



Міністерство освіти і науки України

Національний університет водного господарства  
та природокористування

Кафедра будівельних, дорожніх, меліоративних  
сільськогосподарських машин та обладнання

**02-01-459**

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до виконання практичних робіт на тему:

**«РОЗРАХУНОК КУЛЬТИВАТОРІВ ДЛЯ СУЦЬЛЬНОГО  
ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ»,  
«ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА  
ҐРУНТООБРОБНОЇ ФРЕЗИ»**

з курсу:

**«Сільськогосподарські машини»**

для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського)  
рівня за спеціальністю 208 «Агроінженерія»  
денної та заочної форм навчання

Рекомендовано  
науково-методичною  
комісією за спеціальністю  
208 «Агроінженерія»,  
протокол № 10 від 29.08.2019 р.



Методичні вказівки до виконання до виконання практичних робіт на тему: «Розрахунок культиваторів для суцільного обробітку ґрунту», «Визначення основних параметрів робочого органа ґрунтообробної фрези» з курсу: «Сільськогосподарські машини» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за спеціальністю 208 «Агроінженерія» денної та заочної форм навчання / Сиротинський О. А., Бабич Я. О., Дмишук М. Д. – Рівне : НУВГП, 2019. – 20 с.

Укладачі: Сиротинський О. А., к.т.н., доц. кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання; Бабич Я. О., к.т.н., доц. кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання; Дмишук М. Д., старший викладач кафедри лісівництва Надслучанського інституту НУВГП.

Відповідальний за випуск: Кравець С. В., д.т.н., професор, завідувач кафедри будівельних, дорожніх, меліоративних, сільськогосподарських машин та обладнання.

### РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / Д. Г.Войтюк, С. С.Яцун, М. Я.Довжик; За ред. Д. Г. Войтюка. Суми : Університетська книга, 2008. 544 с.: іл.
2. Войтюк Д. Г., Яцун С. С., Довжик М. Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / За ред. Д. Г. Войтюка. Суми : Університетська книга, 2008. 543 с.; іл.
3. Кобець А. С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин : практикум / Кобець А. С., Пугач А. М. Дніпропетровськ: Вид-во “Свідлер А.Л.”, 2011. 164 с.
4. Сиротинський О. А., Дмишук М. Д. Механізація лісового і сільського господарства. Лабораторний практикум. (За редакцією О. А. Сиротинського) Частина I (Механізація сільського господарства) : навчальний посібник. Березне: Надслучанський інститут, 2007. 250 с.: іл.

### ЗМІСТ

Рекомендована література .....	2
1. Практична робота № 3 Розрахунок культиваторів для суцільного обробітку ґрунту .....	3
2. Практична робота № 4 Визначення основних параметрів робочого органа ґрунтообробної фрези .....	15

© О. А.Сиротинський,  
Я. О. Бабич,  
М. Д. Дмишук, 2019  
© Національний університет  
водного господарства та  
природокористування, 2019



## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 3

### РОЗРАХУНОК КУЛЬТИВАТОРІВ ДЛЯ СУЦІЛЬНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

*Мета роботи: Розрахувати та запроєктувати культиватор для суцільного обробітку ґрунту.*

*Формат листа графічної частини - А3 Рекомендований масштаб -1:200*

#### I. ІНДИВІДУАЛЬНЕ ЗАВДАННЯ ДЛЯ ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

##### 1.1. ВИХІДНІ ДАНІ

Вихідними даними для виконання практичної роботи є: тип культиватора; клас трактора, з яким він агрегується; глибина обробітку ґрунту; тип ґрунту, для якого він призначений (табл. 1.1).

Таблиця 1.1

##### Вихідні дані для розрахунку культиваторів

Варіант	Тип культиватора	Клас трактора, з яким він агрегується	Глибина обробітку, мм		Максимальна робоча швидкість, м/с	Тип ґрунту
			мін.	макс.		
1	Причіпний	1,4	7	14	2,2	Легкий
2	Причіпний	3	8	14	2,2	Легкий
3	Начіпний	1,4	7	14	2,2	Легкий
4	Начіпний	3	8	14	2,2	Легкий
5	Начіпний плоскоріз	3	8	20	2,2	Середній
6	Начіпний плоскоріз	5	15	30	2,2	Важкий
7	Причіпний	1,4	6	12	2,2	Важкий
8	Причіпний	3	8	12	2,2	Важкий
9	Начіпний	1,4	6	12	2,2	Важкий
10	Начіпний	3	8	12	2,2	Важкий
11	Причіпний	1,4	7	12	2,2	Важкий
12	Причіпний	3	6	14	2,2	Важкий
13	Начіпний	1,4	7	18	2,2	Важкий
14	Начіпний	3	8	18	2,2	Важкий
15	Начіпний плоскоріз	3	7	18	2,2	Важкий
16	Начіпний плоскоріз	5	15	30	2,2	Важкий
17	Причіпний	1,4	7	16	2,8	Важкий
18	Причіпний	3	8	18	2,8	Важкий
19	Начіпний	1,4	6	16	2,8	Середній
20	Начіпний	3	6	16	2,8	Середній
21	Начіпний	2	7	18	2,8	Середній
22	Причіпний	2	7	16	2,8	Середній
23	Начіпний	1,4	6	18	2,8	Легкий
24	Начіпний	3	7	18	2,8	Легкий
25	Начіпний	5	8	18	2,8	Легкий

## 1.2. МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

### 1.2.1. Обґрунтування, розрахунок та проектування культиватора

#### Визначення ширини захвату культиватора

Розрахункову ширину захвату культиватора визначають, виходячи з тягового зусилля трактора на відповідній швидкості руху, за формулою [2, 4]:

$$B = \frac{P_T}{k} \eta, \quad (1.1)$$

де  $B$  - розрахункова ширина захвату культиватора, м;

$P_T$  - тягове зусилля трактора при роботі на заданій швидкості, Н;

$k$  - питомий опір ґрунту роботі культиватора, Н/м;

$\eta$  - коефіцієнт використання тягового зусилля трактора,  $\eta = 0,8 - 0,95$ .

При визначенні робочої ширини захвату культиватора необхідно врахувати, що в більшості випадків, одночасно з культивацією проводиться і боронування ґрунту. Тому питомий опір ґрунту роботі культиватора  $k$  становить:

$$k = k_k + k_b + k_n, \quad (1.2)$$

де  $k_k$  - питомий опір ґрунту при культивації, Н/м;

$k_b$  - питомий опір ґрунту при боронуванні, Н/м;

$k_n$  - питомий опір ґрунту при перекочуванні колес культиватора, Н/м.

Розрахункова ширина захвату культиватора визначається окремо для мінімальної та максимальної глибин обробітку ґрунту ( $B_{min}$ ,  $B_{max}$ ), наведених в індивідуальному завданні кожного студента.

При визначенні робочої ширини захвату культиватора необхідно враховувати, що частина тягового зусилля трактора витрачається на переміщення культиватора по полю (на колісний хід культиватора). Ці витрати визначаються з умови, що питома маса культиватора становить 150 - 200 кг на кожен метр ширини його захвату. Коефіцієнт опору перекочуванню по злежаній оранці для коліс із сталевим ободом становить 0,16, а для коліс із пневматичними шинами – 0,12. По свіжозораному полю - відповідно 0,22 і 0,16 (див. додаток Д. 1.3).

Тоді витрата тягового зусилля на перекочування по полю колісного ходу культиватора визначиться за виразом:

$$R = k_n m g, \quad (1.3)$$

де  $R$  – тягове зусилля на перекочування культиватора, Н;

$k_n$  – коефіцієнт опору перекочуванню;

$m$  – розрахункова маса культиватора, кг.

$g$  – прискорення вільного падіння,  $g = 9,8 \text{ м/с}^2$ .

Величина тягового зусилля трактора на переміщення культиватора по полю (тяговий опір його переміщенню) визначають для максимальної і мінімальної розрахункової ширини захвату культиватора.

Робочу ширину захвату культиватора з урахуванням тягового опору переміщенню його по полю визначають за залежністю:

$$B_p = \frac{P_T - R}{k} \eta, \quad (1.4)$$

де  $B_p$  – розрахункова ширина захвату культиватора з урахуванням опору ґрунту переміщенню його по полю, м.



Після проведення обчислень, врахувавши умови роботи культиватора (тип ґрунту, робочу швидкість, клас трактора та інше), приймають остаточно робочу ширину захвату культиватора  $B_k$  для мілкого та глибокого обробітку ґрунту.

У випадку, коли прийнята ширина захвату для причіпних культиваторів з шарнірною системою кріплення робочих органів до рами перевищує 4,0 – 4,2 м, а культиваторів-глибокорозпушувачів – 3,5 м, то доцільно агрегувати з трактором одночасно декілька культиваторів відповідно з шириною захвату 4,2 і 3,5 м.

У начіпних культиваторів при ширині захвату більше 4,0 – 4,2 м, а культиваторів-розпушувачів – 3,5 м доцільно застосовувати шарнірну секційну раму. В цьому випадку подальше проектування достатньо вести для одного культиватора з прийнятою шириною захвату і системою кріплення робочих органів до рами, а техніко-економічні показники необхідно визначати для всього агрегату.

### 1.2.2. Вибір типу і параметрів робочих органів

Основними робочими органами, що застосовуються для суцільного обробітку ґрунту на культиваторах, є полільні та розпушувальні лапи. Вибір типу лап залежить від завдання та глибини обробітку ґрунту, а також типу стояків, на яких закріплена лапа. При глибині обробітку до 12 см звичайно використовують полільні універсальні стрілочасті лапи, а при більшій глибині - розпушувальні.

У роботі необхідно окремо підбирати лапи для мінімальної і максимальної глибини обробітку. При виборі лап та їх стояків, а також при визначенні їх параметрів доцільно користуватися стандартом на лапи і стояки культиваторів ГОСТ 1343-82 [2]. Основні параметри деяких типів лап і стояків наведені в додатках 5 і 6.

### 1.2.3. Визначення схеми розміщення робочих органів і способів їх кріплення до рами

#### 1.2.3.1. Схема розміщення полільних лап

Полільні лапи до рами культиватора закріплюються у два ряди (за ходом) з перекриттям, виходячи з умов забезпечення повноти підрізування бур'янів і запобігання забиванню простору між лапами грудками ґрунту та рослинними рештками.

Відстань між рядами лап по ходу культиватора визначають із залежності [2, 3]:

$$L_n = \frac{b}{\operatorname{tg}[90 - (\gamma + \varphi)]}, \quad (1.5)$$

де  $L_n$  - відстань між рядами лап по ходу культиватора, мм;

$b$  - ширина захвату окремої лапи, мм;

$\gamma$  - половина кута розхилу леза лапи, град.;

$\varphi$  - кут тертя ґрунту по сталі,  $\varphi \approx 25^\circ$ .

Практикою встановлено, що оптимальна відстань між рядами лап по ходу культиватора знаходиться в межах 500 - 600 мм.

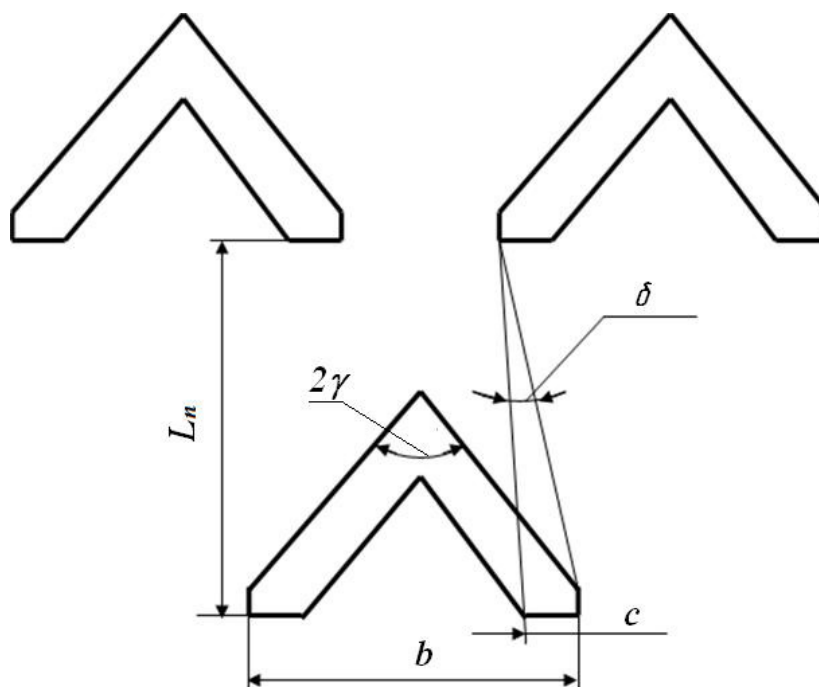
Основною умовою, якою керуються при визначенні поперечного розміщення лап, є забезпечення підрізування бур'янів на всій ширині захвату культиватора, для чого лапи розміщують з деяким перекриттям (рис.1.1), значення якого визначають із залежності [2]:

$$c = L_n \operatorname{tg} \delta, \quad (1.6)$$

де  $c$  - значення перекриття зони дії лап, мм;

$L_n$  - відстань між рядами лап по ходу культиватора, мм;

$\delta$  - кут відхилення культиватора від прямолінійного руху,  $\delta = (7^\circ - 9^\circ)$ .



**Рис. 1.1.** Схема розміщення полієних лап культиватора:  $L_n$  - відстань між рядами лап по ходу культиватора;  $b$  - ширина захвату лапи;  $2\gamma$  - кут розхилу леза лапи;  $c$  - значення перекриття зон дії лап;  $\delta$  - кут відхилення культиватора від прямолінійного руху.

При виборі значення перекриття необхідно враховувати конструкцію системи кріплення лап до рами культиватора. Якщо лапи кріпляться до рами культиватора на довгих індивідуальних повідках, то перекриття береться більшим (60 – 80 мм) порівняно із секційною або поперечно рамною системою кріплення (40 – 60 мм).

Довжину коліна осі коліс визначають із залежності [2]:

$$l_{oc} = \frac{H + H_n - \left(a + \frac{D}{2}\right)}{\cos \beta}, \quad (1.7)$$

де  $H_n$  - висота підшипника коліна осі колеса, мм;

$a$  - максимальна глибина обробітку, мм;

$D$  - діаметр колеса, мм;

$\beta$  - кут, утворений коліном осі з вертикаллю в робочому положенні культиватора ( $\beta$  не більше  $85^\circ$ ).

Висоту підшипника  $H_n$  визначають за виразом [2]:

$$H_n = \frac{m + d_0}{2} + (15 \dots 20), \quad (1.8)$$

де  $m$  - висота профілю рами, мм;

$d_0$  - діаметр осі коліна, мм.

Маючи всі ці параметри, на компоновочну схему наносять колеса і місця їх кріплення до рами.

При розробці компоновочної схеми причіпного культиватора, опираючись на існуючі конструкції, на схему наносять сницю та кінематичну схему механізму піднімання і опускання робочих органів за допомогою гідроциліндра, а також показують місце приєднання задньої частини повідків до рами.



Якщо рама складається з кількох секцій, то необхідно показати механізм піднімання і опускання робочих органів середньої секції і механізм переведення крайніх секцій у транспортне положення.

На другому листі відповідно до завдання накреслити в масштабі схему деформації ґрунту розпушувальними лапами та схему розміщення полільних лап з нанесенням розмірів. Крім цього, накреслити одну із удосконалених складальних одиниць спроектованого культиватора (кріплення стояка лапи до повідка, шарнірного з'єднання секцій начіпного культиватора, підшипника коліна осі колеса, замка автозчіпки, причепа культиватора до трактора та інше) і одну із удосконалених деталей.

Основною умовою, якою слід керуватися при визначенні поперечного розміщення лап, є забезпечення підрізування бур'янів на всій ширині захвату культиватора, для чого лапи розміщують з деяким перекриттям (рис. 1.1), значення якого визначають із залежності [2]:

$$c = L_n \operatorname{tg} \delta, \quad (1.9)$$

де  $c$  - значення перекриття зони дії лап, мм;

$L_n$  - відстань між рядами лап по ходу культиватора, мм;

$\delta$  - кут відхилення культиватора від прямолінійного руху,  $\delta = (7^\circ - 9^\circ)$ .

При виборі значення перекриття необхідно враховувати конструкцію системи кріплення лап до рами культиватора. Якщо лапи кріпляться до рами культиватора на довгих індивідуальних повідках, то перекриття береться більшим (60 – 80 мм) порівняно із секційною або поперечно рамною системою кріплення (40 – 60 мм).

### 1.2.3.2. Визначення кількості полільних лап

Кількість полільних лап  $n$ , якщо вони мають однакову ширину захвату, визначають із залежності [2]:

$$n = \frac{B_k - c}{b - c}, \quad (1.10)$$

де  $B_k$  - прийнята ширина захвату культиватора, мм;

$b$  - ширина захвату вибраної лапи, мм;

$c$  - перекриття лап, мм.

Після розрахунку кількості полільних лап необхідно вказати прийняту загальну кількість лап, якими буде комплектуватися культиватор.

Часто культиватори для важких умов роботи комплектують лапами, різними за шириною. В передньому ряду встановлюють лапи з меншою шириною захвату, ніж у задньому. В цьому випадку кількість лап у передньому ряду визначають із залежності:

$$n_1 = \frac{B_k - b_2 - c}{b_1 + b_2 - 2c}, \quad (1.11)$$

де  $n_1$  - кількість лап у передньому ряду, шт.;

$b_1$  - ширина захвату лапи переднього ряду, мм;

$b_2$  - ширина захвату лапи заднього ряду, мм.

Після обчислення приймають цілу величину кількості лап переднього ряду, заокруглюючи до більшого значення.

Кількість лап заднього ряду беруть більшою на одиницю:



$$n_2 = n_1 + 1,$$

де  $n_2$  - кількість лап у задньому ряду.

**Після цього визначають загальну кількість полієних лап на культиваторі.**

#### 1.2.4. Обґрунтування та проектування компоновочної схеми культиватора

Компоновочна схема культиватора розробляється, виходячи із аналізу розглянутих у огляді конструкцій культиваторів для суцільного обробітку ґрунту, виконаних розрахунків та прагнення до максимальної уніфікації запроєктованого культиватора з існуючими конструкціями.

Схему наносять на лист розміром 594x841 мм (формат А1) у двох проекціях у певному масштабі.

Побудову компоновочної системи починають з креслення в тонких лініях схеми рами культиватора у двох проекціях (рис. 1.2). Ширину рами можна вибрати дещо меншою за прийнятну ширину захвату культиватора.

Після цього вибирають місце шарнірного приєднання передньої частини повідків (гряділів) до рами культиватора, виходячи із конструктивних міркувань, враховуючи, що культиватор повинен мати мінімальні масу і габарити. Тобто шарнірне приєднання передньої частини повідків доцільно розміщувати на передньому поперечному брусі.

Знаючи висоту  $H$  розміщення шарнірного кріплення повідка від площини леза лапи в робочому положенні та відстань  $L_{кр}$  від проекції шарніра на площину лез лап до носка передньої лапи, а також параметри лап і їх стояків, наносять на схемі повідки передніх лап і самі лапи [2].

Задні лапи і повідки наносять на схему за даними проведених обчислень відстані між рядами лап та розмірами стояків і лап.

На компоновочній схемі доцільно було б на одній половині проекції культиватора (вид зверху) розмістити полієні лапи, а на другій – розпушувальні. Це необхідно зазначити на кресленні схеми.

Потім вибирають конструкцію опорних коліс і місце їх розташування. Ширину колії  $K$  опорних коліс при їх розміщенні всередині рами вибирають залежно від ширини захвату культиватора:

$$\begin{aligned} \text{при } B_k = 2,0 - 2,8 \text{ м} & \quad K \approx 1/2 B_k, \\ \text{при } B_k = 2,8 - 4,2 \text{ м} & \quad K \approx 1/3 B_k. \end{aligned}$$

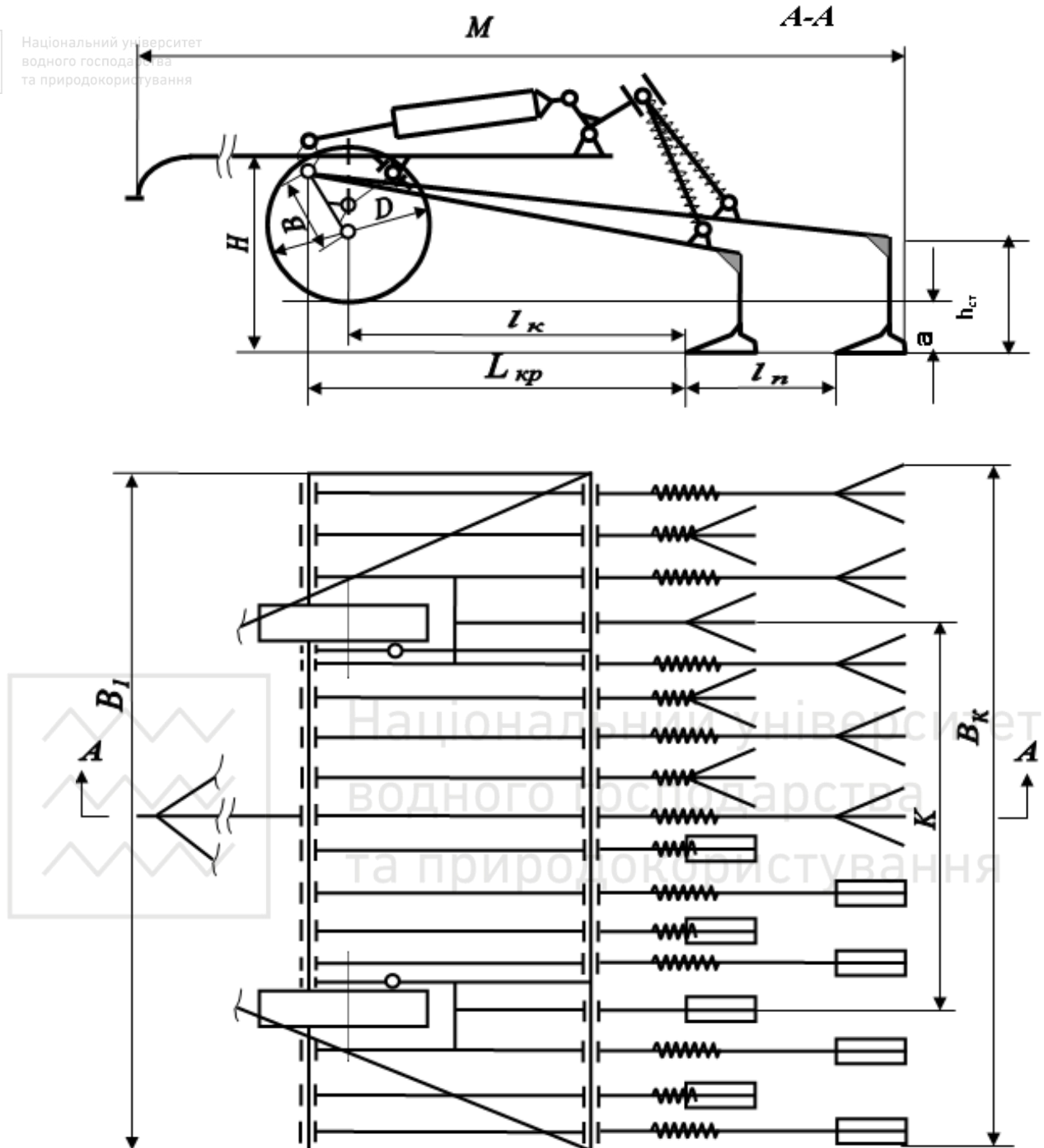
Розміщуються колеса перед переднім рядом лап на відстані, яку визначають із залежності [2]:

$$l_k \geq 2a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi) + h', \quad (1.12)$$

де  $l_k$  - відстань від носків переднього ряду лап до проекції осі колеса на площину лез переднього ряду лап, мм;  $a$  - максимальна глибина обробітку ґрунту лапами, мм;  $\alpha$  - кут нахилу грудей лапи, град.;  $\varphi$  - кут тертя ґрунту по сталі, град.;  $h'$  - величина, що враховує вдавлювання колеса в ґрунт,  $h' = 60 - 100$  мм.

Для жорсткої системи кріплення робочих органів рекомендується приймати  $H = 500 \dots 650$  мм, а  $L_{кр} > 2H$  (значення  $H$  визначається відносно нижньої точки навіски культиватора на трактор) [2, 3].





**Рис. 1.2. Компоновочна схема культиватора**

де  $l_k$  - відстань від носків переднього ряду лап до проекції осі колеса на площину лез переднього ряду лап, мм;  $a$  - максимальна глибина обробітку ґрунту лапами, мм;  $\alpha$  - кут нахилу грудей лапи, град.;  $\varphi$  - кут тертя ґрунту по сталі, град.;  $h'$  - величина, що враховує вдвлювання колеса в ґрунт,  $h' = 60 - 100$  мм.

### 1.2.5. Схема розміщення розпушувальних лап

Основними умовами розміщення розпушувальних лап є забезпечення суцільного розпушування ґрунту на поверхні поля і запобігання забиванню простору між лапами і ґрунтом.

Розпушувальні лапи кріпляться до рами культиватора (по ходу) як в два, так і в три ряди. Відстань між рядами лап, за рекомендацією проф. Жигалова [2], вибирається із умови:



де  $L_p$  - відстань між рядами лап, мм;

$L_1$  - зона деформації ґрунту (рис. 1.2), яка, в свою чергу, визначається із залежності:

$$L_p \geq L_1, \quad (1.13)$$

$$L_1 = l_0 + a \cdot \operatorname{tg}(\alpha + \varphi), \quad (1.14)$$

де  $l_0$  - виліт носка лапи, мм;

$a$  - максимальна глибина обробітку, мм;

$\alpha$  - кут встановлення лапи, град.;

$\varphi$  - кут тертя ґрунту по сталі, град.

Оптимальне значення відстані між рядами лап  $L_p$ , як показує практика, при глибині обробітку ґрунту до 20 см знаходиться в межах 480 - 600 мм, а при глибині обробітку до 25 см – 600 - 650 мм.

**Вказати, яка відстань між рядами лап  $L_p$  приймається.**

Розпушувальні лапи в рядах розміщують без перекриття, тому що ширина розпушеного лапою шару ґрунту більша за її конструктивну ширину.

Відстань  $A$  між розпушувальними лапами в рядах вибирають за умови, що при дворядному розміщенні розпушувальних лап  $2A_1 > A > A_1$ , а при трирядному  $3A_1 > A > 2A_1$ .

Значення  $A_1$  визначаються із залежності:

$$A_1 = b + \frac{2a \cdot \operatorname{tg} \frac{\omega}{2}}{\cos(\alpha + \varphi)}, \quad (1.15)$$

де  $A_1$  - ширина розпушеної зони ґрунту на поверхні поля, мм.

$b$  - ширина розпушувальної лапи, мм;

$a$  - максимальна глибина обробітку ґрунту, мм;  $\alpha$  - кут встановлення лапи, град.;

$\varphi$  - кут тертя ґрунту по сталі, град.;

$\omega$  - кут сколювання ґрунту ( $\omega \approx 50^\circ$ ).

Записати прийняте числове значення відстані між лапами в рядах ( $A$ ) в розрахунково-пояснювальну записку.

### 1.2.6. Визначення кількості розпушувальних лап

Кількість розпушувальних лап культиватора визначають із залежності:

$$n_p = \frac{B_k}{t}, \quad (1.16)$$

де  $n_p$  - кількість розпушувальних лап культиватора, шт.;

$B_k$  - прийнята ширина захвату культиватора, мм;

$t$  - відстань між слідами лап, мм (при дворядному розміщенні розпушувальних лап  $t = A/2$ , а при трирядному –  $t = A/3$ ).

### 1.2.7. Вибір системи кріплення робочих органів до рами культиватора

Система кріплення робочих органів (лап) до рами культиватора повинна забезпечувати при роботі їх стійкий хід на фіксованій глибині обробітку ґрунту.

Застосовують дві системи кріплення - жорстку і шарнірну. Шарнірна, в свою чергу, може бути одношарнірною (радіальною) і багатошарнірною (паралелограмною).



На культиваторах для суцільного обробітку ґрунту широке застосування знайшла одношарнірна система кріплення (рис. 1.3), а на культиваторах для глибокого розпушування - жорстка.

При одношарнірній системі кріплення стійкість робочих органів на фіксованій глибині досягається за умови:

$$M_{min} = P_n l_n + P_z l_z > 0, \quad (1.17)$$

де  $M_{min}$  - момент сил опору, Н·м;

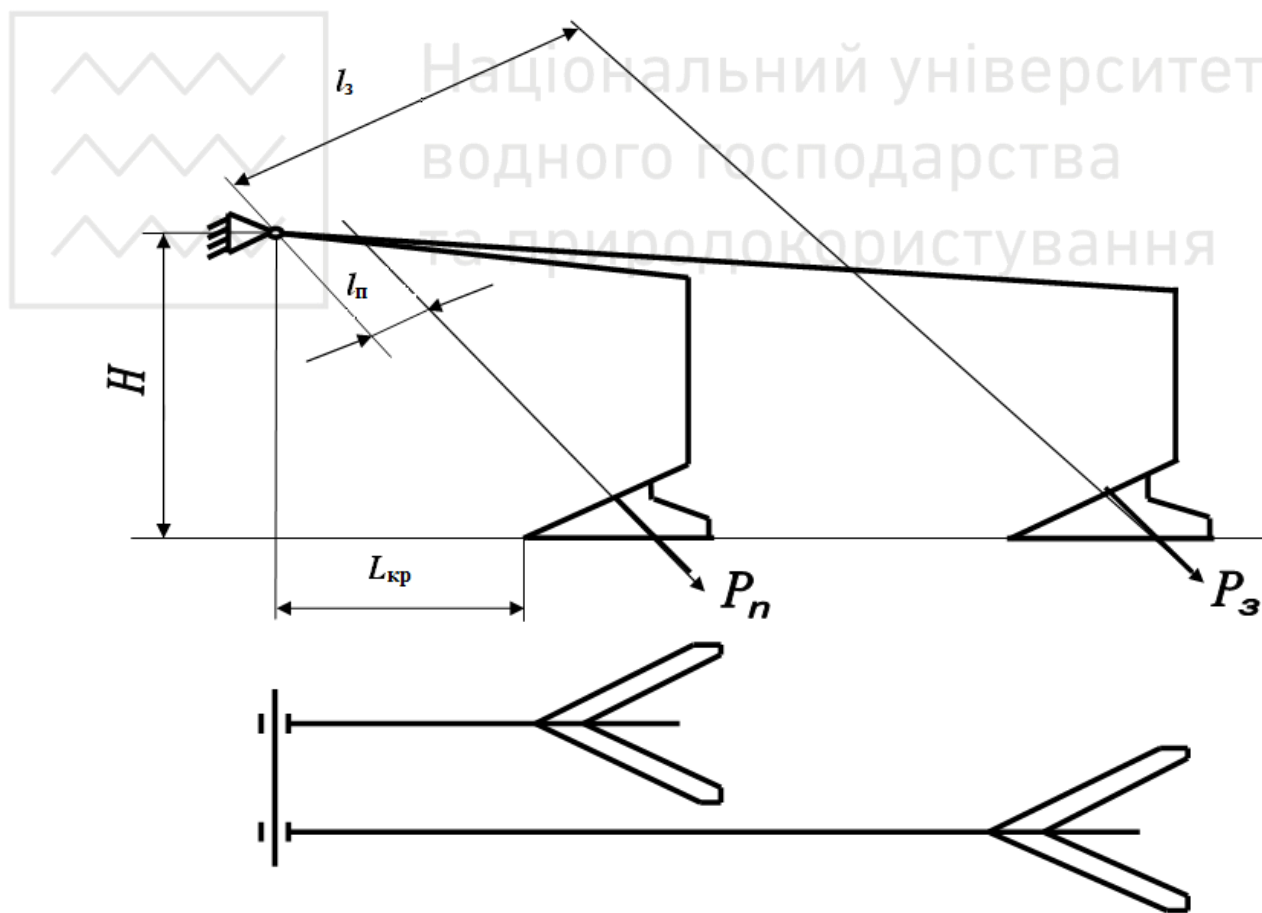
$P_n$  і  $P_z$  - рівнодіючі сили опору передніх і задніх робочих органів, Н;

$l_n$  і  $l_z$  - відповідні плечі сил  $P_n$  і  $P_z$ , м.

Для досягнення цієї умови рекомендується приймати відстань від носків передніх лап до проекції шарніра кріплення повідка до рами на площину леза лапи (рис.3) близькою до висоти  $H$  розміщення шарніра кріплення повідка відносно площини леза лапи ( $H \approx L_{кр}$ ).

Оптимальні значення цих параметрів, як показує практика, знаходяться в межах 500 - 600 мм. При цьому бажано, щоб значення  $H$  було, по можливості, найменшим, а  $L_{кр}$  - найбільшим. Значення  $H$  обмежується прохідністю культиватора.

Для жорсткої системи кріплення робочих органів рекомендується приймати  $H = 500...650$  мм, а  $L_{кр} > 2H$  (значення  $H$  визначається відносно нижньої точки навіски культиватора на трактор) [2, 3].



**Рис. 1.3.** Схема одношарнірного індивідуально-повідкового кріплення робочих органів до рами:  $P_n$  і  $P_z$  – рівнодійні сили опору передніх і задніх робочих органів;  $l_n$  і  $l_z$  – плечі сил  $P_n$  і  $P_z$ ;  $H$  – висота розміщення шарніра кріплення повідка лапи культиватора відносно площини леза лапи;  $L_{кр}$  – відстань від носка передньої лапи до шарніра кріплення повідка лапи.



Довжину коліна осі коліс визначають із залежності [2]:

$$l_{oc} = \frac{H + H_n - \left(a + \frac{D}{2}\right)}{\cos \beta}, \quad (1.18)$$

де  $H_n$  - висота підшипника коліна осі колеса, мм;

$a$  - максимальна глибина обробітку, мм;

$D$  - діаметр колеса, мм;

$\beta$  - кут, утворений коліном осі з вертикаллю в робочому положенні культиватора ( $\beta$  не більше  $85^\circ$ ).

Висоту підшипника  $H_n$  визначають за виразом [2]:

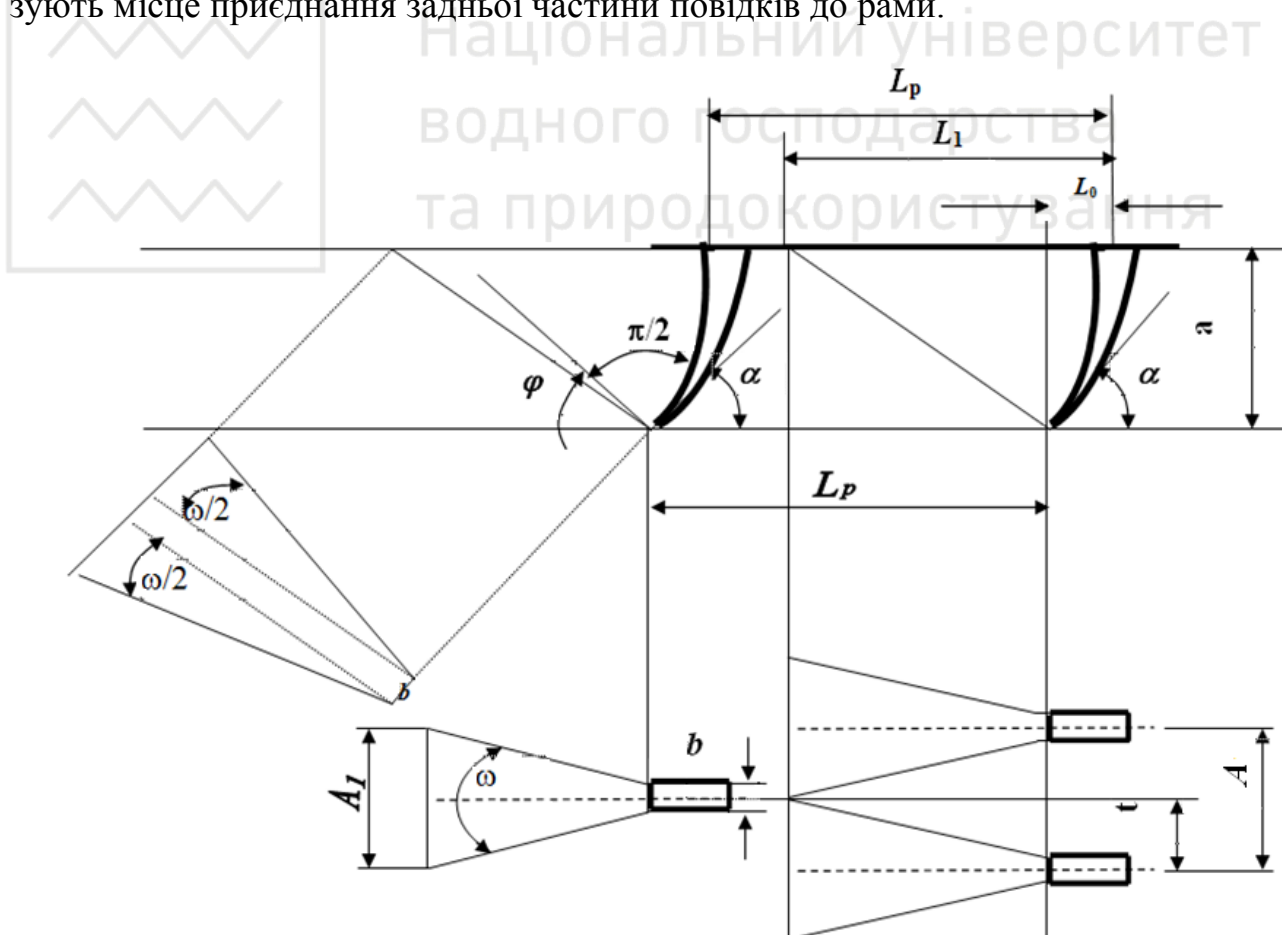
$$H_n = \frac{m + d_o}{2} + (15 \dots 20), \quad (1.19)$$

де  $m$  - висота профілю рами, мм;

$d_o$  - діаметр осі коліна, мм.

Маючи всі ці параметри, на компоновочну схему наносять колеса і місця їх кріплення до рами.

При розробці компоновочної схеми причіпного культиватора, опираючись на існуючі конструкції, на схему наносять сницю та кінематичну схему механізму піднімання і опускання робочих органів за допомогою гідроциліндра, а також показують місце приєднання задньої частини повідків до рами.



**Рис. 1.4.** Схема розміщення розпушувальних лап:  $a$  - максимальна глибина обробітку;  $l_0$  - виліт носка лапи;  $b$  - ширина лапи;  $A$  - відстань між лапами в ряду;  $A_1$  - ширина зони деформації ґрунту;  $L_p$  - відстань між рядами лап;  $\varphi$  - кут тертя;  $\omega$  - кут сколювання ґрунту;  $\alpha$  - кут встановлення лапи;  $L_1$  - довжина зони деформації ґрунту;  $t$  - відстань між слідами лап.



## ДОДАТКИ

### Д.1.1. Питомий опір ґрунту залежно від виду і глибини обробітку (за останньою цифрою залікової книжки)

Варіант	Вид обробітку і тип робочих органів	Глибина обробітку $a$ , см.	Питомий опір $k$ , кН/м
0 1	Культивація міжрядь і обробіток парів полільними лапами	7 - 8 10 - 12	1,0 - 1,3 1,1 - 1,7
2 3 4	Культивація широкозахватними плоскорізальними лапами	7 - 8 10 - 12 13 - 16	0,8 - 1,0 0,9 - 1,4 1,5 - 2,2
5 6 7	Глибоке розпушування вузькозахватними розпушувальними лапами на жорстких стояках	14 - 16 18 - 20 21 - 23	3,0 - 3,3 3,3 - 4,8 5,0 - 5,5
8 9	Поверхневий обробіток ґрунту: - розпушувальними лапами на пружинних стояках - штанговими культиваторами	10 - 12 8 - 10	1,8 - 2,0 1,8 - 2,3

### Д.1.2. Тягове зусилля тракторів залежно від швидкості руху (за останньою цифрою залікової книжки)

Варіант	Клас трактора	Швидкість руху, м/с	Максимальне тягове зусилля, кН
0-2	1,4	2,2 2,8	14,0 11,5
3-5	2,0	2,2 2,8	19,0 14,5
6-8	3,0	2,2 2,8	30,0 29,1
9	5,0	2,2	50,0

### Д.1.3. Коефіцієнт опору перекочуванню коліс (за останньою цифрою залікової книжки)

Варіант	Умови перекочування	Тип коліс	
		зі стальними ободами	з пневматичними шинами
0-2	Асфальт	0,015	0,02
3-4	Стерня	0,015	0,10
5-6	Оранка злежана	0,16	0,12
7-9	Поле свіжо виоране	0,22	0,16

### Д.1.4. Характеристика тракторних зчіпок (за останньою цифрою залікової книжки)

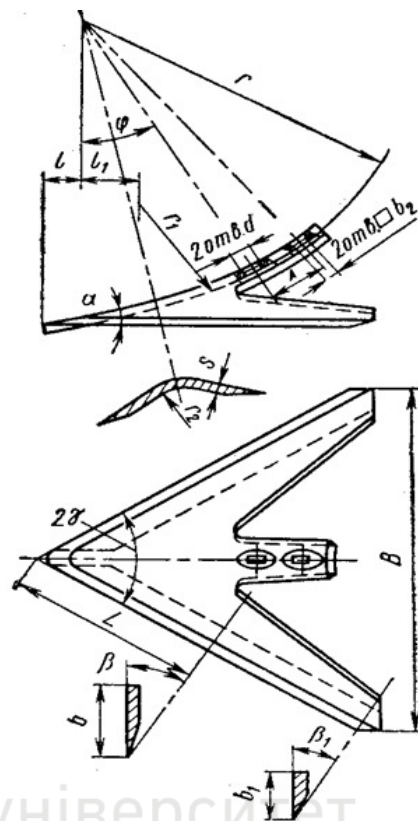
Варіант	Марка зчіпки	Робоча ширина, м	Клас тракторів, з яким агрегатується	Маса, кг
0-2	СП-16А	16	3 - 5	2360
3-4	СП-11А	12	3	1110
5-6	СН-75	12	3	1500
7-9	С-11У	12	1,4	750

### Д.1.5. Основні параметри культиваторних лап



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Тип культиватор-ної лапи	Основні параметри			
	Кут розхилу лапи $2\gamma$ , град.	Кут нахилу грудей, $\alpha$ , град.	Виліт носка лапи $L$ , мм	Ширина захвату $b$ , мм
Універсальні стрілочасті	60 - 68	13 - 16		220 - 330
Плоскорізальні стрілочасті	60 - 70	6		145 - 290
Розпушувальні долотоподібні	-	40	110 - 205	20
Розпушувальний пружний зуб		90	180 - 236	25



### Д.1.6. Основні параметри жорстких стояків культиваторних лап

Параметри	Типорозмір				
	1	2	3	4	5
Стояки для кріплення полільних однобічних лап					
Висота $H$ , мм	192	266	284	326	113
Ширина $b$ , мм	36	36	45	45	64
Товщина $S$ , мм	10	10	12	12	8
Маса $m$ , кг	0,54	1,1	1,2	1,38	0,4
Стояки для кріплення стрілочастих лап з хвостовиками					
Висота $H$ , мм	400	400	440	440	460
Виліт носка $L$ , мм	170	170	170	170	170
Ширина $b$ , мм	14/30	14/30	14/30	14/30	14/30
Товщина $S$ , мм	45	45	45	45	45
Стояки для кріплення універсальних та розпушувальних лап					
Виліт носка $L$ , мм	121	128	95	121	121
Кут установки, град.	45	45	52	45	45
Пружні стояки					
Висота $H$ , мм	615	450	440	-	-
Виліт носка $L$ , мм	-330	-(20 - 60)	0		
Радіус вигину стояка, мм	338	-	230		

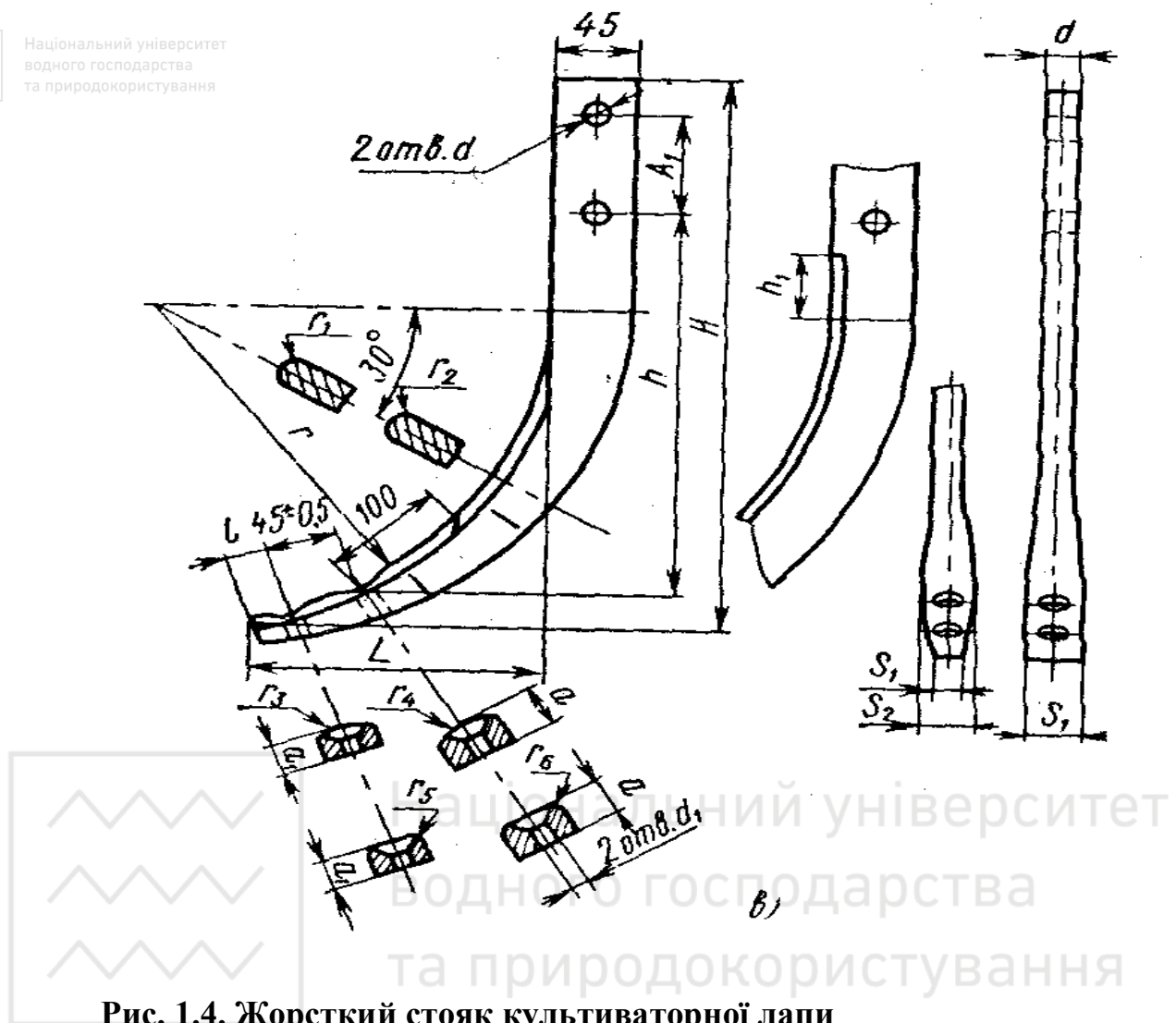


Рис. 1.4. Жорсткий стояк культиваторної лапи

### Запитання для самоконтролю

1. Які показники враховуються при визначенні розрахункової ширини захвату культиватора?
2. Охарактеризуйте основні робочі органи, що застосовуються для суцільного обробітку ґрунту на культиваторах.
3. Яка оптимальна відстань між рядами лап по ходу культиватора?
4. Якою основною умовою слід керуватись при визначенні поперечного розміщення лап культиваторів?
5. Якими умовами слід керуватись при розміщенні розпушувальних лап?
6. Якими умовами слід керуватись при виборі системи кріплення робочих органів до рами культиватора?
7. Наведіть системи кріплення робочих органів (лап) до рами культиватора.



## ВИЗНАЧЕННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧОГО ОРГАНА ГРУНТООБРОБНОЇ ФРЕЗИ

*Мета роботи: побудувати траєкторії руху ножів ґрунтообробної фрези та визначити висоту гребенів дна борозни.*

*Формат листа графічної частини - А3 Рекомендований масштаб -1:5*

### I. ЗАГАЛЬНІ ТЕОРЕТИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ

Відомо, що одним з ефективних способів обробітку ґрунту є фрезерування. Фрезерування позитивно впливає на агрофізичні та механічні властивості ґрунту, покращує його водний та повітряний режими. Перемішування шарів ґрунту позитивно впливає на біологічну активність середовища і підвищує врожайність сільськогосподарських культур.

Застосовують фрези з горизонтальною, вертикальною та похилою осями обертання. Найбільшого поширення набули фрези з горизонтальною віссю обертання. Напрямок обертання фрези може співпадати з напрямком обертання ведучих коліс трактора - пряме фрезерування і бути протилежним йому - зворотне фрезерування.

Розглянемо процес роботи фрези з прямим напрямком обертання. На рис. 4.1 наведено схему до визначення основних технологічних показників роботи ґрунтообробної фрези.

Точка  $A$  ножа  $H_1$  фрези описує траєкторію у вигляді циклоїди відповідно до системи рівнянь:

$$\begin{cases} x_A = R \cdot \left( \frac{\omega \cdot t}{\lambda} + \cos \omega t \right), \\ y_A = R \cdot \sin \omega t \end{cases} \quad (4.1)$$

де  $R$  - радіус фрезерного барабана по лезах ножів;

$\omega$  - кутова швидкість фрез барабана;

$\lambda$  - показник кінематичного режиму фрези;

$$\lambda = \omega \cdot R / V, \quad (4.2)$$

де  $V$  - швидкість руху агрегату, м/с.

Форма циклоїди залежить від величини  $\lambda$ . Якщо  $\lambda < 1$ , має місце скорочена циклоїда, і якщо  $\lambda > 1$  - подовжена циклоїда (рис. 4.2). У першому разі ніж входить у ґрунт своєю тильною частиною і процес різання неможливий. Тому  $\lambda$  повинен бути завжди більше одиниці.

Шлях, який проходить ґрунтообробний фрезерний агрегат за один оберт фрези барабана, називається подачею на фрезу, яку визначають за формулою:

$$S = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\lambda}. \quad (4.3)$$

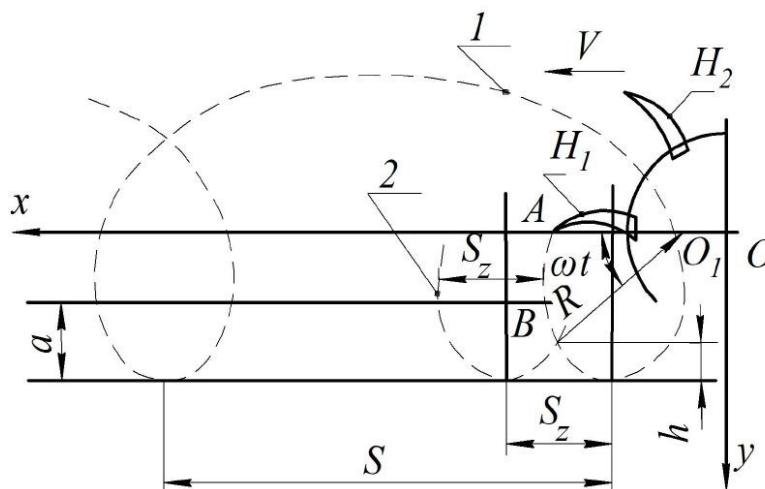




Траєкторії руху двох суміжних ножів зміщені по горизонталі на величину  $S_z$ , яка називається подачею на ніж (рис. 5.1). Подачу на ніж обчислюють як

$$S_z = \frac{2 \cdot \pi \cdot R}{\lambda \cdot z}, \quad (4.4)$$

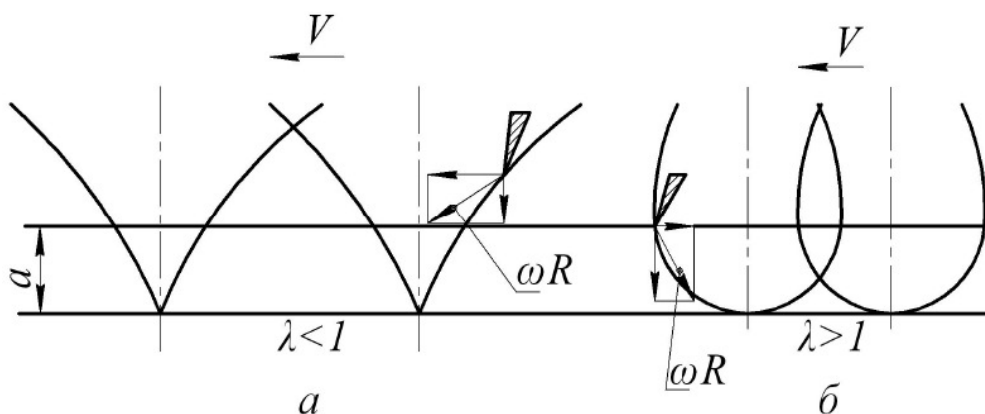
де  $Z$  - кількість ножів на одному диску фрез барабана.



**Рис. 4.1.** Схема до визначення основних параметрів роботи ґрунтообробної фрези: 1 - траєкторія ножа  $H_1$ ; 2 - траєкторія ножа  $H_2$ ;  $a$  - глибина обробітку;  $h$  - висота гребенів

З формули (4.4) видно, що подача на ніж залежить і від конструктивних параметрів фрези  $R$  та  $Z$ , і від кінематичного параметра  $\lambda$ . Як правило, подача на ніж становить для просапних та болотних фрез 30-60 мм, польових - 10-15 см, а для ротаційних плугів - 200-250 мм.

Від величини подачі на ніж залежить висота гребенів  $h$ , що залишаються на дні борозни після проходження фрези. Величина  $h$  графічно визначається положенням точки  $B$  перетину двох суміжних траєкторій руху ножів фрезерного барабана (рис. 4.1).



**Рис. 4.2.** Форма траєкторії руху ножів залежно від величини  $\lambda$ : а - скорочена циклоїда; б - подовжена циклоїда

Гребенистість дна борозни є одним з важливих агротехнічних показників роботи ґрунтообробної фрези. За агровимогами висота гребенів не повинна перевищувати 0,2 глибини обробітку, тобто  $k < 0,2 a$ . Виходячи з цього, кінематичний параметр роботи фрези може бути визначений за формулою



$$\lambda > \frac{\left(\frac{\pi}{z} + \frac{\pi}{2}\right) - \arcsin\left(1 - \frac{0,2 \cdot a}{R}\right)}{\sqrt{\frac{0,4 \cdot a}{R} - \frac{0,04 \cdot a^2}{R^2}}}. \quad (4.5)$$

### ПОРЯДОК ВИКОНАННЯ РОБОТИ

Побудувати траєкторії руху ножів ґрунтообробної фрези та визначити висоту гребенів dna борозни.

- 1) Записати вихідні дані відповідно до заданого варіанта (табл. 4.1).
- 2) За формулою (4.5) визначити параметр  $\lambda$ .
- 3) Визначити подачу на фрезу та подачу на ніж за формулами (4.3) та (4.4).

Таблиця 4.1

#### Вихідні дані для визначення основних параметрів робочого органа ґрунтообробної фрези

Варіант	Марка фрезерної машини	Кутова швидкість фрезерного барабана $\omega$ , $\text{с}^{-1}$	Глибина обробітку $a$ , мм	Радіус фрез барабана $R$ , м	Кількість ножів $Z$
1	ФБ-2,0	24,5	220	0,35	8
2	ФБ-2,0	26,4	180	0,30	4
3	ФБН-1,5	25,2	200	0,32	6
4	ФБН-1,5	22,2	150	0,32	8
5	ФБН-2,0	22,0	250	0,36	8
6	ФБН-2,0	27,2	230	0,31	4
7	ФКН-1,7	25,3	200	0,42	4
8	ФН-1	28,4	280	0,46	4
9	ФН-1	22,7	250	0,46	6
10	ФС-0.7А	20,9	170	0,30	6
11	ФС-0.7А	22,4	100	0,30	4
12	ЕМ-12А	31,4	120	0,26	6
13	ЕМ-12А	28,0	160	0,28	8
14	ФП-2	20,5	180	0,27	8
15	АМР-1,5	32,8	200	0,32	4
16	АМР-1,5	26,6	200	0,32	8
17	ФПН-2,8	33,5	80	0,25	4
18	ФКШ-2,7	24,0	40	0,22	6
19	ФКШ-2,7	26,2	60	0,22	4
20	ФПУ-4,2	22,4	100	0,26	8
21	ФПУ-4,2	28,0	120	0,26	4
22	ФБН-2,0	26,0	270	0,36	4
23	ФБН-1,5	21,2	230	0,32	6
24	ФКН-1,7	29,3	290	0,42	6
25	ФН-1	23,4	250	0,46	8

4). Виконати графічні побудови у такій послідовності:

В обраному масштабі накреслити коло радіусом  $R$  (рис. 4.3);

- через центр  $O$  провести горизонтальну лінію і відкласти на ній подачу на фрезу  $S$ ;

- поділити коло і подачу  $S$  на однакову кількість частин: 8, 12 або 16 (чим більше частин розподілу, тим точніше графічна побудова). Точки розподілу позначити. Наприклад,  $A, B, \dots, H$  - по колу та 1, 2, ..., 8 - по горизонталі;

- за початкове положення прийняти ніж з лезом в точці  $A$  - перша точка траєкторії руху ножа. За час, поки ніж з точки  $A$  перейде за рахунок обертання фрезерного барабана в точку  $B$ , центр обертання фрезерного барабана  $O$  переміститься в точку  $I$ . Для визначення положення леза ножа в цей момент треба з точки  $I$  провести пряму, паралельну  $OB$ , і, відклавши на ній радіус  $R$ , знайти точку  $I$ . Подібним чином визначають точки  $II, III, \dots, VIII$  і з'єднують їх плавною кривою;

- на ділянках, коли ніж рухається в ґрунті, тобто в межах глибини  $a$ , показують ще декілька траєкторій руху ножів у площині різання; кожна з цих траєкторій зміщена в напрямку руху машини на величину  $S_z$ .

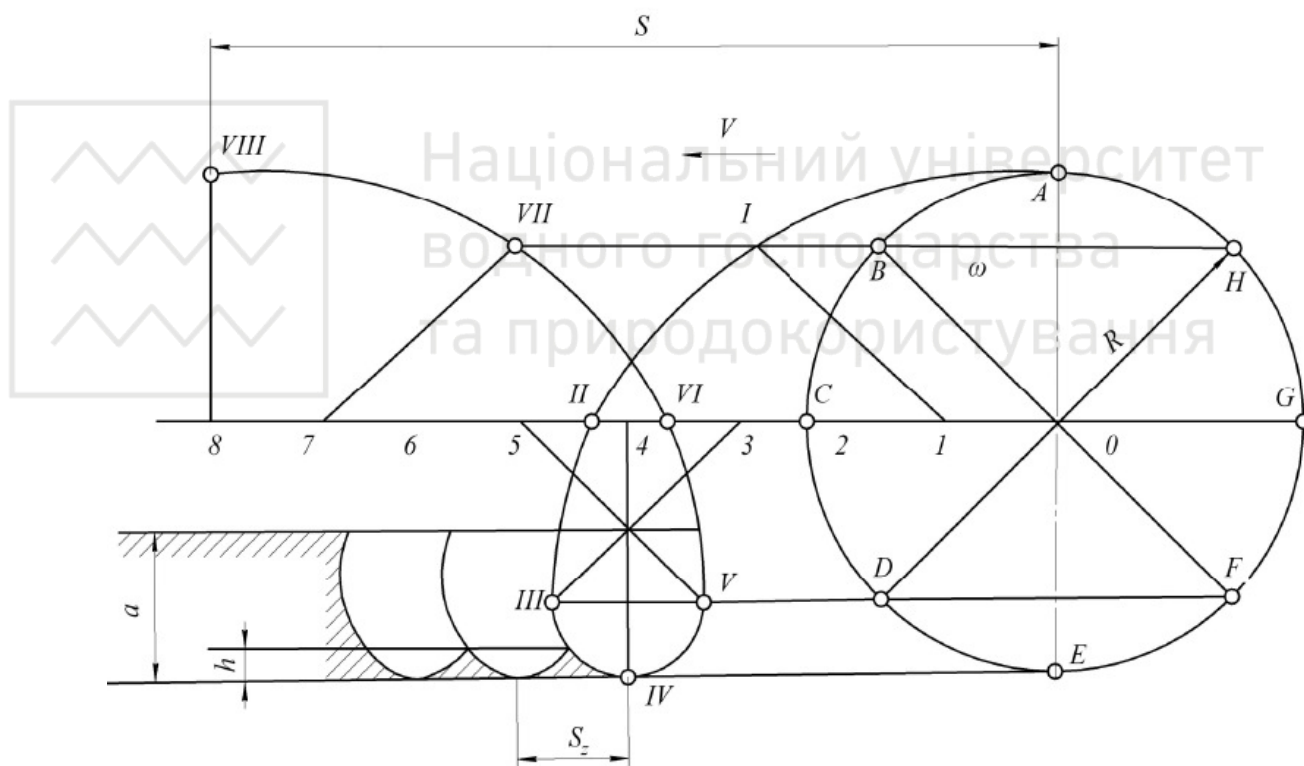


Рис. 4.3. Траєкторія руху ножів фрези

Із графічних побудов, з урахуванням масштабу, визначити висоту гребенів  $h$  і перевірити виконання агровимоги  $h < 0,2 a$ .

### Запитання для самоконтролю

1. Якими технічними засобами можна зменшити реакцію ножа на вісь його кріплення?
2. Як впливають умови роботи на геометричну форму ножа?
3. У який спосіб можна знизити рівень вібрації машини в процесі роботи?
4. З якого матеріалу виготовляють ножі? Чому?
5. Яким чином кінематичний режим роботи впливає на розміри грудок?



## Задачі за темою “Визначення основних параметрів робочого органа грунтообробної фрези”

1. Визначити подачу на ніж фрези, побудувати траєкторію абсолютного руху двох послідовно працюючих один за одним ножів і обчислити розрахункову товщину стружки, що знімається ножем, якщо діаметр барабана 350 мм, частота його обертання  $240 \text{ хв}^{-1}$ , число ножів на секції 6 (3 ножі з лівим нахилом і 3 ножі з правим), глибина обробітку ґрунту 10 см і швидкість переміщення машини 1,1 м/с.

2. Розрахувати частоту обертання фрезерного барабана діаметром 350 мм зі швидкістю переміщення машини 1,4 м/с і глибиною обробітку ґрунту 10 см. У момент входження ножа у ґрунт абсолютна швидкість його спрямована вертикально вниз.

3. Визначити показник кінематичного режиму роботи фрези за умови отримання гребенів на дні борозни висотою 2 см. Діаметр фрезерного барабана 350 мм, число ножів 4, коефіцієнт, що враховує ковзання ґрунтової стружки, 0,5.

4. Визначити потужність, що необхідна для роботи фрези на фрезерування дернини за умов: ширина захвату 2 м, діаметр фрезерного барабана  $D = 710$  мм, частота обертання барабана  $n = 234 \text{ хв}^{-1}$ , загальне число ножів 120 (на одній секції закріплено 4 ножі з лівим нахилом і 4 ножі з правим), один ніж знімає стружку ґрунту шириною 6,7 см, глибина обробітку ґрунту 20 см, швидкість переміщення фрези 0,875 м/с, сила тяжіння фрези 20000 Н, коефіцієнт перекочування 0,2, коефіцієнт опору деформації ґрунту 0,15 МПа, щільність ґрунту  $1,3 \text{ г/см}^3$ .

5. Фреза характеризується такими основними параметрами: діаметр фрезерного барабана по кінцях ножів  $D = 710$  мм, число ножів на кожному диску  $r = 7$ , частота обертання фрезерного барабана  $n = 200 \text{ хв}^{-1}$ . Визначити показник кінематичного режиму роботи  $X$  та робочу швидкість агрегату  $V$ , на яку необхідно його налаштувати.

6. Визначити показник кінематичного режиму роботи і робочу швидкість фрези при подачі на зуб 30-60 мм. Вихідні дані: діаметр барабана фрези 710 мм, число ножів на диску 6, частота обертання барабана  $240 \text{ хв}^{-1}$ .