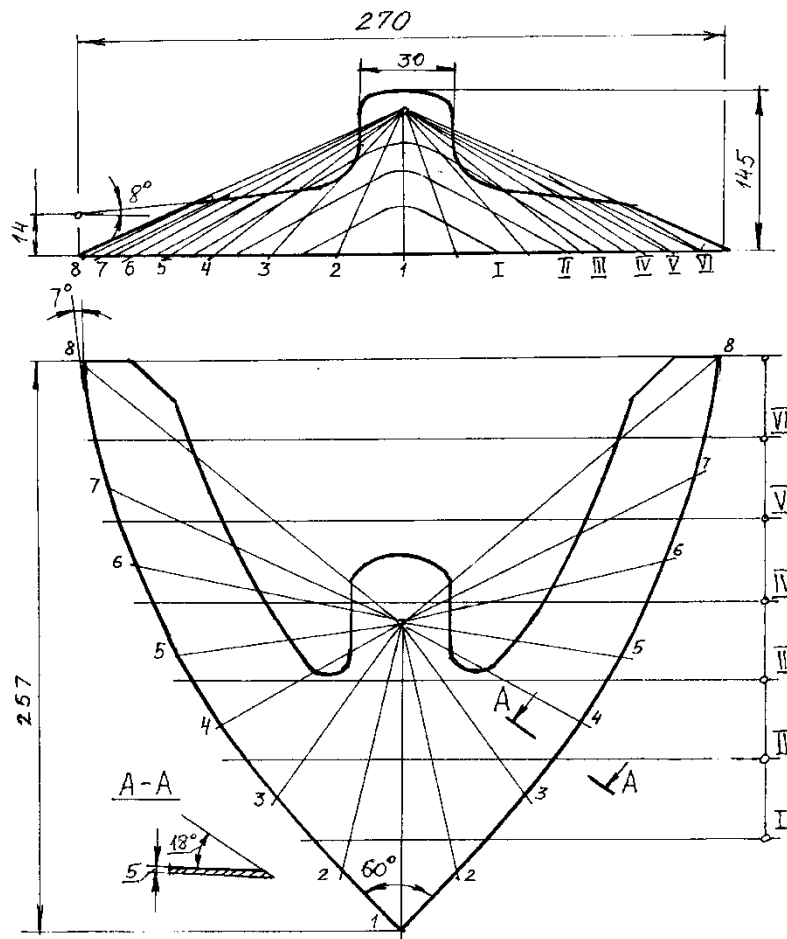


Рисунок 3.5 – Загальний вигляд лапи з вигнутим лезом з основними параметрами

Оскільки поверхня лапи складається з двох напівповерхонь, а утворює 1 (рис. 3.5) для них звичайна, лапа має невеликий злам поверхні, який можна усунути при виготовленні шляхом сполучення напівповерхонь радіусом, рівним 15 ... 20 мм.

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ

Конструктивне виконання агрегатів та здійснення ними функціонального призначення повинно відповідати вимогам стандартів: ГОСТ 12.2.003, ГОСТ 12.3.002 - загальні вимоги безпеки; ГОСТ 12.1.004 - пожежна безпека; ГОСТ 12.1.008 - біологічна безпека; ГОСТ 12.4.026 - вимоги до знаків безпеки; ГОСТ 12.2.042 - вимоги до огородження та блокіровок, а також до засобів малої механізації; ГОСТ 12.2.049 - ергономічні вимоги. Додаткові вимоги, що не передбачені цими стандартами, повинні встановлюватись у стандартах і технічних умовах на агрегати конкретних типів. Сільськогосподарські агрегати з колісними енергетичними засобами повинні мати навантаження на керовані колеса не менше 0,2 від експлуатаційної маси енергозасобу. Зміщення центру тиску відносно середини опорної поверхні гусениці сільськогосподарського агрегату на базі гусеничного енергозасобу не повинно перевищувати 0,2 довжини опорної поверхні гусениць. Для забезпечення по- вздовжньої стійкості і необхідного навантаження на керовані колеса допускається встановлення баластових вантажів, маса кожного не повинна перевищу- вати 20 кг. Причіпні, напівпричепі машини у відчепленому стані повинні зберігати стійкість при застосуванні до тих зусиль не менше 200 Н. Агрегати, ширина яких перевищує габарити енергозасобу, повинні бути обладнані світлоповертачами; задні світлоповертачі повинні бути червоного кольору, передні – білого кольорів. Допускається замість світлоповертачів нанесення на елементи конструкції кругів, трикутників або прямокутників червоного або білого кольорів, вписаних у коло діаметром 100 мм. Допускається також нанесення на елементи конструкції машини чергування червоних та білих, або жовтих та чорних смуг під кутом 45⁰ до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50 мм. Вони можуть наноситися на сигнальні щитки розміром не менше 250x250 мм. Смуги та фігури повинні бути виконанні із світло відбивних матеріалів (фарба, плівка та ін.). Механізми, які при агрегатуванні з енергозасобом закривають прилади його світлової сигналізації, повинні бути устатковані власними приладами світлової сигналізації. На машинах типу причепів або напівпричепів ззаду зліва має бути нанесений знак обмеження максимальної швидкості. Кольорове зображення знака –згідно з ГОСТ 10807; діаметр – від 160 до 250мм, ширина кайми - 1/10 діаметра; на цих агрегатах повинна бути зазначена гранична вантажопідйомність. Причіпні та напівпричепі машини повинні мати жорсткі причіпні пристрої. Агрегати та робочі органи повинні бути устатковані механічними фіксаторами, які

утримують їх у транспортному положенні. Елементи конструкції агрегатів повинні забезпечувати безпечний та зручний підхід до них при монтажі, технічному обслуговуванні та ремонті. Елементи конструкції агрегатів не повинні обмежувати оператору огляд з робочого місця об'єктів постійного спостереження. При розташуванні точок змащування у важкодоступних місцях застосовують пристрої дистанційного, централізованого подання мастила або забезпечене одноразове змащення підшипників на весь міжремонтний термін роботи вузла. Місця розташування точок змащення повинні бути позначені кольоровими покажчиками, які відрізняються від загального кольору агрегату. Машини повинні бути забезпечені комплектом інструменту, що відсутній у комплекті енергозасобу, відповідно з нормативно-технічною документацією, та мати спеціальний ящик або сумку для його зберігання. Причіпні машини повинні бути укомплектовані проти відкатними упорами під колеса. Кольорове оформлення та фарбування агрегатів повинно відповідати таким вимогам: - загальний фон кольору машини повинен відрізнятися від основного фону, на якому вона експлуатується (кольору приміщення, площадок, перероблюваних технологічних матеріалів та ін.); - зовнішні поверхні машин, які у процесі експлуатації повинні постійно знаходитися у полі зору операторів з їх робочих місць, належить покривати фарбою з матовою або з напівматовою фактурою, яка сприяє появі відбитих відблисків на робочих місцях; - кольори частин машин, поверхні панелей, пульта та поста управління, органів управління та елементів, які повинні знаходитися у полі зору операторів, повинні бути контрастними до іншого фону.

До експлуатації та обслуговування культиватора повинні допускатися особи, які закінчили курси з вивчення конструкції і правил експлуатації машини. В експлуатаційній документації має бути зазначено, що до роботи з культиватором, допускаються особи, які ознайомлені з будовою та правилами його експлуатації. Культиватор має бути обладнаний світлоповертачами згідно з ГОСТ 8769. Допускається також нанесення на елементи конструкції агрегату чергування червоних та білих або жовтих та чорних смуг під кутом 45° до вертикалі, які чергуються з відстанню між ними 50мм. Вузли і деталі гідросистеми культиватора мають бути надійними, виключати витікання масла і самовільне опускання робочих органів. Гідросистема культиватора повинна з'єднуватись з гідросистемою енергозасобу за допомогою розподільчих муфт. Культиватор має мати крім причіпного пристрою, страховий ланцюг або трос. Культиватор має бути обладнаний механічними розтяжками для надійності фіксації бокових секцій культиватора і транспортного ходу для далекого транспортування. На

культиваторі повинні бути нанесені попереджувальні надписи: “Увага! Перевір надійність фіксації бокових секцій. Не стій поблизу бокових секцій.” Попадання на ґрунт паливо-мастильних речовин (масло, дизельне пальне, солідол і т. п.) під час агрегування культиватора з енергозасобом, а також у процесі експлуатації не допускається. Розміщення маслянок повинно забезпечувати зручний і безпечний доступ до них. Культиватор повинен бути обладнаний комплектом інструменту, необхідним для обслуговування його у польових умовах. Для очищення лап і борінок культиватор повинен бути укомплектований ручним чистиком. Технічне обслуговування культиватора і інших ґрунтообробних машин, проводиться щозмінне та після сезонне. Щозмінне технічне обслуговування культиватора проводять одночасного з обслуговуванням трактора, з яким він працює. При щозмінному технічному обслуговуванні очищують культиватор від землі та рослинних решток. Перевіряють стан робочих органів, кріплення всіх складальних одиниць, особливо кріплення робочих органів та секцій. У разі необхідності замінюють робочі органи і підтягують ослаблені кріплення. Всі тертьові поверхні змащують згідно з картою мащення культиватора. Перевіряють стан шин і тиск повітря в них. Після сезонне технічне обслуговування виконують при встановленні культиватора на зберігання. При цьому, крім операцій щозмінного технічного обслуговування виконують ще й такі роботи. Проводять огляд і дають оцінку стану культиватора, визначають можливість його дальшого використання без ремонту, у разі необхідності ремонтують. На непридатні для роботи деталі складають дефектну відомість і передають механіку для оформлення заявки на їх придбання, якщо не можна виготовити ці деталі у майстернях господарства. Деталі з пошкодженою фарбою підфарбовують. Усі тертьові поверхні деталей та складальних одиниць очищують від бруду і змащують густим мастилом. Інструмент та запасні частини, що додаються до культиватора, очищують, змащують, чіпляють бирки з номерами машин і здають на склад. При зберіганні культиваторів періодично оглядають їх стан.

РОЗДІЛ 5. ЕФЕКТИВНІСТЬ ПРОЕКТУ

Агротехнічна оцінка випробування культиваторних лап проводилася за такими показниками: знищення бур'янів, стійкість по глибині обробітку, залипання ґрунтом та обволікання лап бур'янами, спрацювання поверхні культиваторних лап та витрати палива під час обробітку ґрунту.

Показники ґрунту при проведенні дослідів на міжрядному обробітку були такими: ґрунт – чорнозем звичайний середньосуглинистий, вологість – 22,5–25,5 %, твердість – 453–463 кПа, кількість бур'янів – мінімальна 26, максимальна 168 шт/м². Показники під час обробітку пару: ґрунт – чорнозем звичайний важкосуглинистий, вологість – 20,4–22,4 %, твердість – 558–572 кПа, кількість бур'янів коливалася від 2 до 92 шт./м².

У табл. 5.1 наведені дані про знищення бур'янів культиваторними лапами. Різниця в знищенні бур'янів культиваторними лапами з криволінійним лезом на міжрядному обробітку становить 11,0 % за швидкості 1,73 м/с та 11,3 % за швидкості 2,53 м/с у порівнянні зі стандартними.

Під час обробітку пару знищення бур'янів стандартними лапами дорівнює 78,2 %, а лапами з криволінійним лезом 83,2 %, що на 5,0 % більше. Це пояснюється більш оптимальним режимом різання.

Таблиця 5.1. Знищення бур'янів культиваторними лапами

Тип лапи	Тип обробки	Швидкість руху, м/с	Знищення бур'янів	
			середнє, %	середньо-квадратичне відхилення σ , %
Стандартна	Міжрядний	1,73	75,0	5,7
		2,09	79,5	2,6
		2,53	79,0	15,5
	Обробіток пару	2,02	78,2	20,3
		2,60	80,0	17,4
		2,90	81,2	19,5
		3,20	79,3	24,3
З криволінійним лезом	Міжрядний	1,73	86,0	6,2
		2,09	91,6	5,7
		2,53	90,3	6,1
	Обробіток пару	2,02	83,2	13,4
		2,60	87,9	11,2
		2,90	85,6	9,8
		3,20	88,4	14,0

Лапи з криволінійним лезом краще підрізають такі бур'яни, як осот. Із збільшенням швидкості від 2,02 до 3,20 м/с кількість зрізаних бур'янів на 1 пог. м у середньому на 3 шт. більша для лап з криволінійним лезом.

Залипання ґрунтом і обволікання стандартних культиваторних лап становить в середньому 24,3 і 94,8 г відповідно, у той час як для культиваторних лап із криволінійним лезом ці показники змінюються від 31,2 г до нуля. Тобто культиваторні лапи з криволінійним лезом мають можливість самоочищатися за рахунок кращої обтічності поверхні.

Властивість самоочищення лап з криволінійним лезом сприяє більш стійкому руху досліджуваних лап у вертикальній площині.

Стійкість руху лап у вертикальній площині визначалася співвідношенням

$$K_y = \frac{\sigma_h}{\sigma_n},$$

де K_y – коефіцієнт стійкості;

σ_h – середньоквадратичне відхилення глибини обробки, мм;

σ_n – середньоквадратичне відхилення поверхні поля, мм.

Середнє значення K_y на міжрядному обробітку для лап з прямолінійним і криволінійним лезом, відповідно, дорівнює 1,28 і 1,02, а при обробітку пару ці значення становлять 1,17 та 1,07. Значення K_y для лап з криволінійним лезом більш близькі до одиниці. Це означає, що їхні коливання у вертикальній площині менші і не залежать від навіски.

Розпушення ґрунту визначалося по вазі фракцій діаметром до 25 мм. Під час обробітку пару цей показник для лап із криволінійним лезом становив 86,25 %, що на 12,5 % більше, ніж у лап з криволінійним лезом. Це можна обґрунтувати більш впорядкованим рухом ґрунту по поверхні лапи.

Дослідження спрацювання культиваторних лап по площі леза показали, що стандартні лапи мають дві зони підвищеного спрацювання. Це носок лапи та хвостовик крила лапи. Лапи з криволінійним лезом мають тільки одну зону підвищеного спрацювання – носок лапи. Відношення спрацьованої площі лапи до загальної становило: для стандартних лап – 0,297, а для лап з криволінійним лезом – 0,188, що на 36,21 % менше.

У зв'язку з тим, що лезо криволінійних лап спрацьовується менше за стандартні, то їх наробіток до чергового заточування становить 60–80 га, що в 1,5–2 рази вище, ніж у стандартних, тому розрахунок економічної ефективності проводився за двома показниками.

Перший – економія трудозатрат, яка складається із зменшення на 6–8 заточок лап у середньому за сезон при умові повного завантаження агрегату. Економія від скорочення кількості операцій зняття, заточування та монтажу лап становить за сезон 8,82–29,31 грн для просапних культиваторів і 20,16–109,62 грн для суцільного обробітку ґрунту, залежно від кількості лап та ширини захвату при умові повного річного завантаження.

Другий показник характеризує підвищення врожайності просапних культур від зниження кількості бур'янів. Так, збільшення знищених бур'янів на 13,7 % в посівах кукурудзи на зерно може дати приріст урожаю на 0,85 ц/га, що становить 2,7 %.

Таким чином, економічний ефект від використання культиваторних лап із криволінійним лезом становить 8,82–109,62 грн за сезон і підвищує врожайність просапних культур у середньому на 2,6 %. Економія пального при використанні культиваторних лап із криволінійним лезом, у порівнянні зі стандартною комплектацією, становить: на міжрядному обробітку 10,2 %, а при обробітку пару – 11,8 % на 1 га.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Основною фізико-механічною характеристикою бур'янів, незалежно від їх виду, є кут тертя бур'янів об метал з урахуванням покриття леза. Розроблено прилад і спосіб визначення кута тертя бур'янів з урахуванням покриття лопатки лапи. Дослідження кута тертя для типових бур'янів степової зони України показали, що величина кута тертя знаходиться в межах $\varphi_2 = 41^\circ 30' - 44^\circ 40'$.

2. Розроблена геометрична модель розкладається лапи культиватора, лезо якої виконано в логарифмічну спіраль, що забезпечує лапі підвищену обтічність. Вихідними даними для конструкції лапи є: кути тертя бур'янів об метал φ_2 і ґрунту по металу φ_1 , які знаходяться всередині: $\varphi_2 = 41^\circ$ про $30' - 44^\circ$ про $40'$, $\varphi_1 = 19^\circ$ про $30' - 42^\circ$ і ширина лапи.

3. Порівняльні лабораторні та польові випробування лап криволінійних лез культиватора і стандартних показали:

- контроль бур'янів збільшився на 13,7% при міжрядному обробітку просапних культур;
- при обробці парами знищення бур'янів збільшилося на 6,6%;
- осот польовий і щетина сіра практично повністю обрізаються, при цьому при використанні стандартних лап залишаються нестриженими до 50%;
- більш висока обтічність ґрунту вигнутої лапи призводить до зниження липкості лапи ґрунтом на 56%;

виключення прополки лап культиватора з криволінійною поверхнею призводить до зменшення стандартного відхилення дна борозни на 9%;

4. Результати лабораторних і польових досліджень експериментально підтвердили конструктивні параметри і доцільність використання лап культиватора з криволінійним лезом для міжрядної обробки просапних культур і для парової обробки.

Відносна площа зносу леза криволінійних лопатевих культиваторів становить 0,188, що на 36,21% менше, ніж у стандартних ніжок, для яких знос становить 0,297. Значне зниження зносу ніг призводить до збільшення наробітку перед наступною заточкою в 1, 5-2 рази.

5. Розрахункова економічна ефективність від використання лап культиватора з вигнутим лезом становить 8,82-109,62 грн в залежності від марки і ширини культиватора за сезон експлуатації і збільшення врожайності просапних культур на 2,6%.

6. Дані порівняльних лабораторних і польових випробувань показали економію палива на 10,54% при міжрядній обробці і 11,55% при обробці парою в порівнянні зі стандартними конфігураціями при роботі з культиваторами, оснащеними вигнутими лезовими лапами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабицкий Л.Ф. Біонічні напрями розробки ґрунтообробних машин. – К.: Урожай, 1998. – 164 с.
2. Булгаков В.М., Цурпал І.А., Шелудченко Б.А. Факторно-технологічна модель динаміки ґрунтових структур // Науковий вісник НАУ. – К.: 1998. – Вип. 3. – С. 139-142.
3. Бондарев С.І. Вплив ступеня спрацювання лез культиваторних лап на енергетичні та якісні показники їх роботи // Науковий вісник НАУ – К.: 2002. – Вип. 50. – С. 227-230.
4. Бур'яни України. Визначник-довідник. – К.: Наукова думка, 1970. – 212 с.
5. Веселовський І.В., Маньков Ю.П. та ін. Шкідливість основних видів бур'янів // Довідник по бур'янах. – К.: Урожай, 1993. – 185 с.
6. Гуков Я.С. Про взаємодію клину з ґрунтовим середовищем // Механізація та електрифікація сільського господарства. – Київ. Урожай. – 1994. – № 79 – С. 84-88.
7. Гуков Я.С. Обґрунтування кута різання робочих органів культиваторів-розпушувачів // Вісник аграрної науки, 1998. - № 11. – С. 54-57.
8. Гуков Я.С. Оборобіток ґрунту. Технологія і техніка. Механіко-технологічне обґрунтування енергозберігаючих засобів для механізації обробітку ґрунту в умовах України. – К.: Нора-прінт, 1999. – 280 с.
9. Енергозберігаючі технології – майбутнє землеробства України // Пропозиція. – 2000. - № 8-9. – С. 32.
10. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин. – Дніпропетровськ. 1999. – 204 с.
11. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. – Кіровоград, 2003. – Вип. 33. – С. 100-104.
12. Кукурудза // Науково обґрунтована система ведення сільського господарства у Степу УРСР / Д.С.Фільов, І.С.Прокапало, В.І.Золотов та ін. – К.: Урожай, 1974. – С. 35-162.
13. Лебідь Є.М., Шевченко М.С. Пріоритетні напрямки розробки нових технологічних комплексів виробництва зерна // Бюлетень: Новини УТІМ. – К.: 2000. – Т. 2. - № 1.2. – С. 37-41.
14. Марков М.П. Кукурудза на зелений корм і силос. – К.: Урожай, 1977. – 103 с.
15. Пастухов В.І., Фесенко Г.В., Фесенко Т.Г. Розробка робочого органу культиватора для біологічної системи землеробства // Механізація сільськогосподарського виробництва / Вісник Харківського державного технічного університету сільського господарства. –Х.: 2002. – Вип. 12. – С. 88-90.

16. Програма виробництва технологічних комплексів машин і обладнання для агропромислового комплексу на 1998-2005 роки: Схвалено Постановою Кабінету Міністрів України від 30.03.1998 р. № 403.
17. Сакало В.М. Автоматизація механічного обробітку ґрунту навколо рослин // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. – Кіровоград, 2002. – Вип. 11. – С. 108-111.
18. Шевченко М.С., Робу В.Т. Конкуренція між кукурудзою та бур'янами щодо основних елементів живлення в південно-західному регіоні // Бюл. Інституту зернового господарства. 2001. - № 17. – С. 24-26.
19. Шмат С.І., Лузан П.Г., Артеменко Д.Ю. Аналіз форм робочої поверхні відвальника до сівалки прямого посіву // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Випуск 32 – Кіровоград: КДТУ. С. 49-54.
20. Dubrowin W., Mironienko W. Techniczne zabezpieczenie gospodarstw rolnych Ukrainy I rola doradztwa rolniczego w ich rozwoju // Rozwoj infrastruktury technicznej wsi w dzialalnosci doradztwa rolniczego. – Warszawa: IBMER, 2003. – S/ 73-80.
21. W. Dubrowin, D. Vojtjuk, L. Aniskevych. Farm mechanization development in Ukraine // Research and development of Central- and Eastern European Institutes of agricultural engineering. – Godollo: MGI, 2003. – P. 59-66/
22. Robertson L., et al. Tillage sustem for Michigan corn and crons. Exiesion Bulletin. – 1997. - № 42. – P. 1-6.
23. Takashi T. Sakae S. Soil-blad dynamicsin rererse-rotational rotary tillage. I. Terramech. 2002. 39, № 2. – Str. 95-113.
24. Gianni G. Erpici, trince e falciacondiriona trici Rau pensa in grande. Macch. e mot. arr. 2003. 61. № 11. – Str. 118-119.
25. William R. Soil compaction by traffic. «Agricultural Engineering», 1959. № 7, P. 37-41.