

ТЕОРЕТИЧНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ КОНСТРУКТИВНИХ І РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ РОБОЧИХ ОРГАНІВ НА ПРОДУКТИВНІСТЬ КОМПСТОГОТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ

Шевченко І.А., д.т.н., професор,
Ляшенко О.О., зав. лабораторією,
Інститут механізації тваринництва УААН
тел/факс: 8 061 286 53 23

Теоретично одержано рівняння, що описують взаємодію фрезерно-лопатевих робочих органів компостоготувальної машини з матеріалом. Наведено залежності для визначення і обґрунтування їхньої продуктивності з урахуванням кінематичних режимів роботи, конструктивних і технологічних параметрів.

Ключові слова: компостоготувальна машина, теоретичні залежності, параметри робочих органів, продуктивність.

Постановка проблеми. Останнім часом набувають розвитку технології прискореного біотермічного компостування, спрямовані на перероблення гною й органічних відходів у високоякісні екологічно безпечні добрива [1]. Впровадження їх потребує нових технологічних підходів щодо готування компостних сумішей [2, 3] та зосередження уваги на необхідність створення технічних засобів з принципово новими робочими органами [4], які забезпечували б виконання комплексу технологічних операцій з заданою продуктивністю й якісними показниками.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теоретичні дослідження кінематичних особливостей фрезерних робочих органів навантажувачів безперервної дії з аналізом продуктивності були започатковані у роботах [5, 6] і знайшли подальший розвиток [7]. Разом з тим у зазначених роботах не розкриті особливості і теоретичний аналіз взаємодії робочих органів з матеріалом на різних фазах роботи та вплив їх на продуктивність.

Мета. Розроблення теоретичних залежностей для визначення і обґрунтування продуктивності фрезерно-лопатевих робочих органів на основі аналізу їх взаємодії з матеріалом, урахуванням кінематичних режимів роботи, конструктивних і технологічних параметрів.

Результати досліджень. Робочі органи (рис. 1) під час роботи здійснюють складний гелікоїдальний рух, який складається з обертального руху

навколо вісі роторів і поступального руху компостоготувальної машини. Важливу роль при цьому відіграє просторове розташування робочих органів - лопатей, яке визначає характер їх взаємодії з пошарово закладеним багатокомпонентним компостним матеріалом.

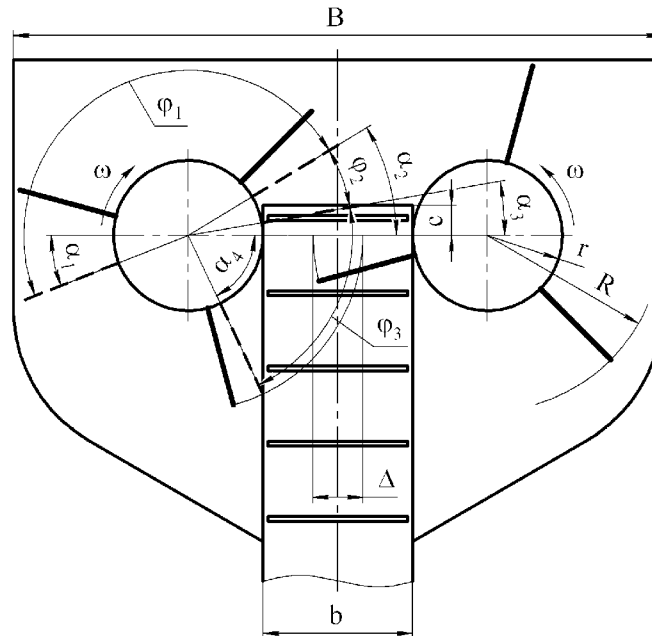


Рисунок 1 – Схема робочих органів компостоготувальної машини і фаз їхньої взаємодії з матеріалом

Ефективне виконання технологічного процесу компостоготувальної машиною з фрезерно-лопатевими робочими органами обумовлює дотримання наступної умови щодо продуктивності її основних складових:

$$Q_n \leq Q \leq Q_k, \quad (1)$$

- де Q_n – подача матеріалу на приймальну плиту, кг/с;
 Q – продуктивність робочих органів, кг/с;
 Q_k – продуктивність перевантажувального конвеєра, кг/с.

Подача на приймальну плиту залежить від її ширини B , швидкості подачі v , товщини сформованого шару H і відповідно властивостей оброблюваного матеріалу. В узагальненому вигляді

$$Q_n = B H v \gamma, \quad (2)$$

- де B – ширина приймальної плити, м;
 H – товщина шару матеріалу, м;

v – поступальна швидкість компостоготувальної машини, м/с;
 γ – щільність матеріалу, кг/м³.

Продуктивність перевантажувального конвеєра може бути визначена за загальновідомою формулою [8]

$$Q_k = k_c \psi h_k b_k v_k \gamma, \quad (3)$$

де k_c – коефіцієнт враховуючий кут нахилу конвеєра;
 ψ – коефіцієнт заповнення;
 h_k – висота скребка, м;
 b_k – ширина скребка, м;
 v_k – швидкість руху скребкового конвеєра, м/с.

Для встановлення аналітичних залежностей стосовно продуктивності робочих органів розглянемо процес взаємодії лопаті з матеріалом, який умовно поділяється на три фази: фаза завантаження лопаті матеріалом (кут φ_1); фаза пересування відокремленого матеріалу (кут φ_2); фаза розвантаження на конвеєр (кут φ_3) (див. рис. 1).

Детальніше розглянемо першу фазу, що безпосередньо визначає продуктивність компостоготувальної машини. Продуктивність робочих органів може бути визначена

$$Q = nzV \gamma \frac{\omega}{2\pi} k_3, \quad (4)$$

де n – кількість роторів на приймальній плиті ($n = 2$), шт.;
 z – кількість лопатей на роторі, шт.;
 V – об'єм матеріалу, відокремлюваний лопаттю у фазі її завантаження, м³;
 ω – кутова швидкість, с⁻¹;
 k_3 – коефіцієнт завантаження міжлопатевого простору.
Об'єм матеріалу, тобто об'єм відокремлюваної стружки

$$V = A h_c, \quad (5)$$

де A – площа стружки, відокремлюваної однією лопаттю, м²;
 h_c – висота стружки (висота шару матеріалу, з яким контактує лопать), м.

Рівняння руху різальної крайки лопаті у просторовій системі координат XYZ відносно матеріалу описується системою параметричних рівнянь

$$\begin{cases} x(t) = R \cos \omega t; \\ y(t) = v t + R \cos \beta \sin \omega t; \\ z(t) = -R \sin \beta \sin \omega t, \end{cases} \quad (6)$$

де R – радіус кола, який описує різальна крайка, м;
 t – параметр часу, с;
 β – кут нахилу приймальної плити, град.

Площа A стружки, відокремлюваної однією лопаттю робочого органу, визначиться як площа між проекціями (на площину XOY) траєкторій суміжних лопатей, що обмежена траєкторією лопаті сусіднього ротора (рис. 2).

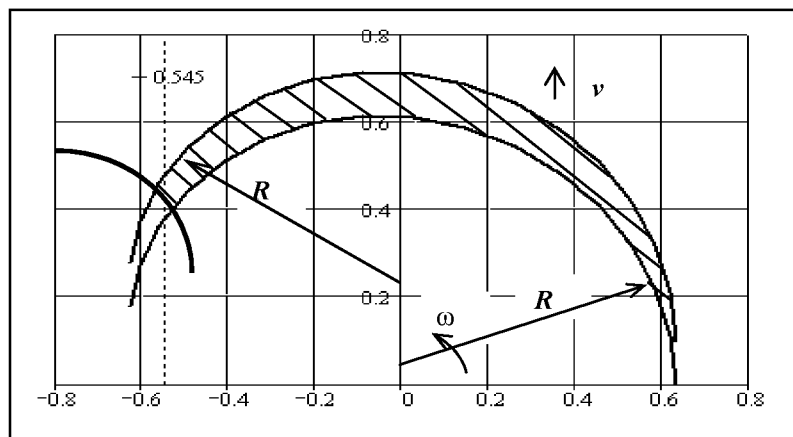


Рисунок 2 – Схема до визначення площі стружки, відокремлюваної лопаттю робочого органу

Площа стружки

$$A = \int_0^t y_2(t) x_2'(t) dt - \int_0^t y_1(t) x_1'(t) dt \quad (7)$$

Враховуючи, що $x_1(t) = x_2(t) = R \cos \omega t$, а $y_2(t)$ зміщена відносно $y_1(t)$ на величину подачі δ лопаті робочого органу,

де
$$\delta = 2\pi v / z \omega, \quad (8)$$

тоді відповідно $y_2(t)$ буде описуватись наступним рівнянням:

$$y_2(t) = 2\pi v / z \omega + vt + R \cos \beta \sin \omega t. \quad (9)$$

З урахуванням (6), (9) отримаємо

$$A = \pm \frac{2\pi v R}{z} \int_0^t \sin \omega t dt \cdot \quad (10)$$

Об'єм відокремлюваної стружки з урахуванням її висоти h_c

$$h_c = (R - r) \sin \beta \quad (11)$$

за умови, що висота відокремлюваної стружки більше висоти лопаті $h_c > h_n$,
де r – радіус ротора, м;
 h_n – висота лопаті, м
може бути визначений за виразом

$$V = \pm \frac{2\pi R (R - r) v \sin \beta}{z} \int_0^t \sin \omega t dt \cdot \quad (12)$$

На основі залежності (12) можна визначити масу матеріалу, що знаходиться на лопаті робочого органу у фазі завантаження як функцію часу (t), фізичних властивостей (γ), кінематичних (ω), конструктивних (R, r, z, β), а також технологічних параметрів (v) компостоготувальної машини

$$m(t) = \pm \frac{2\pi R (R - r) v \gamma \sin \beta}{z} \int_0^t \sin \omega t dt \cdot \quad (13)$$

Розглянемо характер зміни маси матеріалу на лопаті (рис. 3) в діапазоні тривалості $0 \leq t \leq t_1$ фази завантаження при наступних параметрах: ($z = 3$, $R = 0,63$ м, $b = 0,55$ м; $r = 0,27$ м, $\beta = \pi/6$, $v = 0,165$ м/с, $\omega = 3,82$ рад/с).

Тривалість руху лопаті в шарі матеріалу (фаза завантаження)

$$t = \varphi_1 / \omega, \quad (14)$$

визначається через кут завантаження φ_1 і його складові α_1 і α_2 (див. рис. 1)

$$\varphi_1 = \pi + \alpha_1 - \alpha_2 \quad (15)$$

$$\alpha_1 = \arctg(2\pi v / \omega R z) \quad (16)$$

$$\alpha_2 = \arccos[(r + b/2) / R], \quad (17)$$

де b – ширина конвеєра, м.

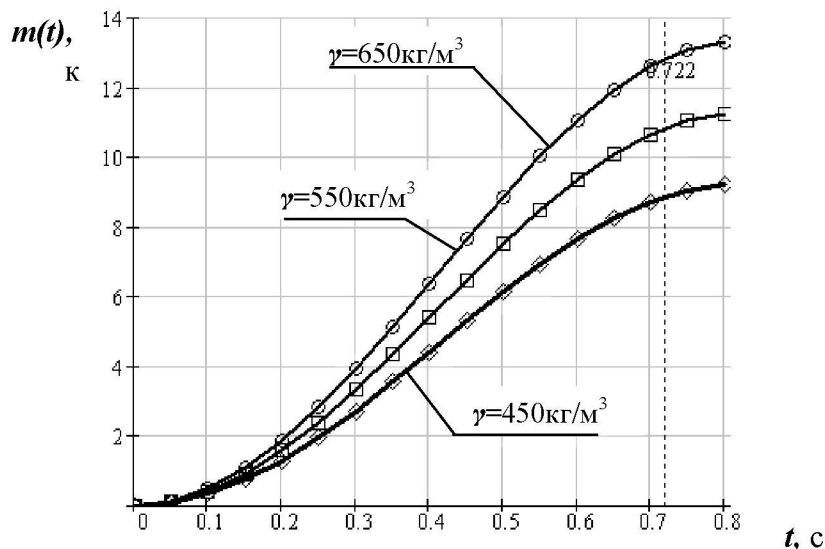


Рисунок 3 – Зміна маси матеріалу на лопаті у фазі завантаження з урахуванням його щільності γ

Для узагальнення залежності для визначення маси матеріалу на лопаті робочого органу визначимо інтеграл (12) за початкових умов $t_0 = 0$, $t_1 = t$ і введемо кінематичний показник режимів роботи як відношення колової швидкості лопаті до її поступальної швидкості $\lambda = \omega R / v$. Рівняння для визначення маси прийме вигляд

$$m = \frac{2\pi R^2 (R - r) \gamma \sin \beta}{\lambda z} (1 - \cos \omega t) \quad (18)$$

На рис. 4 представлено результат графічного опрацювання залежності (12) в програмному продукті MathCAD за допомогою функції Create Mesh(m , t_0 , t_1 , λ_0 , λ_1), яка відображає функціональну залежність $m(t, \lambda)$.

Слід констатувати, що зі зростанням кінематичного показника λ (рис. 4) і відповідно збільшення кількості лопатей z на роторі (формула 18) призводить до зменшення кількості маси на лопаті на всіх стадіях фази її завантаження.

Для аналізу та прийняття обґрунтованих технологічних параметрів доцільно скористатись графіком ізоліній маси (рис. 5) в діапазоні від 1 кг до 16 кг, отриманих контурним представленням поверхні (рис. 4) у форматі Contour Plot.

З урахуванням рівняння (4) й отриманої залежності (18) продуктивність робочих органів

$$Q = n \frac{\omega}{\lambda} R^2 (R - r) \gamma \sin \beta (1 - \cos \omega t) k_3 \quad (19)$$

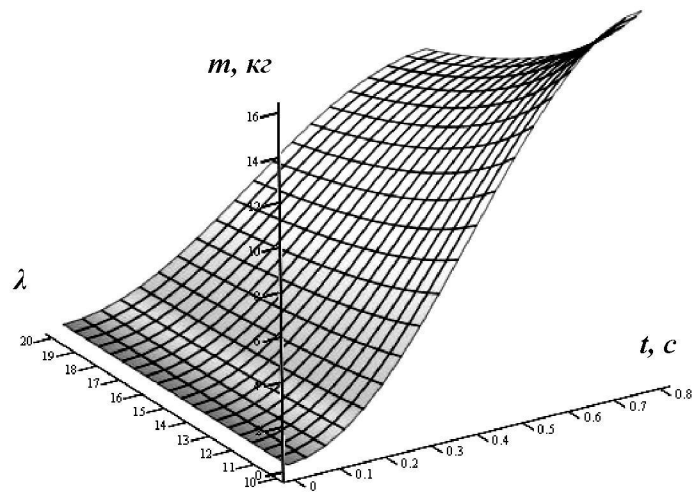


Рисунок 4 – Залежність маси матеріалу на лопаті робочого органу від режимів роботи компостоготувальної машини

На основі обмежувальної умови (1) та залежностей, що описані рівняннями (2), (3) і (19), можна визначити та обґрунтувати технологічно необхідну продуктивність компостоготувальної машини з урахуванням кінематичних режимів роботи, конструктивних і технологічних параметрів її робочих органів.

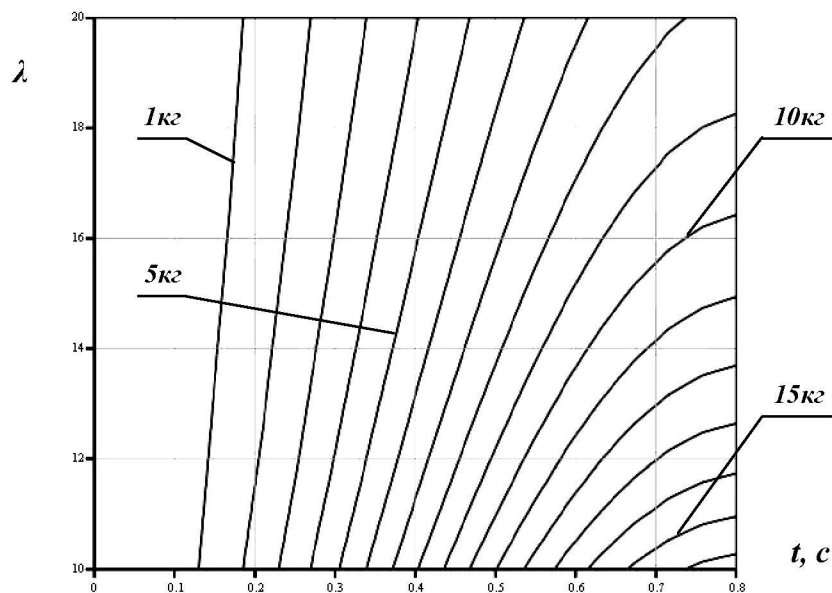


Рисунок 5 – Ізолінії надходження матеріалу за масою (з кроком в 1 кг) на лопаті робочого органу в залежності від кінематичного показника λ і тривалості t фази завантаження

Висновки. Теоретично розроблено залежності для визначення і обґрунтування продуктивності робочих органів компостоготувальної машини на основі аналізу зміни маси на лопаті у фазі її завантаження в залежності від фізичних властивостей матеріалу та конструктивних і технологічних параметрів.

Встановлено, що продуктивність компостоготувальної машини визначається конструктивними параметрами: кількістю роторів n , лопатей z робочих органів, їх радіусу R і робочої довжини $(R - r)$. Регулювання продуктивності може здійснюватись зміною кінематичних і режимних параметрів: кутовою швидкістю ω робочих органів і швидкістю руху v компостоготувальної машини.

Перелік посилань.

1. ВНТП-АПК-09.06 Відомчі норми технологічного проектування. Системи видалення, обробки, підготовки та використання гною (видання офіційне). – На заміну ВНТП-СГіП-46-9.94; Введ. 01.06.06. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 100 с.

2. Спосіб прискореного біотермічного компостування органічних відходів: Декл. пат. на корисну модель №8463. Україна. МКІ С05F 17/00 /О.О.Ляшенко, №20041109774; Заявлено 29.11.2004; Опубл. 15.08.2005, Бюл. № 8. – 4 с.

3. *Ляшенко О.О.* Наукові підходи до вдосконалення технології прискореного компостування органічних відходів / Тваринництво ХХІ сторіччя: Новітні технології, досягнення та перспектива. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції, приуроченої 90-річчю від дня народження Ф.Ф.Ейснера та 75-річчю Інституту тваринництва УААН // Наук.-техн. бюл. – Х.: ІТ УААН, 2006. – № 94. – С. 213-218.

4. Змішувально-завантажувальний орган компостоприготувальної машини: Декл. пат. на корисну модель № 8399. Україна. МКІ В65G 65/20, / *О.О.Ляшенко.* - №20040907291; Заявлено 06.09.2004; Опубл.15.08.2005, Бюл. № 8. – 3 с. іл.

5. *Сорокин А.И., Ляшенко А.А.* О производительности фронтального погрузчика с горизонтально-фрезерными рабочими органами / Науч.-техн. бюлл. по механизации и электрификации животноводства. Технология, механизация, проектирование и эксплуатация ферм. ЦНИПТИМЭЖ. – Запорожье: Тип. изд-ва «Коммунар», 1979. – Вып. 12. – С. 42-50.

6. *Ляшенко А.А., Сорокин А.И.* Об особенностях кинематики рабочих органов фрез для погрузки навоза / Науч.-техн. бюлл. ЦНИПТИМЭЖ. – Запорожье: Тип. изд-ва «Коммунар», 1984. – Вып. 20. – С. 55-67.

7. *Павлов П.И., Демин Е.Е., Хакимзянов Р.Р.* Определение производительности фрезерующих рабочих органов погрузчика навоза / Техника

в сельском хозяйстве. – 2006. - №4. – С. 14-17.

8. *Красников В.В.* Подъемно-транспортные машины. - 3-е изд., перераб. и доп. – М.: Колос, 1981. – 263 с.

**THE THEORETICAL ANALYSIS OF CHANGE OF CONSTRUCTIVE
PARAMETERS AND REGIMES ON PRODUCTIVITY OF MACHINE FOR
COMPOSTING**

Summary. The equations theoretically designed, which one feature interaction of milling-bladed end-effectors with a compost. The dependences for definition and substantiation of productivity of the composting machine are obtained on the base of kinematic-duties, constructive and technological parameters.