

УДК. 631.3.024

ОБГРУНТУВАННЯ ПРОФІЛЮ СКРЕБКА ТРАНСПОРТЕРА**Дідух В.Ф., д.т.н., професор***(Львівський національний аграрний університет)***Кірчук Р.В., к.т.н., доц., Поліщук М.М., аспірант***(Луцький національний технічний університет)*

У статті представлені теоретичні дослідження та обґрунтування профілю скребка транспортера у машині для локального внесення твердих органічних добрив.

Постановка проблеми. Серед органічних добрив найбільше поживних речовин для ґрунту дає підстилковий гній та компости на його основі. Ефективність підстилкового гною оцінюється нормою внесення 40-60 т/га, що при зменшенні поголів'я худоби в Україні за останні роки, унеможливує дотримання агротехнічних вимог для отримання високих врожаїв сільськогосподарських культур. Одним із шляхів вирішення ситуації, що склалася, може стати локальне внесення виготовлених органічних добрив. Тому зростає потреба в органічних добривах, одними з яких можуть стати озерні сапропелі прісноводних водойм [1]. При зневодненні сапропелів широке застосування набуло їх проморожування температурами навколишнього середовища [2] з подальшою підготовкою до внесення. В результаті механічних дій при складуванні сапропелю у бурти та тривалого їх зберігання, утворюються тверді агрегати, які впливають на процеси внесення та ефективність використання, як органічної сировини.

Аналіз останніх досліджень. Загалом існують машинні агрегати для внутрішньогрунтового внесення лише рідких і напіврідких органо-мінеральних сумішей вологістю не менше 92% на певну глибину у ґрунт. Це здійснюється машинами АВВ-Ф-2,8, АВО-Ф-2,8 і АВМ-Ф-2,8 [3]. Промислових машин чи агрегатів для локального внесення твердих органічних добрив вологістю менше 70% не існує. Тому нами запропонована машина для локального внесення твердих органічних добрив. Схема роботи основних робочих органів представлена на рис 1.

Мета досліджень. Теоретично дослідити та обґрунтувати профіль робочої поверхні скребка транспортера (див. рис. 1, поз. 2), для оптимізації робочого процесу формування вхідного потоку до сапропелепроводів.

Результати досліджень. В подальшому, при аналізі переміщення шару матеріалу поверхнею скребка будемо розглядати як рух окремих матеріальних частинок M шорсткою поверхнею. Введемо систему координат YOX із центром у вершині скребка та припустимо, що ця система рухається у напрямку вектора швидкості транспортера $\vec{V}_{ск}$ прямолінійно і рівномірно. У такому

випадку матеріальна частинка M буде здійснювати переносний рух – разом із скребком транспортера, і відносний рух – поступальний вздовж робочої поверхні скребка з лінійною швидкістю V_r .

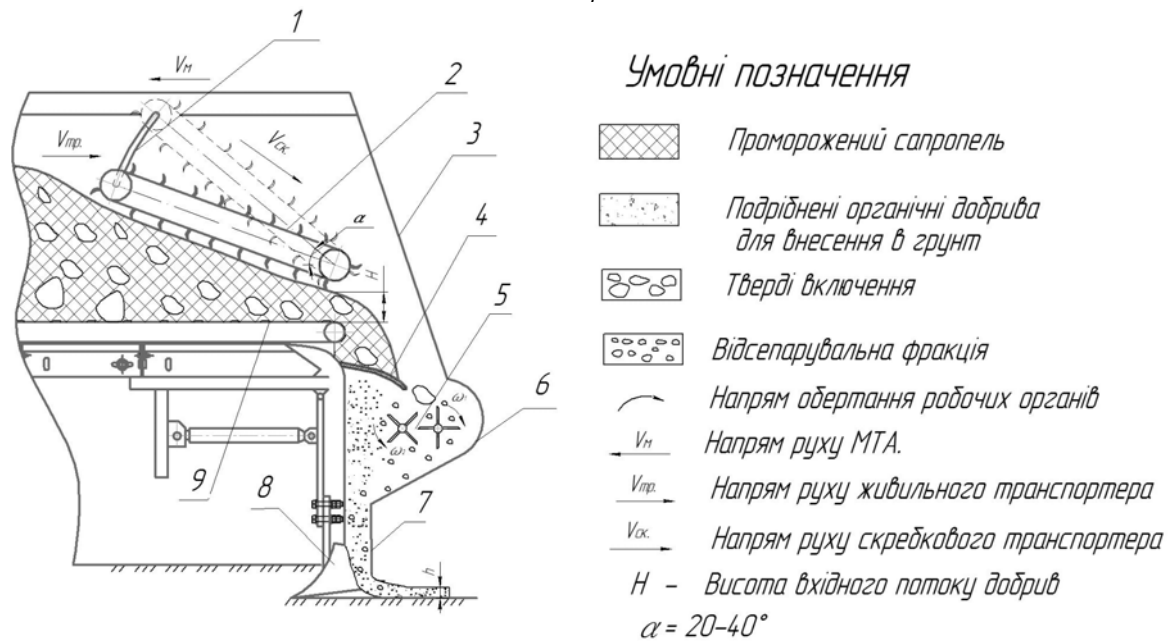


Рисунок 1 – Схема процесу локального внесення промороженого сапропелю: 1 – направляюча; 2 – скребковий транспортер; 3 – огорожуючий щиток; 4 – прутковий сепаратор; 5 – подрібнюючий пристрій; 6 – скатна поверхня; 7 – сапропелепровід; 8 – сошник; 9 – подавальний транспортер.

Крім цього, для вирішення поставленої задачі необхідно прийняти допущення, що матеріальна точка (частинка сапропелю) захоплюється скребком транспортера в крайньому нижньому положенні т. A_1 та, переміщуючись в процесі роботи транспортера, сходиться з його робочої поверхні в крайньому верхньому положенні т. A_2 (рис. 2).

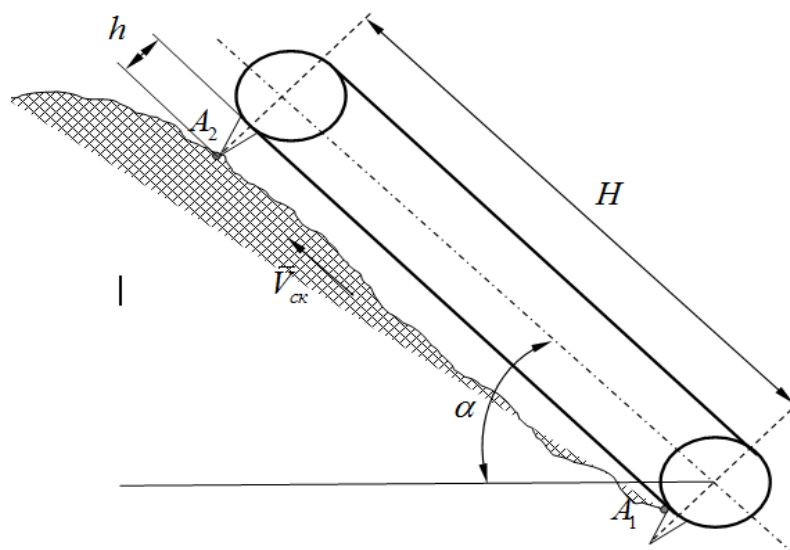


Рисунок 2 – Схема до визначення переміщення частинки сапропелю по робочій поверхні скребка в процесі роботи транспортера

Частинка сапропелю M , що поступила на скребок, буде підніматись разом з ним і переміщуватись його робочою поверхнею. При цьому на матеріальну частинку M діють такі сили (рис. 3):

- 1) сила ваги частинки $G = mg$;
 - 2) сила тертя $F_{mp} = f_{mp} \cdot N$;
 - 3) сила внутрішнього тертя між частинками сапропелю $F_{em} = f_{em} N$,
- f_{mp} - коефіцієнт тертя ковзання сапропелю по металу;
 f_{em} - коефіцієнт внутрішнього тертя маси сапропелю.

На рис.2 вказано кути: α - кут нахилу транспортера, β - пів кут профілю скребка.

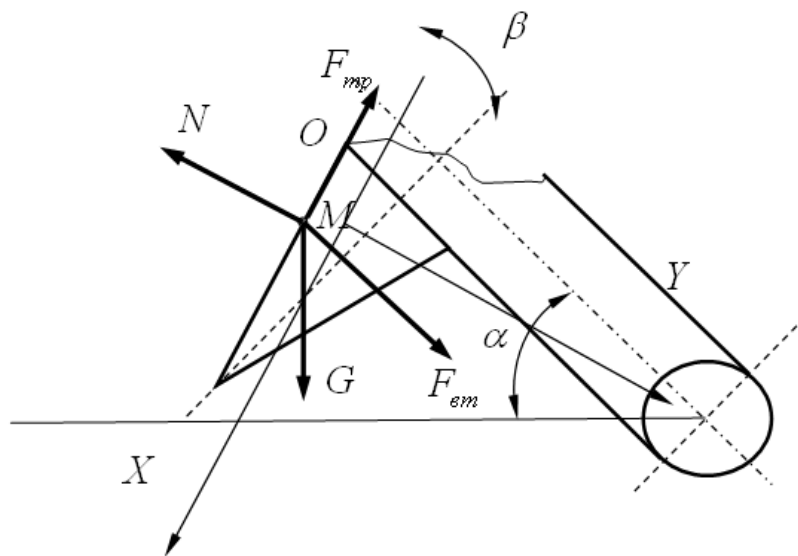


Рисунок 3 – Розрахункова схема до визначення кута профілю скребка

Для визначення профілю скребка транспортера необхідно встановити значення кута β та розробити модель, яка взаємопов'язує кут нахилу транспортера α , висоту скребка h та згаданий кут профілю скребка β .

Для початкового аналізу, за умови сипкого стану сапропелю у кузові машини, можна прийняти допущення про лінійність усіх параметрів, що формують модель.

Сума проекцій всіх сил, що діють на частинку в напрямі, перпендикулярному до поверхні скребка буде (проекція на вісь OY):

$$-N + F_{em} \cos(\beta) + G \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) = 0. \quad (1)$$

Звідки

$$N = F_{em} \cos(\beta) + G \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right),$$

або

$$N = f_{em} N \cos(\beta) + mg \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right),$$

$$N = \frac{mg \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right)}{1 - f_{em} \cos(\beta)}. \quad (2)$$

Складаючи суму проекцій сил на вісь OX і прирівнюючи її до добутку маси на прискорення, отримаємо диференціальне рівняння руху частинки робочою поверхнею скребка:

$$m\ddot{x} = -F_{mp} + F_{em} \sin(\beta) + G \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) = 0, \quad (3)$$

або

$$m\ddot{x} = -f_{mp}N + f_{em}N \sin(\beta) + mg \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) = 0. \quad (4)$$

Приймаючи до уваги вираз (2), рівняння (4) після відповідних перетворень матиме вигляд:

$$\ddot{x} = \frac{g \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right)}{1 - f_{em} \cdot \cos(\beta)} (f_{em} \sin(\beta) - f_{mp}) + g \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) = 0. \quad (5)$$

Двічі інтегруючи вираз (5) по часу τ з врахуванням початкових умов при $\tau = 0$, $\dot{x} = V_r = 0$ та $x = 0$, матимемо:

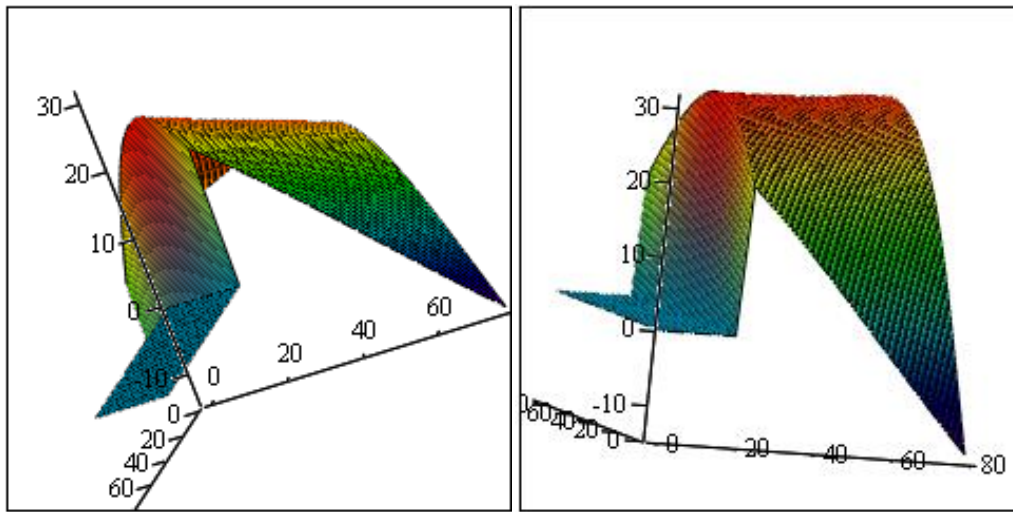
$$x = \left[\frac{g \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right)}{1 - f_{em} \cdot \cos(\beta)} (f_{em} \sin(\beta) - f_{mp}) + g \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) \right] \frac{\tau^2}{2}. \quad (6)$$

За умови задачі, час руху частинки сапропелю робочою поверхнею скребка складе $\tau = \frac{H}{V_{ск}}$, а відстань, яку вона пройде рівна $\frac{h}{\sin(\beta)}$.

Тому для отримання моделі взаємозв'язку параметрів α , β та h складемо систему рівнянь та обмежень:

$$\left\{ \begin{array}{l} \frac{h}{\sin(\beta)} = \left[\frac{g \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right)}{1 - f_{em} \cdot \cos(\beta)} (f_{em} \sin(\beta) - f_{mp}) + g \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) \right] \frac{\left(\frac{H}{V_{ск}}\right)^2}{2} \\ -45^\circ \leq \beta \leq 45^\circ, \\ 20^\circ \leq \alpha \leq 80^\circ. \end{array} \right. \quad (7)$$

За математичною моделлю (7) отримано результуючі графіки (рис. 4, рис. 5) при наступних вхідних даних: $H=1,2$ м; $\bar{V}_{ск}=1,0$ м/с; $f_{тр}=0,50$; $f_{вм}=0,25$.



М

М

Рисунок 4 – Графічна залежність параметрів α , β ($0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ$) та h .

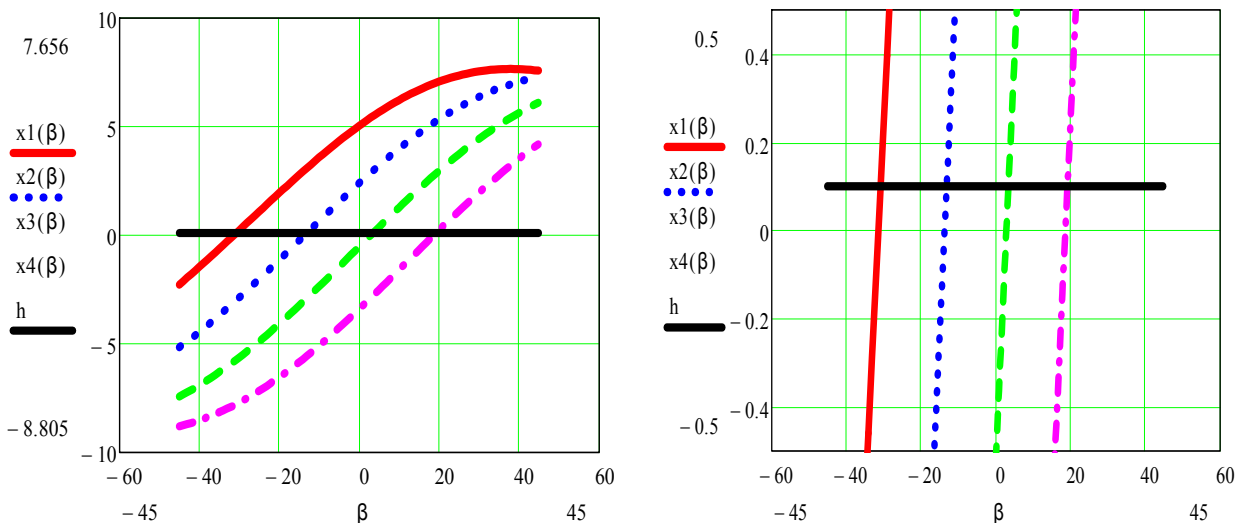


Рисунок 5 – Відстань, яку пройде точка М робочою поверхнею скребка залежно від кута профілю скребка β : x1) $\alpha=20^\circ$; x2) $\alpha=40^\circ$; x3) $\alpha=60^\circ$; x4) $\alpha=80^\circ$;

На основі проведених розрахунків можна зробити висновок, що зі збільшенням кута підйому транспортера α зростає значення кута профілю скребка β . Наочно, результати представлені у вигляді профілів скребка на рис. 6.

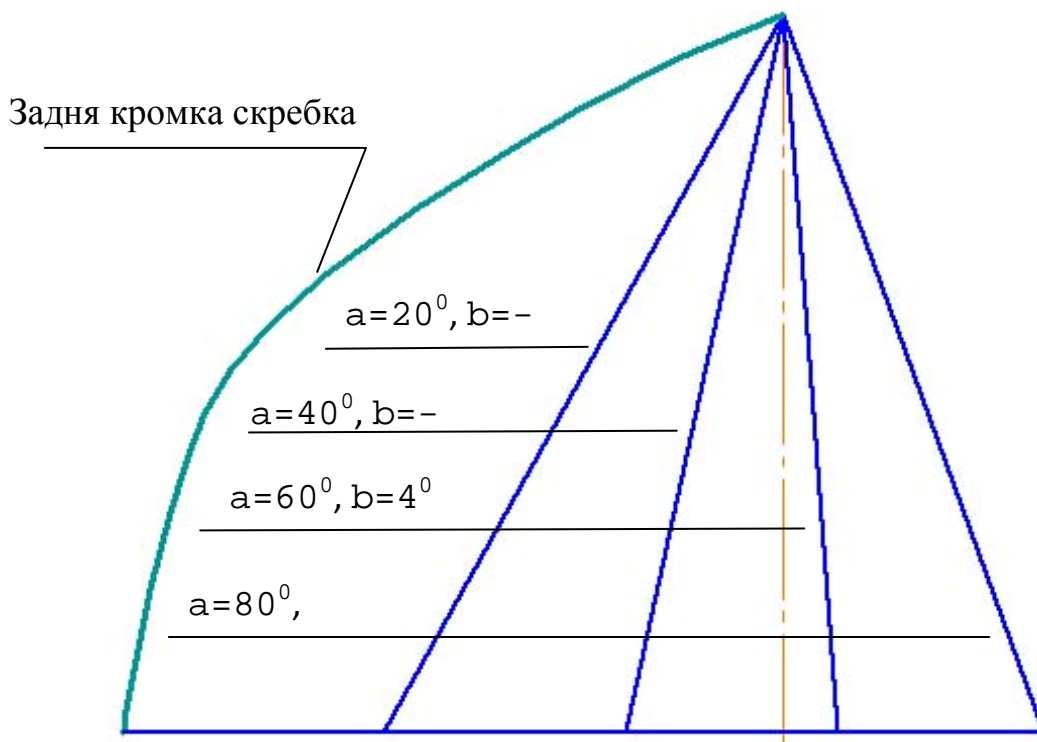


Рисунок 6 – Розрахункові профілі скребка

В загальному випадку, при розгляді даної задачі слід враховувати і те, що конструкція машини передбачає можливість відхилення скребкового транспортера, тобто зміну кута α . А це означає, що слід ввести у розрахункову схему (рис. 3) відцентрову F_i та Кориолісову F_k сили (рис. 7).

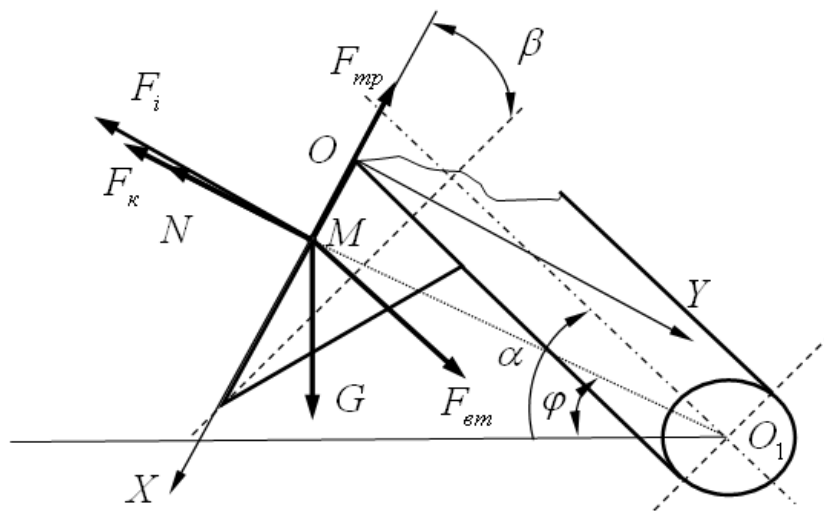


Рисунок 7 – Розрахункова схема до визначення кута профілю скребка

Зважаючи на можливість відхилення транспортера, тобто зміни кута α відносно т. O_1 , сума проєкцій всіх сил, на вісь O_1 :

$$-N + F_{em} \cos(\beta) + G \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - F_k - F_i \cos(\beta) = 0. \quad (8)$$

Так як $H = h$ то можна прийняти, що $\varphi \approx \alpha$ і радіус вектор $r = \frac{V_{ск}}{\tau}$ (на рис. 7 співпадає з відрізком O_1M).

Звідки

$$N = \frac{mg \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - 2m\omega V_r - mr\omega^2 \cos(\beta)}{1 - f_{em} \cos(\beta)}, \quad (9)$$

де ω - кутова швидкість обертання транспортера навколо т. O_1 ($\omega = \frac{V_n}{h_1}$);

V_n - лінійна швидкість подаючого транспортера;

h_1 - висота шару сапропелю, що формується скребковим транспортером.

Знову ж таки, складаючи суму проєкцій сил на вісь OX і прирівнюючи її до добутку маси на прискорення, отримаємо диференціальне рівняння руху частинки робочою поверхнею скребка:

$$m\ddot{x} = -F_{mp} + F_{em} \sin(\beta) + G \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - F_i \sin(\beta) = 0, \quad (10)$$

або

$$m\ddot{x} = N [f_{em} \sin(\beta) - f_{mp}] + mg \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - mr\omega^2 \sin(\beta) = 0. \quad (11)$$

Підставляючи (9) в (11) отримаємо:

$$\ddot{x} = \frac{g \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - 2a\dot{x} - r\omega^2 \cos(\beta)}{1 - f_{em} \cdot \cos(\beta)} (f_{em} \sin(\beta) - f_{mp}) + g \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - r\omega^2 \sin(\beta). \quad (12)$$

Інтегруючи вираз (12) та враховуючи початкові умови, що при $\tau = 0$, $\dot{x} = 0$ та $x = 0$, матимемо:

$$x + ax^2 = b\tau^2, \quad (13)$$

де

$$a = \frac{\omega(f_{em} \sin(\beta) - f_{mp})}{1 - f_{em} \cdot \cos(\beta)},$$

$$b = \frac{g \cdot \cos\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - r\omega^2 \cos(\beta)}{2(1 - f_{em} \cdot \cos(\beta))} (f_{em} \sin(\beta) - f_{mp}) + \frac{g \cdot \sin\left(\frac{\pi}{2} - \alpha + \beta\right) - r\omega^2 \sin(\beta)}{2}.$$

Для визначення профілю скребка транспортера слід виконати розрахунки моделі (13) в n точках за його висотою h зважаючи на те, що:

$$\alpha = \omega\tau = \frac{V_n}{h_1} \tau; \quad \tau = \frac{H}{V_{ск}}.$$

Позначивши $c = b \left(\frac{H}{V_{ск} n} \right)^2$ та беручи до уваги лише додатні значення розв'язку отримаємо систему:

$$\begin{cases} x = \frac{\sqrt{1+4ac} - 1}{2a}; \\ 0^\circ \leq \beta \leq 90^\circ. \end{cases} \quad (14)$$

Провівши числове моделювання отримано графічні залежності, які дають можливість розрахувати робочий профіль скребка транспортера, за умови переміщення частинки матеріалу із крайньої нижньої точки (т. A_1 на рис. 2) в крайню верхню точку (т. A_2 на рис. 2) і повороту транспортера навколо точки O_1 (рис. 7).

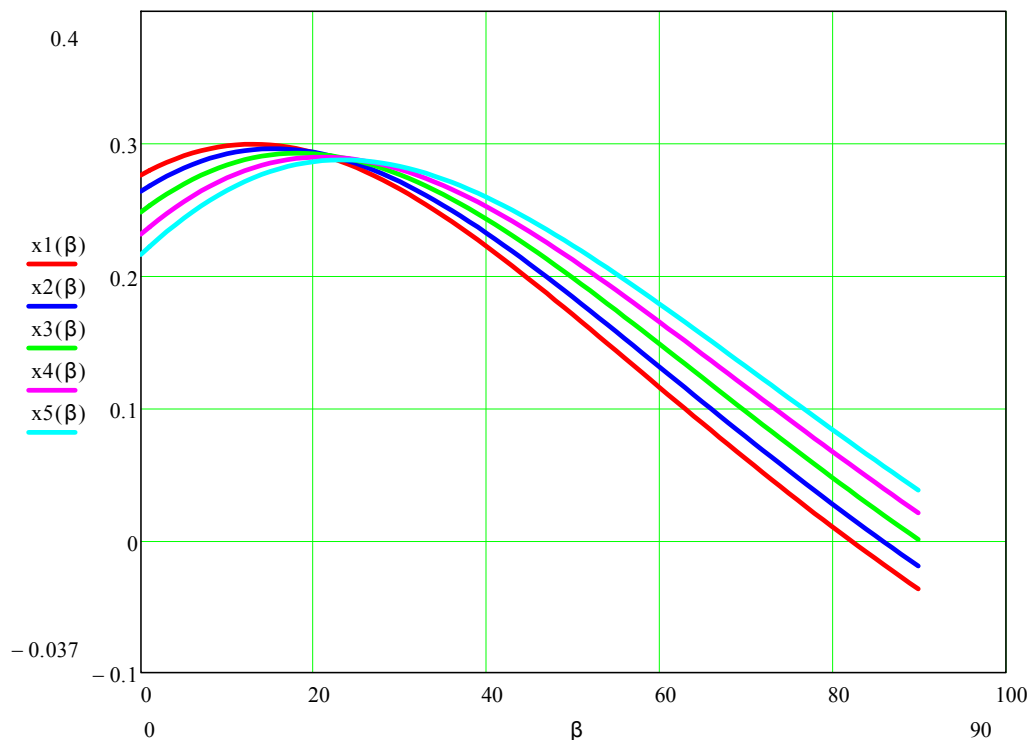


Рисунок 8 – Графіки величини переміщення x частинки M від кута профілю скребка β

Отримані графіки мають чітко виражений екстремум, тобто кожній точці максимального шляху x_n відповідає оптимальне значення кута β_n . Отримані значення кута β дають можливість побудувати робочий профіль скребка транспортера (рис. 9).

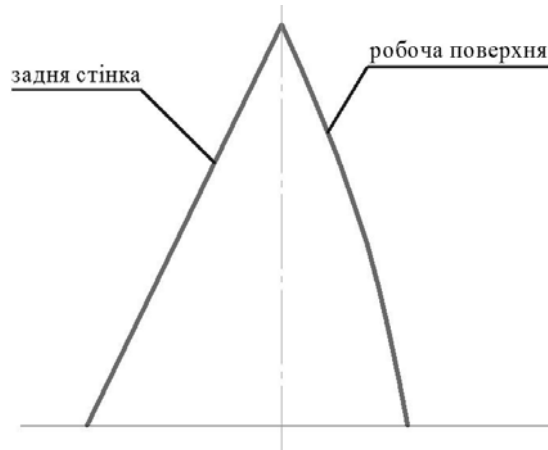


Рисунок 9 – Робочий профіль скребка транспортера

Висновки. Таким чином, запропонована математична модель дає можливість взаємозв'язати кінематичні і технологічні параметри машини та характеристики сапропелю. А також отримати профіль робочої поверхні скребка транспортера для формування шару сапропелю, який подається у зону формування полос при локальному внесенні добрив.

Список літератури

1. *Полищук М.М.* Зміна фізико-механічних властивостей промороженого сапропелю з часом [Текст] *М.М.Полищук* // Актуальні задачі сучасних технологій: збірник тез доповідей міжнародної науково-технічної конференції молодих учених та студентів, 19-20 грудня. 2012р., м. Тернопіль. – Тернопіль: Видавництво ТНТУ ім. Івана Пулюя, 2012. – С. 17 – 18.
2. *Полищук М.М.* Дослідження процесу подрібнення промороженого сапропелю [Текст] / *М.М.Полищук, С.Ф.Бабарика* // Сільськогосподарські машини: зб. наук. праць. Вип. 24. – Луцьк: Ред. - вид. відділ ЛНТУ, 2013. – С.298 – 305.
3. Сільськогосподарські та меліоративні машини [Текст]: підручник / *Д.Г.Войтюк, В.О. Дубровін, Т.Д. Іщенко* та ін.; під заг. ред. *Д.Г. Войтюка*. – К.: Вища освіта, 2004. – 544 с.

Анотація

ОБОСНОВАНИЕ ПРОФИЛЯ СКРЕБКА ТРАНСПОРТЕРА

Дидух В.Ф., Кирчук Р.В., Полищук Н.Н.

В статье представлены теоретические исследования и обоснования профиля скребка транспортера в машине для локального внесения твердых органических удобрений.

Abstract

RATIONALE PROFILE SCRAPER OF CONVEYORS

V. Didukh, R. Kirchuk, M. Polischuk

In the articles presented theoretical researches and grounds of type of scraper of conveyer in a machine for the local bringing of hard organic fertilizers.