

6. Блинцов В.С. Привязные подводные системы. – Київ: Наукова думка, 1998.-232с.
7. Блинцов С.В. Автоматичне керування автономними підводними апаратами в умовах невизначеності. – Миколаїв: ТОВ «фірма Іліон», 2008.-204с.
8. Ставинский А.А., Забора И.Г. Усовершенствование оборудования водолазных комплексов на основе специальных исполнений электромеханических устройств// Проблемы автоматизации та електрообладнання транспортних засобів: Матеріали Всеукраїнської наук.-техн. конф. з міжнародною участю – Миколаїв: НУК, 2006. – с.194-202.
9. Милн П. Подводные инженерные исследования.– Л.: Судостроение, 1984.-340с.
10. Коробков В.А. Преобразование энергии океана – Л.: Судостроение, 1986.-280с.
11. Куландин А.А., Тимашов С.В., Иванов В.П. Энергетические системы космических аппаратов. – М.: Машиностроение, 1972.-427с.
12. Основы электрооборудования летательных аппаратов. ч.1,2/ Под ред Д.Э. Брускина. – М: Высш. школа, 1978.-263с.
13. Ставинский А.А., Шевченко В.В., Чекунов В.К. Возможности усовершенствования судовых электромеханических комплексов на основе нетрадиционных технических решений электрических машин //Електронне видання «Вісник Національного університету корабледування» – Миколаїв: НУК, 2010.-№2.-с.98-105.

УДК 631.31

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЮ СТРІЛЧАСТОЇ ЛАПИ У ДВОВИМІРНІЙ СИСТЕМІ КООРДИНАТ

**Храмов М. С.**, асистент  
*e-mail: khramov\_ns@mnaui.edu.ua*  
Миколаївський національний аграрний університет

**Постановка проблеми.** Основними показниками ступеня досконалості ґрунтообробних робочих органів є якість виконуваного процесу та його енергоємність. Причому показано, що ці два найважливіших критерія оцінки роботи машин та знарядь необхідно розглядати лише у взаємозв'язку. Якість обробітку ґрунту визначається багатьма факторами: рівномірністю глибини обробітку, якістю кришіння, рельєфом поля, водопроникністю, якістю заробки поживних залишків і добрив, ступенем розпилення ґрунту та ін. Всі відомі результати теоретичних та експериментальних досліджень, у тому числі і статистичні дані, накопичені на основі досвіду використання тих чи інших робочих органів, що забезпечують необхідну технологічну та технічну надійність в роботі, враховуються у вигляді додаткових умов до функціоналу [1]. Тільки після вивчення умов застосування досліджуваного робочого органу ставиться завдання і проводяться дослідження з пошуку його раціонального профілю.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** Універсальна стрілчаста культиваторна лапа має поздовжню вісь симетрії, тому для обґрунтування її профілю достатньо розглянути одне її крило. Вважатимемо, що крило лапи переміщується в ґрунті по всій довжині на однаковій глибині, тиск ґрунту на лапу приведено до леза. При цьому проекцію тиску ґрунту на напрямок руху вздовж леза будемо вважати постійною величиною [2].

Вибираємо рухому систему координат  $xOy$  (рис. 1), площина якої паралельна площині, що проходить поверхнею ґрунту. У прийнятій системі координат розглянемо лапу криволінійної форми.

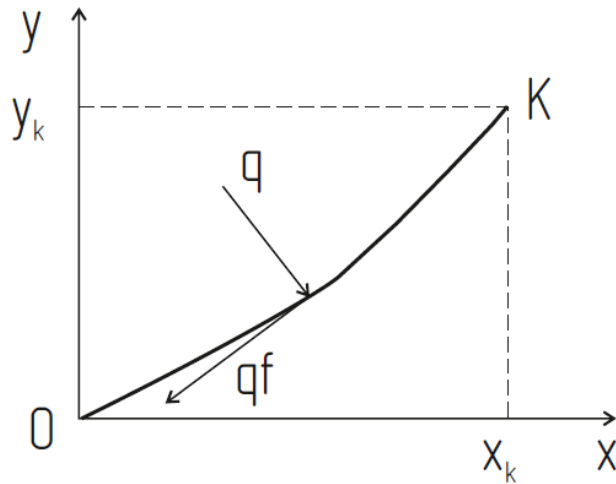


Рис. 1. До обґрунтування профілю універсальної стріччастої культиваторної лапи

Граничні точки наведеної лінії лапи, що використовується у виробничих умовах, мають координати  $y(0)=0$ ;  $y(0,23)=0,135$  м, що забезпечує процес підрізання бур'янів із ковзанням і тим самим сприяє зниженню витрат енергії на процес обробітку ґрунту.

На лезі лапи виділяємо елементарну площадку  $dS$ , на яку впливає розподілений тиск ґрунту  $q$  і сила тертя рухомого ґрунту. Проектуючи сили на вісь  $Ox$ , отримаємо рівняння для визначення елементарної сили опору культиваторної лапи у ґрунті:

$$dR_x = (q \sin \alpha + qf \cos \alpha) dS.$$

Так як:

$$\sin \alpha = \frac{dy}{dS} = \frac{y'}{\sqrt{1+y'^2}};$$

$$\cos \alpha = \frac{dx}{dS} = \frac{1}{\sqrt{1+y'^2}};$$

$$dS = K_{\Lambda} \sqrt{dx^2 + dy^2} = K_{\Lambda} \sqrt{1+y'^2} dx,$$

де  $K_{\Lambda}$  – товщина леза розпушувальної лапи. Після певних підстановок та перетворень отримаємо:

$$dR_x = k_{\Lambda} q (y' + f) dx.$$

Сумарна сила опору крила лапи визначається за рівнянням:

$$R_x = \int_0^{x_k} k_{\Lambda} q (y' + f) dx. \quad (1)$$

З рівняння (1) видно, що сила опору залежить від величини та закономірності розподілу тиску ґрунту на лезо лапи, першої похідної його профільної лінії, коефіцієнта тертя ґрунту по металу  $f$  та граничних умов. Для прийнятих умов закономірності розподілу тиску ґрунту по всій довжині леза лапи при постійних отримаємо:

$$R_x = k_{\Lambda} C \int_0^x (y' + f) \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} dx.$$

Для отримання екстремального значення сили  $R_x$  необхідно, щоб підінтегральна функція:

$$F = (y' + f) \frac{\sqrt{1 + y'^2}}{y'} dx \quad (2)$$

задовольняла диференційному рівнянню Ейлера. В даному випадку:

$$\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} = \frac{y'^3 + 3fy'^2 + 2f}{y'^3(1 + y'^2)\sqrt{1 + y'^2}}; \quad (3)$$

$$\frac{\partial^2 F}{\partial x \partial y'} = 0; \quad \frac{\partial^2 F}{\partial y \partial y'} = 0; \quad \frac{\partial F}{\partial y} = 0.$$

Тоді рівняння Ейлера має вигляд:

$$\frac{y'^3 + 3fy'^2 + 2f}{y'^3(1 + y'^2)\sqrt{1 + y'^2}} y' = 0. \quad (4)$$

Одним з часткових рішень рівняння є  $y' = 0$ ;  $y = C_1x + C_2$ . Враховуючи граничні умови отримаємо:

$$y = 0,58x. \quad (5)$$

Другий частковий розв'язок диференціального рівняння (4) за умови  $y \neq 0$  отримаємо з рівняння:

$$y'^3 + 3fy'^2 + 2f = 0.$$

Вирішуючи отримане рівняння за допомогою формул Кардано (як алгебраїчне рівняння третього ступеня щодо  $y'$ ), знайдемо значення  $y'$  при  $f = 0,5$  [3]:

$$y' = -1,81.$$

Два інших кореня рівняння є уявними числами і для нас не цікаві. Тоді:

$$y = -1,81x + C_2.$$

Таким чином, друге окремих розв'язок диференційного рівняння (4) також являє собою рівняння прямої лінії. Однак воно не задовольняє крайовим умовам поставленого завдання. Тому шуканий профіль стрілкової лапи описується виразом (5).

Для визначення характеру екстремуму скористаємося умовою Лагранжа, відповідно до якої при  $\frac{\partial^2 F}{\partial y'^2} > 0$  сила опору матиме мінімальне значення.

З рівняння (3) видно, що за  $y' > 0$   $\frac{\partial^2 F}{\partial y^2} > 0$ , що й відповідає мінімальному

екстремуму.

**Висновок.** Отже, якщо припустити, що проекція тиску ґрунту на напрямок руху вздовж леза лапи є величиною постійною, то мінімальний її опір матиме місце при прямолінійному профілі. Такі профілі мають універсальні культиваторні лапи, лапи культиваторів-плоскорезів та інших сільськогосподарських знарядь.

#### Список використаних джерел:

1. Syromyatnikov Y. N., Khramov N. S. Процес підйому ґрунту робочими органами ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої установки //Podilian Bulletin: Agriculture, Engineering, Economics. – 2021. – №. 33. – С. 86-96.
2. Pashchenko V. F. et al. The influence of local loosening of the soil on soybean productivity //Tractors and Agricultural Machinery. – 2019. – №. 5. – С. 79-86.
3. Пащенко В.Ф., Ким В.В., Храмов М.С. Розробка математичної моделі напруженого стану ґрунту під впливом клину //Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. – 2017. – № 6 (105). С. 32-44.