



УДК 631.363:636.087

DOI: 10.37128/2520-6168-2023-4-10

**ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНИХ ВАРІАНТІВ ЗАСТОСУВАННЯ ТЕХНІЧНИХ ЗАСОБІВ
ПРИГОТУВАННЯ КОМПОСТНОЇ СУМІШІ****Павленко Сергій Іванович**, к.т.н., доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

Sergii Pavlenko, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor
National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine

Для досліджень обрано чотири схеми роботи роторних барабанно-лопатевих пристроїв: одно- і двобарабанний аератор, одно- і двобарабанний ПРТ.

Встановлено взаємозв'язок параметрів процесу механізованого компостування та конструкцією робочих органів на предмет забезпечення поставлених задач. В цілому, процес функціонування робочого органу поділився на три процеси, які виконуються в комплексі: розпушування (подрібнення) або відділення стружки (частки) від загальної маси, змішування та формоутворення бурту.

Результати експериментів показують кращі показники якості-однорідності змішування для М-подібного розташування лопатей на барабані в порівнянні з Л-подібним. Споживана потужність менше для Л-подібного розташування лопатей. Висновки об'єктивні незалежно від виду сировини і висоти розміщення робочого органу по відношенню до бурту.

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовані раціональні варіанти застосування технічних засобів приготування компостної суміші. При умові забезпечення максимальної однорідності компасної суміші, найбільшого значення показника структурності бурта і мінімізації енерговитрат:

– при переробці курячого підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику ($\rho = 360\text{--}450 \text{ кг/м}^3$, $W = 32\text{--}44 \%$, $M_{\text{гран}} < 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі ПРТ-10 із одним Л-подібним робочим органом;

– при переробці курячого підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику ($\rho = 360\text{--}450 \text{ кг/м}^3$, $W = 32\text{--}44 \%$, $M_{\text{гран}} > 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі аератора із двома Л-подібними робочими органами;

– при переробці курячого підстилкового соломистого гною ВРХ ($\rho = 680\text{--}750 \text{ кг/м}^3$, $W = 42\text{--}66 \%$, $M_{\text{гран}} < 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі ПРТ-10 із двома Л-подібними робочими органами;

– при переробці курячого підстилкового соломистого гною ВРХ ($\rho = 680\text{--}750 \text{ кг/м}^3$, $W = 42\text{--}66 \%$, $M_{\text{гран}} > 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі аератора із одним М-подібним робочим органом.

Ключові слова: компостна суміш, бурт, аератор, ПРТ-10, робочий орган, ефективність, однорідність, структурність, параметри.

Рис. 2. Літ. 17.

1. Постановка проблеми

Механізоване компостування є важливою складовою сучасного сільськогосподарського виробництва, оскільки дозволяє ефективно використовувати органічні ресурси та отримувати якісні органічні добрива для підживлення рослин. Проте, технічне забезпечення цього процесу має свої переваги та недоліки, і вимагає подальших досліджень та вдосконалення [1, 2].

Перша група технічних засобів, яка включає в себе навантажувачі періодичної дії, бульдозери та розкидачі органічних добрив, забезпечує висоту та ширину буртів, але недостатньо інформації про якісні характеристики сумішей і умови ферментації. Такі машини також характеризуються високими експлуатаційними затратами. Друга група, яка включає навантажувачі неперервної дії, є більш продуктивною, але має складну конструкцію та високий енергоспоживання, що впливає на економічну ефективність. Третя група, мобільні аератори-змішувачі, є більш простими в конструкції та мають високу продуктивність, але потребують постійного коригування висоти бурту [3, 4, 5].

Найпоширенішими є мобільні аератори-змішувачі роторно-барабанного типу. Проте, для



оптимального використання цих машин потрібно більше досліджень щодо параметрів робочих органів, таких як частота обертання, швидкість переміщення робочого органу і геометричні параметри лопатей. Також потрібно вивчити вплив цих параметрів на висоту бурту, однорідність і структурні особливості суміші, а також на енергоспоживання. Такі дослідження допоможуть раціоналізувати процес компостування і знизити експлуатаційні витрати [6, 7, 8].

Узагальнюючи, можна сказати, що механізоване компостування має великий потенціал для підвищення продуктивності та якості сільськогосподарського виробництва. Проте, для досягнення цих цілей потрібно більше досліджень та розробки нових технологій. Такі дослідження дозволять покращити технічне забезпечення механізованого компостування та зробити його більш доступним і ефективним для сільськогосподарських підприємств.

2. Аналіз останніх досліджень і публікацій

В результаті пошукових виробничих випробувань встановлено, що недолік в роботі аератора-змішувача в механізованій технології виробництва компостів – необхідність попередньої (первинної) підготовки бурту по висоті і ширині захвату робочого вікна та погодження із швидкісними режимами роботи енергозасобу. Використання додаткових технічних засобів для покращення технологічності роботи аератора приводить до збільшення експлуатаційних затрат [9–12].

Встановлено, що використання конструкції розкидача органічних добрив типу ПРТ-10 для виробництва компостів має технологічні переваги: формування висоти і ширини бурту в відповідності з вимогами, наприклад, до 1,5-2,0 м і технічними потужностями енергетичного засобу; накопичення компонентів органічної суміші і доставка за маршрутом.

Узагальнюючі висновок по аналізу конструкцій технічного забезпечення механізованого компостування, проведених попередніх теоретичних і експериментальних досліджень відомих науковців, власних пошукових досліджень встановлено, що механізоване виробництво компостів потребує додаткового вивчення. Так, аналіз показав, що ефективними є роторні барабанно-лопатеві робочі органи. Однак, недостатньо досліджені залежності зміни висоти бурту при формуванні, показники однорідності і структурності суміші, енергоємності при роботі барабанно-лопатевого робочих органів від частоти обертання, швидкості переміщення робочого органу і геометричних параметрів лопатей. Не досліджені зміни об'ємної маси, структурності суміші, пошарового розподілу температури в бурті під дією робочих органів [13–14].

Відсутні рекомендації для вибору раціональних параметрів робочих органів за умови економії енерговитрат на підготовку, змішування, розпушування, формування сумішей в бурт. Систематизація положень про механізовані способи виробництва компостів, раціональні параметри робочих органів дозволить зменшити експлуатаційні витрати, а технології доступними для практичного використання.

Це обумовлювало актуальність проведення досліджень згідно вибраного напрямку.

3. Мета і задачі дослідження

Метою досліджень було підвищення ефективності виробництва компостів із органічної сировини агроєкосистем шляхом розробки і впровадження, науково обґрунтованих комплексних технічних і технологічних рішень в умовах прискореної аеробної ферментації.

4. Виклад основного матеріалу

Для досліджень обрано чотири схеми роботи роторних барабанно-лопатевого пристроїв (рис. 1): одно- і двобарабанний аератор, одно- і двобарабанний ПРТ. В якості конструктивних параметрів, які необхідно дослідити, було обрано діаметри барабанів (D_1 , D_2), кут нахилу лопаті (ζ), розташування лопатей на барабані (Л-подібний, М-подібний), розташування другого барабану відносно першого (Δl , Δh). В якості режимних параметрів, які необхідно дослідити, було обрано частоти обертання барабанів (n_1 , n_2), швидкість переміщення робочих органів або матеріалу (V). В якості технологічного параметру обрано висоту вихідного бурту H . В свою чергу, кінематичний показник λ є комплексним показником, який ув'язує конструктивні і режимні параметри. В якості критеріїв досліджень було обрано: висота сформованого бурту H' , коефіцієнт варіації якості змішування δ , дальність і висота польоту частинок компосту, потужність P , що споживана при виконанні процесу механізованого компостування, показник структурності бурту θ .

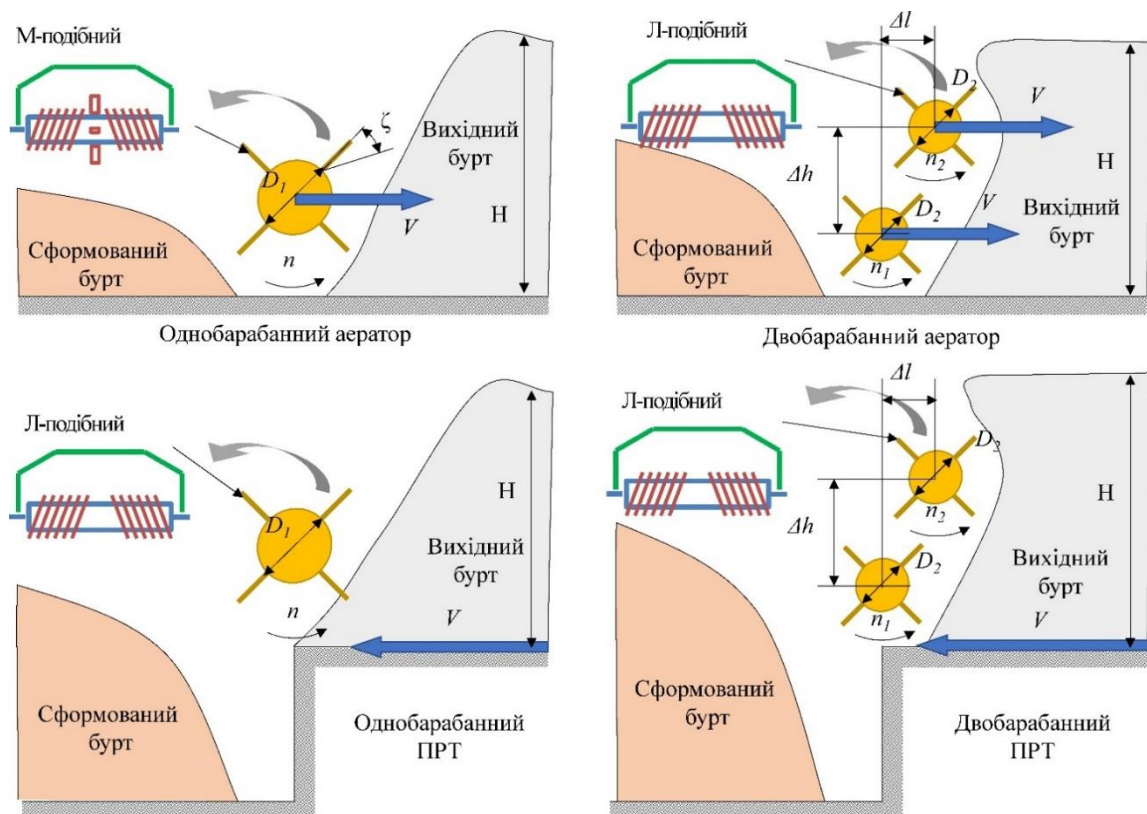
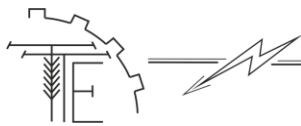


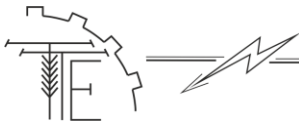
Рис. 1. Схеми роботи роторних барабанно-лопатевих пристроїв

Аналіз рис. 1 дозволив встановити взаємозв'язок параметрів процесу механізованого компостування та конструкцією робочих органів на предмет забезпечення поставлених задач [13–14]. В цілому, процес функціонування робочого органу поділився на три процеси, які виконуються в комплексі: розпушування (подрібнення) або відділення стружки (частки) від загальної маси, змішування та формоутворення бурту.

Аналіз фізико-математичної моделі процесу механізованого компостування органічної сировини агроєкосистем технічними засобами із барабанно-лопатевим робочими органами дозволив встановити функціональний зв'язок між його конструктивно-технологічними параметрами (кількістю лопатей, кутовою швидкістю, площею стружки) та висотою отриманого бурту компосту [15]. Одержано залежність для визначення маси відокремлюваної стружки компосту від конструктивних і кінематичних параметрів барабанно-лопатєвого робочого органу. Встановлено, що при діаметрі барабана 0,35 м, ширині лопаті 0,07 м, щільності компосту 500 кг/м^3 та швидкості руху аератора-змішувача 0,1 м/с, збільшення величини кінематичного показника режиму роботи барабана аератора-змішувача від 60 до 120 за рахунок зміни кутової швидкості барабана призводить до зменшення маси компосту на лопатях барабана при їх повороті на 180° практично у два рази.

Досліджено фізико-математичну модель процесу механізованого компостування органічної сировини агроєкосистем технічними засобами із барабанно-лопатєвими робочими органами, яка функціонально встановлює закономірності відношення кінематичних показників другого барабана до першого від значень горизонтальної і вертикальної відстані між ними [16]. Встановлено, що для формування бурту висотою 1 м при збільшенні відстані між барабанами відношення кінематичних показників другого барабана до першого збільшується від 1,15 до 2,5.

Моделювання процесу змішування компостної суміші однobarабанним і двobarабанним лопатєвим робочим органом у двох варіантах розміщення формуючого бурту встановлено закономірності для визначення висоти бурту від частоти обертання, лінійної швидкості переміщення робочого органу (або компостної суміші) і висоти вихідного бурту [15]. Встановлено, що для певної частоти обертання однobarабанного лопатєвого робочого органу (для варіанту розміщення на рівні з вихідним буртом – $n = 537 \text{ об/хв.}$, для варіанту розміщення вище вихідного бурту – $n = 200 \text{ об/хв.}$), лінійної швидкості переміщення $V = 0,25 \text{ м/с}$ і висоти вихідного бурту $H = 0,7 \text{ м}$ спостерігається мінімальне значення висоти сформованого бурту $H' = 0,58 \text{ м}$. Для двobarабанного лопатєвого робочого органу при частоті обертання першого і другого барабанів $n_1 = 200 \text{ об/хв.}$, $n_2 = 440 \text{ об/хв.}$, лінійної



швидкості переміщення $V = 0,25$ м/с спостерігається мінімальне значення висоти сформованого бурта $H' = 0,56$ м.

З використанням розробленої математичної моделі [17] встановлено закономірність яка пов'язує величину однорідності розподілу компонентів суміші із коефіцієнтом завантаження і кінематичним показником режиму роботи. Встановлено, що для певної частоти обертання однобарабанного лопатевого робочого органу (для варіанту розміщення на рівні з вихідним буртом – $n = 518$ об/хв., для варіанту розміщення вище вихідного бурта – $n = 590$ об/хв.), лінійної швидкості переміщення $V = 0,25$ м/с і висоти вихідного бурта $H = 0,7$ м спостерігається мінімальне значення однорідності розподілу компонентів суміші $\delta = 0,66$. Для двобарабанного лопатевого робочого органу при розміщенні на рівні з вихідним буртом: мінімальне значення однорідності розподілу компонентів суміші $\delta = 0,67$ спостерігається при частоті обертання першого барабану $n_1 = 345$ об/хв., частоті обертання другого барабану $n_2 = 345$ об/хв. і лінійної швидкості переміщення робочого органу $V = 0,20$ м/с.

Методика вибору технічного забезпечення виробництва компостів із органічної сировини агроєкосистем і експериментально дозволила визначити раціональний конструкційний варіант розробленого універсального пристрою для подрібнення і змішування (сировина вологістю більше 60 %) – (одно) двобарабанний Л-подібний робочий орган, який встановлено на причіпному розкидачі типу ПРТ-10 і обертається із частотою 460 об/хв., при яких спостерігається найбільші однорідність розподілу компонентів отриманої компостної суміші $\delta = 0,98$ і показник структурності бурта $\theta = 90,4$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,7$ кВт. У свою чергу раціональний конструкційний варіант розробленого універсального пристрою для подрібнення і змішування сировини, є таким: один лопатевий Л-подібний барабанний робочий орган, який встановлено на коліях (аератор-змішувач) і обертається із частотою 460 об/хв, при якому спостерігається найбільші однорідність розподілу компонентів отриманої компостної суміші $\delta = 0,95$ і показник структурності бурта $\theta = 90,1$ при найменшому середньому значенні споживаної потужності $P = 8,4$ кВт.

Результати експериментальних досліджень причіпного розкидача добрив ПРТ-10 із двобарабанним навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив дозволили визначити раціональні конструктивно-технологічні параметри навісного пристрою для подрібнення твердих органічних добрив в результаті вирішення компромісної задачі, а саме: забезпечення найбільшої однорідності компостної суміші із низькими енергетичними втратами: $n_1 = 320$ об/хв, $n_2 = 170$ об/хв, $V = 0,05$ м/с, $L = -0,4$ м. При цьому однорідність компостної суміші складала $\delta = 0,88$, а споживана потужність $P = 3,34$ кВт. Експериментальними дослідженнями аератора із двобарабанним навісним пристроєм для подрібнення твердих органічних добрив визначено раціональні конструктивно-технологічні параметри навісного пристрою для подрібнення твердих органічних добрив в результаті вирішення компромісної задачі, а саме забезпечення найбільшої однорідності, структурності і висоти бурта компостної суміші із низькими втратами енергії: $n_1 = 293$ об/хв, $n_2 = 180$ об/хв, $V = 0,05$ м/с, $H = 0,62$ м. При цьому однорідність компостної суміші складала $\delta = 0,71$, показник структурності бурта – $\theta = 62,4$ %, висота сформованого бурта – $H' = 0,47$ м, а споживана потужність – $P = 4,37$ кВт. Встановлено, що використання двобарабанного робочого органу в порівнянні з однобарабанним за умови рівності висоти шару бурту є більш раціональним за критерієм показників втрат потужності $P_{о.б.} = 5,9-6,2$ кВт, $P_{д.б.} = 6,3-6,8$ кВт (при частоті обертання $n = 320$ об/хв.). Однобарабанні забезпечують вищі показники форматування бурту, дальності польоту часток, структурності $\theta_{о.б.} = 29,9-44,7$ %, $\theta_{д.б.} = 48,8-52,3$ %, однорідності $\delta_{о.б.} = 0,74$, $\delta_{д.б.} = 0,75-0,78$ (при частоті обертання $n = 320$ об/хв.).

Результати експериментів показують кращі показники якості-однорідності змішування для М- подібного розташування лопатей на барабані в порівнянні з Л-подібним. Споживана потужність менше для Л-подібного розташування лопатей. Висновки об'єктивні незалежно від виду сировини і висоти розміщення робочого органу по відношенню до бурту (рис. 2). На рис. 2: «Послід» – курячий підстилковий послід на основі лушпиння сояшнику ($\rho = 360-450$ кг/м³, $W = 32-44$ %); «Гній ВРХ» – підстилковий солоmistий гній ВРХ ($\rho = 680-750$ кг/м³, $W = 42-66$ %); $M_{гран.}$ – граничне значення об'єму сировини, що обробляється (визначається з техніко-економічної оцінки), $M_{гран} = 2123$ т.



Тип робочого органу	Л-подібний	Л-подібний	Л-подібний	М-подібний
Кількість робочих органів	Один	Два	Два	Один
Місце розташування	на ПРТ-10	на ПРТ-10	На аераторі	На аераторі
Вид сировини	«Послід»	«Гній ВРХ»	«Послід»	«Гній ВРХ»
Об'єм сировини, т	$< M_{\text{гран.}}$	$< M_{\text{гран.}}$	$> M_{\text{гран.}}$	$> M_{\text{гран.}}$
Висота бурта, м	до 1,5	до 1,5	1,2-1,5	0,6-1,2
Перша/повторна аерація	Перша/повторна	Перша/повторна	Повторна	Повторна
Однорідність за вологістю δ	0,83-0,93	0,87-0,91	0,71-0,85	0,84-0,91
Показник структурності бурта θ , %	53,2-65,4	54,1-65,9	52,1-62,6	55,8-66,5
Потужність Р, кВт	4,2-4,9	6,9-7,2	7,0-7,3	6,1-6,6

Схема-фото

Рис. 2. Раціональні варіанти застосування розроблених пристроїв

Порівняння результатів досліджень для одного та двох робочих органів при розташуванні їх на ПРТ-10 для коров'ячого гною представлені на рис. 2. Аналіз показав, що якість змішування (однорідність за вологістю) і якість розпушування (показник структурності бурта) краще у двобарабанного робочого органу. Однак при цьому спостерігається більша витрата енергії.

4. Висновки

В результаті проведених теоретичних і експериментальних досліджень обґрунтовані раціональні варіанти застосування технічних засобів приготування компостної суміші. При умові забезпечення максимальної однорідності компасної суміші, найбільшого значення показника структурності бурта і мінімізації енерговитрат:

– при переробці курячого підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику ($\rho = 360\text{--}450 \text{ кг/м}^3$, $W = 32\text{--}44 \%$, $M_{\text{гран.}} < 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі ПРТ-10 із одним Л-подібним робочим органом;

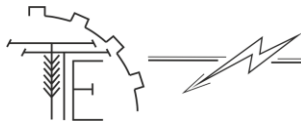
– при переробці курячого підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику ($\rho = 360\text{--}450 \text{ кг/м}^3$, $W = 32\text{--}44 \%$, $M_{\text{гран.}} > 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі аератора із двома Л-подібними робочими органами;

– при переробці курячого підстилкового соломистого гною ВРХ ($\rho = 680\text{--}750 \text{ кг/м}^3$, $W = 42\text{--}66 \%$, $M_{\text{гран.}} < 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі ПРТ-10 із двома Л-подібними робочими органами;

– при переробці курячого підстилкового соломистого гною ВРХ ($\rho = 680\text{--}750 \text{ кг/м}^3$, $W = 42\text{--}66 \%$, $M_{\text{гран.}} > 2123 \text{ т}$) доцільно використовувати пристрій на базі аератора із одним М-подібним робочим органом.

Список використаних джерел

1. Li Z., Miito G. J., Lim T. T. Mixing-Vessel Composting System at a Large Swine Finishing Farm. *Extension. University of Missouri*. 2020. Vol. 12. P. 1–9.
2. Epstein E. Industrial Composting. *Environmental Engineering and Facilities Management*. CRC Press, 2011. 338 p. DOI: 10.1201/b10726
3. Siles-Castellano A. B., López-González J. A., Jurado M. M., Estrella-González M. J., Suárez-Estrella F., López M. J. Compost Quality and Sanitation on Industrial Scale Composting of Municipal Solid Waste and Sewage Sludge. *Appl. Sci*. 2021. Vol. 11. P. 7525. DOI: 10.3390/app11167525
4. Ляшенко О. О., Мовсесов Г. Є. Технологія прискореного біотермічного компостування гною з органічним волого-поглинальними відходами АПК. Рекомендації. Інститут механізації



- тваринництва УААН. Запоріжжя : ІМТ УААН, 2007. 32 с.
5. Лінник М. К., Сенчук М. М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив. ПП Лисенко М.М., 2012. 329 с.
 6. Голуб Г. І., Кухарець С. М., Марус О. А., Павленко С. І., Лопатько К. Г., Скоробогатов Д. В. Механіко-технологічні основи процесів виробництва органічної продукції рослинництва: монографія. НУБіП : Україна, 2017. 431 с.
 7. Golub G., Pavlenko S., Kukharets S. Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clamps. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 3/1, № 87. P. 30–35.
 8. Дідух В. Ф. Техніка і технології приготування компостів. *Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва: проблеми теорії та практика. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції*, (Тернопіль, 29–30 вересня 2022 р.). С. 11–15.
 9. Голуб Г. А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи: монографія. Київ : Аграрна наука, 2007. 332 с.
 10. Лінник М. К., Рубан Б. О. Шляхи вдосконалення технологій та технічних засобів переробки органічних відходів тваринництва та птахівництва в органічні добрива. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*. 2011. № 11 (5). С. 10–16.
 11. Шевченко І. А., Ляшенко О. О. Теоретичний аналіз впливу конструктивних і розмірних параметрів робочих органів на продуктивність компостувальної машини. *Зб. наук. праць «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві»*. 2008. № 1 (1). С. 3–11.
 12. Шевченко І. А., Харитонов В. І., Алієв Е. Б. Результати експериментальних досліджень змішувача-аератора компостів. *Зб. наук. праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві»*. 2011. № 2 (8). С. 80–88.
 13. Aliiev E., Pavlenko S., Aliieva O., Morhun O. Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*. 2021. Vol. XXXII, № 2. P. 169–181. DOI : 10.15159/jas.21.30.
 14. Aliiev E., Pavlenko S., Golub G., Bielka O. Research of mechanized process of organic waste composting. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*. 2022. Vol. XXXIII, № 1. P. 21–32. DOI : 10.15159/jas.22.04.
 15. Golub G., Pavlenko S., Kukharets S. Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clamps. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*. 2017. Vol. 3/1, № 87. P. 30–35.
 16. Голуб Г. А., Павленко С. І. Моделювання процесу руху компосту по лопаті барабану під час розпушування буртів. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Кіровоградський національний технічний університет*. 2016. № 46. С. 20–29.
 17. Павленко С. І. Чисельне моделювання процесу змішування компонентів гное-компостної суміші лопатевим робочим органом. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка і енергетика АПК*. 2016. № 254. С. 44–55.

References

- [1] Li, Z., Miito, G.J., Lim, T.T. (2020). Mixing-Vessel Composting System at a Large Swine Finishing Farm. *Extension. University of Missouri*, 12, 1–9. [in English].
- [2] Epstein, E. (2011). *Industrial Composting. Environmental Engineering and Facilities Management*. CRC Press. DOI: 10.1201/b10726. [in English].
- [3] Siles-Castellano, A.B., López-González, J.A., Jurado, M.M., Estrella-González, M.J., Suárez-Estrella, F., López, M.J. (2021). Compost Quality and Sanitation on Industrial Scale Composting of Municipal Solid Waste and Sewage Sludge. *Appl. Sci*, 11, 7525. DOI: 10.3390/app11167525. [in English].
- [4] Lyashenko, O.O., Movsesov, H.YE. (2007). *Tekhnolohiya pryskorenoho biotermichnoho kompostuvahhya hnouy z orhanichnym voloho pohlynal'nymy vidkhodamy APK. Rekomendatsiyi. [Technology of accelerated biothermal composting of manure with organic moisture-absorbing agricultural waste. Recommendations]*. Instytut mekhanizatsiyi tvarynnystva UAAN. Zaporizhzhya: IMT UAAN. [in Ukrainian].
- [5] Linnyk, M.K., Senchuk, M.M. (2012). *Tekhnolohiyi i tekhnichni zasoby vyrobnystva ta vykorystannya*



- orhanichnykh dobryv [Technologies and technical means of production and use of organic fertilizers]. PP Lysenko M. M. [in Ukrainian].
- [6] Holub, H.I., Kukharets', S.M., Marus, O.A., Pavlenko, S.I., Lopat'ko, K.H., Skorobohatov, D.V. (2017). *Mekhaniko-tehnologichni osnovy protsesiv vyrobnytstva orhanichnoyi produktsiyi roslynnnytstva. Monohrafiya. [Mechanical and technological bases of production processes of organic products of crop production]*. NUBiP : Ukrayina. [in Ukrainian].
- [7] Golub, G., Pavlenko, S., Kukharets, S. (2017). Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clumps. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*, 3/1 (87), 30–35. [in English].
- [8] Didukh, V.F. (2022). Tekhnika i tekhnolohiyi pryhotuvannya kompostiv [Techniques and technologies of compost preparation]. *Protsesy, mashyny ta obladnannya ahropromyslovoho vyrobnytstva: problemy teorii ta praktyka. Materialy Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (Ternopil', 29–30 veresnya 2022 r.)*, 11–15. [in Ukrainian].
- [9] Holub, H.A. (2007). *Ahropromyslove vyrobnytstvo yistivnykh hrybiv. Mekhaniko-tehnologichni osnovy: monohrafiya. [Agro-industrial production of edible mushrooms. Mechanical and technological basics: monograph]*. Kyiv : Ahrarna nauka. [in Ukrainian].
- [10] Linnyk, M.K., Ruban, B. O. (2011). Shlyakhy vdoskonalennya tekhnolohiy ta tekhnichnykh zasobiv pererobky orhanichnykh vidkhodiv tvarynnnytstva ta ptakhivnytstva v orhanichni dobryva. *Pratsi Tavriys'koho derzhavnoho ahrotekhnologichnoho universytetu*, 11 (5), 10–16. [in Ukrainian].
- [11] Shevchenko, I.A., Lyashenko, O.O. (2008). Teoretychnyy analiz vplyvu konstruktivnykh i rozmirnykh parametriv robochykh orhaniv na produktyvnist' kompostuval'noyi mashyny [Theoretical analysis of the impact of structural and dimensional parameters of working bodies on the productivity of the composting machine]. *Zb. nauk. prats' «Mekhanizatsiya, ekolohizatsiya ta konvertatsiya biosyrovyny u tvarynnnytstvi»*, 1 (1), 3–11. [in Ukrainian].
- [12] Shevchenko, I.A., Kharytonov, V.I., Aliyev E.B. (2011). Rezul'taty eksperymental'nykh doslidzhen' zmishuvacha-aeratora kompostiv [Results of experimental studies of compost mixer-aerator]. *Zb. nauk. prats' IMT NAAN «Mekhanizatsiya, ekolohizatsiya ta konvertatsiya biosyrovyny u tvarynnnytstvi»*, 2(8), 80–88. [in Ukrainian].
- [13] Aliiev, E., Pavlenko, S., Aliieva, O., Morhun, O. (2021). Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, XXXII (2), 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30. [in English].
- [14] Aliiev, E., Pavlenko, S., Golub, G., Bielka, O. (2022). Research of mechanized process of organic waste composting. *Agraarteadus, Journal of Agricultural Science*, XXXIII (1), 21–32. DOI: 10.15159/jas.22.04. [in English].
- [15] Golub, G., Pavlenko, S., Kukharets, S. (2017). Analytical research into the motion of organic mixture components during formation of compost clumps. *Eastern-European journal of Enterprise Technologies*, 3/1 (87), 30–35. [in English].
- [16] Holub, H.A., Pavlenko, S.I. (2016). Modelyuvannya protsesu rukhu kompostu po lopati barabanu pid chas rozpushuvannya burtiv [Modeling the process of movement of compost along the drum blade during loosening of the sides]. *Konstruyuvannya, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiya sil's'kohospodars'kykh mashyn. Zahal'noderzhavnyy mizhvidomchyy naukovo-tekhnichnyy zbirnyk*, 46, 20–29. [in Ukrainian].
- [17] Pavlenko, S.I. (2016). Chysel'ne modelyuvannya protsesu zmishuvannya komponentiv hnoye-kompostnoyi sumishi lopatevym robochym orhanom [Numerical modeling of the process of mixing the components of the manure-compost mixture with a bladed working body]. *Naukovyy visnyk Natsional'noho universytetu bioresursiv i pryrodokorystuvannya Ukrayiny. Seriya: Tekhnika i enerhetyka APK*, 254, 44–55. [in Ukrainian].

JUSTIFICATION OF RATIONAL OPTIONS FOR APPLICATION OF TECHNICAL MEANS FOR THE PREPARATION OF COMPOST MIXTURE

The goal of the research was to increase the efficiency of compost production from organic raw materials of agroecosystems through the development and implementation of scientifically based complex technical and technological solutions under conditions of accelerated aerobic fermentation.

Four operating schemes of rotary drum-blade devices were chosen for research: single- and double-drum aerator, single- and double-drum PRT.

The interrelationship between the parameters of the mechanized composting process and the design



of the working bodies for the purpose of ensuring the set tasks has been established. In general, the process of functioning of the working body is divided into three processes, which are performed in a complex: loosening (shredding) or separation of shavings (particles) from the total mass, mixing and molding of the edge.

The results of the experiments show better indicators of mixing quality and homogeneity for the M-shaped arrangement of the blades on the drum compared to the L-shaped one. The consumed power is less for the L-shaped arrangement of the blades. The conclusions are objective, regardless of the type of raw material and the height of the placement of the working body in relation to the side.

As a result of the conducted theoretical and experimental studies, rational options for the use of technical means of compost mixture preparation are substantiated. Under the condition of ensuring the maximum homogeneity of the compost mixture, the largest value of the edge structure index and the minimization of energy consumption:

- when processing chicken litter based on sunflower husk ($\rho = 360\text{--}450 \text{ kg/t}^3$, $W = 32\text{--}44\%$, $M_{\text{gran}} < 2123 \text{ t}$) it is advisable to use a device based on PRT-10 with one L-shaped working body;
- when processing chicken litter based on sunflower husks ($\rho = 360\text{--}450 \text{ kg/t}^3$, $W = 32\text{--}44\%$, $M_{\text{gran}} > 2123 \text{ t}$) it is advisable to use a device based on an aerator with two L-shaped working bodies;
- when processing chicken bedding straw cattle manure ($\rho = 680\text{--}750 \text{ kg/t}^3$, $W = 42\text{--}66\%$, $M_{\text{gran}} < 2123 \text{ t}$) it is advisable to use a device based on PRT-10 with two L-shaped working bodies;
- when processing chicken bedding straw cattle manure ($\rho = 680\text{--}750 \text{ kg/t}^3$, $W = 42\text{--}66\%$, $M_{\text{gran}} > 2123 \text{ t}$) it is advisable to use a device based on an aerator with one M-shaped working body.

Key words: compost mixture, burt, aerator, PRT-10, working body, efficiency, homogeneity, structure, parameters.

Fig. 2. Ref. 17.

ВІДОМОСТЬ ПРО АВТОРА

Павленко Сергій Іванович – кандидат технічних наук, доцент, старший науковий співробітник Національного університету біоресурсів і природокористування України (вул. Героїв Оборони, 15, м. Київ, Україна, 03041, e-mail: si.pavlenko17@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3352-5797>).

Sergii Pavlenko – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, senior research fellow of National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine (St. Heroiv Oborony, 15, Kyiv, Ukraine, 03041, e-mail: si.pavlenko17@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3352-5797>).