

УДК 631.3:636

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ФОРМУВАННЯ БУРТА ГНОЄ-КОМПОСТНОЇ СУМІШІ ПРИ ЇЇ МЕХАНІЧНІЙ АЕРАЦІЇ

Павленко Сергій Іванович к.т.н., доцент

*Запорізькій науково-дослідний центр з механізації тваринництва ННЦ «ІМЕСГ»
НААН України*

Pavlenko S.

Zaporozhe Research Center of mechanization of animal husbandry

Анотація: в результаті теоретичних досліджень процесу формування бурта гноє-компостної суміші при її механічній аерації встановлено залежність кінематичний коефіцієнту барабанного робочого органу від коефіцієнта його завантаження. Отримана залежність дає змогу визначати конструктивно-технологічні параметри барабанного робочого органу аератора органічних відходів.

Ключові слова: бурт, гноє-компостна суміш, аерація, барабанний робочий орган, кінематичний коефіцієнт, завантаження.

Постановка проблеми

Фізико-математичне описання технологічних процесів змішування та механічної аерації органічних відходів є достатньо складним, так як воно охоплює математичний апарат дискретного середовища із неоднорідними та анізотропними фізико-механічними і реологічними властивостями. Тому необхідно комплексно вирішувати проблему, щодо створення наукових основ технологічного процесу змішування та механічної аерації органічних відходів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Теоретичному описанні технологічного процесу змішування та механічної аерації присвячено не так багато наукових праць [1, 2, 3, 9, 10]. Її висновки – вагомий внесок в розвиток теорії фрезерних робочих органів. Одержані залежності допомагають прогнозувати результати при зміні деяких конструктивних та кінематичних параметрів (діаметр та колова швидкість робочих органів, коефіцієнту заповнення). Але недостатньо досліджені залежності зв'язку між конструктивними і кінематичними параметрами робочих органів та параметрами створених буртів гноє-компостної суміші.

Мета досліджень

Дослідити функціональні залежності конструктивно-технологічних параметрів робочих органів та буртів гноє-компостної суміші.

Основні результати дослідження

Різноманітні типи робочих органів, які використовуються при аерації гноє-компостної суміші можна узагальнити у вигляді барабану з радіальним розміщенням лопаток. Для визначення раціональних параметрів барабанного робочого органу необхідно встановити співвідношення кутової швидкості барабана і швидкості його горизонтального переміщення від висоти бурта гноє-компостної суміші.

Для розробки математичної моделі процесу взаємодії барабанного робочого органу

аератора із буртом гноє-компостної суміші приймаємо наступні припущення і спрощення:

- в результаті аналізу конструкцій робочих органів аераторів розглянемо узагальнену плоску задачу у поперечному перерізі (рисунок 1);
- лобові поверхні навалочного і сформованого буртів знаходяться під кутами природного укосу до горизонту – α і γ відповідно;
- розвантаження компосту з лопаті робочого органу починається тоді, коли її край виходить з області навалочного бурта;
- вважається недоцільним положенням лінії укосу навалочного бурта зліва від осі барабана;
- обрушення навалочного бурту відбувається вздовж площини, нахиленої під кутом природного укосу, і ця площина не є дотичною до барабана, а перетинає його справа від центра.

По-перше визначимо кут початку розвантаження компосту φ_0 з лопаті барабанного робочого органу аератора. Згідно рисунку 1 процес взаємодії лопаті із буртом починається в точці А, при її нахилі до горизонту β .

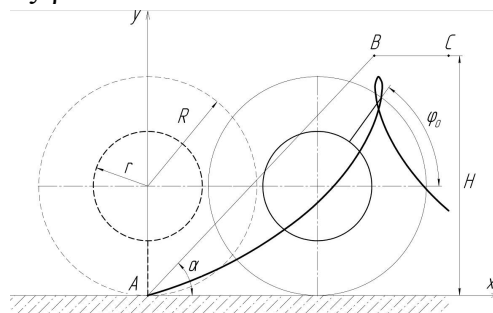


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення куту початку розвантаження компосту

При подальшому русі крайня точка лопаті виконує одночасно поступальний і обертальний рух описуючи при цьому трохойду (рисунок 1), рівняння якої можна записати у вигляді [4]:

$$\begin{cases} x(t) = R \sin(\omega t) + Vt, \\ y(t) = R(1 - \cos(\omega t)). \end{cases} \quad (1)$$

де t – час, с;

x, y – координати точки, м;

R – зовнішній радіус робочого органу, м;

ω – кутова швидкість обертання лопаті робочого органу, с^{-1} ;

V – швидкість поступального руху робочого органу, м/с.

При русі крайньої точки лопаті по трохойді, вона може перетинати пряму АВ або ВС. Згідно рисунку 1 рівняння прямої АВ в обраній системі координат має вигляд:

$$AB: y = x \cdot \operatorname{tg} \alpha, \quad (2)$$

де α – кут природного укосу навалочного бурта до горизонту.

А рівняння горизонтально прямої ВС можна записати:

$$BC: y = H, \quad (3)$$

де H – висота навалочного бурта, м.

Розглянемо перший випадок, коли трохойда перетинає пряму АВ:

$$\begin{cases} x(t) = R \sin(\omega t) + Vt, \\ y(t) = R(1 - \cos(\omega t)), \\ y = x \cdot \operatorname{tg}\alpha. \end{cases} \quad (4)$$

Рішенням системи рівнянь (4) є $t = t_1$.

Для другого випадку, коли трохойда перетинає пряму ВС, система рівнянь має вигляд:

$$\begin{cases} x(t) = R \sin(\omega t) + Vt, \\ y(t) = R(1 - \cos(\omega t)), \\ y = H. \end{cases}, \quad (5)$$

Рішенням системи рівнянь (5) є $t = t_2 = \frac{1}{\omega} \arccos\left(1 - \frac{H}{R}\right)$.

Розглянемо наступну умову. Якщо трохойда перетинає першу пряму АВ, то $t_1 < t_2$, в іншому випадку буде $t_1 \geq t_2$:

$$\begin{aligned} t_1 < t_2 &\rightarrow t = t_1 \Rightarrow \varphi_0 = \omega t_1 - \frac{\pi}{2}, \\ t_1 \geq t_2 &\rightarrow t = t_2 \Rightarrow \varphi_0 = \omega t_2 - \frac{\pi}{2}, \end{aligned} \quad (6)$$

де φ_0 – кут початку розвантаження компосту з лопаті робочого органу.

Для узагальнення даних введемо кінематичний коефіцієнт λ і коефіцієнт завантаження робочого органу κ , які визначаються за формулами:

$$\lambda = \frac{\omega R}{V}, \quad (7)$$

$$\kappa = \frac{H}{2R}. \quad (8)$$

Спільне вирішення систем рівнянь (4)-(6) в програмному пакеті Mathematica із застосуванням вищевказаних коефіцієнтів (7)-(8) дали змогу отримати графічну залежність¹ кута φ_0 початку розвантаження компосту з лопаті робочого органу від кінематичного коефіцієнту λ і коефіцієнту завантаження κ (рисунок 2)

На формування бурта істотно впливає кут розкидання матеріалу $\Delta\varphi$ – кут між векторами швидкостей першої V_1 і останньою V_n порціями компосту [5, 6]. Тому другим етапом є дослідження динаміки процесу сходження компосту з лопаті робочого органу. Для цього складемо розрахункову схему (рисунок 3).

У початковий момент часу лопать знаходиться під кутом φ_0 до горизонту. При цьому порція компосту, яка покидає лопать останньою, має поточну координату $\rho(\varphi)$. Коли $\rho(\varphi_0 + \Delta\varphi) = R$ остання порція покидає лопать. Таким чином, остання порція компосту проходить шлях по усій довжині лопатки $R - r$ за час розвантаження t_p і кут розвантаження $\varphi_0 + \Delta\varphi$.

Диференціальне рівняння руху частки компосту по поверхні лопаті в загальному вигляді має вигляд [7]:

$$m\ddot{\rho} = \sum_i F_i, \quad (9)$$

де m – маса частки компосту, кг;

ρ – координата переміщення частки компосту, м;

¹ $\alpha = 0,873 (50^\circ)$

$\sum_i F_i$ – узагальнена сила, що діє на частку компосту, Н.

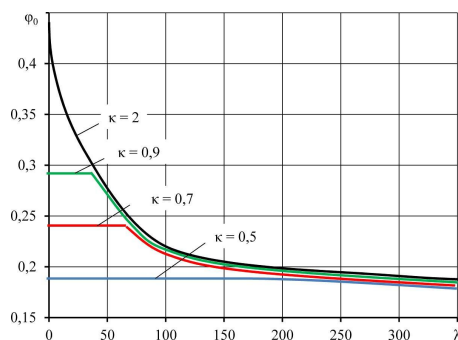


Рис. 2. Залежність кута φ_0 початку розвантаження компосту з лопаті робочого органу від кінематичний коефіцієнту λ і коефіцієнту завантаження κ

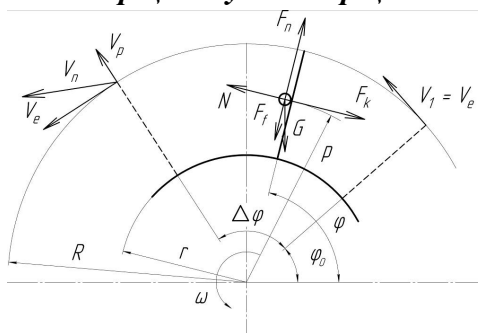


Рис. 3. Розрахункова схема для дослідження динаміки процесу сходження частки компосту з лопаті робочого органу

На частку компосту діють наступні сили.

- 1) Сила тяжіння:

$$G = mg, \quad (10)$$

де G – сила тяжіння, Н;

g – прискорення вільного падіння, м/с^2 .

Проекція цієї сили на лопать:

$$G_p = mg \sin(\varphi + \varphi_0), \quad (11)$$

де φ – поточний кут повороту лопаті.

- 2) Відцентрова сила:

$$F_n = m\omega^2\rho, \quad (12)$$

де F_n – відцентрова сила, Н.

- 3) Сила Коріоліса:

$$F_k = 2m\omega\dot{\rho}, \quad (13)$$

де F_k – сила Коріоліса, Н.

- 4) Сила тертя

$$F_f = fN, \quad (14)$$

де F_f – сила тертя, Н;

f – коефіцієнт тертя компосту об матеріал лопаті;

N – нормальна реакція поверхні лопаті, Н.

5) Нормальна реакція поверхні лопати:

$$N = F_k + G \cos(\varphi + \varphi_0). \quad (15)$$

Підставивши вирази (10)-(15) в (9), отримаємо:

$$m\ddot{\rho} = m\omega^2\rho - f(2m\omega\dot{\rho} + mg \cos(\varphi + \varphi_0)) - mg \sin(\varphi + \varphi_0). \quad (16)$$

Замінивши φ на ωt , після перетворень отримаємо диференціальне рівняння руху частки компосту по поверхні лопати

$$\ddot{\rho} - \omega^2\rho + 2f\omega\dot{\rho} + gf \cos(\omega t + \varphi_0) + g \sin(\omega t + \varphi_0) = 0. \quad (17)$$

Загальне рішення рівняння (17) є

$$\rho(t) = \frac{1}{2(1+f^2)\omega^2} e^{-t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} \left(2(1+f^2)\omega^2 (C_1 + C_2 e^{-2t\omega\sqrt{1+f^2}}) + \right. \\ \left. + 2e^{t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} fg \cos(\omega t + \varphi_0) - e^{t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} (f^2 - 1)g \sin(\omega t + \varphi_0) \right) \quad (18)$$

Узявши похідну за часом від виразу (18), визначаємо швидкість руху матеріалу по лопаті:

$$\dot{\rho}(t) = \frac{1}{2(1+f^2)\omega} e^{-t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} \left(-e^{t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} (f^2 - 1)g \cos(\omega t + \varphi_0) - \right. \\ \left. - 2\left((1+f^2)\omega^2 \left(\sqrt{1+f^2} (C_1 - C_2 e^{2t\omega\sqrt{1+f^2}}) + f(C_1 + C_2 e^{2t\omega\sqrt{1+f^2}}) \right) + e^{t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} fg \sin(\omega t + \varphi_0) \right) \right) \quad (19)$$

Початковими умовами (при $t = 0$) будуть

$$\begin{cases} \rho(0) = r, \\ \dot{\rho}(0) = 0. \end{cases} \quad (20)$$

Використовуючи початкові умови (20), визначаємо постійні інтегрування

$$C_1 = \frac{1}{\omega^3(1+f^2)^{\frac{3}{2}}} 0,5 \left(r\omega^2 \left(-f\omega - f^3\omega + \omega\sqrt{1+f^2} + f^2\omega\sqrt{1+f^2} \right) + \right. \\ \left. + g \left(0,5\omega(1+f^2) - f\omega\sqrt{1+f^2} \right) \cos \varphi_0 + \right. \\ \left. + 0,5g \left(-f\omega - f^3\omega - \omega\sqrt{1+f^2} + f^2\omega\sqrt{1+f^2} \right) \sin \varphi_0 \right) \quad (21)$$

$$C_2 = \frac{1}{\omega\sqrt{1+f^2}} 0,5 \left(\frac{g(0,5(1-f^2)\cos \varphi_0 - f \sin \varphi_0)}{(1+f^2)\omega} + \right. \\ \left. + \omega(f + \sqrt{1+f^2}) \left(-r + \frac{fg \cos \varphi_0}{(1+f^2)\omega^2} - \frac{0,5(f^2 - 1)g \sin \varphi_0}{(1+f^2)\omega^2} \right) \right) \quad (22)$$

Враховуючи, що $\varphi = \omega t$: і підставляючи у вирази (21)-(23) числові значення² отримуємо графічну залежність кута $\varphi_0 + \Delta\varphi$ кінця розвантаження компосту з лопаті робочого органу ($\rho(\varphi) = R$) від кінематичного коефіцієнту λ і коефіцієнту завантаження k (рисунок 4).

$$\rho(\varphi) = \frac{1}{2(1+f^2)\omega^2} e^{-\varphi(f+\sqrt{1+f^2})} \left(2(1+f^2)\omega^2 (C_1 + C_2 e^{-2\varphi\sqrt{1+f^2}}) + \right. \\ \left. + 2e^{\varphi(f+\sqrt{1+f^2})} fg \cos(\varphi + \varphi_0) - e^{t\omega(f+\sqrt{1+f^2})} (f^2 - 1)g \sin(\varphi + \varphi_0) \right) \quad (23)$$

$$\dot{\rho}(\varphi) = \frac{1}{2(1+f^2)\omega} e^{-\varphi(f+\sqrt{1+f^2})} \left(-e^{\varphi(f+\sqrt{1+f^2})} (f^2 - 1)g \cos(\varphi + \varphi_0) - \right. \\ \left. - 2\left((1+f^2)\omega^2 \left(\sqrt{1+f^2} (C_1 - C_2 e^{2\varphi\sqrt{1+f^2}}) + f(C_1 + C_2 e^{2\varphi\sqrt{1+f^2}}) \right) + e^{\varphi(f+\sqrt{1+f^2})} fg \sin(\varphi + \varphi_0) \right) \right) \quad (24)$$

² $\alpha = 0,873$ (50 °); $g = 9.8$ м/с²; $f = 0.8$

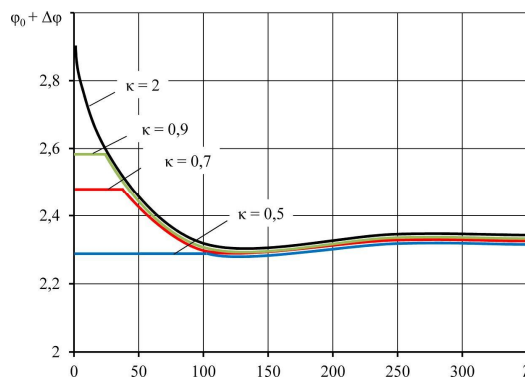


Рис. 4. Залежність кута $\varphi_0 + \Delta\varphi$ кінця розвантаження розвантаження компосту з лопаті робочого органу від кінематичний коефіцієнту λ і коефіцієнту завантаження κ

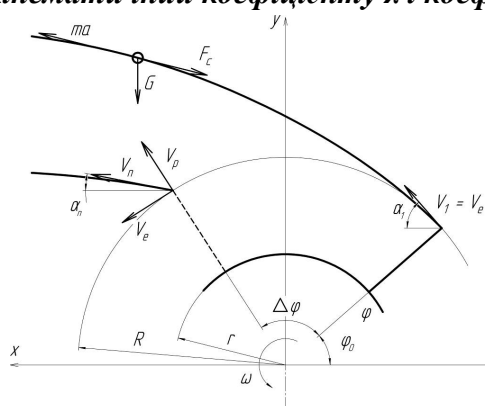


Рис. 5. Розрахункова схема для визначення траєкторії польоту часток першої і останньої порції матеріалу

Для реалізації третього етапу теоретичних досліджень переміщення часток компосту, а саме визначення траєкторії польоту часток першої і останньої порції матеріалу складемо розрахункову схему (рисунок 5).

З рисунку 5 видно, що перша порція компосту відривається від лопаті робочого органу із швидкістю:

$$V_1 = V_e = \omega R, \quad (25)$$

під кутом:

$$\alpha_1 = \frac{\pi}{2} - \varphi_0. \quad (26)$$

А остання порція матеріалу відривається від лопаті із швидкістю:

$$V_n = \sqrt{V_p^2 + V_e^2} = \sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2}, \quad (27)$$

під кутом:

$$\alpha_n = \arctg\left(\frac{V_p}{V_e}\right) - \Delta\varphi - \varphi_0 + \frac{\pi}{2} = \arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right) - \Delta\varphi - \varphi_0 + \frac{\pi}{2}. \quad (28)$$

Після відриву від лопаті частинка компосту на неї діють наступні сили [8].

1) Сила тяжіння:

$$G = mg. \quad (29)$$

2) Сила опору повітря:

$$F_c = c \frac{\rho_a}{2} S \cdot \dot{\xi}^2, \quad (30)$$

де c – коефіцієнт опору повітря;

ρ_a – щільність повітря, кг/м^3 ;

S – площа миделевого перерізу частки, м^2 :

$$S = \pi r_k^2; \quad (31)$$

r_k – ефективний радіус компоста, м/с :

$$r_k = \sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}; \quad (32)$$

ρ_a – щільність компосту, кг/м^3 ;

ξ – переміщення частки відносно повітря, м/с ;

$\dot{\xi}$ – швидкість частки відносно повітря, м/с .

Коефіцієнт опору c є функцією критерію Рейнольдса:

$$c_x = \begin{cases} \frac{24}{\text{Re}}, & 10^{-4} < \text{Re} < 2; \\ \frac{18,5}{\text{Re}^{0,6}}, & 2 < \text{Re} < 500; \\ 0,44, & 500 < \text{Re} < 2 \cdot 10^5; \end{cases} \quad (33)$$

де Re – критерій Рейнольдса

$$\text{Re} = \frac{2\rho_a \dot{\xi} \cdot r_k}{\eta}, \quad (34)$$

η – динамічна в'язкість повітря, $\text{Н}\cdot\text{с/м}^2$.

Так як критерій Рейнольдса для частки компосту знаходиться в діапазоні $10^{-4} < \text{Re} < 2$ то сила опору повітря можна представити у вигляді:

$$F_c = 6\eta\pi r_k \dot{\xi}, \quad (35)$$

Рівняння руху частинку у повітря можна записати у вигляді:

$$m\ddot{\xi} = -mg - 6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}} \dot{\xi}. \quad (36)$$

Представлене рівняння у проекції на координатні вісі має вигляд:

$$\begin{cases} m\ddot{x} = -6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}} \dot{x}, \\ m\ddot{y} = -mg - 6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}} \dot{y}. \end{cases} \quad (37)$$

Рішенням представленої системи (37) у загальному вигляді:

$$\begin{cases} x(t) = -\frac{m}{6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} A_1 e^{-6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}} t} + A_2, \\ y(t) = -\frac{m}{6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} \left(gt + B_1 e^{-6\eta\pi\sqrt[3]{\frac{3m}{4\pi\rho_k}} t} \right) + B_2. \end{cases} \quad (38)$$

Для знаходження коефіцієнтів інтегрування скористаємося початковими умовами

- для першої порції компосту:

$$\begin{cases} x(0) = -R \cos \varphi_0, \\ y(0) = R \sin \varphi_0, \\ \dot{x}(0) = V_1 \cos \alpha_1 = \omega R \cos\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_0\right), \\ \dot{y}(0) = V_1 \sin \alpha_1 = \omega R \sin\left(\frac{\pi}{2} - \varphi_0\right). \end{cases} \quad (39)$$

- для останньої порції компосту:

$$\begin{cases} x(0) = -R \cos(\varphi_0 + \Delta\varphi), \\ y(0) = R \sin(\varphi_0 + \Delta\varphi), \\ \dot{x}(0) = V_n \cos \alpha_n = \sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2} \cos\left(\arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right) - \Delta\varphi - \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right), \\ \dot{y}(0) = V_n \sin \alpha_n = \sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2} \sin\left(\arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right) - \Delta\varphi - \varphi_0 + \frac{\pi}{2}\right). \end{cases} \quad (40)$$

Підставляючи початкові умови (39) в рівняння (38) отримаємо коефіцієнти інтегрування для першої порції компосту:

$$\begin{cases} A_1 = R\omega \sin \varphi_0, \\ A_2 = \frac{mR\omega}{6\eta\pi_3 \sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} \sin \varphi_0 - R \cos \varphi_0, \\ B_1 = \frac{gm}{6\eta\pi_3 \sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} + R\omega \cos \varphi_0, \\ B_2 = \frac{gm^2}{\left(6\eta\pi_3 \sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}\right)^2} + \frac{R\omega}{6\eta\pi_3 \sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} \cos \varphi_0 + R \sin \varphi_0. \end{cases} \quad (41)$$

Підставляючи початкові умови (40) в рівняння (38) отримаємо коефіцієнти інтегрування для останньої порції компосту:

На рисунку 6 об'єднані траєкторії руху першої і останньої порції компосту (38), (41), (42) на одній координатній площині (при $m = 0,001$ кг; $\eta = 0,0000174$ Н·с/м²; $\rho_a = 600$ кг/м³; $\varphi_0 = 0,3327$; $R = 0,3$ м; $\omega = 20$ с⁻¹; $g = 9,8$ м/с²; $\Delta\varphi = 1,6168$; $\dot{\rho}(\Delta\varphi) = 2,73$ м/с; $V = 0,1$ м/с), враховуючи той факт, що остання порція компосту починає свій рух на відстані $x(t) + Vt$.

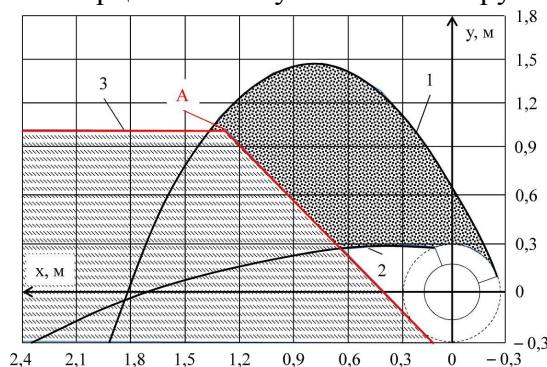


Рис. 6. Траєкторія руху першої (1) і останньої (2) порції компосту на бурт (3)

$$\left\{ \begin{aligned} A_1 &= \sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2} \sin\left(\Delta\phi + \phi_0 - \arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right)\right), \\ A_2 &= -R \cos(\Delta\phi + \phi_0) + \\ &+ \frac{m}{6\eta\pi_3\sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} \sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2} \sin\left(\Delta\phi + \phi_0 - \arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right)\right), \\ B_1 &= \frac{gm}{6\eta\pi_3\sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} + \sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2} \cos\left(\Delta\phi + \phi_0 - \arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right)\right), \\ B_2 &= \frac{gm^2}{\left(6\eta\pi_3\sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}\right)^2} + \\ &+ \frac{\sqrt{(\dot{\rho}(\Delta\varphi))^2 + (\omega R)^2} \cos\left(\Delta\phi + \phi_0 - \arctg\left(\frac{\dot{\rho}(\Delta\varphi)}{\omega R}\right)\right)}{6\eta\pi_3\sqrt{\frac{3m}{4\pi\rho_k}}} + R \sin(\phi_0 + \Delta\phi). \end{aligned} \right. \quad (42)$$

Згідно рисунку 6 можна стверджувати, що для формування бурта певної висоти H' необхідно щоб траєкторія руху першої порції компосту перетинала точку А, координати якої можуть бути представлені залежностями:

$$\begin{aligned} x_A &= H' \operatorname{ctg} \gamma + R \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2}, \\ y_A &= H' - R. \end{aligned} \quad (43)$$

Стосовно траєкторії руху останньої порції компосту то вона повинна перетинати точку В (рисунок 6) із координатами:

$$\begin{aligned} x_B &= R \left(2 \operatorname{ctg} \gamma + \operatorname{tg} \frac{\gamma}{2} \right), \\ y_B &= R. \end{aligned} \quad (44)$$

Вирішуючи спільно рівняння (39), (41), (43) і (39), (42), (44) отримуємо графічну залежність кінематичний коефіцієнту λ робочого органу від коефіцієнта завантаження k (рисунок 7).

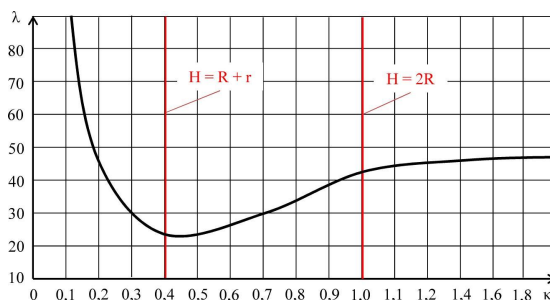


Рис. 7. Залежність кінематичний коефіцієнту λ робочого органу від коефіцієнта завантаження k

В результаті аналізу рисунка 7 встановлено, що для формування бурта певної висоти $H' = 1$ м при збільшенні коефіцієнта завантаження k від 0 до 0,4 необхідно щоб кінематичний коефіцієнту λ зменшувався до 24; при подальшому збільшенні k від 0,4 до 1,0 потрібно, щоб λ збільшувався від 23 до 44. При значеннях коефіцієнта завантаження k більше ніж 1

кінематичний коефіцієнту знаходиться в межах від 44 до 48.

Висновки

В результаті теоретичних досліджень процесу формування бурта гноє-компостної суміші при її механічній аерації встановлено залежність кінематичний коефіцієнту λ барабанного робочого органу від коефіцієнта його завантаження k . Отримана залежність дає змогу визначати конструктивно-технологічні параметри барабанного робочого органу аератора органічних відходів.

Список літератури

1. Шевченко І.А., Ковязін О.С., Харитонов В.І. Механіко-математична модель процесу розвантаження барабанного органу для змішування компостних матеріалів та механічної аерації. // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. Зб. наук. праць Інституту механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН, 2008. – Вип.1. (5,6) 2010. – С. 248-265.
2. Шевченко І.А. Обоснование внешнего радиуса барабана аэратора компостных смесей / И.А. Шевченко, А.С. Ковязин, В.И. Харитонов // Технічні системи і технології тваринництва: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2013. – Вип. 132. – С. 292-296.
3. Шевченко І.А. Теоретическое обоснование параметров аэратора компостных смесей / И.А. Шевченко, А.С. Ковязин, В.И. Харитонов, И.Г. Величко // Зб. наук. праць ІМТ НААН “Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві”. – Вип. 2(10). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2012 – С. 92-109.
4. Выгодский М. Я. Справочник по высшей математике / М. Я. Выгодский. М. : Астрель, 2006. – 991 с.
5. Воронков А.А. К теории резания прессованных грубых и силосованных кормов дисковыми рабочими органами / А.А. Воронков, Ю.В. Левитский, В.Г. Стеценков // Сб. Исследование и конструирование машин для живот-новодства и кормопроизводства. – Вип.1. – К.: ВНИИЖивмаши, 1975. – С.38-43.
6. Ротационные почвообрабатывающие и землеройные машины / А.Д. Далин, П.В. Павлов. – М.: Машигиз, 1950. – 258 с.
7. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики / Н. А. Кильчевский. – Т. 1. – М.: Наука, 1977. – 480 с.
8. Аппель П. Теоретическая механика. Т.1 / П. Аппель. – М.: Физматлит, 1960. – 516 с
9. Павленко С. І. Визначення кінематичних характеристик фрезерно-барабанного робочого органу для змішування і механічної аерації компостних матеріалів/ С. І. Павленко, О.О. Ляшенко, М.М. Науменко // Технічні системи і технології тваринництва: Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка – Харків, 2013. – Вип. 134. – С. 130-138.
10. Павленко С. І. Обґрунтування основних параметрів фрезерно-барабанного робочого органу для змішування та механічної аерації компостних матеріалів / С. І. Павленко, О.О. Ляшенко, А.А. Поволоцкий // Механізація та електрифікація сільського господарства – Глевах, 2013. – Вип. 97. Том 1. – С. 628-637.

References

1. Shevchenko I.A., Kovyazin O.S., Haritonov V.I. Mehaniko-matematichna model protsesu rozvantazhennya barabannogo organu dlya zmlshuvannya kompostnih materIalIv ta mehanIchnoYi aeratsIYi. // MehanIzatsIya, ekologIzatsIya ta konvertatsIya bIosirovini u tvarinnitstvi. Zb. nauk. prats Institutu mehanIzatsIYi tvarinnitstva UAAN. – ZaporIzhzhya: IMT UAAN, 2008. – Vip.1. (5,6) 2010. - S. 248-265.
2. Shevchenko I.A. Obosnovanie vneshnego radiusa barabana aeratora kompostnyih smesey / I.A. Shevchenko, A.S. Kovyazin, V.I. Haritonov // TehnIchnI sistemi I tehnologIYi tvarinnitstva: VIsnik harkIvskogo NatsIonalnogo tehnIchnogo unIversitetu sIlskogo gospodarstva ImenI Petra Vasilenka – HarkIv, 2013. – Vip. 132. – S. 292-296.
3. Shevchenko I.A. Teoreticheskoe obosnovanie parametrov aeratora kompostnyih smesey / I.A. Shevchenko, A.S. Kovyazin, V.I. Haritonov, I.G. Velichko // Zb. nauk. prats IMT NAAN “MehanIzatsIya, ekologIzatsIya ta konvertatsIya bIosirovini u tvarinnitstvi”. – Vip. 2(10). – ZaporIzhzhya: IMT NAAN, 2012 – S. 92-109.
4. Vyigodskiy M. Ya. Spravochnik po vyisshey matematike / M. Ya. Vyigodskiy. M. : Astrel, 2006. – 991 s.
5. Voronkov A.A. K teorii rezaniya pressovannyih grubyyih i silosovannyih kormov diskovyyimi rabochimi

organami / A.A. Voronkov, Yu.V. Levitskiy, V.G. Stetsenkov // *Sb. Issledovanie i konstruirovaniye mashin dlya zhivotnovodstva i kormoproizvodstva. – Vyp.1. – K.: VNIzhivmash, 1975. – S.38-43.*

6. *Rotatsionnyie pochvoobrabatyivayuschie i zemleroynyie mashiny / A.D. Dalin, P.V. Pavlov. – M.: Mashgiz, 1950. – 258 s.*

7. *Kilchevskiy N. A. Kurs teoreticheskoy mehaniki / N. A. Kilchevskiy. – T. 1. – M.: Nauka, 1977. – 480 s.*

8. *Appel P. Teoreticheskaya mehanika. T.1 / P. Appel. – M.: Fizmatlit, 1960. – 516 s*

9. *Pavlenko S. I. Vznachennya kinematichnih harakteristik frezerno-barabannogo robochogo organu dlya zmlshuvannya I mehanichnoyi aeratsiyi kompostnih materiyaliv / S. I. Pavlenko, O.O. Lyashenko, M.M. Naumenko // Tehnichni sistemi I tehnologiyi tvarinnitstva: Visnik Harkivskogo natsionalnogo tehnichnogo unversitetu silskogo gospodarstva Imeni Petra Vasilenka – Harkiv, 2013. – Vip. 134. – S. 130-138.*

10. *Pavlenko S. I. Obgruntuvannya osnovnih parametriv frezerno-barabannogo robochogo organu dlya zmlshuvannya ta mehanichnoyi aeratsiyi kompostnih materiyaliv / S. I. Pavlenko, O.O. Lyashenko, A.A. Povolotskiy // Mehanizatsiya ta elektrifikatsiya silskogo gospodarstva – Glevaha, 2013. – Vip. 97. Tom 1. – S. 628-637.*

ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ПРОЦЕССА ФОРМИРОВАНИЯ БУРТА ГНОЕ-КОМПОСТНОЙ СМЕСИ ПРИ ЕЕ МЕХАНИЧЕСКОЙ АЭРАЦИИ

Аннотация: в результате теоретических исследований процесса формирования бурта гное-компостной смеси при ее механической аэрации установлена зависимость кинематического коэффициента барабанного рабочего органа от коэффициента его загрузки. Полученная зависимость позволяет определять конструктивно-технологические параметры барабанного рабочего органа аэратора органических отходов.

Ключевые слова: бурт, гное-компостная смесь, аэрация, барабанный рабочий орган, кинематический коэффициент, загрузка.

THEORETICAL STUDY OF THE FORMATION BURT PUS-COMPOST MIXTURE DURING ITS MECHANICAL AERATION

Summari: as a result of theoretical studies of the formation of pus-collar compost mixture at its mechanical aeration, the dependence of the kinematic coefficient drum working body on the coefficient of his boot. The resulting dependence allows to determine the structural and technological parameters of the working body of the drum aerator organic waste.

Keywords: shoulder, pus-compost mixture, aeration drum working body, the kinematic factor loading.