

Павленко С.І.

Національний університет
біоресурсів і природокористування,
м. Київ, Україна
E-mail: si.pavlenko17@gmail.com

**ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ
ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ РОЗКИДАЧА
ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ ПРТ-10 ІЗ
ДВОБАРАБАННИМ НАВІСНИМ ПРИСТРОЄМ**

УДК 631.3:636

Виконання технологічних задач механізованого компостування модернізованими розкидачами органічних добрив, аераторами-змішувачами, аераторами-змішувачами-навантажувачами забезпечується робочими органами фрезерно-барабанного типу, що складають до 80 % конструкцій машин. Розроблена конструкція двобарабанного навісного пристрою до причепного розкидача органічних добрив ПРТ-10, що покращує якість, подрібнення, змішування, аерації сировини. Проведенно експериментальне дослідження по встановленню взаємозв'язків між конструктивно-кінематичними параметрами пристрою і показниками виконання технологічного процесу. Розроблена експериментальна установка. Критерії оцінки технологічного процесу – однорідність розподілу вологості по сформованому бурту, як показник ефективності змішування, енергоємність роботи. В результаті експериментальних досліджень встановлені залежності середнього значення однорідності гное-компостної суміші і питомої енергоємності від кінематичних показників режиму роботи і розташування верхнього робочого органу відносно нижнього.

Ключові слова: розкидач органічних добрив, двобарабанний робочий орган, однорідність змішування, питома енергоємність, компостування, експериментальна установка, коефіцієнт кінематичного режиму роботи.

Постановка проблеми. Сучасні технічні засоби для механізованого компостування органічної сировини в тваринництві і рослинництві базуються на використанні серійних і модернізованих причепів – розкидачів органічних добрив, причепних і самохідних аераторів, а також змішувачів-аераторів-навантажувачів [1]. Об'єднуючим технічним пристроєм для виконання технологічних задач всіх типів машин являються ротаційні фрезерно-барабанні робочі органи, які складають до 80% всіх відомих конструкцій засобів даного призначення. Використання аналогічних робочих органів має особливості функціонування і, як слідство, різні конструктивно-кінематичні параметри. Для кожної машин технологічна задача пристроїв – подрібнення, змішування, зневітнення, формування бурту за необхідною висотою і шириною із сировини, що компостується, з одержанням екологічно-безпечної товарної продукції, що по гранулометричному складу відповідає раціональним значенням ґрунтових фракцій в термін, що встановлений технологічним регламентом. Визначити особливості виконання технологічних задач для причепних розкидачів органічних добрив і їх робочих органів, дослідити вплив на конструктивно-кінематичні параметри та встановити їх раціональні значення – це подальший шлях розвитку технічних засобів для широкого впровадження прогресивних технологій.

Аналіз попередніх досліджень. Робочий орган фрезерно-барабанного типу за одне обертання виконує ряд механічних дій: відділення стружки сировини – подрібнення, транспортування часток з одночасним зневітрюванням і аерацією, забезпечує гравітаційне змішування і укладання матеріалу в вигляді бурту трикутного, трапецеїдального або іншого перетину. Так розглядається робоча гіпотеза функціонування пристрою в роботах Шевченко І.А. Ляшенко О.О., Голуба Г.А. Ковязіна О.С., Харитонова В.І., Алієва Е.В. [2-5]. Одержання технологічного результату забезпечує конструкція і геометричні параметри пристрою: діаметр зовнішнього розташування робочих кромки, їх кількість, крок розміщення в межах гвинтової лінії, кути положення ріжучих кромки відносно радіусу барабану, тощо. Важливе зна-

чення має коловою швидкість і заповнення міжвиткового простору [2]. Робочий орган розміщується на рівні поверхні розташування сировини – «на землі» – для конструкції аератора-змішувача або висоті H «над землею» – для розкидача органічних добрив. В першому випадку на сировину переміщується робочий орган, що забезпечує аерацію і укладення формату бурту за рахунок вибору раціональної траєкторії польоту часток від дії конструктивних параметрів витків та колової швидкості з відповідною висотою і дальністю польоту [3]. В другому, подача сировини на робочий орган, розташований над рівнем формуємого бурту. Вимоги щодо дальності і висоти польоту частоти менші і суттєво впливають на конструктивно-кінематичні параметри. Моделювання траєкторій за розробленими математичними моделями визначили пріоритетні конструктивні рішення щодо вибору кількості фрезерних барабанів по висоті розташування сировини змішувача аератора з параметрами дальності і висоті переміщення часток [3]. Для аераторів-змішувачів один барабан з діаметром до 550-700 мм, а для розкидача органічних добрив – два зі діаметром до 350 мм [6].

Під час виконання технологічного процесу фрезерно-барабанний робочий орган одночасно виконує обертальний рух та переміщується поступально, взаємодіючи з оброблюваною сировиною. Узагальнюючий параметр для робочого органу – кінематичний показник режиму роботи – λ , що характеризує відношення колової швидкості різальних кромek до поступальної швидкості переміщення робочого органу: $\lambda = V_{\text{кол.}}/V_{\text{пос.}}$. Експериментальні дослідження параметрів робочих органів, проведені роботах [5, 6] не розглядають в їх вплив на технологічні показники, а саме однорідність суміші і енергоємність процесу. Результати, одержані в роботі Кудрі В.О., розглядають інші технічні рішення, схожі за призначенням [7]. Для уточнення функціональних зв'язків, визначення практичних результатів вибору раціональних параметрів необхідно проведення експериментальної перевірки попередніх результатів.

Мета роботи. Провести аналіз і зв'язати функціональними залежностями конструктивно-кінематичні параметри двобарабанного навісного пристрою до причепного розкидача органічних добрив з показниками технологічного процесу та дослідити раціональні значення.

Основна частина. Програма експериментального дослідження включала розробку експериментальної установки, методики проведення дослідів, їх статистичну обробку, на основі якої обґрунтувати раціональні значення базових параметрів.

Методика досліджень. Для реалізації експериментальних досліджень процесу механічної аерації і змішування гноє-компостної суміші було створено експериментальну установку на базі причіпного розкидача добрив ПРТ-10 із двобарабанным навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив. Загальний вигляд представлено на рис. 1.

Розроблений навісний пристрій для подрібнення твердих органічних добрив (рис. 1) складається з двох барабанных робочих органів із радіально розташованими лопатями по гвинтовій лінії. Нижній барабанний робочий орган закріплено по середині навісного пристрою без можливості переміщення по горизонталі. Верхній барабанний робочий орган встановлено із можливістю переміщення по горизонталі на відстань $\pm 0,4$ м відносно нижнього барабанного робочого органу. Також є можливість демонтувати верхній барабанний робочий орган. Верхня захисна частина (арка) пристрою для подрібнення твердих органічних добрив створена з можливістю опускання у разі відсутності верхнього барабанного робочого органу. В дію барабанні робочі органи приводяться ланцюговими передачами з використанням асинхронного електродвигуна, який встановлено на верхній захисній частині (арці) пристрою для подрібнення твердих органічних добрив.

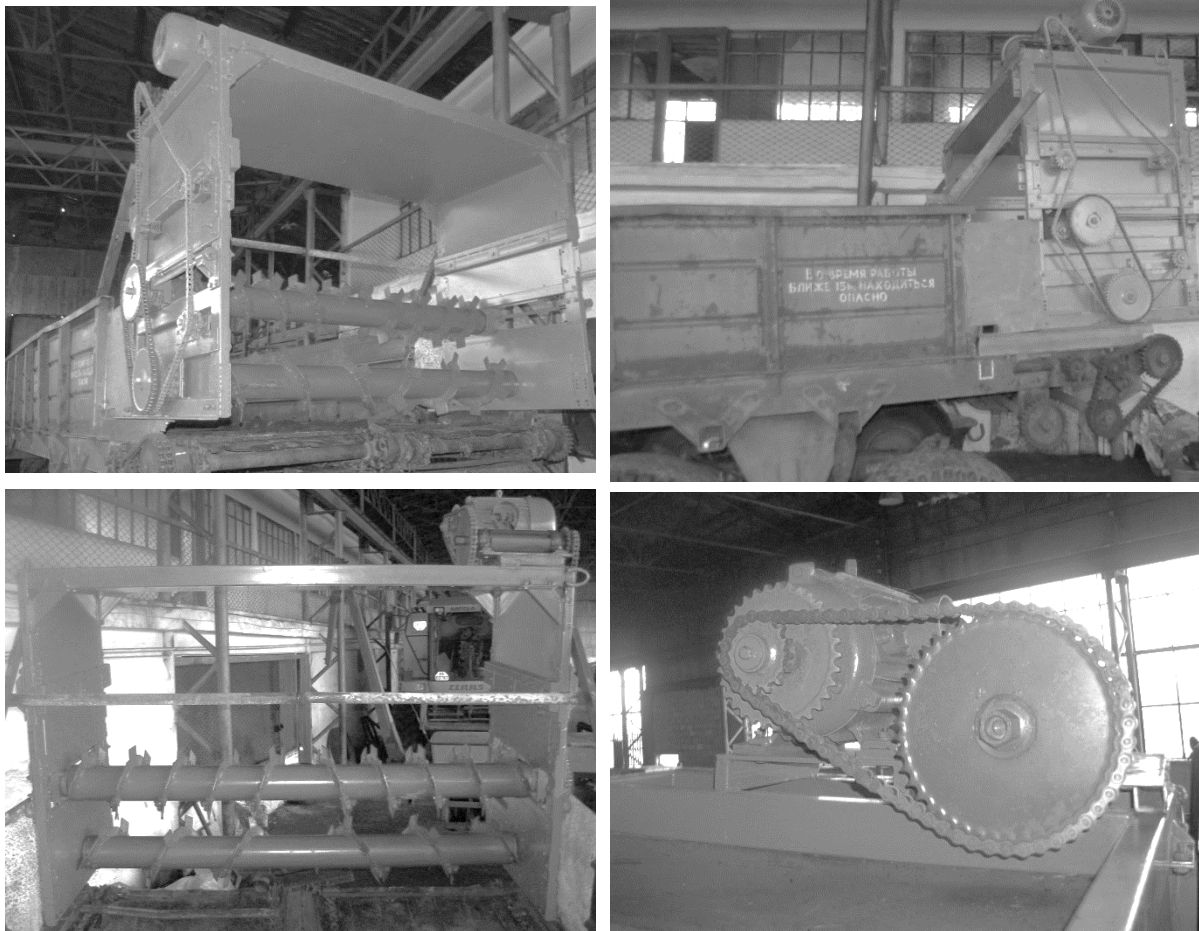


Рис. 1 – Загальний вигляд експериментальної установки на базі причіпного розкидача добрив ПРТ-10 із двобарабанним навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив

Виходячи з теоретичних досліджень та аналізу літературних джерел незмінні конструктивно-технологічні параметри розробленого навісного пристрою для подрібнення твердих органічних добрив наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Конструктивно-технологічні параметри розробленого навісного пристрою для подрібнення твердих органічних добрив

Величина	Позначення	Значення
Ширина захвату робочих органів, м	l	2
Зовнішній радіус нижнього робочого органу, м	R_1	0,175
Радіус валу нижнього робочого органу, м	r_1	0,090
Товщина лопатей нижнього робочого органу, м	δ_1	0,004
Крок гвинтової лінії нижнього робочого органу, м	ζ_1	0,350
Висота розташування нижнього робочого органу над транспортером, м	χ_1	0,225
Зовнішній радіус верхнього робочого органу, м	R_2	0,175
Радіус валу верхнього робочого органу, м	R_2	0,090

Величина	Позначення	Значення
Товщина лопатей верхнього робочого органу, м	δ_2	0,004
Крок гвинтової лінії верхнього робочого органу, м	ζ_2	0,250
Висота розташування верхнього робочого органу над транспортером, м	χ_2	0,625

За фактори експериментальних досліджень були прийняті наступні конструктивно-технологічні параметри (рис. 2): кінематичний показник нижнього робочого органу λ_1 , кінематичний показник верхнього барабану λ_2 , розташування верхнього робочого органу відносно нижнього L.

Кінематичні показники для верхнього і нижнього робочих органів розраховувалися за формулою

$$\lambda = \frac{2\pi nR}{60V} \quad (1)$$

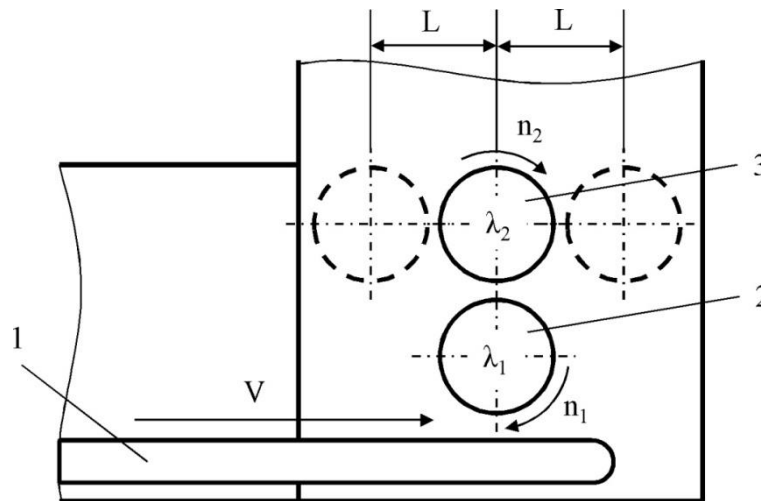


Рис. 2 – Схема експериментальної установки на базі причіпного розкидача добрив ПРТ-10 із двобарабаним навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив: 1 – транспортер, 2 – нижній робочий орган, 3 – верхній робочий орган

В якості сировини для експериментальних досліджень було взято свіжий (вивантажений з приміщень) підстилковий послід на основі лущиння соняшнику, середня об'ємна маса якої складала $\rho = 480 \text{ кг/м}^3$, а середня вологість $W = 32,2 \%$. При цьому розрахована однорідність розподілу компонентів гноє-компостної суміші попередньо сформованого бурта по методу роздільної ознаки – вологості. Однорідність за вологістю визначається за коефіцієнтом варіації:

$$\delta_{wi} = 1 - \nu_{wi} = 1 - \frac{\sigma_{wi}}{W_i} \quad (2)$$

де ν_{wi} – коефіцієнт варіації вологості гноє-компостної суміші у досліді; σ_{wi} – середньоквадратичне відхилення вологості в серії порцій гноє-компостної суміші у досліді; w_i – середньоарифметичне значення вологості в серії порцій гноє-компостної суміші у досліді.

Для вихідної сировини однорідність за вологістю складала 0,33-0,47.

Для визначення однорідності гноє-компостної суміші за вологістю було прийнята п'яти разова повторність.

Технологічними критеріями оцінки сформованості бурта є його висота H , яка повинна складати 1,5 м. Це значення досягається шляхом періодичного переміщення агрегату МТЗ-80+ПРТ-10.

Кількісними критеріями оцінки роботи є пропускна спроможність Q , яка визначається як

$$Q = V \cdot \rho \cdot l \cdot h, \quad (3)$$

де V – лінійна швидкість переміщення гноє-компостної суміші (швидкість транспортеру ПРТ-10), м/с; ρ – середня об'ємна маса гноє-компостної суміші, кг/м³; h – висота шару гноє-компостної суміші, м; l – ширина захвату робочих органів, м.

Енергетичним критерієм оцінки роботи гноєкомпостувальної машини є середнє значення споживаної потужності P . Динаміка зміни споживаної потужності P визначалася частотним перетворювачем VLT Micro Drive.

Критерієм оцінки досліджень є питома енергоємність процесу, яка визначалася за виразом

$$E = \frac{1000 \cdot P}{Q \cdot \rho}. \quad (4)$$

Результати досліджень. Результати експериментальних досліджень процесу механічної аерації і змішування гноє-компостної суміші на експериментальній установці на базі причіпного розкидача добрив ПРТ-10 із двобарабанним навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив ілюструють рис. 3.



Рис. 3 – Процес механічної аерації і змішування гноє-компостної суміші на експериментальній установці на базі причіпного розкидача добрив ПРТ-10 із двобарабанним навісним пристроєм

З використанням програмного пакету Mathematica проведено апроксимацію отриманих даних, в результаті якої встановлено рівняння залежності питомої енергоємності від кінематичних показників і розташування верхнього робочого органу відносно нижнього у вигляді:

$$E = 2,25768 + 12,5862 L + 7,48881 L^2 + 0,198874 \lambda_1 + 0,00239753 \lambda_1^2 + 0,306521 \lambda_2 - 0,00512468 \lambda_1 \lambda_2 + 0,00201042 \lambda_2^2 \quad (5)$$

З використанням програмного пакету Mathematica визначено раціональні значення факторів досліджень з умови забезпечення мінімальної питомої енергоємності процесу:

$$E(\lambda_1 = 12,4, \lambda_2 = 12,4, L = -0,4 \text{ м}) = 4,57 \text{ Дж/кг} \quad (6)$$

Приймаючи отримані раціональні значення факторів досліджень (6) побудовані двовірні поверхні (рис. 4)

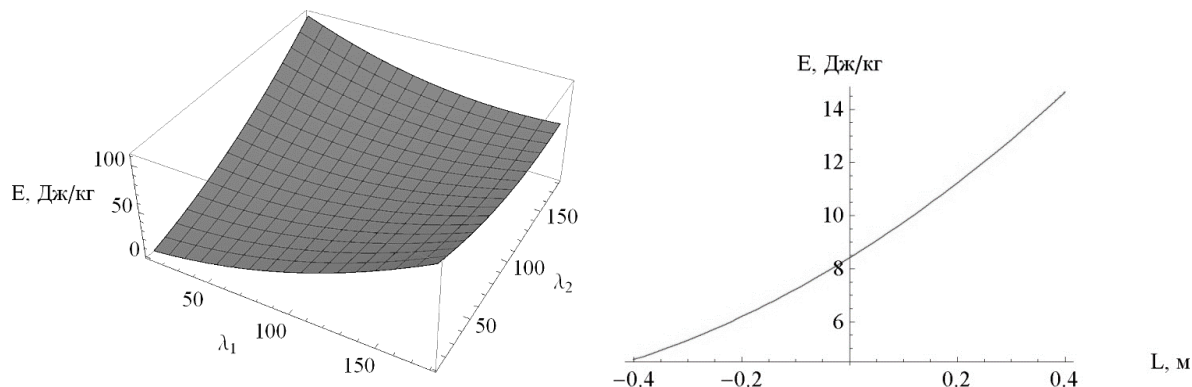


Рис. 4 – Залежність питомої енергоємності процесу її механічної аерації і змішування від факторів досліджень

Аналіз рис. 4 показує, що із збільшенням кінематичних коефіцієнтів і віддалення верхнього робочого органу від нижнього в сторону руху гноє-компостної суміші питома енергоємність процесу її механічної аерації збільшується.

З використанням програмного пакету Mathematica проведено апроксимацію отриманих даних, в результаті якої встановлено рівняння залежності однорідності гноє-компостної суміші від кінематичних показників і розташування верхнього робочого органу відносно нижнього у закодованому вигляді:

$$\delta = 0,349092 - 0,116667 L + 0,00555772 \lambda_1 - 0,0000233032 \lambda_1^2 + 0,00174708 \lambda_2 - 0,0000104244 \lambda_2^2 \quad (7)$$

З використанням програмного пакету Mathematica визначено раціональні значення факторів досліджень з умови забезпечення максимальної однорідності гноє-компостної суміші:

$$\delta(\lambda_1 = 119,2, \lambda_2 = 83,8, L = -0,4 \text{ м}) = 0,80 \quad (8)$$

Приймаючи отримані раціональні значення факторів досліджень (8) побудовані двовірні поверхні (рис. 5).

Аналіз рис. 5 показує, що для кінематичних коефіцієнтів $\lambda_1 = 119,2$ і $\lambda_2 = 83,8$ спостерігається максимальне значення однорідності гноє-компостної суміші.

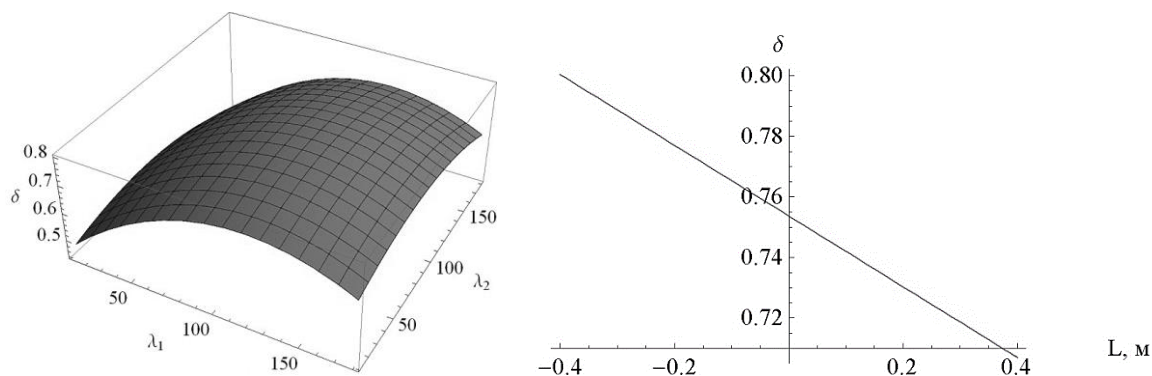


Рис. 5 – Залежність однорідності гноє-компостної суміші в результаті її механічної аерації і змішування від факторів досліджень

Висновки.

1. В результаті експериментальних досліджень встановлені залежності середнього значення однорідності гное-компостної суміші δ_w і питомої енергоємності E від кінематичних показників для нижнього та верхнього робочих органів λ_1 , λ_2 і розташування верхнього робочого органу відносно нижнього L .

2. Аналіз отриманих даних показує, що для кінематичних коефіцієнтів $\lambda_1 = 119,2$ і $\lambda_2 = 83,8$ спостерігається максимальне значення однорідності гное-компостної суміші $\delta = 0,80$. Визначені раціональні значення факторів досліджень з умови забезпечення мінімальної питомої енергоємності процесу: $E(\lambda_1 = 12,4, \lambda_2 = 12,4, L = -0,4 \text{ м}) = 4,57 \text{ Дж/кг}$.

Література:

1. Голуб Г.А. Павленко С.І Механізація виробництва компостів в аграрному секторі /Техніка і технології АПК // №7 (82), – 2016 – с.15-20.
2. Павленко, С.І. Обґрунтування основних параметрів фрезерно-барабанного робочого органу для змішування та механічної аерації компостних матеріалів / С.І.Павленко, О.О. Лященко, А.А. Поволоцкий // Механізація та електрифікація сільського господарства: міжвідомчий тематичний науковий збірник. – Глеваха, – 2013. – Вип. 97. – Т.1. – с. 628-637.
3. Павленко, С.І. Визначення кінематичних характеристик фрезерно-барабанного робочого органу для змішувача і механічної аерації компостних матеріалів / С.І.Павленко, О.О. Лященко, М.М. Науменко//Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». – Харків – 2013.– Вип.№134 – с.130-137.
4. Голуб. Г.А. Математична модель механічного змішування компонентів компостної суміші. /Г.А.Голуб, С.І. Павленко//Механізація та електрифікація сільського господарства (загальнодержавний збірник). – Глеваха, Вип.№3 (102) – 2016. (ННЦ ІМЕСГ). –с.121-130
5. Шевченко І.А. Механіко-математична модель процесу розвантаження барабанного органу для змішування компостних матеріалів та механічної аерації // І.А. Шевченко, О.С. Ковязин, В.І. Харитонов//Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. Зб.наук.праць інституту механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН. – вип.1.(5,6) – 2010. – с.248-265.
6. Шевченко І.А. Результати експериментальних досліджень змішувача-аератора компостів / І.А.Шевченко, В.І. Харитонов, Е.В.Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. Зб.наук. праць інституту механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН. – вип..2.(8) – 2011. – с.4-15
7. Кудря В.О. Обґрунтування параметрів робочого органу роторно-лопатевого типу навісного модуля до розкидувача органічних добрив: автореф. дис....канд.техн.наук 05.05.11./ В.О. Кудря, Глеваха – 2015. – 18 С.

Summary

S. Pavlenko Experimental researches on the performance performance indicators of the organic distributor of PRT-10 with a two-wheeled equipment

Technological tasks of mechanized composting with modernized spreaders of organic fertilizers, mixer aerators, aerators, mixer-loaders are provided with the working organs of milling-drum type, which make up to 80% of machine designs. The design of a two-drum hinged device for the trailer spreading of organic fertilizers PPT-10, which improves the quality,

shredding, mixing, aeration of raw materials, is developed. An experimental study was conducted to establish the relationship between the structural and kinematic parameters of the device and the performance indicators of the technological process. Experimental installation is developed. Criteria for evaluating the technological process are homogeneity of the distribution of moisture in the formed bar as an indicator of mixing efficiency, energy intensity of work. As a result of experimental studies, the dependence of the average homogeneity of the manure-compost mixture and the specific energy intensity on the kinematic parameters of the mode of operation and the location of the upper working organ relative to the lower one was established.

Keywords: *spreader of organic fertilizers, two-drum working organ, homogeneity of mixing, specific energy consumption, composting, experimental setting, coefficient of kinematic mode of operation.*

References

1. Golub G.A. Pavlenko S.I. Mekhanizaciya virobniictva kompostiv v agrarnomu sektori /Tekhnika i tekhnologii APK // №7 (82), – 2016 – s.15-20.
2. Pavlenko, S.I. Obgruntuvannya osnovnih parametriv frezerno-barabannogo robocho-go organu dlya zmishuvannya ta mekhanichnoї aeracii kompostnih materialiv / S.I.Pavlenko, O.O. Lyashchenko, A.A. Povolockij // Mekhanizaciya ta elektrifikaciya sil'skogo gospo-darstva: mizhvidomchij tematicnij naukovij zbirnik. – Glevaha, – 2013. – Vip. 97. – T.1. – s. 628-637.
3. Pavlenko, S.I. Vznachennya kinematichnih charakteristik frezerno-barabannogo ro-bochogo organu dlya zmishuvacha i mekhanichnoї aeracii kompostnih materialiv / S.I.Pavlenko, O.O. Lyashenko, M.M. Naumenko//Visnik HNTUSG im. P. Vasilenka «Tekhnichni sistemi i tekhnologii tvarinnictva». – Harkiv – 2013. – Vip. №134 – s.130-137.
4. Golub. G.A. Matematichna model' mekhanichnogo zmishuvannya komponentiv kompostnoї sumishi. /G.A. Golub, S.I. Pavlenko//Mekhanizaciya ta elektrifikaciya sil'skogo gospo-darstva (zagal'noderzhavnij zbirnik). – Glevaha, Vip. №3 (102) – 2016. (NNC IMESG). –s.121-130
5. Shevchenko I.A. Mekhaniko-matematichna model' procesu rozvantazhennya barabannogo organu dlya zmishuvannya kompostnih materialiv ta mekhanichnoї aeracii // I.A. Shevchenko, O.S. Kovyazin, V.I. Haritonov//Mekhanizaciya, ekologizaciya ta konvertaciya biosirovini u tvarinnictvi. Zb.nauk.prac' institutu mekhanizacii tvarinnictva UAAN. – Zaporizhzhya: IMT UAAN. – Vip.1(5,6) – 2010. – s.248-265.
6. Shevchenko I.A. Rezul'tati eksperimental'nih doslidzhen' zmishuvacha-aeratora kompostiv / I.A. Shevchenko, V.I. Haritonov, E.V. Aliev // Mekhanizaciya, ekologizaciya ta konvertaciya biosirovini u tvarinnictvi. Zb.nauk.prac' institutu mekhanizacii tva-rinnictva UAAN. – Zaporizhzhya: IMT UAAN. – Vip.2(8) – 2011. – s.4-15
7. Kudrya V.O. Obruntuvannya parametriv robochogo organu rotorno-lopatevogo tipu navisnogo modulya do rozkiduvacha organichnih dobriv: avtoref. dis....kand.tekhn.nauk 05.05.11./ V.O. Kudrya, Glevaha – 2015. – 18 s.