

УДК 631.3:636

ОБГРУНТУВАННЯ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ ФРЕЗЕРНО-БАРАБАННОГО РОБОЧОГО ОРГАНУ ДЛЯ ЗМІШУВАННЯ ТА МЕХАНІЧНОЇ АЕРАЦІЇ КОМПОСТНИХ МАТЕРІАЛІВ

С.І. Павленко, канд. техн. наук, О.О. Ляшенко, інженер,
А.А. Поволоцкий, аспірант

*Відділ біоекотехнічних систем у тваринництві ННЦ "ІМЕСГ"
(м. Запоріжжя)*

Розроблено математичну модель процесу роботи фрезерно-барабанного робочого органу, обґрунтовані деякі основні параметри і кінематичні характеристики роботи агрегату та лопатей.

Ключові слова: фрезерно-барабанний робочий орган, швидкість руху, продуктивність, кутова швидкість, кінематичний показник, площа стружки, компост, розміри буртів.

Проблема. Фрезерно-барабанний робочий орган найбільш розповсюджений тип пристроїв, що встановлюється на технічних засобах змішування та механічної аерації компостних матеріалів [1]. Основні конструктивні елементи, з яких він складається (рис. 1) наступні: барабан 1, лопаті похилі 2, лопаті прямі 3. Прямі лопаті 3 розташовані радіально по центру барабана. Похилі лопаті 2 встановлені симетрично відносно центра барабана 1 (відповідно симетрично відносно прямих лопатей 3) і закріплені по гвинтових лініях з зустрічними напрямками навивки. Кут атаки α похилих лопатей відмінний від кута гвинтової лінії.

Під час роботи фрезерно-барабанний робочий орган здійснює одночасно поступальний рух зі швидкістю v та обертальний рух зі швидкістю ω , за рахунок цього взаємодіє з забуртованим компостним матеріалом. Ліворуч розташовані похилі лопаті, врізаючись в структуру компостного матеріалу, відокремлюють певну частину його й одночасно змішують, розпушують, пересувають з периферії бурта до центра і перекидають позаду барабана, формуючи новий бурт (рис 2). Аналогічним чином функціонують праворуч розташовані похилі лопаті.

© С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, А.А. Поволоцкий.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.

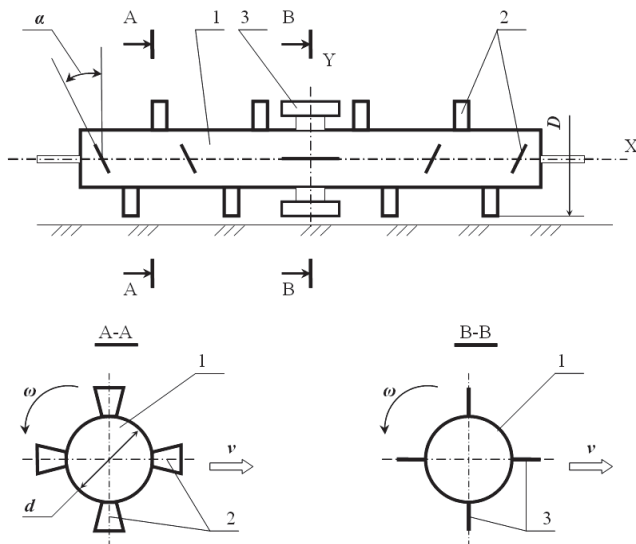


Рис. 1. Конструктивно-технологічна схема фрезерно-барabanного робочого органу

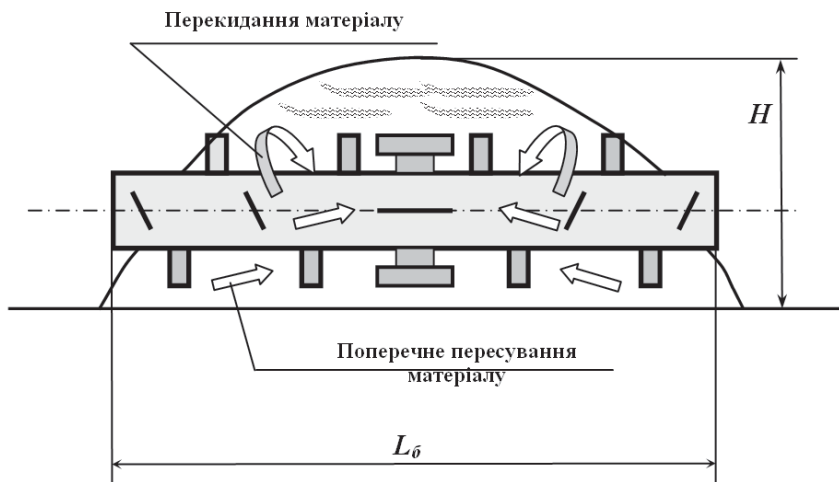


Рис. 2. Схема принципу роботи похилих лопатей (поперечний переріз бурта)

Прямі лопаті, які працюють у зоні найбільшої висоти бурту (рис. 2 і 3), виконують відокремлення матеріалу з масиву бурту, перекидають його з одноразовим формуванням нового бурта. Важливим параметром є наявність технологічно вільної зони за робочим органом, що обмежує можливість повторного перекидання компостної маси. Під час роботи як прямих, так і похилих лопатей в зоні польоту відокремлених часток відбувається насичення суміші киснем і зв'язування двоокису вуглецю, що утворився внаслідок мікробіологічних процесів. Перелопачування буртів також супроводжується зниженням температури маси, зв'язуванням вологи та інших газоподібних речовин.

Обґрунтування параметрів та кінематичних режимів роботи робочого органу потребують визначення та зв'язку з реальними умовами по формуванню буртів компосту.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Обґрунтування параметрів та кінематичних режимів робочих органів фрезерно-барабанного типу проведено в роботах [2,3] та багатьох інших дослідників. В цих роботах розглядається ряд гіпотез і шляхи їх вирішення, але потребують уточнення окремі залежності функціональних зв'язків між параметрами і режимами роботи в реальних умовах і конструкціях створених технічних засобів.

Мета статті. Провести аналіз та зв'язати функціональними залежностями параметри та кінематичні режими фрезерно-барабанного робочого органу з параметрами буртів.

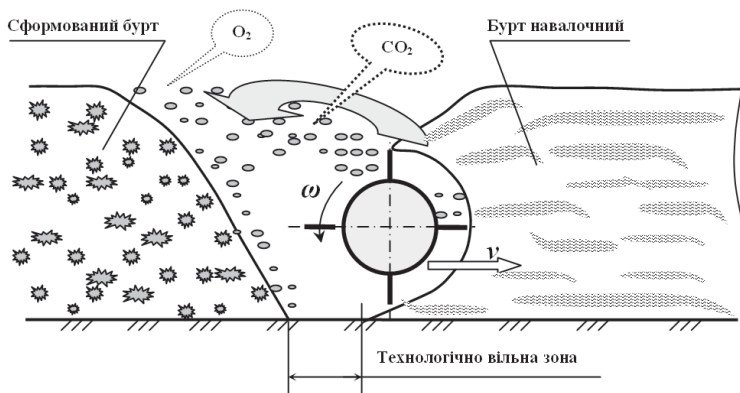


Рис. 3. Схема принципу роботи прямих лопатей (поздовжній переіріз бурта)

Основна частина. Геометричні параметри робочого органу повинні бути узгоджені з відповідними параметрами компостних буртів та забезпечувати раціональну продуктивність щодо їхнього оброблення. На основі аналізу технологічного процесу компостування [4] встановлено, що мінімальними геометричними параметрами буртів є: ширина – не менше 2,5 м, висота – не менше 1,2 м. Форма поперечного перетину буртів – трикутна або трапецеїдальна у залежності від фізико-механічних властивостей компостного матеріалу (матеріалів) й відповідно їхнього кута природного ухилу. Такі параметри буртів слід вважати раціональними як для невеликих фермерських об'єктів, так і для тваринницьких підприємств індустріального типу. Довжина утворених буртів з технологічної точки зору не обмежується і визначається геометричними параметрами майданчиків для компостування ще на стадії проектування об'єкта з урахуванням обсягів надходження відходів на перероблення і прийнятого методу компостування. Враховуючи застосування спеціалізованих технічних засобів для виконання операцій формування буртів, змішування, перелопачування та механічної аерації компостних сумішей, мінімально раціональними слід вважати бурти довжиною не менше 20 м. Мінімізація довжини буртів пов'язана зі зниженням експлуатаційних показників (експлуатаційної продуктивності машини).

Ефективне виконання технологічного процесу мобільного змішувача-аератора обумовлене необхідністю дотримання наступної умови щодо подачі матеріалу на робочі органи та їхньої продуктивності:

$$\Sigma Q_i \geq \Sigma Q_{ni}, \quad (1)$$

де Q_i – продуктивність i -го елемента робочих органів, кг/с; Q_{ni} – подача матеріалу на i -й елемент робочого органу, кг/с.

Розглянемо варіанти узгодження продуктивності стосовно продуктивності як прямих, так і похилих лопатей фрезерно-барабанного робочого органу. Враховуючи те, що найбільші навантаження будуть сприйматись прямими лопатями, які працюють у зоні максимальної висоти бурта, розглянемо варіант для прямих лопатей як основоположний.

Подача матеріалу на прямі лопаті залежить від їхньої ширини b_{np} , швидкості подачі v , товщини сформованого шару H бурту в зоні їхньої дії і відповідно від властивостей оброблюваного матеріалу. В узагальненому вигляді (вона визначається)

$$Q_{n\ np} = b_{np} H v \gamma, \quad (2)$$

де b_{np} – ширина прямих лопатей, м; H – товщина шару матеріалу, м; v – поступальна швидкість агрегату, м/с; γ – щільність матеріалу, кг/м³.

Продуктивність прямих лопатей

$$Q_{np} = z_{np} V_{np} \gamma \frac{\omega}{2\pi} k_3, \quad (3)$$

де z_{np} – кількість прямих лопатей, розташованих в одній площині, перпендикулярній барабану, шт.; V_{np} – об'єм матеріалу, захоплений прямою лопаттю у фазі її завантаження, м³; ω – кутова швидкість, с⁻¹; k_3 – коефіцієнт завантаження міжлопатєвого простору.

Коефіцієнт завантаження міжлопатєвого простору

$$k_3 = \frac{A_{np}}{A_{млн}}, \quad (4)$$

де A_{np} – площа стружки, відокремлюваної прямою лопаттю, м².

$A_{млн}$ – площа міжлопатєвого простору, м².

$$A_{млн} = \frac{\pi(R_{np}^2 - r_б^2)}{z_{np}}, \quad (5)$$

де R_{np} – радіус різальних крайок прямих лопатей, м; $r_б$ – радіус барабана, м.

Підставляючи (2) та (3) в умову (1) та виконавши відповідні перетворення, з'ясуємо граничну швидкість руху змішувача-аератора

$$v \leq z_{np} A_{np} \frac{\omega}{2\pi H} k_3 v_0. \quad (6)$$

Таким чином, поступальна швидкість v робочого органу знаходиться у прямо пропорційній залежності від кутової швидкості ω його обертання. Підвищення швидкості руху змішувача-аератора можна також досягти за рахунок збільшення кількості прямих лопатей z_{np} на барабані, або зменшення висоти H закладання бурта. Важливу роль на технологічні параметри агрегату відіграє також площа відокремлюваної стружки A_{np} і коефіцієнт завантаження міжлопатєвого простору k_3 .

На основі (6) можна визначитись з обмеженнями щодо режиму роботи робочого органу, який оцінюється узагальнюючим параметром – кінематичним показником λ , мінімальне значення якого щодо відповідних параметрів може бути розраховане за виразом

$$\lambda \geq \frac{2\pi R_{np} H}{z_{np} A_{np} k_3}. \quad (7)$$

Залежності (6) і (7) описують взаємозв'язок швидкості руху агрегату, кутової швидкості та режиму роботи робочих органів з їхніми конструкційними, кінематичними і технологічними параметрами.

Підвищення швидкості руху змішувача-аератора згідно (6) можна досягти за рахунок збільшення кількості лопатей z_{np} , кутової швидкості ω (частоти їх обертання), а також шляхом поліпшення технологічних умов, які пов'язані з величиною площі відокремлюваної стружки A_{np} і, відповідно, з коефіцієнтом завантаження міжлопатєвого простору k_3 . Нарощування висоти бурта – один з факторів, що обмежує швидкість руху агрегату.

Кінематичний показник λ (7) режиму роботи робочих органів, що характеризує відношення колової швидкості до поступальної швидкості різальних крайок, буде зростати: внаслідок збільшення радіуса R_{np} , або зменшення кількості прямих лопатей z_{np} (конструкційні параметри); зростання висоти бурта H і погіршення заповнення міжлопатєвого простору матеріалом (технологічні параметри).

Отримані залежності (6) і (7) поширюються і на похилі лопаті. Технологічні відмінності роботи похилих лопатей полягають у тому, що зона їхньої роботи характеризується змінною висотою бурта H_{var} . Конструкційні особливості полягають у тому, що при гвинтовому встановленні кожна з похилих лопатей обслуговує певну зону, тобто у поперечному перетині цієї зони на барабані умовно знаходиться принаймні одна похила лопать.

Для з'ясування площі стружки, відокремлюваної лопаттю за один прохід, розглянемо кінематичні особливості її руху (рис. 4).

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

$$\begin{cases} x(t) = v t + R \sin \omega t; \\ y(t) = - R \cos \omega t, \end{cases} \quad (8)$$

де R – радіус кола, який описує різальна крайка лопаті, м; t – параметр часу, с.

Площа стружки A_{np} , відокремлюваної однією лопаттю робочого ор-

гану, визначиться як площа між проекціями (на площину XOY) траєкторій різальних крайок суміжних лопатей (див. рис. 4).

Площа стружки в узагальненому вигляді для прямих і похилих лопаток визначається за формулою:

$$A = \int_0^t x_2(t) y_2'(t) dt - \int_0^t x_1(t) y_1'(t) dt . \quad (9)$$

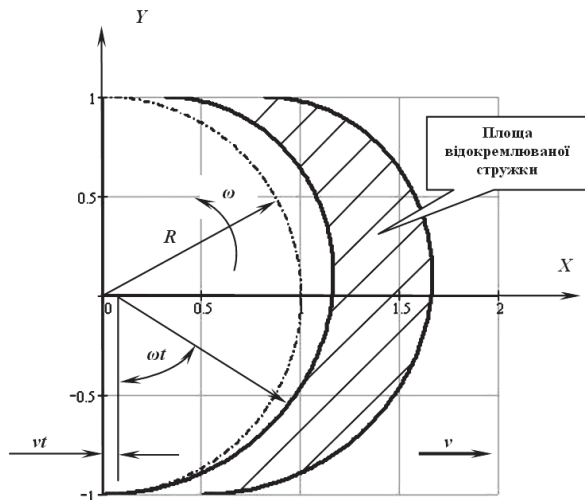


Рис. 4. Траєкторія руху двох сусідніх різальних крайок лопатей (схема ідеальної форми стружки, утвореної прямою лопаттю)

Враховуючи, що $x_2(t)$ зміщена відносно $x_1(t)$ на величину подачі δ лопаті робочого органу,

де
$$\delta = \frac{2\pi v}{z_{np} \omega} , \quad (10)$$

тоді $x_2(t)$ буде описуватись наступним рівнянням:

$$x_2(t) = vt + R \sin \omega t + \frac{2\pi v}{z_{np} \omega} \quad (11)$$

У свою чергу, параметричні рівняння, що описують ординату руху різальної крайки залишаються незмінними

$$y_1(t) = y_2(t) = -R \cos \omega t \quad (12)$$

З урахуванням (8, 10-12) отримаємо математичну залежність для визначення площі відокремлюваної стружки, аналогічну представленій у формулі:

$$A = -\frac{2\pi\nu R}{z_{np}} \int_0^t \sin \omega t dt . \quad (13)$$

Маса відокремлюваної стружки лопаттю з урахуванням її ширини b_{np} і площі відокремлюваної стружки A (13) набуде вигляду:

$$m = -\frac{2\pi\nu R b_{np} \gamma}{z_{np}} \int_0^t \sin \omega t dt . \quad (14)$$

Для узагальнення залежності з визначення маси матеріалу на лопаті робочого органу визначимо інтеграл (14) за початкових умов $t_0 = 0$, $t_1 = t$ і введемо кінематичний показник режимів роботи як відношення колової швидкості лопаті до її поступальної швидкості $\lambda = \omega R/\nu$. Рівняння для визначення маси прийме вигляд:

$$m(\lambda, t) = \frac{2\pi R^2 b_{np} \gamma}{\lambda z_{np}} (1 - \cos \omega t) . \quad (15)$$

На рис. 5 представлено результат графічного опрацювання зміни маси в часі на лопаті в програмному продукті MathCAD за допомогою функції Create Mesh(m , $t0$, $t1$, $\lambda0$, $\lambda1$), яка відображає залежність $m(\lambda, t)$.

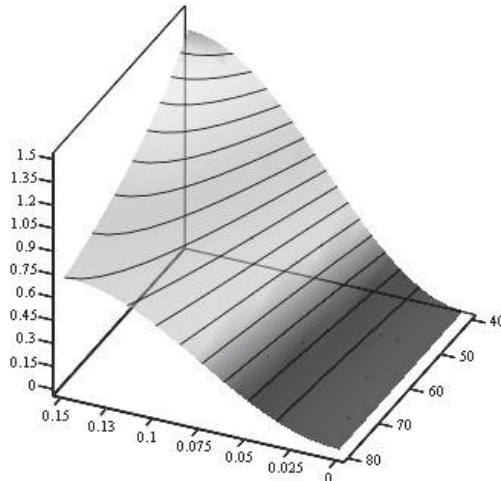


Рис. 5. Зміна маси у часі в залежності від кінематичного параметра λ .

Висновки. Розроблена математична модель процесу роботи фрезерно-барабанного робочого органу функціонально встановила зв'язок між параметрами пристрою (кількістю лопатей, коловою швидкістю, площею стружки) та висотою буртів компосту. Одержані залежності по визначенню маси відокремлюваної стружки можуть бути прийняті до уваги і використані при визначенні конструктивних і кінематичних параметрів фрезерно-барабаних робочих органів.

БІБЛІОГРАФІЯ

1. *Павленко С.І., Ляшенко О.О., Лисенко Д.М., Харитонов В.І.* Технічне забезпечення технологій прискороного компостування органічних відходів тваринного походження / Науковий вісник Луганського національного аграрного університету. Серія: Технічні науки – Луганськ: Видавництво ЛНАУ, 2011. - №30 – С.165-174.
2. *Шевченко І.А., Ляшенко О.О.* Теоретичний аналіз впливу конструктивних і режимних параметрів робочих органів на продуктивність компостувальної машини // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. Зб. наук. праць Інституту механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН, 2008. – Вип.1. С.3-11.
3. *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). - С. 248-265.
4. *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. / Розробники від ІМТ УААН: О.О. Ляшенко, Г.С. Мовсесов, В.М. Павліченко. – К.: Мінагрополітики України, 2006. – 100 с.
5. *Пискунов Н.С.* Дифференциальное и интегральное исчисления для втузов. – М.: Наука, 1964. – Т.1. – 544 с.

ОБОСНОВАНИЕ ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ФРЕЗЕРНО-БАРАБАННОГО РАБОЧЕГО ОРГАНА ДЛЯ СМЕШИВАНИЯ И МЕХАНИЧЕСКОЙ АЭРАЦИИ КОМПОСТНОЙ МАТЕРИАЛОВ

Разработано математическую модель процесса работы фрезерно-барабанного рабочего органа, обоснованные некоторые основные параметры и кинематические характеристики работы агрегата и лопастей.

Ключевые слова: фрезерно-барабанный рабочий орган, скорость движения, производительность, угловая скорость, кинематический показатель, площадь стружки, компост, размеры буртов.

RATIONALE THE MAIN PARAMETERS OF MILLING DRUM WORKING BODIES FOR MIXING AND AERATING COMPOST MECHANICAL MATERIALS

A mathematical model of the process of milling drum your body proved some basic parameters and kinematic characteristics of the unit and blades.

Key words: milling drum your body, speed, performance, angular velocity, kinematic metric space shavings, compost, size clamps.

УДК 621.924.9

КІНЕМАТИЧНІ ПАРАМЕТРИ РУХУ АТАКУЮЧОЇ ЖОРСТКОЇ ЧАСТИНКИ У МОМЕНТ ДІЇ НА МЕТАЛЕВУ ПОВЕРХНЮ

О.В. Горик, докт. техн. наук, проф., **Г.А. Шулянський**, інж.,
А.М. Чернявський, ст. наук. співр.
Полтавська державна аграрна академія

В статті досліджуються основні кінематичні параметри руху атакуючої дробинки під час її впливу на оброблювану металеву поверхню.

Ключові слова: кінематичні параметри, факел, час контакту.

Вступ. Історія розвитку техніки свідчить про те, що у ряді випадків основною причиною зниження довговічності деталей механізмів і машин є зношування унаслідок контакту металевих поверхонь з твердими рухомими частинками в ході того або іншого технологічного процесу. Дана проблема, зокрема ерозійне зношування, є характерною для більшості машин і механізмів, особливо, сільськогосподарських. З іншого боку процес масової швидкісної дії потоку металевих гранул-дробинок на оброблювану поверхню широко застосовується в різних

© О.В. Горик, Г.А. Шулянський, А.М. Чернявський.

Механізація та електрифікація сільського господарства. Вип. 97. 2013.