



УДК 631.333.92

МОДЕЛЮВАННЯ ТРАЄКТОРІЇ РУХУ КОМПОСТУ ПІСЛЯ СХОДЖЕННЯ З ЛОПАТИ БАРАБАНА ПІД ЧАС РОЗПУШУВАННЯ БУРТІВ

Голуб Г.А., д.т.н.,

Павленко С.І., к.т.н.,

*Національний університет біоресурсів і природокористування
України*

Тел.: 067-56-28-927

Анотація – одним із важливих елементів технологічного процесу виробництва компостів є розпушування буртів. Тому, формалізація процесу механічного розпушування буртів є важливим фактором, як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових. Наведено методику визначення траєкторії польоту компосту після сходження з лопати робочого органу під час розпушування буртів. Розроблена розрахункова схема для визначення траєкторії польоту часток першої і останньої порції матеріалу. Встановлені залежності початкового кута метання та абсолютної швидкості вильоту частинок компосту по мірі збільшення радіуса завантаження лопаті компостом для випадку, коли частинка компосту розділяється на чотири рівних частинки. Показано, що перша частинка компосту буде сходити з лопаті при найменшій абсолютній швидкості вильоту за рахунок слабкого розгону частинки при русі по лопаті та при найбільшому куті метання. Для кожної послідуєчої частинки, яка має менше значення радіуса завантаження, абсолютна швидкість вильоту буде збільшуватися за рахунок розгону частинки при русі по лопаті, а кут метання буде зменшуватися. За допомогою імітаційної математичної моделі з прив'язкою до параметрів барабана змішувача-аератора буртів визначено траєкторію руху частинки компосту без її розділення на частинки (діаметр частинки 8,34 см) та при її розділенні на чотири рівних частинки. Приведено розрахунковий вираз для визначення загальної потужності, що витрачається робочим органом змішувача-аератора на процес розпушування компосту.

Ключові слова: компост, бурт, барабан, лопать, кінематичний показник.



Постановка проблеми. Ефективність функціонування аграрного виробництва визначається забезпеченням збалансованого кругообігу органічних матеріалів. Важливу роль у цьому процесі відіграють механізовані процеси виробництва компостів на основі гною, посліду та органічної сировини рослинного походження. У зв'язку з різноманітністю форм та фізико-механічних властивостей органічної сировини необхідно мати певні типи робочих органів змішувачів-аераторів для здійснення технологічних операцій компостування. Тому, формалізація процесів механічного впливу робочих органів на органічну сировину при компостуванні є важливим фактором як при експлуатації існуючих машин, так і при проектуванні нових. Технологічний процес розпушування компосту та подальшого формування компостного бурта ускладнений тим, що оброблюваний матеріал описується як дискретне середовище із неоднорідними та анізотропними фізико-механічними і реологічними властивостями. Це обумовлює необхідність комплексного вирішення задач, щодо створення механіко-технологічних основ процесу розпушування та механічної аерації компосту.

Аналіз результатів останніх досліджень. Основним конструктивним елементом змішувача-аератора буртів є барабан з лопатями. Під час роботи змішувач-аератор здійснює поступальний рух, а барабан, що обертається взаємодіє із забуртованим компостним матеріалом. Лопаті, врізаючись в структуру компостного матеріалу, відокремлюють певну його частину і одночасно змішують, розпушують, пересувають і перекидають в зону позаду барабана, формуючи новий бурт. Під час розпушування в зоні польоту відокремлених часток відбувається насичення суміші киснем і звітнення двоокису вуглецю, що утворився внаслідок мікробіологічних процесів. Розпушування буртів супроводжується зниженням температури компосту, звітненням вологи та інших газоподібних речовин [1].

Фізико-математичний опис процесу стиснення компосту із подальшим його руйнуванням є достатньо складним, оскільки компост є дискретним середовищем із неоднорідними та анізотропними фізико-механічними і реологічними властивостями. Проведені дослідження [2, 3, 4, 5, 6] напруженого стану компосту під дією робочих органів на даний час не призвели до отримання практичних результатів.

Теоретичному опису технологічного процесу змішування та механічної аерації компосту присвячено ряд наукових праць [7, 8, 9, 10]. Одержані залежності дають можливість прогнозувати результати роботи змішувача-аератора при зміні діаметра барабана, його колової швидкості та коефіцієнта завантаження. Розроблена також математична модель, яка включає систему залежностей ступеня зменшення бурта і коефіцієнта варіації змішування від коефіцієнта завантаження і

кінематичного показника режиму роботи змішувача-аератора [11, 12]. Широке коло питань щодо механіко-технологічних основ процесу компостування органічних матеріалів розглянуто також при дослідженні виробництва компостів для потреб грибовництва [13]. Отримані також залежності для визначення маси компосту на лопаті робочого органу змішувача-аератора під час розпушування буртів [14]. Однак існує потреба подальшого удосконалення існуючих закономірностей для визначення конструкційно-технологічних параметрів змішувачів-аераторів, які б дали змогу підвищити ефективність виробництва шляхом удосконалення і оновлення засобів механізації та обладнання, без використання якого неможливо досягти підвищення ефективності процесу компостування біомаси в системах органічного виробництва продукції.

Метою дослідження є визначення траєкторії польоту компосту після сходження з лопаті робочого органу під час розпушування буртів.

Результати досліджень. Для визначення траєкторії польоту компосту після сходження з лопаті робочого органу під час розпушування буртів скористаємося розрахунковою схемою (рис. 1).

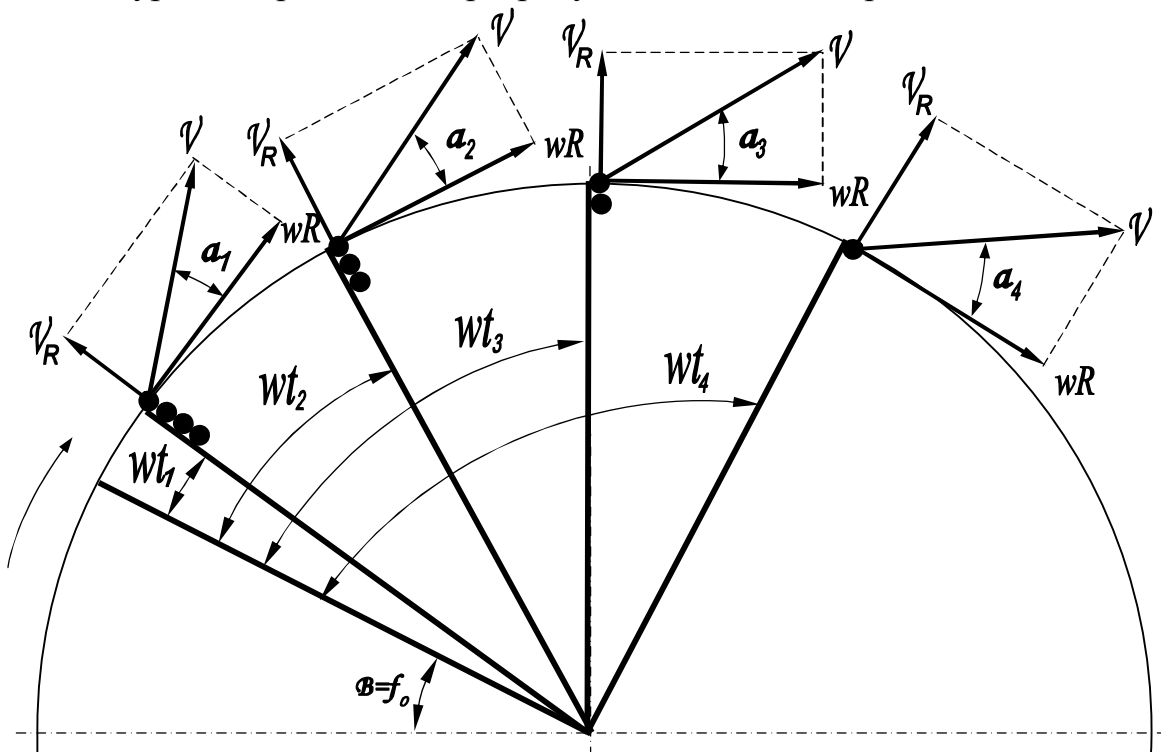


Рис. 1. Розрахункова схема для визначення траєкторії польоту часток першої і останньої порції матеріалу.

Порція компосту може не розділятися під час руху по лопаті та покидати її рухаючись по відповідній траєкторії. Однак більш ймовір-

но, що порція компосту на лопаті буде розділятися на окремі частинки, оскільки при радіальному русі по лопаті в компості мають місце розтягуючі зусилля, що діють на компост [15].

Загальновідомо, що порція компосту відривається від лопаті барабана із швидкістю $v = \sqrt{v_R^2 + (wR)^2}$ під кутом:

$$\alpha_i = \frac{\pi}{2} - \varphi_0 - wt + \arctg\left(\frac{v_R}{wR}\right), \quad (1)$$

Після відриву від лопаті на частинку компосту діють сила тяжіння та сила опору повітря. Для розрахунку траєкторії польоту частинки компосту скористаємося імітаційною математичною моделлю з прив'язкою до параметрів барабана змішувача-аератора буртів, яка враховує квадратичну залежність сила опору повітря від швидкості руху частинки [13].

На рис. 2 приведені залежності початкового кута метання та абсолютної швидкості вильоту частинок компосту по мірі збільшення радіуса завантаження лопаті компостом для випадку, коли частинка компосту розділяється на чотири рівних частинки. Із графіка видно, що перша частинка компосту буде сходити з лопаті при найменшій абсолютній швидкості вильоту за рахунок слабого розгону частинки при русі по лопаті та при найбільшому куті метання.

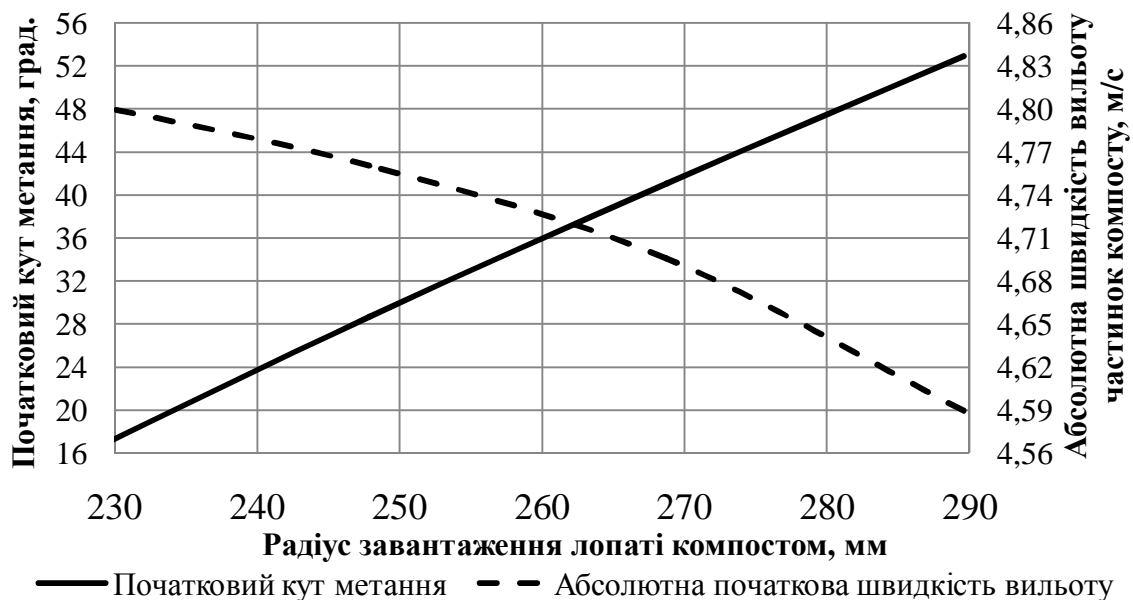


Рис. 2. Залежності початкового кута метання та абсолютної швидкості вильоту частинок компосту по мірі збільшення радіуса завантаження лопаті компостом для випадку, коли частинка компосту розділяється на чотири рівних частинки.

Для кожної послідуєчої частинки, яка має менше значення радіуса завантаження, абсолютна швидкість вильоту буде збільшуватися за рахунок розгону частинки при русі по лопаті, а кут метання буде зменшуватися.

Траєкторії руху частинки компосту без її розділення на частинки та при її розділенні на чотири рівних частинки приведені на рис. 3.

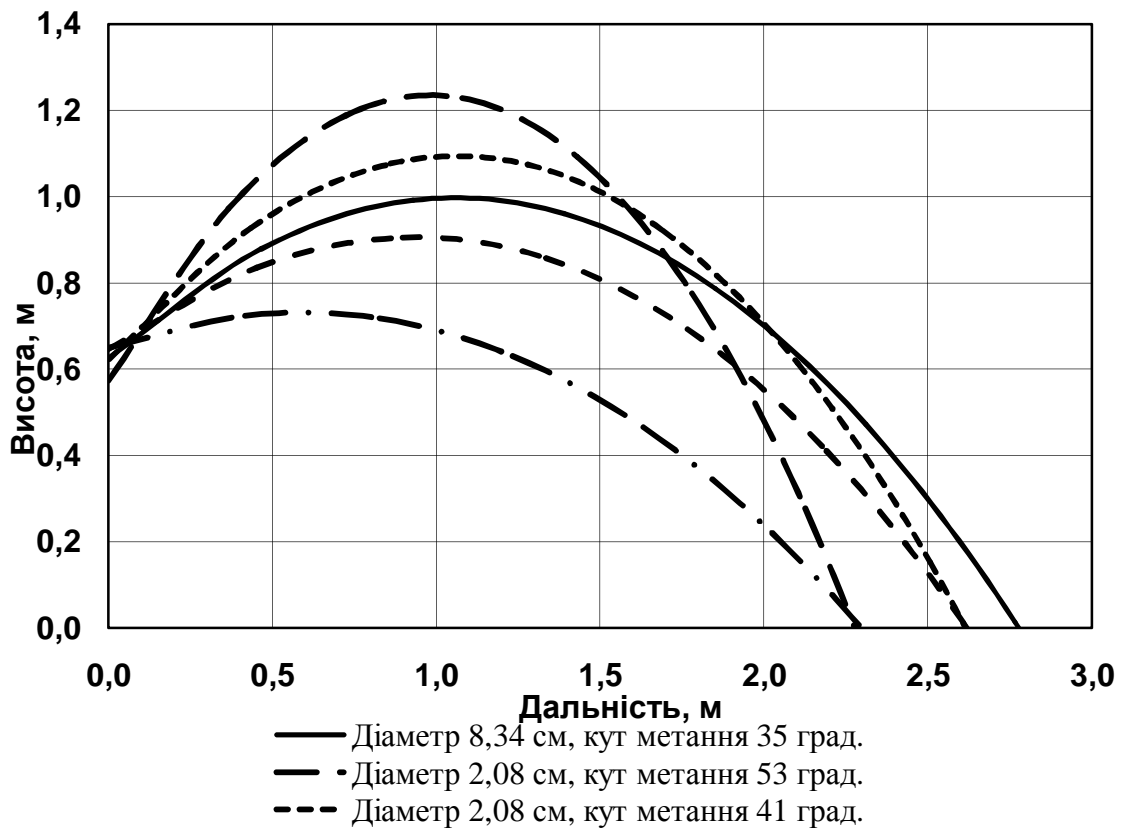


Рис. 3. Траєкторії руху частинки компосту без її розділення на частинки (діаметр частинки 8,34 см) та при її розділенні на чотири рівних частинки.

На основі проведеного аналізу можна стверджувати, що для управління висотою бурта необхідно змінювати кінематичні показники роботи барабана змішувача-аератора.

Загальна потужність, що витрачається робочим органом змішувача-аератора на процес розпушування компосту, становить:

$$P = nP_i = n\omega R \sum_{i=1}^n (F_{Bi} + F_{Pi}) = \quad (2)$$

$$= n\omega R [(C_0 + \sigma_n \operatorname{tg} \psi) hb + m(\omega^2 r(t) + fg + 2\omega \dot{r}(t) f + g \sin \alpha)]$$

де P – потужність розпушування компосту, Вт;

P_i – потужність розпушування компосту одною лопаттю, Вт;

n – кількість лопатей;



- ω – кутова швидкість обертання лопаті робочого органу, с^{-1} ;
 R – радіус барабана, м;
 F_{Bi} – сила опору відділення об'єму компосту на лопаті, Н;
 F_{Pi} – сила переміщення об'єму компосту на лопаті, Н;
 C_0 – коефіцієнт зчеплення компостної суміші, Па;
 σ_n – нормальне миттєве напруження опору компостної суміші, Па;
 ψ – кут внутрішнього тертя компостної суміші, рад.;
 h, b – ширина і висота об'єму компостної суміші на лопаті, м;
 m – маса частки компосту на лопаті, кг;
 $r(t)$ – радіус переміщення частки компосту, м;
 f – коефіцієнт тертя компосту об матеріал лопаті;
 $\dot{r}(t)$ – швидкість переміщення частки компосту по лопаті, м/с;
 g – прискорення сили тяжіння, м/с^2 .

Додавши до потужності розпушування компосту потужність, яка витрачається на здійснення поступального руху змішувача-аератора та потужність, яка витрачається обертання барабана на холостому ході отримаємо загальну потужність, необхідну для роботи змішувача-аератора. Однак ці дані необхідно встановлювати шляхом проведення експериментальних досліджень.

Висновок. Таким чином встановлено, що порція компосту на лопаті буде розділятися на окремі частинки, оскільки при радіальному русі по лопаті в компості мають місце розтягуючі зусилля, що діють на компост, при цьому перша частинка компосту буде сходити з лопаті при найменшій абсолютній швидкості вильоту за рахунок слабого розгону частинки при русі по лопаті та при найбільшому куті метання. Для кожної послідуєчої частинки, яка має менше значення радіуса завантаження, абсолютна швидкість вильоту буде збільшуватися за рахунок розгону частинки при русі по лопаті, а кут метання буде зменшуватися.

Розроблена розрахункова модель дозволяє управління висотою бурта шляхом зміни кінематичних показники роботи барабана змішувача-аератора.

Література

1. Дослідити закономірності впливу механіко-технологічних параметрів систем комплексної переробки органічних відходів тваринництва і рослинництва на ефективність процесу, якість органічних добрив і показники екологічної безпеки: звіт про НДР (заключ.) / Запорізький науково-дослідний центр з механізації тваринництва Національного наукового центру «Інститут механізації та електрифікації сільського господарства» (ЗНДЦМТ); Керівник роботи А.О.



- Парієв.* – КП КВК 6591060; № держреєстрації 0111U004414. – Запоріжжя, 2015. – 291 с.
2. *Криволапов Максим Владимирович.* Совершенствование технологии производства компостов с обоснованием параметров рыхлителя буртов: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Криволапов Максим Владимирович. – Мичуринск-накоград РФ, 2011. – 181 с.
 3. *Павлов Павел Иванович.* Научно-технические решения проблемы ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия: дис. ... д-ра. техн. наук: 05.20.01 / Павлов Павел Иванович. – М., 2003. – 444 с.
 4. *Петунов Сергей Васильевич.* Совершенствование технологии приготовления компоста из отходов животноводства и деревообработки: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Петунов Сергей Васильевич. – Улан-Удэ: РГБ, 2007. – 164 с.
 5. *Тиньгаев Анатолий Владимирович.* Управление использованием органических отходов в сельском хозяйстве на региональном уровне: дис. ... д-ра. техн. наук: 06.01.02 / Тиньгаев Анатолий Владимирович. – М., 2010. – 340 с.
 6. *Куденко Вячеслав Борисович.* Повышение эффективности технологии переработки навоза глубокой подстилки с обоснованием основных параметров аэратора: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 / Куденко Вячеслав Борисович. – Мичуринск, 2009. – 185 с.
 7. *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.
 8. *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.
 9. *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.
 10. *Шевченко І.А.* Теоретичний аналіз впливу конструктивних і розмірних параметрів робочих органів на продуктивність копостоготувальної машини / І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко // Збірник наукових



- праць "Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві" ІМТ УААН. – Запоріжжя, 2008. – №1 (1). – С. 3-11.
11. *Павленко С.І.* Математическая модель взаимодействия рабочих органов смесителя-аэратора с компостируемыми материалами / С.І. Павленко, А.А. Ляшенко, Н.Н. Науменко, В.А. Гуридова // Материалы Международной научно-технической конференции. Минск, 22-23 октября 2015 г. – Т. 1. – Минск: НПЦ НАН Белоруссии по механизации сельского хозяйства. – 2015. – С. 137-147.
 12. *Павленко С.І.* Теоретичні дослідження процесу взаємодії лопаті робочого органу аератора з гное-компостною сумішшю / С.І. Павленко // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. – Серія: Технічні науки. – Випуск № 3 (92). – Вінниця. – 2015. – С. 24-27.
 13. *Голуб Г.А.* Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи / Г.А. Голуб // Монографія. – Київ, Аграрна наука, 2007. – 332 с.
 14. *Голуб Г.А.* Визначення маси компосту на лопаті барабану під час розпушування буртів / Г.А. Голуб, С.І. Павленко // Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія "Механізація та автоматизація виробничих процесів". – Суми: СНАУ, 2016. – Вип. 10/1 (29). – 226. – С. 99-103.
 15. *Голуб Г.А.* Модель барабанно-пальцевого розпушувача компосту з нахилом пальців. – Механізація та електрифікація сільського господарства. – Глеваха, 2005. – Вип. 89. – 391 с. – С. 212-219.

МОДЕЛИРОВАНИЕ ТРАЕКТОРИИ ПОЛЕТА КОМПОСТА ПОСЛЕ СХОДА С ЛОПАСТИ БАРАБАНА ВО ВРЕМЯ РЫХЛЕНИЯ БУРТОВ

Г.А. Голуб, С.И. Павленко

Аннотація – одним из важных элементов технологического процесса производства компостов является рыхление буртов. Поэтому, формализация процесса механического рыхления буртов является важным фактором, как при эксплуатации существующих машин, так и при проектировании новых. Приведена методика определения траектории полета компоста после схода с лопасти рабочего органа при рыхлении буртов. Разработана расчетная схема для определения траектории полета частиц первой и последней порции материала. Установлены зависимости начального угла метания и абсолютной скорости вылета частиц компоста по мере увеличения радиуса загрузки лопасти компостом для случая, когда частица компоста разделяется на четыре равных



частицы. Показано, что первая частица компоста будет сходить с лопасти при меньшей абсолютной скорости вылета за счет слабого разгона частицы при движении по лопасти и при большом угле метания. Для каждой последующей частицы, которая имеет меньшее значение радиуса загрузки, абсолютная скорость вылета будет увеличиваться за счет разгона частицы при движении по лопасти, а угол метания будет уменьшаться. С помощью имитационной математической модели, с привязкой к параметрам барабана смесителя-аэратора буртов, определено траекторию движения частиц компоста без ее разделения на части (диаметр частицы 8,34 см) и при ее разделении на четыре равных частицы. Приведено расчетное выражение для определения общей мощности, расходуемой рабочим органом смесителя-аэратора на процесс рыхления компоста.

MODEL FLIGHT PATH OF COMPOST AFTER CLIMBING WITH THE BLADE DRUMS DURING LOOSENING THE COLLAR

G. Golub, S. Pavlenko

Summary

One of the important elements of the production process is compost loosening clamps. Formalization of mechanical loosening clamps are an important factor as the operation of existing machines and the design of new ones. The method of determining the flight path of compost after the descent of the blade during the working body loosening clamps. The design scheme for determining the flight path of the particles of the first and last portions of the material is developed. The dependences of the initial throwing angle and absolute speed flight compost particles with increasing load radius blades for compost when the compost particle is divided into four evenly sized particles. It is shown that the first compost particle will go with blades at least the absolute speed flight through low particle acceleration when driving on the blade and at the largest corner throwing. For each subsequent particle that has less load radius, the absolute rate of departure will increase due to particle acceleration when driving on the blade and throwing angle will decrease. Using a mathematical model simulation with reference to the parameters of the drum mixer-aerator clamps defined flight path compost particle without separation of the particles (diameter of 8.34 cm) and with its division into four evenly sized particles. Powered expression calculated to determine the total power consumed working body of the mixer-aerator in the process of loosening compost.