

УДК 631.3.02

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЬНОЇ ЛІНІЇ ЛЕМІША З НАПРВЛЯЮЧИМИ ДИСКАМИ

*Храмов М.С., асистент*

*Миколаївський національний аграрний університет*

*Описано технологічний процес роботи ґрунтообробної розрихлювально-сепаруючої машини з додатково встановленими напрямними пасивними обертовими плоскими дисками, які належним чином забезпечують рух ґрунту по підрізаючій лапі за глибини обробітку від 3 до 12 см. Визначено рівняння кривої форми леміша, що забезпечує мінімальний тяговий опір і ґрунті. Розв'язано систему рівнянь з двома невідомими та отримаємо значення шуканих коефіцієнтів з метою визначення профіля леміша з направляючими дисками та прямолінійними ділянками.*

Враховуючи результати досліджень Г.Н. Сіньоокова і І.М. Панова [74], М.І. Мацепуро і І.В. Манюти [1,2,3] для обґрунтування параметрів леміша для підйому ґрунту на підставі вибраних граничних умов, то слід уточнити профіль леміша в зв'язку з установкою по його боках напрямних дисків. В такому випадку постановка задачі формулюється наступним чином. Серед безлічі кривих, що проходять через точки  $z(x_0) = z_0$  і  $z(x_k) = z_k$  вибрати таку, яка описала б профільну лінію леміша, що забезпечує мінімальний тяговий опір руху в ґрунті.

Рівняння кривої профільної лінії леміша, яка задовольняє граничним умовам, будемо шукати у вигляді:

$$z = (x - x_0)^2 \left[ \frac{z_k}{(x_k - x_0)^2} + C_1 \frac{x_k - x}{x - x_0} + C_2 (x_k - x) \right], \quad (1)$$

де  $C_1, C_2$  – коефіцієнти, що вимагають визначення.

Після диференціювання рівняння (1) за  $x$  отримаємо:

$$z' = \frac{2(x - x_0)}{(x_k - x_0)^2} z_k + C_1 (x_k + x_0 - 2x) + C_2 [2(x - x_0)(x_k - x) - (x - x_0)^2]. \quad (2)$$

Визначивши часні похідні (2)  $C_1, C_2$  по  $i$  прирівнявши їх до нуля, отримаємо наступну систему рівнянь:

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_i} = (1 + z'^2)^{-1/2} \int_{x_0}^{x_i} \left\{ -K_n (f + z') \frac{\partial z}{\partial C_i} + (1 - fz) \times \right. \\ \left. \times \left[ \gamma hb - K_n \left( \frac{z + h - R +}{+(R^2 - x^2)^{1/2}} \right) \frac{\partial z'}{\partial C_i} \right] \right\} dx + \\ + \gamma hb \int_{x_1}^{x_k} (1 - fz') (1 + z'^2)^{-1} \frac{\partial z'}{\partial C_i} dx = 0, \quad i = 1, 2, \quad (3)$$

$$\text{де} \quad \frac{\partial z}{\partial C_1} = (x - x_0)(x_k - x); \quad \frac{\partial z}{\partial C_2} = (x - x_0)^2(x_k - x); \\ \frac{\partial z'}{\partial C_1} = x_k + x_0 - 2x; \quad \frac{\partial z'}{\partial C_2} = 2(x - x_0)(x_k - x) - (x - x_0)^2.$$

При диференціюванні виразу (2) вважаємо, що координата  $x_1$ , розмежовує зону дії дисків на ґрунт, залежить тільки від їх радіусу, глибини ходу, величини згруджування ґрунту на леміші і не залежить від профілю леміша. В іншому випадку необхідно було б спочатку розв'язати задачу по визначенню впливу профілю леміша на значення координати і проводити диференціювання виразу (2) з урахуванням рухомих меж інтегрування.

Розв'язавши систему рівнянь з двох рівнянь (3) з двома невідомими  $C_1, C_2$  враховуючи вирази (1) и (2), отримаємо значення шуканих коефіцієнтів. Систему рівнянь (3) розв'яжемо при  $R = 0,18$  м;  $x_0 = 0,05$  м;  $x_1 = 0,14$  м;  $x_k = 0,18$  м;  $z_k = 0,05$  м;  $f = 0,5$ ;  $b = 0,1$  м;  $h = 1$  м;  $K_n = 2$ . В результаті рівняння, що описує профіль леміша, має вигляд:

$$z = (x - x_0)^2 \left[ \frac{z_k}{(x_k - x_0)^2} + 2,849 \frac{x_k - x}{x - x_0} - 0,143(x_k - x) \right]. \quad (4)$$

Графік отриманої залежності представлений на рис. 1.

Необхідно відзначити, що застосування методу Рітца та використання шуканого рівняння профільної лінії леміша забезпечує знаходження гладкого переходу в кутовій точці  $x_1$ .

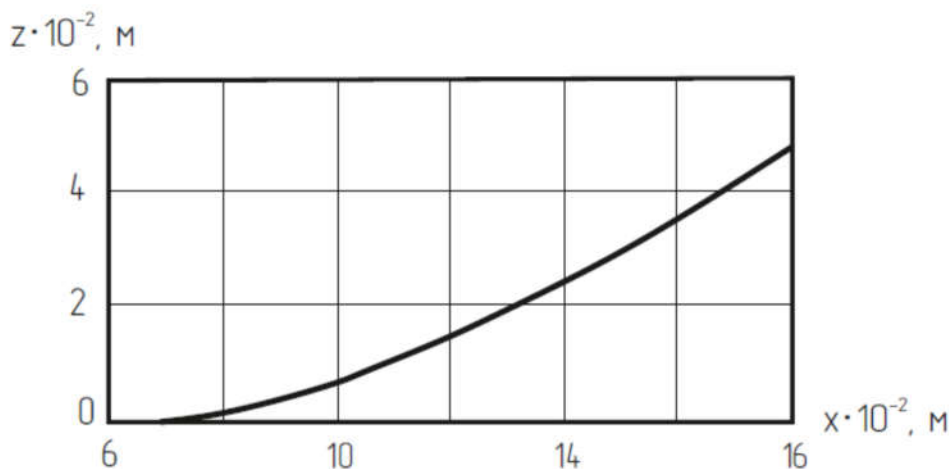


Рис. 1. Профіль леміша з направляючими дисками

Змінимо постановку задачі і профільну лінію леміша в зоні дії дисків будемо шукати у вигляді рівняння (1), а поза зоною їх дії – на підставі раніше проведених досліджень [4, 5] у вигляді прямої, що задовольняє граничним умовам:

$$z = x \operatorname{tg} \alpha_1 - x_k \operatorname{tg} \alpha_1 + z_k, \quad (5)$$

де  $\alpha_1$  – кут нахилу профільної лінії прямолінійної частини леміша до осі  $x$ .

Необхідною умовою гладкого переходу профільної лінії леміша в кутовій точці  $x_1$  є рівність похідних від  $z$  до  $x$  у виразах (1) и (5). Тоді отримуємо:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2z_1}{(x_1 - x_0)^2} - C_1(x_1 - x) - C_2(x_1 - x_0)^2, \quad (6)$$

$$\text{де } z_1 = (x - x_0) \left\{ \left[ C_1(x_1 - x) - C_2(x_1 - x_0)^2 \right] (x_k - x) + z_k \right\} \times \\ \times (2x_k - x_0 - x_1)^{-1}. \quad (7)$$

При цьому функціонал запишемо у вигляді:

$$R_x = \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \gamma h b - K_n \left[ z + h - R + (R^2 - x^2)^{1/2} \right] \right\} (f + z') \times \\ \times (1 + z'^2)^{-1/2} dx + \gamma h b \int_{x_1}^{x_k} (f + \operatorname{tg} \alpha_1) (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_1)^{-1/2} dx. \quad (8)$$

Значення коефіцієнтів  $C_1, C_2$  знайдемо з наступної системи рівнянь

$$\frac{\partial R_x}{\partial C_i} = \int_{x_0}^{x_1} \left\{ \begin{array}{l} -K_n (f + z') \frac{\partial z}{\partial C_i} + (1 - fz) \times \\ \left[ \gamma h b - K_n \left( \frac{z + h - R + (R^2 - x^2)^{1/2}}{+ (R^2 - x^2)^{1/2}} \right) \frac{\partial z'}{\partial C_i} \right] \end{array} \right\} (1 + z'^2)^{1/2} dx + \\ + \gamma h b \int_{x_1}^{x_k} (1 - f \operatorname{tg} \alpha_1) (1 + \operatorname{tg}^2 \alpha_1)^{-3/2} \frac{\partial z'}{\partial C_i} dx = 0, \quad i = 1, 2, \quad (9)$$

де

$$\frac{\partial \operatorname{tg} \alpha_1}{\partial C_1} = x_0 - x; \quad \frac{\partial \operatorname{tg} \alpha_1}{\partial C_2} = x_1 - x_0.$$

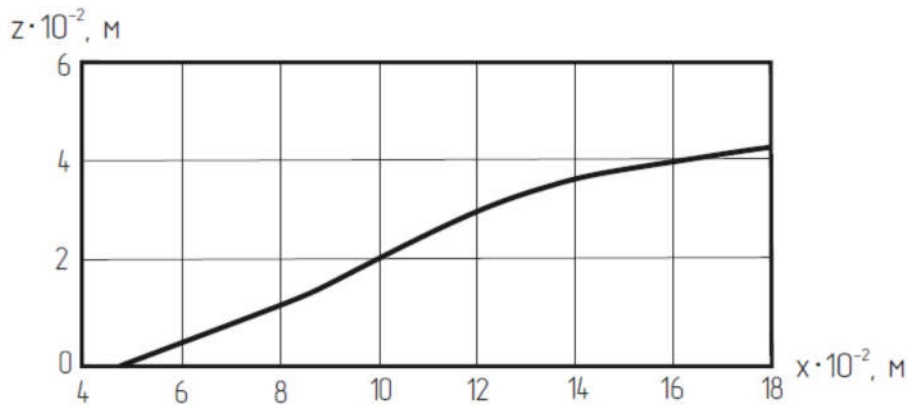


Рис. 2. Профіль леміша з прямолінійними ділянками

Після визначення значень коефіцієнтів  $C_1, C_2$  з виразу (6) знаходимо величину  $\operatorname{tg} \alpha_1$ , а потім і рівняння профільної лінії леміша

$$z = \begin{cases} \frac{(x-x_0)^2}{(x_k-x_0)^2} + C_1(x_k-x)^2 + C_2(x-x_0)^2(x_k-x) & \text{при } x_0 \leq x \leq x_1 \\ x_1 - \frac{z_1}{\operatorname{tg} \alpha_1} + x \operatorname{tg} \alpha_1 & \text{при } x > x_1 \end{cases} \quad (10)$$

Значення коефіцієнтів  $C_1, C_2$  складає відповідно 1,1 і 92,6. Значення кута  $\alpha_1$  дорівнює 13,7 град.

Вид профільної лінії леміша, що розрахований за формулою (9), показано на рис. 2.

**Висновок.** Отримано рівняння (4), яке описує профіль леміша при взаємодії з направляючими дисками з метою мінімізації витрат енергії на переміщення в ґрунті. Відстань між дисками підібрано таким чином, щоб ґрунт між ними не заклинювався. В результаті виключено зайвий підйом ґрунту, відрив її від поверхні леміша і порушення технологічного процесу роботи пристрою для підйому ґрунту.

#### ЛІТЕРАТУРА

1. Мацепуро М.Е. Характер деформации болотно-торфяного ґрунта под воздействием плоского двухгранного клина / М.Е. Мацепуро, И.В. Манюта // Вопросы земледельческой механики: сб. науч. трудов – Минск: 1959. с. 36-64.
2. Синеоков Г.Н. Теория и расчет почвообрабатывающих машин / Г.Н. Синеоков, И.М. Панов. М.: Машиностроение, 1977. – 322 с.
3. Скотников В.А. Сохранение плодородия почв при воздействии на них ходовых систем / В.А. Скотников, Н.Д. Янцов // Механизация и электрификация сельского хозяйства. 1982. №8. С. 43-44.
4. Василенко П.М. Применение методов вариационного исчисления к решению некоторых задач земледельческой механики / П.М. Василенко // Труды КСХИ. – Т. IV. – К., 1953.

5. Пащенко В.Ф. Розробка математичної моделі напруженого стану ґрунту під впливом клину / В.Ф. Пащенко, В.В. Кім, М.С. Храмов // Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодержавний збірник. Глеваха, 2017. ННЦ «ІМЕСГ». Вип. № 6 (105). – С. 32-44.