УДК 631.4:551.3

С.В.Клімов

ВИЗНАЧЕННЯ ОПТИМАЛЬНОЇ ФОРМИ ЛОПАТЕЙ ФРЕЗИ ЩІЛИНОРІЗА

Метою дослідженнь є визначення оптимальної форми лопаток фрези щілинoріза за умови мінімізації витрат енергії при транспортуванні грунту вздовж лопатки в бік вивантаження.Задача вирішувалася за допомогою варіаційного числення.

В активних робочих органах щілинорізних машин розвантаження здійснюється за допомогою спеціальних розвантажувальних пристроїв що ускладнює конструкцію та потребує додаткових витрат енергії.З метою усунення цих недоліків розробляється ротор з лопатками нового типу, що ріжуть грунт, транспортують його на денну поверхню та розкидають по поверхні поля.

Для досягнення мінімального опору грунта при його русі по поверхні лопаток необхідно щоб їх форма була розгортуєма,а напрямна лінія, по якій рухалися б частинки грунту була її утворююча. Для знаходження форми утворюючої скористаємось варіаційним численням.

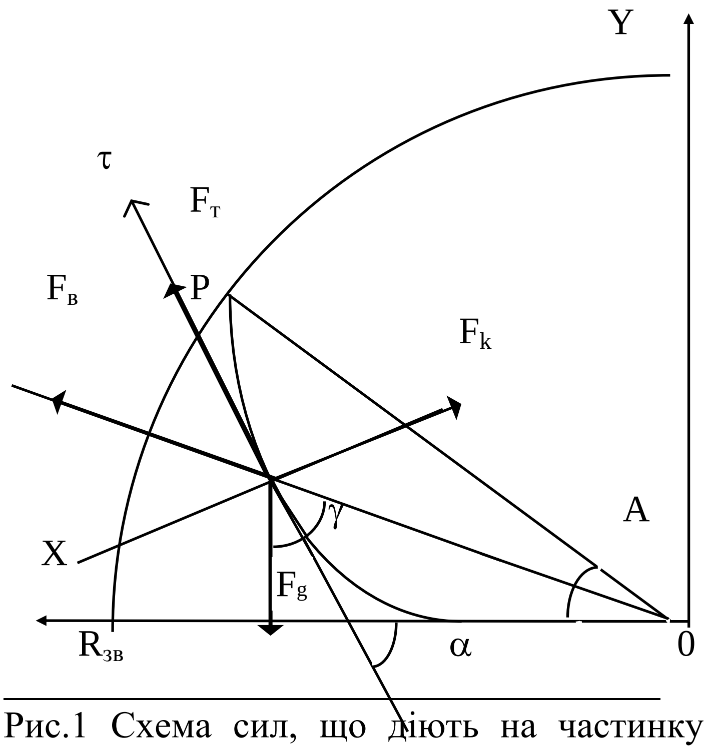

Рис.1 Схема сил, що діють на частинку грунту.

Вважатимемо, що шукана лінія є певна крива y(x) з початком в точці кріплення лопатки до ротора. Вісі координат проходять через вісь ротора (рис.1). На частинки грунту, що рухаються з відносною швидкістю ϑ по кривій яка обертається з швидкістю ω , діють наступні сили :

ваги F_g= mg, відцентрова $F_в$=mω^2r, каріоліса Fk=2m$\vartheta\,\omega$ та сила тертя грунту по лопатці F_T. В цих формулах **r-** мінімальна відстань від частинки грунту до центра обертання (R зв< r< Rвн), відповідно зовнішній та внутрішній радіуси ротора, m- маса частинки грунту,g- прискорення вільного падіння.

$$\sum P_T = m\omega^2 r \cdot \cos\beta - mg \cdot \sin\alpha + F_T \qquad (1)$$

$$\sum P_n = m\omega^2 r \cdot \sin\beta + mg \cdot \cos\alpha - 2m\vartheta\omega \qquad (2)$$

де β - кут між силами $F_т$ та $F_в$, α - поточний кут між напрямком руху частинок і віссю ОХ.

З курсу диференційної геометрії [1] та з рис.1 випливають рівності:

$$\sin\alpha = \frac{dy}{ds} \quad ; \qquad (3)$$

$$\cos\alpha = \frac{dx}{ds} \; ; \qquad \cos\beta = \cos\gamma \cdot \sin\alpha + \sin\gamma \cdot \cos\alpha \; ;$$

$$\sin\beta = \sin\gamma \cdot \sin\alpha - \cos\gamma \cdot \cos\alpha \; ;$$

$$r = \sqrt{x^2 + y^2} \; ; \qquad \sin\gamma = x \Big/ \sqrt{x^2 + y^2} \; ; \qquad (4)$$

$$\cos\gamma = y \Big/ \sqrt{x^2 + y^2} \; .$$

Врахувавши рівності (3, 4) в рівнянні (1) та приймаючи до уваги те, що $F_T = \sum P_n \cdot f$ зробивши перетворення отримаємо для одиничної маси ($m = 1$) суму проекцій всіх сил на вісь τ .

$$\sum P_\tau = \left(\omega^2 y - g + f\omega^2 x\right)\frac{dy}{ds} + \left(\omega^2 x - f\omega^2 y + fg\right)\frac{dx}{ds} - 2f\vartheta\omega \qquad (5)$$

Відомо, що

$$ds = \sqrt{1 + y'^2} \cdot dx \qquad (6)$$

$$dy = y' \cdot dx \qquad (7)$$

З врахуванням виразів (5 - 7) рівняння елементарної роботи переміщення одиничної маси грунта по поверхні лопатки запишеться:

$$dA = \left[\left(\omega^2 y - g + f\omega^2 x\right)y' + \omega^2 x - f\omega^2 y + fg - 2f\vartheta\omega\sqrt{1 - y'^2}\right]dx \qquad (8)$$

Проінтегрувавши рівняння (8) знайдемо роботу одиничної маси

$$A = \int\left[\left(\omega^2 y - g + f\omega^2 x\right)y' + \omega^2 x - f\omega^2 y + fg - 2f\vartheta\omega\sqrt{1 - y'^2}\right]dx \qquad (9)$$

В цілому рівняння Ейлера для функціоналу (9) має вигляд:

$$F_y - \frac{d}{dx} \cdot F_{y'} = 0 \qquad (10)$$

Після підстановки підінтегрального виразу (9) в рівняння (10) отримаємо після певних перетвореннь рівняння Ейлера для даного випадку:

$$\frac{y'}{\sqrt{1 - y'^2}} = \frac{\omega}{\vartheta} x + C_1 \qquad (11)$$

Врахувавши рівняння (3) та (6) визначимо сталу інтегрування C_1 для т. Р (рис.1). В ній $\alpha = 90^o + A - \alpha_p$, $A = arcsin\, {y_p}/{R_{зв}}$.

Отже

$$C_1 = cos\left(\alpha_p - arcsin\frac{y_p}{R зв}\right) - \frac{\omega}{\vartheta}\sqrt{R_{зв}{}^2 - y_p{}^2} \qquad (12)$$

Де α_p-кут різання.

Зробивши підстановку значення сталої C_1 в рівняння (11) та провівши його інтегрування отримаємо рівняння напрямної лінії в декартових координатах:

$$y = -\frac{\vartheta}{\omega}\sqrt{1 - \left[cos\left(\alpha_p - arcsin\frac{y_p}{R_{зв}}\right) + \frac{\omega}{\vartheta}\left(x - \sqrt{R_{зв}{}^2 - y_p{}^2}\right)\right]^2} + C_2 \qquad (13)$$

Застосувавши граничну умову $y\big|_{x=Rвн} = 0$ визначимо сталу інтегрування C_2:

$$C_2 = \frac{\vartheta}{\omega}\sqrt{1 - \left(cos\left(\alpha_p - arcsin\frac{y_p}{R_{зв}}\right) + \frac{\omega}{\vartheta}\left(R_{вн} - \sqrt{R_{зв}{}^2 - y_p{}^2}\right)\right)^2} \qquad (14)$$

Остаточно рівняння напрямної лінії прийме вид:

$$\left(y - \frac{\vartheta}{\omega}\sqrt{1 - \left(cos\left(\alpha_p - arcsin\frac{y_p}{R_{зв}}\right) + \frac{\omega}{\vartheta}\left(R_{вн} - \sqrt{R_{зв}{}^2 - y_p{}^2}\right)\right)^2}\right)^2 + \left(x - \sqrt{R_{зв}{}^2 - y_p{}^2} + \frac{\vartheta}{\omega}\left(cos\left(\alpha_p - arcsin\frac{y_p}{R_{зв}}\right)\right)\right)^2 = \left(\frac{\vartheta}{\omega}\right)^2$$

(15)

Підставивши в формулу (15) наступні значення величин : $R_{зв}$=0.5 м, $R_{вн}$=0.4 м, $\alpha_р$=40^0 ,$y_р$=0.1 м, $\omega = 4\ c^{-1}$ побудуємо утворюючу. З рис.2 можно побачити, що із збільшенням швидкості руху частинок грунту по утворюючій, її кривизна зменшується.

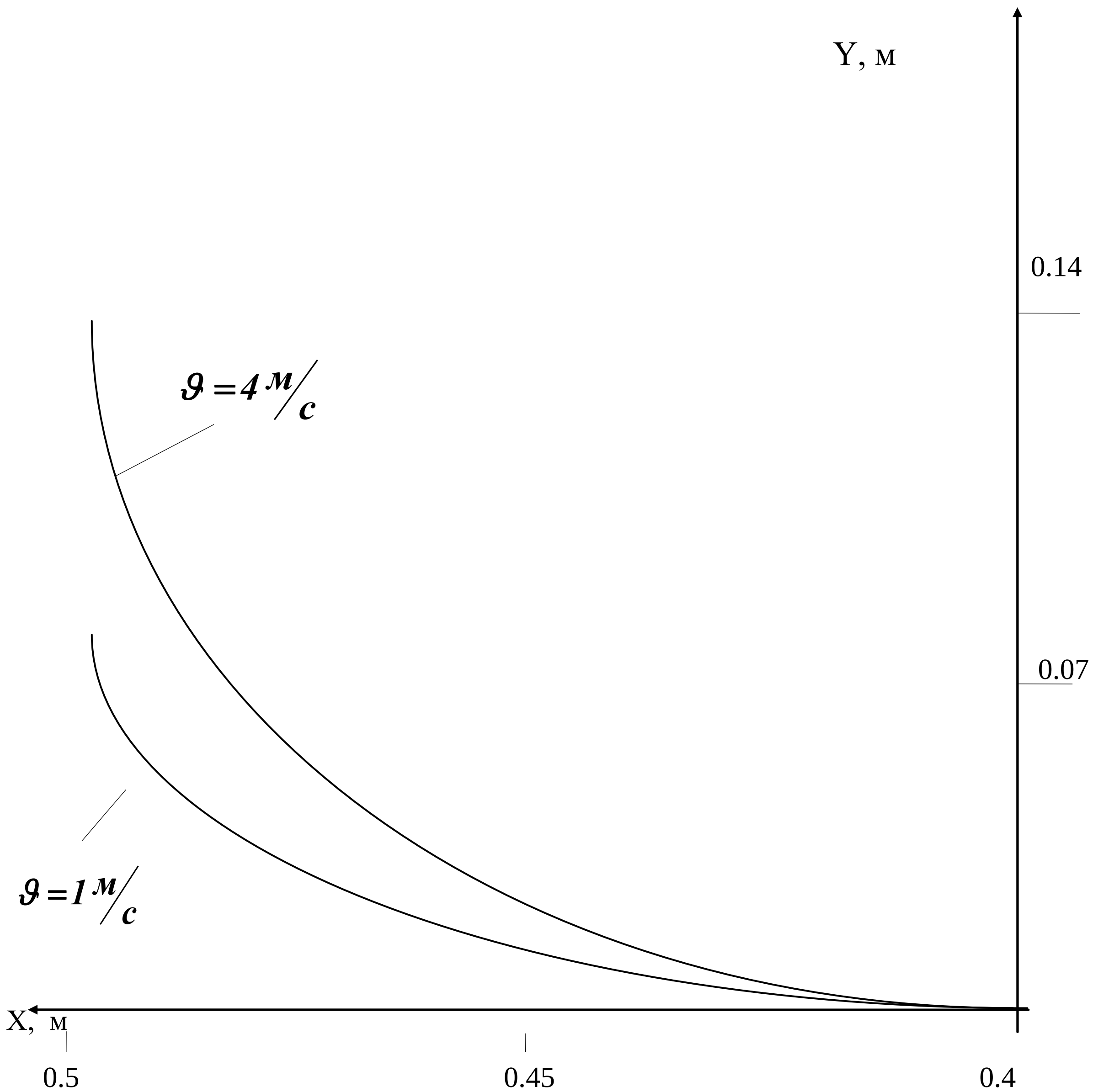

Рис.2 Залежність форми лопатки від швидкості руху частинок грунту

1. Рашевский П.К. Курс диференциальной геометрии. М.-Л., ГОНТИ НКТП СССР, 1938.-336 с.

2. Эльсгольц Л.Э. Вариационное исчисление М., “Гостехиздат”,1958,163 с.

3.Сухарєв Є.О. Основи теорії машин для обслуговування і ремонту меліоративних систем : Навч. посібник.- К.: ІСДО. 1994. - 360 с.

4. Краснов М.Л. Вариационное исчисление.-М.: Наука,1973.