

(21) Номер заявки: **u 2013 01226**(72) Винахідник:  
**Семків Олег Михайлович, UA**(22) Дата подання заявки: **01.02.2013**(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: **25.11.2013**(73) Власник:  
**Семків Олег Михайлович,**  
вул. Ювілейна, 2А, кв. 40, смт  
Мала Данилівка, Дергачівський  
р-н, Харківська обл., 62341, UA(46) Дата публікації відомостей про видачу патенту та номер бюлетеня: **25.11.2013, Бюл. № 22**

(54) Назва корисної моделі:

**РОТОРНИЙ КИДАЧ ҐРУНТУ**

(57) Формула корисної моделі:

Роторний кидач ґрунту, що містить радіально закріплені на ступиці лопатки, який відрізняється тим, що лопатка виконана із профілем оптимальної форми - брахістохрони в полі відцентрових сил, яка описується рівнянням:

$$\varphi(\rho) = \arctg \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} - \frac{1}{\sqrt{1 - C^2}} \arctg \frac{\sqrt{C^2 \rho^2 - \rho_0^2}}{\sqrt{1 - C^2}} + C_1,$$

де  $\varphi$ ,  $\rho$  - полярні координати кривої в системі координат, полюс якої співпадає з центром обертання ротора;

$\varphi_0$ ,  $\rho_0$  - початкові координати;

$C$ ,  $C_1$  - константи, що визначаються умовою  $\varphi = \varphi_0$  при  $\rho = \rho_0$ .

**ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ**

Україна, 03680, МСП, м. Київ-35,  
вул. Урицького, 45  
Тел. (044) 494-06-06  
Факс (044) 494-06-67  
E-mail: post@sips.gov.ua



**STATE INTELLECTUAL  
PROPERTY SERVICE  
OF UKRAINE**

Ukraine, 03680, MSP, Kyiv-35,  
45, Urytskogo str.  
Tel. (044) 494-06-06  
Fax (044) 494-06-67  
E-mail: post@sips.gov.ua

25.11.2013 № 2-19-13-36440-А

стосовно патенту України на корисну модель  
№ 85411, заявка № u201301226 від 01.02.2013

Семків Олег Михайлович, вул. Ювілейна,  
2А, кв. 40, смт Мала Данилівка,  
Дергачівський р-н, Харківська обл., 62341

Надсилаємо Вам патент України на корисну модель № 85411.

Подальше листування щодо патенту здійснюється за адресою: вул. Глазунова, 1, м. Київ-42, 01601.

Збір за 1-й рік чинності патенту у розмірі 15,00 грн. ( код - 13901 ) та за 2-й рік чинності патенту у розмірі 15,00 грн. ( код - 13902 ) Вам необхідно сплатити до 25.03.2014р.

Розмір і порядок сплати зборів за підтримання чинності визначається Порядком сплати зборів за дії, пов'язані з охороною прав на об'єкти інтелектуальної власності, затвердженим Постановою Кабінету Міністрів України від 23 грудня 2004 року № 1716 із змінами і доповненнями, внесеними постановою Кабінету Міністрів України від 19 вересня 2007 року № 1148.

Сплата зборів за підтримання чинності наперед не передбачена.

Збір за кожний наступний рік сплачується відповідно до ст. 32 Закону "Про охорону прав на винаходи та корисні моделі" протягом останніх 4-х місяців поточного року дії.

Строк дії патенту відраховується від дати подання заявки.

**Реквізити для сплати зборів:**

Отримувач:	Призначення платежу:
ДП "Український інститут промислової власності" код ЗКПО 31032378 АБ "Брокбізнесбанк" м.Київ Р/р 2600401457 МФО 300249	Збір 13901, підтримання чинності ПУ 85411 - 15,00 грн Збір 13902, підтримання чинності ПУ 85411 - 15,00 грн

Перший заступник Голови

О.В. Янов

Мурланова  
494-05-68





УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **85411** (13) **U**

(51) МПК (2013.01)

**B65G 31/00**

**E02F 3/00**

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ  
УКРАЇНИ

**(12) ОПИС ДО ПАТЕНТУ НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**

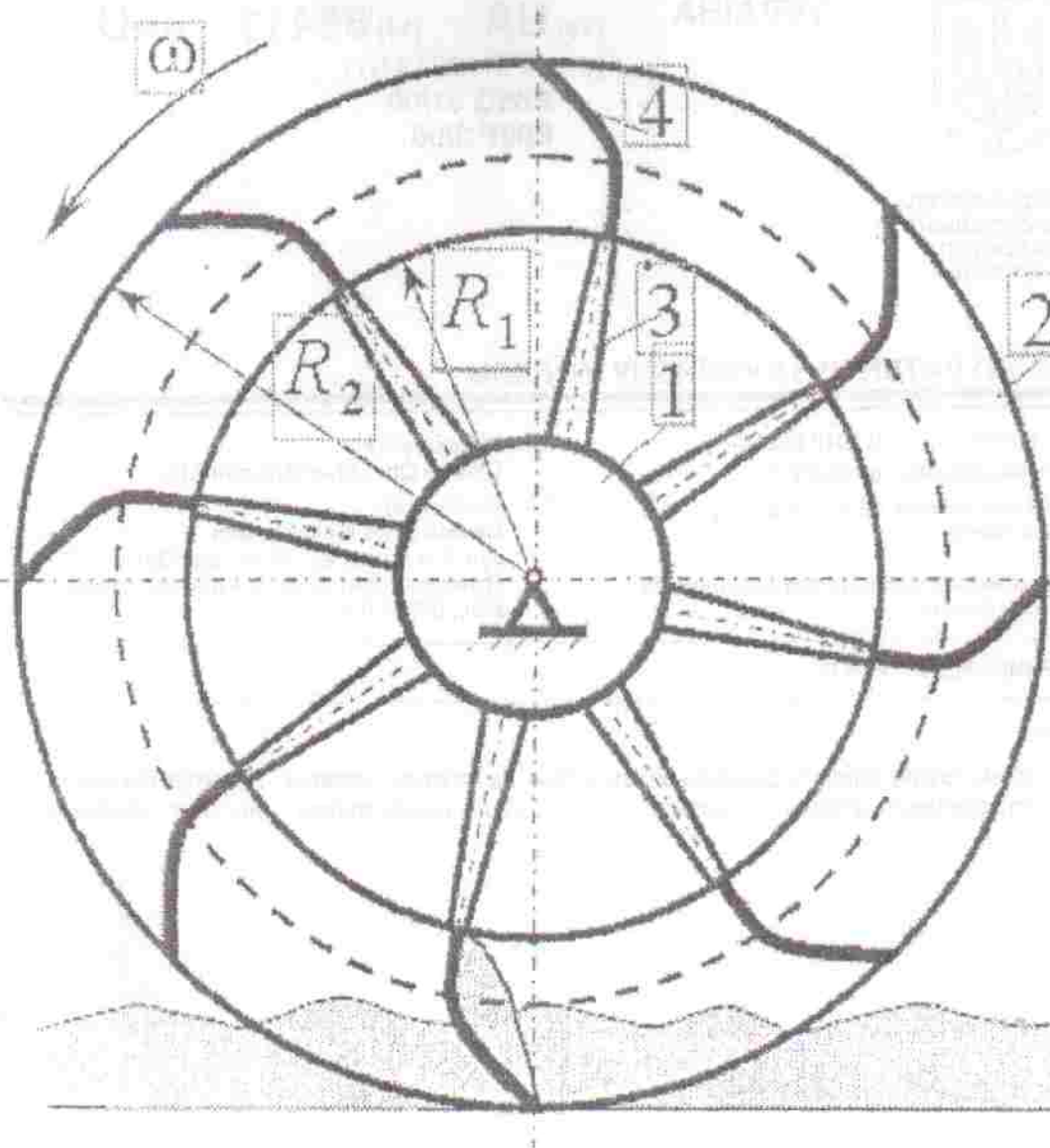
(21) Номер заявки: <b>u 2013 01226</b>	(72) Винахідник(и): <b>Семків Олег Михайлович (UA)</b>
(22) Дата подання заявки: <b>01.02.2013</b>	(73) Власник(и): <b>Семків Олег Михайлович,</b> вул. Ювілейна, 2А, кв. 40, смт Мала Данилівка, Дергачівський р-н, Харківська обл., 62341 (UA)
(24) Дата, з якої є чинними права на корисну модель: <b>25.11.2013</b>	
(46) Публікація відомостей про видачу патенту: <b>25.11.2013, Бюл.№ 22</b>	

**(54) РОТОРНИЙ КИДАЧ ҐРУНТУ**

(57) Реферат:

Роторний кидач ґрунту містить радіально закріплені на ступиці лопатки. Лопатка виконана із профілем оптимальної форми - брахістохрони в полі відцентрових сил, яка описується рівнянням.

**UA 85411 U**



Фиг. 1

Корисна модель належить до землерийних машин з роторними робочими органами, призначеними здебільшого для боротьби з низовими лісовими пожежами методом метання ґрунту і прокладання загороджувальних мінералізованих смуг.

Відомі землерийно-метальні машини з робочими органами у вигляді лопаток, радіально закріплених на привідному роторі [1, 2].

Недоліком таких машин є недостатня швидкість ґрунту в момент метання і відповідно невисока дальність кидання.

Найбільш близьким до пропонованого і вибраним за прототип є роторний металник [3], що містить консольно розташований на підшипниковій опорі вертикальний диск з радіально закріпленими лопатками і ґрунтоутримуючими лопатками, причому диск по колу виконаний з нормально направленими до кінців лопатей Г-подібними вирізами, в яких розташовані ґрунтоутримуючі лопатки, з'єднані з диском за допомогою розміщених паралельно лопатям осей і пружин кручення, а підшипникова опора має упор, розташований з можливістю взаємодії з вертикальними роликками і зворотно-поступального повороту ґрунтоутримуючих лопаток.

Недолік цього металника полягає в невеликій швидкості кидання ґрунту та відповідно недостатній дальності метання. Це пов'язано з тим, що форма лопаток не є оптимальною (не забезпечує мінімальну тривалість руху частинок ґрунту по лопатці). Окрім зазначеного недоліку, металник має складну багатодетальну конструкцію.

В основу корисної моделі поставлено задачу створити роторний металник ґрунту з лопатками оптимальної форми, що дозволяє отримати максимальну швидкість ґрунту в момент кидання.

Поставлена задача вирішується тим, що в роторному металнику ґрунту, котрий містить радіально закріплені на ступиці лопатки, лопатка виконана із профілем оптимальної форми - брахістохрони в полі відцентрованих сил інерції, яка описується рівнянням

$$\varphi(\rho) = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} - \frac{1}{\sqrt{1 - C^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} + C_1,$$

де  $\varphi$ ,  $\rho$  - полярні координати кривої в системі координат, полюс якої співпадає з центром обертання ротора;

$\varphi_0$ ,  $\rho_0$  - початкові координати;

$c$ ,  $c_1$  - константи, що визначаються умовою  $\varphi = \varphi_0$  при  $\rho = \rho_0$ .

На фіг. 1 показана схема ґрунтокидача, де цифрами позначено: 1 - ступиця; 2 - кільце; 3 - спиця; 4 - криволінійна лопатка. Передбачається, що кидач обертається з кутовою швидкістю  $\omega$  проти ходу годинникових стрілок. Радіуси  $R_1$  і  $R_2$  проходять через задню й передню крайки лопатки. Специфіка завдання полягає в тому, що рух необхідно вивчати в обертовій системі координат з використанням рівнянь динаміки відносного руху. Аналітичний опис оптимальної траєкторії одержано в полярній системі координат

$$\rho = \rho(\varphi), \quad (1)$$

де  $\rho$  - полярний радіус;  $\varphi$  - полярний кут.

На фіг. 2 частка ґрунту М зображена в поточному положенні з координатами  $(\rho, \varphi)$  на криволінійній лопатці АВ. Точки А і В мають відповідно координати  $(\rho_0, \varphi_0)$  і  $(\rho_1, \varphi_1)$ . У викладеній нижче теорії полярним радіусам  $\rho_0$  і  $\rho_1$  відповідають радіуси  $R_1$  й  $R_2$ . Для прийнятого напрямку обертання ротора ґрунтокидача вектор кутової швидкості щ буде перпендикулярний площини рисунка й спрямований на читача.

Використано наступні позначення:  $\varphi$  - дотична, спрямована у бік зростання дугової координати  $s$ ;  $n$  - нормаль, спрямована у бік увігнутості траєкторії;  $v_r$  - відносна швидкість;  $a_k = 2\omega v_r$  - коріолісово прискорення.

Для сил прийняті такі позначення:  $\zeta_e$  - переносна (відцентрова) сила інерції;  $\zeta_k$  - коріолісова сила інерції;  $N$  - нормальна реакція лопатки;  $F_{\tau 0}$  - сила тертя ковзання (спрямована проти відносної швидкості).

Вирази для модуля сили  $\zeta_e$  і її проекції на напрямок полярного радіуса збігаються

$$\Phi_e = \Phi_{ep} = m a_\omega = m \omega^2 \rho, \quad (2)$$

де  $m$  - маса частки ґрунту;

$a_\omega = \omega^2 \rho$  - осевідцентрове (нормальне) прискорення. Для коріолісової сили інерції має місце формула

$$\zeta_k = -m a_k, \quad (3)$$

а для її модуля з урахуванням виразу для коріолісового прискорення

$$\Phi_k = 2m \omega v_r, \quad (4)$$

де  $v_r = |v_{rd}|$  - модуль відносної швидкості;

$v_{rt} = \frac{ds}{dt}$  - проекція відносної швидкості на дотичну (алгебраїчна величина швидкості).

Модулі сили тертя й нормальної реакції зв'язані відомим співвідношенням  $F_{тр} = Nf$ , (5).

5 де  $f$  - коефіцієнт тертя ковзання.

Для проекцій переносної (відцентрової) сили  $\mathcal{C}_e$  на дотичну  $\Phi_{e\tau}$  й нормаль  $\Phi_{en}$  мають місце формули

$$\Phi_{e\tau} = \Phi_e \cos \alpha; \quad (6) \quad \Phi_{en} = -\Phi_e \sin \alpha, \quad (7)$$

де  $\alpha$  - кут між вектором  $\mathcal{C}_e$  і одиничним вектором дотичній  $\phi$ .

10 Можна показати, що для  $\cos \alpha$  й  $\sin \alpha$  справедливі вирази

$$\cos \alpha = \frac{\rho'}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}}; \quad (8) \quad \sin \alpha = \frac{\rho}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}}. \quad (9)$$

Диференціальні рівняння відносного руху невільної матеріальної точки в природній формі при русі в площині будуть мати вигляд.

$$m a_{r\tau} = \Phi_{e\tau} - F_{тр}; \quad m a_{rn} = N - \Phi_{en} - \Phi_k, \quad (10)$$

15 де  $a_{r\tau}$ ,  $a_{rn}$  - проекції прискорення на дотичну й нормаль.

З урахуванням формул для дотичного й нормального прискорень

$$a_{r\tau} = \frac{dv_{r\tau}}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2}, \quad (11) \quad a_{rn} = \frac{v^2}{\rho_k} = \frac{v_{r\tau}^2}{\rho_k} = \frac{1}{\rho_k} \left( \frac{ds}{dt} \right)^2, \quad (12)$$

рівняння можна записати інакше

$$m \frac{d^2s}{dt^2} = \Phi_{e\tau} - Nf; \quad \frac{m}{\rho_k} \left( \frac{ds}{dt} \right)^2 = N - \Phi_{en} - \Phi_k, \quad (13)$$

20 де  $\rho_k$  - радіус кривизни траєкторії.

Перетворимо рівняння (13) до рівняння для знаходження закону руху частки з обліком того, що рівняння траєкторії виявилось доцільним визначати в полярній системі координат.

Довжина дуги й радіус кривизни кривої (1) визначаються відповідно по формулах:

$$s = s(\varphi) = \int_{\varphi_0}^{\varphi} ds = \int_{\varphi_0}^{\varphi} \sqrt{\rho^2 + \rho'^2} d\varphi; \quad \rho_k(\varphi) = \frac{(\rho^2 + \rho'^2)^{3/2}}{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho'\rho''}, \quad (14)$$

25 де  $\rho' = \frac{d\rho}{d\varphi}$ ,  $\rho'' = \frac{d^2\rho}{d\varphi^2}$ .

Вираз для алгебраїчної величини швидкості й дотичного прискорення представимо так:

$$v_{r\tau} = \frac{ds}{dt} = \frac{ds}{d\varphi} \frac{d\varphi}{dt} = \frac{ds}{d\varphi} \dot{\varphi}; \quad (16)$$

$$a_{r\tau} = \frac{dv_{r\tau}}{dt} = \frac{d^2s}{dt^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} \left( \frac{d\varphi}{dt} \right)^2 + \frac{ds}{d\varphi} \frac{d^2\varphi}{dt^2} = \frac{d^2s}{d\varphi^2} \dot{\varphi}^2 + \frac{ds}{d\varphi} \ddot{\varphi}, \quad (17)$$

де точкою позначена похідна за часом.

30 Із другого рівняння (13) для нормальної реакції з обліком (4), (7), (9), (12), (15), (16) і (17) маємо

$$N = m \left[ \frac{\dot{\varphi}^2 \left( \frac{ds}{d\varphi} \right)^2}{\rho_k} - \frac{\omega^2 \rho^2}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}} + 2\omega\dot{\varphi} \frac{ds}{d\varphi} \right], \quad (18)$$

Перепишемо тепер перше рівняння (13) з урахуванням формул (2), (8), (17), (18)

$$m \left( \frac{d^2s}{d\varphi^2} \dot{\varphi}^2 + \frac{ds}{d\varphi} \ddot{\varphi} \right) = m \frac{\omega^2 \rho \rho'}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}} - m \left[ \frac{\dot{\varphi}^2 \left( \frac{ds}{d\varphi} \right)^2}{\rho_k} - \frac{\omega^2 \rho^2}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}} + 2\omega\dot{\varphi} \frac{ds}{d\varphi} \right] f. \quad (19)$$

35 Розділивши обидві частини виразу (19) на  $m$ , після нескладних перетворень, йому можна додати вид однорідного диференціального рівняння другого порядку зі змінними коефіцієнтами щодо полярного кута  $\varphi(t)$

$$\ddot{\varphi} + \left(\frac{ds}{d\varphi}\right)^{-1} \left[ \frac{d^2s}{d\varphi^2} + \left(\frac{ds}{d\varphi}\right)^2 \frac{\rho^2 + 2\rho'^2 - \rho''\rho}{(\rho^2 + \rho'^2)^{3/2}} \right] \dot{\varphi}^2 + 2\omega\dot{\varphi} - \left(\frac{ds}{d\varphi}\right)^{-1} \frac{\omega^2\rho(\rho' + \rho f)}{\sqrt{\rho^2 + \rho'^2}} = 0 \quad (20)$$

Рівняння (20) необхідно інтегрувати з початковими умовами: при  $t = 0$   $\varphi = \varphi_0$ ,  $\dot{\varphi} = \dot{\varphi}_0$ .

- 5 Завдання вибору оптимальної форми лопатки може бути схематизоване, як завдання визначення форми кривої у поле відцентрових сил інерції, що забезпечує мінімальний час руху (завдання про брахістохрону в полі відцентрових сил). Відомо, що класичне завдання про брахістохрону для однорідного поля сил ваги була відправною точкою при створенні варіаційного числення.

Скористаємося одним з типів кривих, отриманих у результаті розв'язання такого завдання.

$$\varphi = \operatorname{arctg} z - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}} \operatorname{arctg} - \frac{z}{\sqrt{1-C^2}} + C_1 \quad (21)$$

- 10 де

$$z = \sqrt{\frac{C^2\rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} \quad (22)$$

$C^2 < 1$  - константа.

Для знаходження постійних  $C$  і  $C_1$  з врахуванням (22) випишемо крайові умови:

$$\text{при } \varphi = \varphi_0 \quad \rho = \rho_0, \quad z = z(\rho_0) = z_0 = \sqrt{\frac{C^2\rho_0^2}{\rho_0^2 - \rho_0^2} - 1} = \infty \quad (23)$$

$$15 \quad \text{при } \varphi = \varphi_1 \quad \rho = \rho_1, \quad z = z(\rho_1) = z_1 = \sqrt{\frac{C^2\rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_1^2} - 1} = \infty \quad (24)$$

На лівій границі для (21) маємо

$$\varphi_0 = \frac{\pi}{2} - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}} \frac{\pi}{2} + C_1 \quad (25)$$

звідки

$$C_1 = \varphi_0 - \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}}\right) \frac{\pi}{2} \quad (26)$$

- 20 На правій границі співвідношення (21) дає

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg} z_1 - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}} \operatorname{arctg} - \frac{z_1}{\sqrt{1-C^2}} + C_1 \quad (27)$$

Із цього вираз аналогічно (25) для  $C_1$  маємо

$$C_1 = \varphi_1 = \operatorname{arctg} z_1 - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}} \operatorname{arctg} - \frac{z_1}{\sqrt{1-C^2}} \quad (28)$$

- 25 Для знаходження константи  $C$  скористаємося трансцендентним рівнянням, що впливає з порівняння правих частин виразень (26) і (28) при обліку крайової умови (24)

$$f(x) = \varphi_1 - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{x\rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1} + \frac{1}{\sqrt{1-x}} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{x\rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1}}{\sqrt{1-x}} - \varphi_0 + \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-x}}\right) \frac{\pi}{2} = 0 \quad (29)$$

де  $x = C^2$ .

- 30 Прийняті наступні параметри:  $\rho_0 = 0,496$  м,  $\rho_1 = 0,632$  м,  $\varphi_0 = 0$ ,  $\varphi_1 = 20^\circ$ . При наявності графіка корінь функції в середовищі MathCAD зручно знаходити з використанням убудованої функції  $\operatorname{root}(f(x), x, a, b)$ . Для кореня в розглянутому випадку отримане значення  $x^* = 0,393 < 1$ , якому

відповідає  $C = \sqrt{x^*} = 0,627$ .

У відповідності із виразом (26) або (28) для  $C_1$  маємо

$$C_1 = \varphi_0 - \left(1 - \frac{1}{\sqrt{1-C^2}}\right) \frac{\pi}{2} = \varphi_1 - \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2\rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1} + \frac{1}{\sqrt{1-C^2}} \operatorname{arctg} \frac{\sqrt{\frac{C^2\rho_1^2}{\rho_1^2 - \rho_0^2} - 1}}{\sqrt{1-C^2}} = 0,445$$

Знайдені значення постійних  $C$  і  $C_1$  за допомогою формул (21) і (22) дозволяють записати такий вираз для шуканої функції

$$\varphi(\rho) = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} - \frac{1}{\sqrt{1 - C^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} + C_1, \quad (30)$$

Більш зручний для аналізу графік оберненої функції  $\rho(\varphi)$  - на фіг. 3.

5 Побудова й інтегрування диференціального рівняння (20) при проведенні розрахунків має ряд особливостей, обумовлених тим, що аналітичне подання оптимальної траєкторії (30) записано в полярній системі координат, причому у оберненій формі. Аналітично розв'язати вираз (30) відносно  $\rho$  не вдається.

10 Однак сучасні математичні пакети, зокрема Math CAD, дозволяють досить просто обійти зазначені труднощі, використовуючи ідею інтерполяції таблично заданих функцій. Розрахунки виконувалися із застосуванням кубічної сплайн-інтерполяції.

На фіг. 3 наведені графіки функцій  $\rho(\varphi)$  для граничних значень  $\rho_0$  при  $C^2 > 1$  та різних значеннях  $\varphi$ .

15 Таким чином, форму профілю лопатки доцільно вибрати у вигляді брахістохрони для центральної сили - відцентрової сили інерції, записаної у полярній системі координат.

Порівняльні експериментальні дослідження роторних кидачів з прямими лопатками та з лопатками запропонованого профілю довели переваги останнього, зокрема (при інших рівних умовах) дальність кидання піщаного ґрунту виявилась більшою приблизно на 30% і перевищувала 45 метрів.

20 Джерела інформації:

1. SU 1555236, кл. В 65 G 31/04, Е 02 F 3/24, 07.04.90.
2. SU 1659595, кд. Е 02 F 3/24, 30.06.91.
3. SU 1712273, кл. В 65 G 31/04, Е 02 F 3/24, 15.02.92 - Прототип.

25

#### ФОРМУЛА КОРИСНОЇ МОДЕЛІ

Роторний кидач ґрунту, що містить радіально закріплені на ступиці лопатки, який відрізняється тим, що лопатка виконана із профілем оптимальної форми - брахістохрони в полі відцентрових сил, яка описується рівнянням:

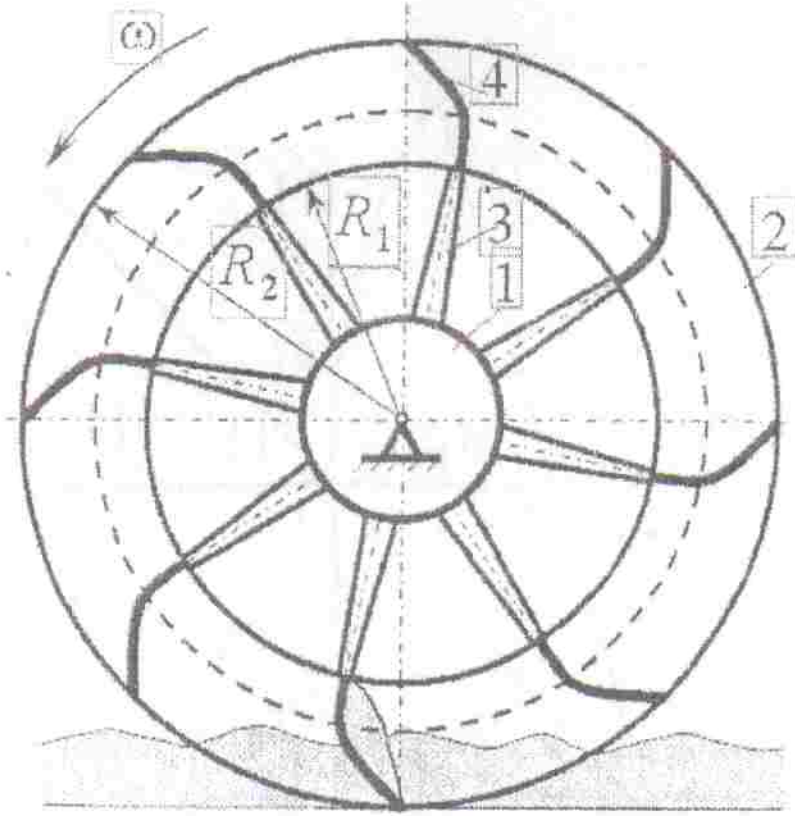
$$30 \quad \varphi(\rho) = \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} - \frac{1}{\sqrt{1 - C^2}} \operatorname{arctg} \sqrt{\frac{C^2 \rho^2}{\rho^2 - \rho_0^2} - 1} + C_1,$$

де  $\varphi$ ,  $\rho$  - полярні координати кривої в системі координат, полюс якої співпадає з центром обертання ротора;

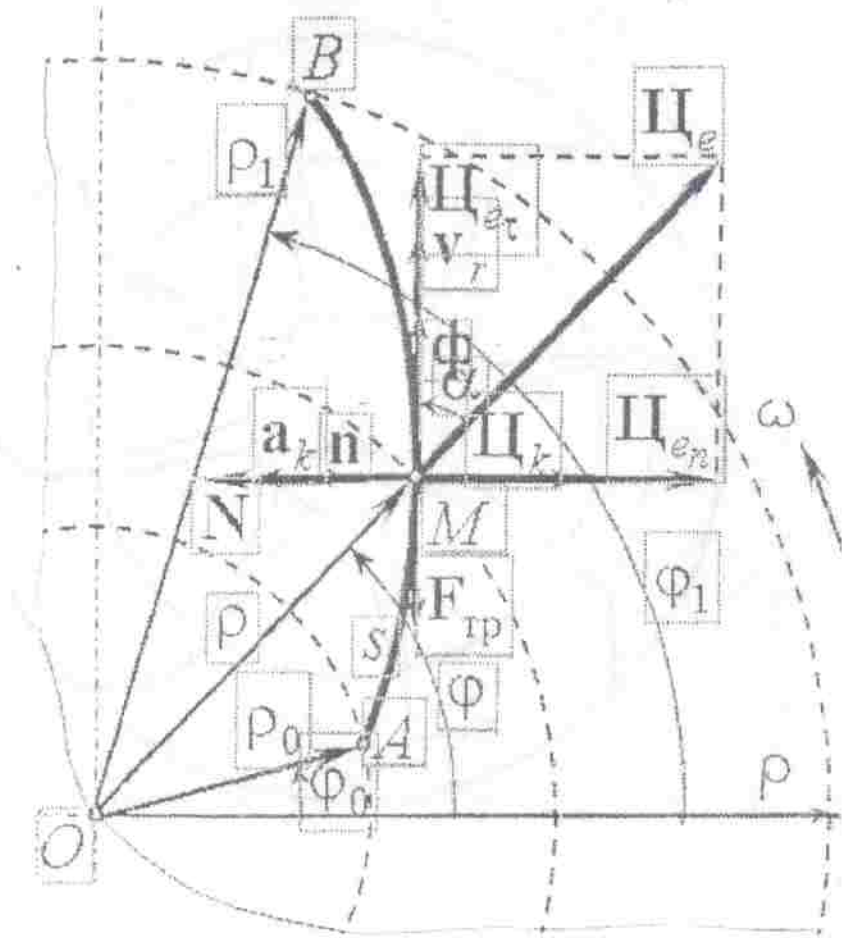
$\varphi_0$ ,  $\rho_0$  - початкові координати;

$C$ ,  $C_1$  - константи, що визначаються умовою  $\varphi = \varphi_0$  при  $\rho = \rho_0$ .





Фиг. 1



Фиг. 2

