

С.І. Шмат, проф., канд. техн. наук, В.Ф. Гамалій, проф., д-р фіз.-мат. наук,
 О.М. Рева, проф., д-р техн. наук, П.Г. Лузан, доц., канд. техн. наук,
 Ю.В. Мачок, інж., В.В. Воротнюк, асп.

Кіровоградський національний технічний університет

Дослідження і розробка удосконаленої конфігурації стрілчастої лапи культиватора

В статті приведений аналіз роботи стрілчастої лапи культиватора та запропонована удосконалена конструкція, яка зменшує енергетичні витрати на її роботу.

стрілчаста лапа, аналіз сил, розпушення ґрунту, ступінь зношування, передній ніж

Не дивлячись на численні випробування та дослідження стрілчастої лапи культиваторів і зараз мають істотні недоліки: підвищена енергоємність процесу розпушення ґрунту; недовговічність загострення леза, утворення підлапового ущільнення ґрунту.

Наші дослідження показують, що вказані недоліки можна дещо зменшити, покращивши технологічні умови роботи культиваторних лап.

Розглянемо схему роботи лапи та сили, які сприяють рухові частки ґрунту m по її поверхні.

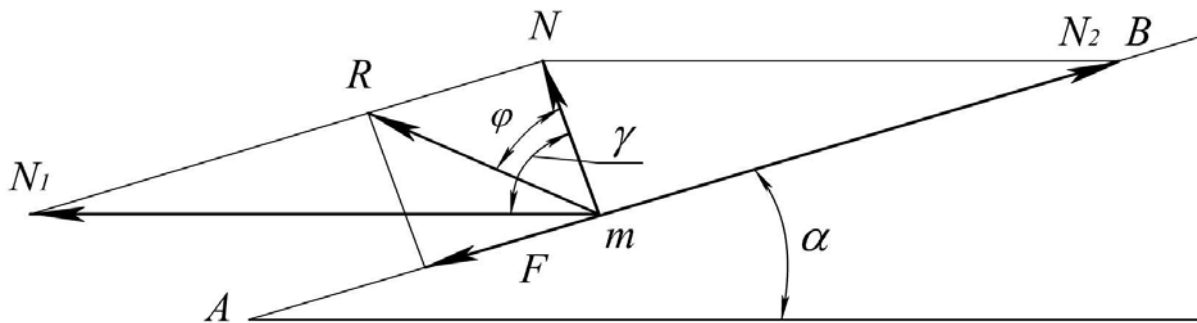


Рисунок 1 – Схема дії сил на частку ґрунту, яка рухається по поверхні лапи

Розкладемо нормальну силу N на дві складові: N_1 – у напрямку руху лапи; N_2 – вздовж поверхні АВ.

На частку також діє сила тертя F . Сили N і F дають результуючу силу R , яка відхилена від сили N на кут тертя φ .

Очевидно, частка m буде рухатись вздовж поверхні при умові:

$$N_2 > F. \quad (1)$$

Із рис. 1 видно, що:

$$N_2 = N \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) \quad (2)$$

$$\text{а } F = N \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (3)$$

тобто умова руху частки вздовж поверхні АВ:

$$N \cdot \operatorname{tg}(90^\circ - \alpha) > N \cdot \operatorname{tg} \varphi, \quad (4)$$

$$\text{або } 90^\circ - \alpha > \varphi \text{ і } \alpha < 90^\circ - \varphi. \quad (5)$$

Тут буде спостерігатись різання з ковзанням, бо сила R знаходиться всередині кута γ : $\varphi < \gamma$, де $\gamma = 90^\circ - \alpha$, тобто ковзання часток ґрунту по поверхні ножа буде у випадку, коли кут γ між напрямком руху і нормальною силою N буде більшим кута тертя частки по поверхні.

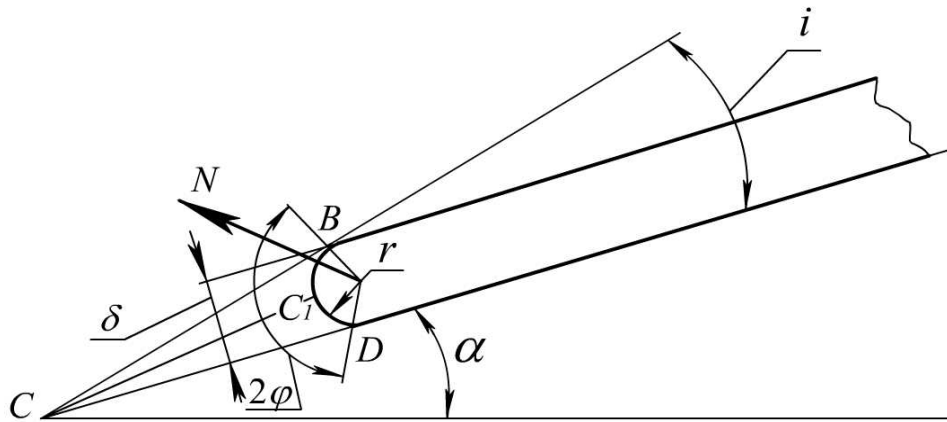


Рисунок 2 – Схема дії сил на затуплене лезо лапи

Під час різання вершина леза (точка C) швидко набирає форму округленої поверхні (дуга BC_1D), яка плавно з'єднує поверхню ножа і гостроту ножа визначає не кут загострення i , а товщина леза δ (рис. 2). За В.О. Желіговським [1] в якості леза служить частина ножа, яка руйнує ґрунт внаслідок його зминання, а в якості поверхні – ті його частини, які розсовують відрізану скибку ґрунту, по яких вона ковзається.

Розглянемо рис. 2. Після деякого часу роботи лезо змінює форму поверхні з загостреної на півколо з радіусом r . В точці C_1 напрямок нормальної сили N майже збігається з напрямком руху, тому $\gamma < \varphi$. Вище і нижче від точок C_1 кут γ зростає і в точках B і D набуває значення $\gamma = \varphi$, а вище точки B : $\gamma > \varphi$. Тобто в межах дуги BC_1D ковзання не буде, товщина леза ножа обмежена кутом 2φ , і визначається хордою $BD = \delta$. Із рис. 2 видно, що $\delta = 2r \cdot \sin \varphi$.

При роботі лапи культиватора можливі два випадки: а) різання скиби ґрунту без переміщення її по поверхні леза; б) різання з ковзанням часток ґрунту по поверхні лапи.

Розглянемо обидва випадки (рис. 3).

Випадок a (рис. 3 a). Тут сила N_2 менша від сили тертя F ($\varphi > \gamma$). Це забезпечує переміщення частки ґрунту без ковзання у напрямку дії сили N_1 (момент зрізування скибки).

Випадок b (рис. 3 b). Оскільки $\gamma > \varphi$ і $N_2 > F$, то це зумовлює ковзання частки ґрунту по поверхні ножа по напрямку R [2].

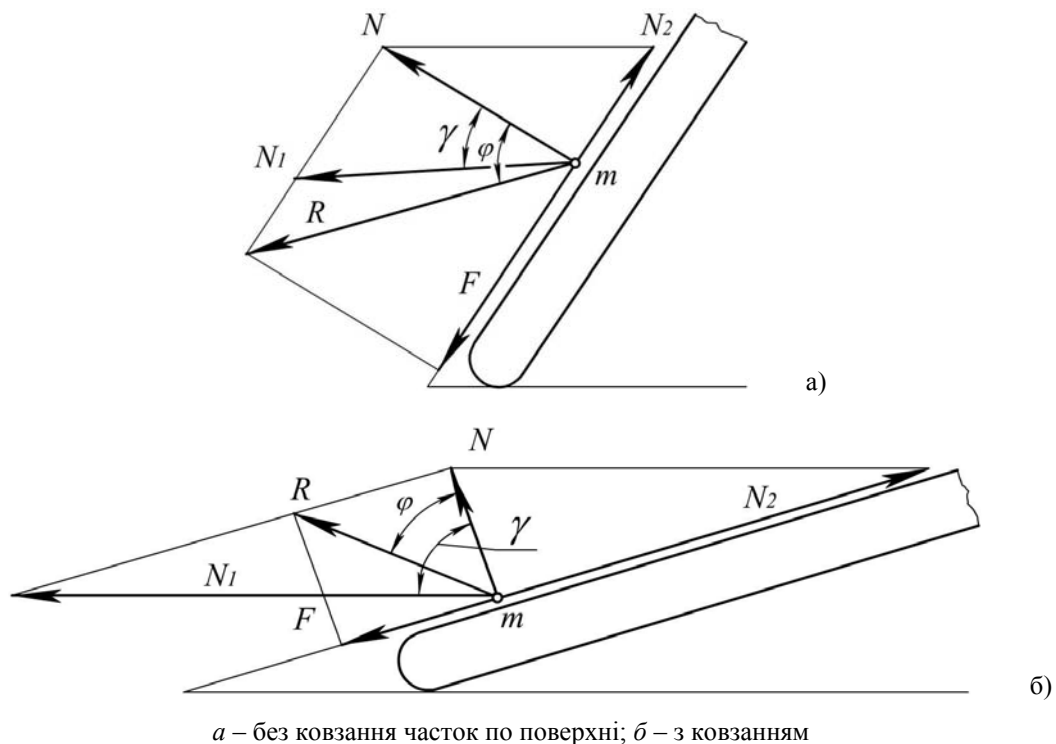
Зрозуміло, що різання з ковзанням потребує меншої сили, ніж при різанні зминанням і при збільшенні цієї різниці зменшується сила опору ґрунту при роботі лапи культиватора. Іншою причиною зменшення сили опору різанню є вибір оптимального кута розхилу лез лапи культиватора.

Силу N можна представити таким чином:

$$N = b \cdot q_p, \quad (6)$$

де b – довжина ділянки леза, яка контактує з ґрунтом;

q_p – інтенсивність навантаження, при якому відбувається різання (питоме навантаження).



а – без ковзання часток по поверхні; б – з ковзанням

Рисунок 3 – Схема різання ґрунту

Робота на процес різання:

$$A = \int_0^{S_k} N dS, \quad (7)$$

де S_k – шлях різання.

В залежності від фізико-механічних властивостей ґрунту, його вологості, гостроти леза q_p змінюється в широких межах.

Зрозуміло, що кількість роботи збільшується зі збільшенням перерізу скиби ґрунту.

При роботі лапи відбувається переміщення ґрунту по поверхні лапи, при цьому сили на переміщення ґрунту залежать від його типу, стану і властивостей, а в першу чергу від кута α підйому лапи, що видно із рис. 1. Сила N_1 , яку потрібно прикласти для руху лапи: $N_1 = N \cdot \sin \alpha$. При зростанні кута α з 10° до 35° сила N_1 зростає в 3,3 рази.

Раніше ми відзначали, що при $\gamma > \phi$, буде поздовжнє переміщення ґрунту по робочій поверхні лапи. При загостреному лезі сили тиску R на скибу діють паралельно між собою і направлені вгору (рис. 4а).

Для випуклої (затупленої) поверхні леза лапи сили R зумовлюють елементарні сили тиску на скибу, які розходяться у різні боки (рис. 4б). В першому випадку відбувається переміщення скиби по поверхні, в другому випадку – відбувається переміщення скиби з її зминанням. Тут зминання сприяє ущільненню ґрунту як в скибі, так і в підлемешному просторі.

Після проходження робочого органу (лапи культиватора чи лемеша плуга) під розпушеним шаром ґрунту утворюється переущільнена підшва глибиною 5...15 см в залежності від типу робочого органу та фізико-технологічних властивостей ґрунту. Твердий ґрунтовий прошарок негативно впливає на процеси коренеутворення, накопичення вологи тощо. Тому до переліку основних показників, які характеризують

якість рихлення ґрунту, крім опору ґрунту, треба віднести і твердість ущільненого підплужного дна [3].

Надлемішне рихлення відбувається в результаті стискування верхнього шару ґрунту і його деформації. Площини стискування розміщені під гострим кутом до вертикалі і формуються завдяки деформації стискування, які сприяють наступному випиранню часток скиби на поверхню поля. Ґрунт при цьому кришиться в результаті досягнення граничних значень напружень стискування.

Усуваючи зсув ґрунту знизу робочого органу, можна дещо зменшити опір ґрунту та ущільнення підплужного дна.

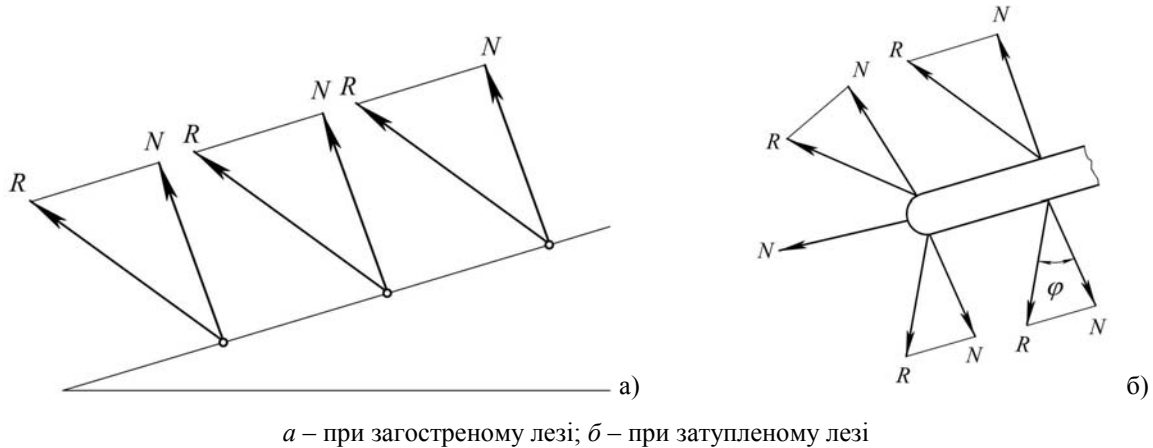
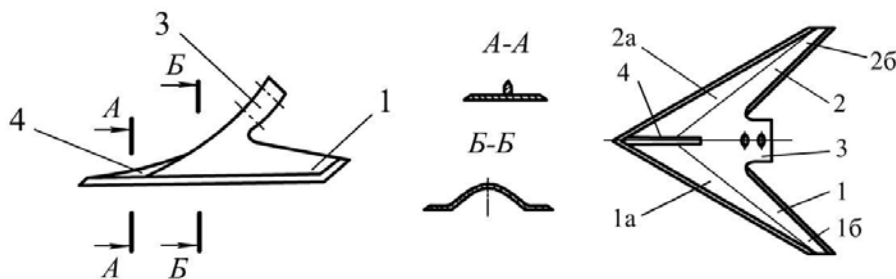


Рисунок 4 – Характер дії сил на скибу різними робочими поверхнями

Запропонована лапа [4] усуває недолік серійної лапи завдяки особливості конструкції (рис. 5). Лапи 1 та 2 виконані з двох частин: передніх 1а та 2а з мінімальним кутом підйому відносно горизонту і задніх 1б і 2б зі змінними кутами підйому від мінімального до максимального. В зоні носка робочого органу частини 1а і 2а мають найбільшу довжину, а в зоні п'яти – найменшу довжину.

Робочий орган культиватора працює таким чином. При переміщенні робочого органу в ґрунті частинами 1а і 2а лап скиба підривається, піднімається та направляється на поверхню лап, при цьому поздовжнім ножем 4, який розміщений посередині лапи розрізається на дві половини, завдяки чому скиба, ковзаючи по поверхням 1а і 2а попадає на задні частини 1б і 2б робочого органу, де за рахунок збільшення кута нахилу поверхні лап вона розпушується і скидається в ґрунт. При цьому опір переміщенню скиби в початковий період – період зрізування і попадання на поверхню робочого органу є мінімальним – і лише згодом, після переміщення по поверхні зі змінним кутом нахилу, дещо підвищується, розрихлюючись при цьому до необхідного розміру грудочок.



1, 2 – ліва та права лапи; 3 – основа; 4 – ніж лапи

Рисунок 5 – Удосконалена лапа культиватора

Ефективність запропонованої лапи культиватора підтверджується наступним:

1. Опір переміщення лапи в ґрунті значно зменшується завдяки збільшенню часу зустрічі лапи з ґрунтом, більш повільному переходу ґрунту з передньої частини лапи на більш похилу задню.

2. Зменшується динамічний коефіцієнт тертя між скибою і поверхнею лапи завдяки незмінному малому куту підйому в передній частині лапи.

3. Збільшена довжина передньої частини лапи в зоні носка і зменшена в зоні п'яти забезпечує зменшення кута розхилу лез, а це приводить до зменшення залипання лапи та кращого просковзування рослинних решток по лезу лап робочого органу.

Список літератури

1. Желиговский В.А. Элементы теории почвообрабатывающих машин и механической технологии сельскохозяйственных материалов / Тбилиси: Изд. ГСХИ, 1960.– С. 145-147.
2. Войтюк Д.Г., Безгановський В.М., Булгаков В.М., та ін. Сільськогосподарські машини / Основи теорії та розрахунку за ред. Войтюка Д.Г.– К.: Вища освіта, 2005. – С. 25-33.
3. Лутрин А.С. Обоснование технологического процесса и технического средства подлемешного рыхления почвы // Достижения науки и техники АПК.- 2005.- №2.- С. 40–41.
4. Робочий орган культиватора / Шмат С.І., Свірень М.О., Лузан П.Г., Мачок Ю.В., Воротнюк В.В. (Україна).-№200808326; Заявл.10.09.08.

В статье приведен анализ работы стрельчатой лапы культиватора и предложена усовершенствованная конструкция, которая уменьшает энергетические потери на ее работу.

It is given the analysis of work of the cultivator's lancet chisel. It is offered the improved construction which reduces power costs of its work.