



УДК 631.363:636.087

DOI: 10.37128/2520-6168-2023-3-11

ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИРОБНИЦТВА КОМПОСТІВ З ПІДСТИЛКОВОГО ПОСЛІДУ В УМОВАХ ГОСПОДАРСТВА

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

Метою дослідження було підвищення ефективності виробництва компостів із органічної сировини агроecosистем шляхом розробки і впровадження, науково обґрунтованих комплексних технічних, технологічних рішень і економічних оцінок на основі результатів виробничих випробувань технічних засобів в умовах реального господарства. Розглянуто результати виробничих випробувань механізованої технології переробки підстилкового курячого посліду на основі лушпиння насіння соняшнику у високоякісні екологічно безпечні органічні добрива-компости. Дослідження проводилися в умовах господарства із забезпеченням ефективного приготування суміші механічними комплексами машин та інтенсивної аерації.

Механізована технологія з використанням модернізованого ПРТ-10 рекомендується для невеликих господарств з об'ємом приготування компостів до 2-3 тисяч тон на рік і забезпечує одержання високоефективних добрив за 45–60 діб. Використання аератора-змішувача АЗК-2 на сировині щільністю вище 600 кг/м³ необхідне з агрегуванням з трактором МТЗ-80, обладнаним ходозменшувачем, що забезпечують робочу швидкість від 0,2 м/с. Продуктивність аератора-змішувача при цьому складає 300–500 т/год. Розроблено два варіанта технологічних карт щодо комплектації технічними засобами механізованої технології виробництва компостів. Перший – оснований на застосуванні причіпного аератора-змішувача АЗК-2, а другий варіант – модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10 у парі із навантажувачем Т-156К. Найбільша різниця в технологічних показниках спостерігається в витратах палива – майже в 2,5 рази на користь використання причіпного аератора-змішувача АЗК-2. Економічна оцінка планової обробки сировини в 3000тон показує, що питомі затрати на виробництво компосту в цьому випадку складають 107,58 грн./т на відміну від 176,28 грн./т у першому варіанті.

Ключові слова: курячий послід, компостна суміш, бурт, аератор, розкидач органічних добрив, хімічний склад добрив, параметри, якість змішування, собівартість робіт

Рис. 7. Табл. 10. Літ. 18.

1. Вступ

Механізоване компостування є важливою складовою сучасного сільськогосподарського виробництва, що дозволяє ефективно використовувати органічні ресурси, покращувати екологічний стан оточуючого середовища, отримувати якісні органічні добрива і відновлювати родючість ґрунтів. Технічне забезпечення вимагає постійного системного аналізу та вдосконалення [1, 2, 9].

За використанням для механізації компостування технічні засоби діляться на три групи. Перша група включає засоби загального призначення: ковшові і грейферні тракторні навантажувачі, бульдозери, розкидачі органічних добрив. Технологічно засоби забезпечують базові умови: висоту та ширину буртів, але недостатньо інформації про якість сумішей і готових компостів. Механізовані комплекси машини загального призначення характеризуються високими експлуатаційними затратами. Друга група - мобільні аератори-змішувачі, які мають високу продуктивність, на окремих енерговитратних операціях: аерації, подрібненні, змішуванні суміші, формуванні бурту але потребують постійного технологічного коригування висоти бурту [3, 5, 6]. Третя група, яка включає навантажувачі неперервної дії, є більш продуктивною, але має складну конструкцію та високе енергоспоживання, що впливає на економічну ефективність.

Обґрунтування засобів технічного забезпечення виробництва компостів визначається системним аналізом технологічних, технічних, організаційних факторів які в кожних нових умовах глибоко індивідуальні. Дослідження проведені по компостуванню підстилкового посліду на основі



соломи причепним аератором-змішувачем [7] визначили зміну внутрішніх температур при аерації сировини, їх вплив на результати ферментації, дозволили прийняти системні рішення по покращенню організаційного забезпечення виробництва компостів на птахівничому комплексі. Пошукові дослідження компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшника [8] показали ефективність внесення води на ферментацію сировини, вивчалися деякі реологічні властивості, температурні зміни в буртах, Але необхідні більш глибокі технологічні дослідження по результативності отриманих компостів, технічному вдосконаленню пристроїв і їх випробуванні, використанні різних технічних засобів в механізованій технології, комплексному визначенні ефективності виробництва. Результати даного дослідження показують комплексну оцінку виробництва компостів в умовах реального господарства з врахуванням організаційних, технічних, технологічних, фінансових можливостей. На їх основі приймаються рішення по забезпечення виробництва. Систематизація досвіду по новим напрямках завжди актуальна і потребує послідовного продовження по зменшенню експлуатаційних затрат, обґрунтуванні економічної доцільності.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

В результаті пошукових досліджень і виробничих випробувань встановлено, в механізованій технології виробництва компостів причіпні аератори-змішувачі потребують попередньої (первинної) підготовки бурту по висоті і ширині захвату робочого вікна та погодження із енергетичними і кінематичними характеристиками енергозасобу: потужністю і швидкістю переміщення. 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, накопичення компонентів органічної суміші, доставка за маршрутом, проведення змішування і аерації. Технологічні вимоги по температурним режимам суміші досягаються [4, 11]. Покращення хімічного складу компосту після ферментації спостерігається при використанні аератора і розкидача [7, 8, 10]. Застосування додаткових технічних засобів для покращення технологічності роботи приводить до збільшення експлуатаційних затрат в обох випадках. Для роботи розкидача необхідно високопродуктивний навантажувач для завантаження сировини, а для технологічності роботи аератора обладнання по формуванню буртів - бульдозери, навантажувачі. В господарстві накопичений певний досвід по використанню серійного розкидача органічних добрив ПРТ-10 на виробництві компостів з підстилкового курячого посліду на основі лушпиння соняшника [8]. Незначні обсяги виробництва – 2000–3000 тон компостів потребують додаткового дослідження.

Узагальнюючі висновки 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. Системний аналіз – основа вибору раціональних рішень [12, 13]. Проведенні дослідження по обґрунтуванню параметрів робочих органів аератора-змішувача [14] визначають економічну ефективність пристрою в порівнянні з вибраним аналогом, що відповідає існуючим методикам оцінки [17, 18]. Але застосування аератора доцільно розглядати разом з врахуванням інших засобів механізованого забезпечення і виконання технологічного циклу. Додаткових досліджень потребують технологічні і організаційні заходи проведення механізованих робіт, які мають значення для ефективності виробництва. Отримання подібних результатів застосовано при покращенні споруд і будівель птахівничого комплексу [15]. Деякі пристрої і обладнання потребують вдосконалення конструкції. 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 та завдання дослідження

Метою дослідження було підвищення ефективності виробництва компостів із органічної сировини агроєкосистем шляхом розробки і впровадження, науково обґрунтованих комплексних технічних, технологічних рішень і економічних оцінок на основі результатів виробничих випробувань технічних засобів в умовах реального господарства.

4. Виклад основного матеріалу

Дослідження проводились за результатами даних, отриманих при виробничих випробуваннях модернізованого розкидача органічних добрив для процесів компостування і причепного аератора-



змішувача АЗК-2 в умовах господарства – ТОВ «Гетьман» Нікопільського району Дніпропетровської області. Сировина для випробувань – підстилковий послід на основі соняшникового лушпиння. Продукт переробки – компост (високоякісне екологічно безпечне органічне добриво), що пройшов стадії біотермічного процесу. Фізико-хімічні властивості компостів та сумішей визначали стандартним методами згідно з ГОСТ 26712-82, ГОСТ 26718-82. Хімічні аналізи проводили за участю фахівців Дніпропетровської філії Державної установи «Держгрунтоохорона».

В основу технологічних процесів покладено спосіб прискореного біотермічного компостування органічних відходів, що передбачає баланс [5, 10] вихідних складових компостних сумішей за вмістом поживних речовин (відношення С:N) та вологістю, змішування компонентів та розпушування суміші технологічним механізованим комплексом – аерацію. Механізований технологічний комплекс забезпечував змішування компонентів, аерацію суміші за рахунок технологічних переміщень – навантаження, закладання буртів та механічних дій. Кінетика біотермічного процесу оцінювалася шляхом вимірювання температури компостної суміші в поперечному перерізі бурту в 4–5 точках, а також 6–7 точках поздовжнього напрямку за допомогою цифрового термометра з чутливістю $\pm 0,1$ °С.

Підстилковий послід доставляється в господарство з бройлерної птахофабрики за 50 км самоскидними автомобілями типу КАМАЗ після закінчення технологічного циклу одержання м'ясної продукції та виконання санітарно-профілактичних регламентів. Сировина накопичується на майданчиках з ґрунтовим або твердим асфальтним покриттям з максимальною близькістю до місця майбутнього внесення (рис. 1, а). Характеристика умов і процесу компостування (табл. 1) показує, що для раціонального компостування необхідно підвищувати вологість сировини до 50–55 % і технічні засоби повинні забезпечувати процеси. Додаткові компоненти – вода, яка підвищує щільність сировини з 0,33 до 0,42 т/м³. Співвідношення С:N близько до раціональних значень і не потребує додаткового вирівнювання.



а



б



в



г

Рис. 1. Умови проведення досліджень:

а – майданчик для проведення досліджень; б – модернізований розкидач ПРТ-10; в – система внесення води на модернізованому розкидачу ПРТ-10; г – Аератор-змішувач АЗК-2

Об'єкти дослідження – результати випробування модернізованого для технології компостування розкидача органічних добрив ПРТ-10 і аератора-змішувача АЗК-2.



Таблиця 1

Характеристика умов і процесу компостування

Сировина	Підстилковий курячий послід, підстилка – лущиння насіння соняшнику
Об'єм бурту, т	100
Вологість, %	35–36
Щільність, т/м ³	0,33–0,42
Співвідношення С:N	22,9:1
Додатковий інгредієнт	вода
Кількість внесеної води, л /т	до 40
Температурні режими, °С:	
– до внесення води	40–45
– через 1 годину після внесення води	65–75
– після проходження аератора	45

Модернізований розкидач органічних добрив ПРТ-10 (рис. 1, б) для компостування в порівнянні з серійною конструкцією має розширені технічні можливості по формуванню бурту з шириною основи до 3,0 м і висотою до 1,5–1,6 м, що забезпечує відповідну ширину захвату для роботи причіпного аератора-змішувача при обробітці одиничних буртів. В серійного розкидача при висоті бурту 1,5–1,6 м ширина основи – до 4,0–4,5 м (рис. 1, б). Конструкція робочих органів барабанів лопатевого типу передбачає установку лопатей по гвинтовій лінії правого і лівого напрямку на зустріч, формуючі бурт трикутного перерізу. Експериментальні барабани встановлюються на місце серійних (рис. 1, б). Для внесення значної кількості води при зволоженні розкидач обладнується додатковим пристроєм (рис. 1, в). Технічні характеристики обладнання наведені в таблиці 2.

Таблиця 2

Технічна характеристика модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10

Назва показника	Характеристика або значення показника
Тип робочого органу	2-х барабанний, лопатевого типу
Робоча ширина захвату барабану, мм	2000
Тип робочого органу (РО)	Барабанно-лопатевий
Спосіб установки лопатей	По гвинтовій лінії з правого і лівого напрямку на зустріч
Зовнішній діаметр барабану, мм	350
Внутрішній діаметр барабану, мм	180
Крок гвинтової лінії нижнього барабану, мм	350
Крок гвинтової лінії верхнього барабану, мм	250
Частота обертання, хв. ⁻¹	180
Кількість лопатей, од.	60
Товщина лопатей, мм	4
Розмір лопатей, мм	110×70
Система зволоження	Незалежна. Від зовнішнього джерела - спецавтомобіля
Розподільчий пристрій по внесенню води	Отвори в трубі

Аератор-змішувач компостів АЗК-2, призначений для аерації і змішування сировини компонентів із органічних відходів тваринництва і рослинництва з одночасним формуванням бурту висотою до 1,5 м і шириною до 3,0 м. Агрегується з трактором МТЗ-82, обладнаним ходозменшувачем, що забезпечує робочу швидкість 0,2–0,5 км/год. Продуктивність знаряддя в залежності від фізичного стану сировини та вологості становить 300–500 т/год. Робочий орган (рис. 1, г) барабанно-лопатевого типу [16]. Технічна характеристика в таблиці 3.

Виробничі випробування передбачали визначення показників: експлуатаційної і змінної продуктивності, витрати палива для всіх технічних засобів, задіяних в реалізації завдань технологічного і технічного регламентів, складених і вдосконалених по досвіду попередніх періодів [7, 8]. Технічний регламент передбачав попереднє формування буртів з внесенням води. Використовувався модернізований розкидач



органічних добрив ПРТ-10 (табл. 4) з пристроєм для внесення рідини, завантаження якого забезпечував ковшовий навантажувач Т-156. Бурти формувались без технологічних проходів (рис. 2, а) і з технологічними проходами (рис. 2, б). В першому випадку послідоюча операція регламенту – аерація виконувалась модернізованим розкидачем ПРТ-10 з вимогою забезпечення висоти бурту до 1,6–1,8 м. В іншому варіанті формувались однорядні бурти висотою до 1,6 м і шириною не більше 3,0 м для забезпечення роботи аератора-змішувача АЗК-2 (табл. 2, а). Визначення технічних показників проводилось за загальними методиками.

Таблиця 3

Технічна характеристика аератора-змішувача компостів АЗК-2

Назва показника	Характеристика або значення показника
Тип аератора	Причипний, рамна металоконструкція
Переріз робочого вікна	Трапецієподібний
Розміри робочого вікна, мм	3000×1500
Тип робочого органу (РО)	Барабанно-лопатевий
Спосіб установки лопатей	По гвинтовій лінії з правого і лівого напрямку
Зовнішній діаметр барабану, мм	720
Частота обертання, хв. ⁻¹	270
Максимальна окружна швидкість, м/с	До 10
Привід	ВВП трактора + редуктор
Агрегування	Трактор МТЗ-80/82
Робоча швидкість, км/год	0,2–0,5
Габаритні розміри, мм	5600×3100×1620
Маса, кг	2040

Таблиця 4

Техніко-економічні характеристики механізованого процесу попереднього формування буртів

Операції і назви характеристик	Значення показника
Навантаження	Ковшовий навантажувач Т-156
Формування бурта і змішування	Трактор Т-150К + модернізований гноєрозкидач ПРТ-10
Транспортування та внесення води	Спеціалізований автомобіль на базі ГАЗ-53
Внесення води	Додаткове обладнання на ПРТ_10
Параметри буртів, м:	
- висота	1,5–1,8
- ширина	2,5–4,0
- довжина	40–50
Експлуатаційна продуктивність, т/год.:	
- навантажувач	до 30
- гноєрозкидач	до 30
Змінна продуктивність, т/змін	до 250



а



б

Рис. 5. Попереднє формування буртів модернізованим розкидачем ПРТ-10 (а) і аерація бурту аератором-змішувачем АЗК-2 (б)



Таблиця 5

Техніко-економічні характеристики механізованого процесу аерації буртів

Операції і назви характеристик	Значення показника	
	Технологія 1	Технологія 2
Навантаження	Ковшовий навантажувач Т-156	–
Формування бурта і перемішування	Трактор Т-150К + модернізований гноєрозкидач ПРТ-10	Трактор МТЗ_80 + аератор-змішувач АЗК-2
Транспортування та внесення води	Спеціалізований автомобіль на базі ГАЗ-53	Спеціалізований автомобіль на базі ГАЗ-53
Внесення води	Додаткове обладнання на ПРТ-10	Бак ємкістю 1 м ³ , насос, продуктивністю 8л /с, 5 форсунок
Спосіб укладання буртів	Рядовий(суцільний) без технологічних проходів	Рядовий (одинарний) з технологічними проходами
Параметри буртів, м:		
- висота	1,5–1,8	1,5–1,6
- ширина	3,5–4,5	2,5-3,0
- довжина	40–50	40–50
Експлуатаційна продуктивність, т/год:		
- навантажувач	до 30	
- гноєрозкидач	до 31	
- аератор		81
Змінна продуктивність, т/зміна	До 250	650

Основні техніко-економічні показники механізованого процесу приготування суміші підстилкового посліду з додатковим зволоженням для забезпечення оптимальної вологості (табл. 6) показали, що застосовані технічні засоби забезпечують ефективне формування бурта висотою від 1,5 до 1,8 м, шириною 3,5–4,5 м з відхиленням від необхідних параметрів $\pm 0,2$ м. Розподіл вологи та аерація суміші інтенсифікувала біологічні процеси в сировині. Параметри бурту: висота і ширина змінювались переміщенням тракторного агрегату. Експлуатаційна продуктивність навантажувача Т-156К складає близько 30 т/год. Продуктивність машинно-тракторного агрегату Т-150К + ПРТ-10 також біля 30 т/год. В цілому, експлуатаційна продуктивність механізованого комплексу – до 30 т/год, що забезпечує змінну продуктивність до 250 т за зміну. Відносно низька продуктивність механізованого комплексу пояснюється значними організаційними часовими втратами на завантаженні, зміні технічного засобу і його переміщенні. На аерації і зволоженні експлуатаційна продуктивність аератора-змішувача склала 81 т/год. Необхідність постійного поповнення ємності з водою знижує продуктивність технічного засобу.

Таблиця 6

Техніко-економічні характеристики технічних засобів

Продуктивність модернізованого ПРТ-10 при формуванні бурту	т/год.	31
	т/зміна	250
Продуктивність модернізованого ПРТ-10 при внесенні соломи	т/год.	3
	т/зміна	30
Продуктивність модернізованого ПРТ-10 при аерації і зволоженні	т/год.	31
	т/зміна	250
Продуктивність аератора-змішувача АЗК-2 при зволоженні і аерації	т/год.	81
	т/зміна	650
Продуктивність навантажувача Т-156К при завантаженні компосту	т/год.	30
	т/зміна	240
Продуктивність навантажувача Т-156К при укрупненні буртів	т/год.	162
	т/зміна	1300



Продуктивність навантажувача Т-156К при завантаженні соломи	т/год.	3
	т/зміна	29
Витрати палива модернізованого ПРТ-10 при формуванні бурту, аерації і зволоженні	л/т	4
Витрати палива модернізованого ПРТ-10 при внесенні соломи	л/т	4
Витрати палива аератора-змішувача АЗК-2 при зволоженні і аерації	л/т	10
Витрати палива навантажувача Т-156К при завантаженні компосту	л/т	5
Витрати палива навантажувача Т-156К при укрупненні буртів	л/т	9
Витрати палива навантажувача Т-156К при завантаженні соломи	л/т	5
Витрати палива спеціалізованого автомобіля ГАЗ-53 (бензин)	л/т	5
Витрати палива КАМАЗ-5511	л/т/100км	40
Вантажопідйомність КАМАЗ-5511	т	15
Вартість модернізованого розкидача ПРТ-10	грн	240000
Вартість аератора-змішувача АЗК-2	грн	300000
Вартість навантажувача Т-156К	грн	2000000
Вартість трактора МТЗ-82	грн	1000000
Вартість спеціалізованого автомобіля ГАЗ-53	грн	250000
Вартість термозонда	грн	1000
Вартість КАМАЗ-5511	грн	1000000

Узагальнення техніко-економічних показників (табл. 6) з врахуванням технічного регламенту дозволили розробити технологічні карти по двох варіантах використаних технічних засобів, приведені в таблицях 9 і 10.

Використавши методики визначення економічної ефективності [17, 18], вихідні дані з табл. 7 і табл. 8 проведено порівняння двох механізованих технологій. Дані характеристик прийняті по даним визначеним при господарських випробуваннях. Значення вартості засобів і матеріалів по цінам господарства.

Таблиця 7

Вихідні дані по розрахунку економічної ефективності

Назва компонента	Маса, т	Ціна, грн./т	Всього, грн
Сировина - підстилковий послід	3000	500	1500000
Солома	12	800	9600
Вода (м ³)	120	30	3600
Готовий компост	2160		

Таблиця 8

Вихідні дані по розрахунку економічної ефективності

Показник	Значення
Термін ферментації, діб	60
Календарний період ферментації	15.03 – 20.05
Вартість ПММ (середня), грн/л	50
Тарифна ставка, грн./год.	100
Насипна щільність соломи, кг/м ³	50
Насипна щільність посліду, кг/м ³	420



Таблиця 9

Технологічна карта виробництва компостів на базі модернізованого розкидача ПРТ-10

Сило-вий засіб	Техноло-гічний засіб	Прямі річні експлуатаційні витрати, грн.					Питомі експлуатаційні витрати, грн./т				
		Оплата праці	Витрати ПММ	Відрахування на ТО і ремонт	Амортизаційні відрахування	Всього	Оплата праці	Витрати ПММ	Відрахування на ТО і ремонт	Амортизаційні відрахування	Всього
T-156K	-	400,00	1000,0	150,00	200,00	1750,0	0,19	0,46	0,07	0,09	0,81
MTЗ-82	Модернізований ПРТ-10	400,00	800,00	18,00	24,00	1242,0	0,19	0,37	0,01	0,01	0,58
T-156K	-	10000	25000	3750,0	5000,00	43750	4,63	11,57	1,74	2,31	20,25
MTЗ-82	Модернізований ПРТ-10	9677,4	19354	435,48	580,65	30048	4,48	8,96	0,20	0,27	13,91
Спеціалізований автомобіль ГАЗ-53		9677,4	24193	180,01	240,02	34290	4,48	11,20	0,08	0,11	15,88
Термозонди		400,00	0,00	0,75	1,00	401,75	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
T-156K	-	10000	25000	3750,0	5000,00	43750	4,63	11,57	1,74	2,31	20,25
MTЗ-82	Модернізований ПРТ-10	9677,4	19354	435,48	580,65	30048	4,48	8,96	0,20	0,27	13,91
Спеціалізований автомобіль ГАЗ-53		9677,4	24193	180,01	240,02	34290	4,48	11,20	0,08	0,11	15,88
Термозонди		400,00	0,00	0,75	1,00	401,75	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
T-156K	-	10000	25000	3750,0	5000,00	43750	4,63	11,57	1,74	2,31	20,25
MTЗ-82	Модернізований ПРТ-10	9677,4	19354	435,48	580,65	30048	4,48	8,96	0,20	0,27	13,91
Термозонди		400,00	0,00	0,75	1,00	401,75	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
T-156K	-	10000	25000	3750,0	5000,00	43750	4,63	11,57	1,74	2,31	20,25
MTЗ-82	Модернізований ПРТ-10	9677,4	19354	435,48	580,65	30048	4,48	8,96	0,20	0,27	13,91
Термозонди		400,00	0,00	0,75	1,00	401,75	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
T-156K	-	1851,8	8333,3	868,06	925,93	11979	0,86	3,86	0,40	0,43	5,55
Термозонди		400,00	0,00	0,75	1,00	401,75	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Всього		102716	235939	18141	23957	380755	47,55	109,23	8,40	11,09	176,28

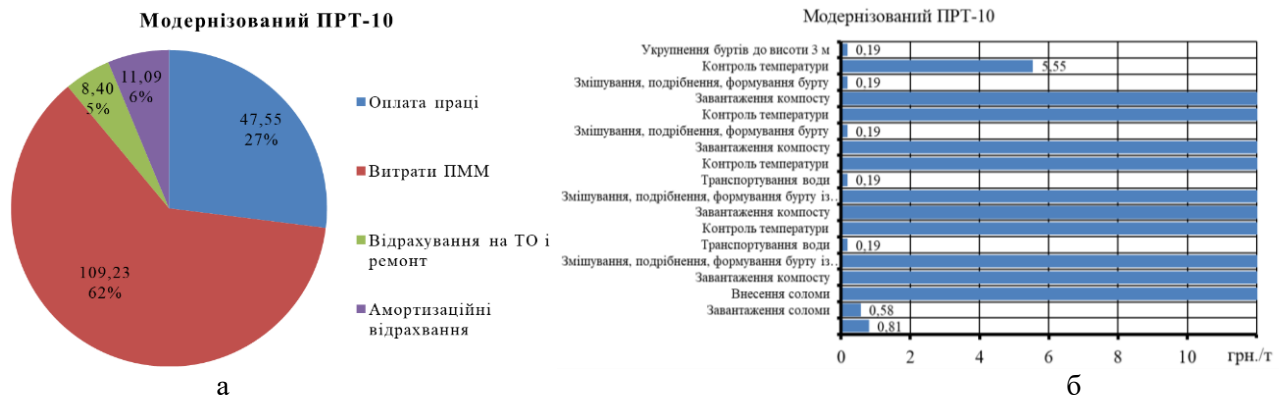
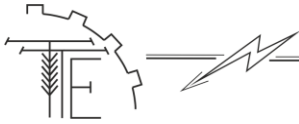


Рис. 6. Структура прямих (а) і питомих (б) експлуатаційних затрат на виробництво компостів модернізованим розкидачем ПРТ-10



Таблиця 10

Технологічна карта виробництва компостів на базі аератора-змішувача АЗК-2

Назва механізованої технологічної операції	Силовий засіб	Технологічний засіб	Прямі річні експлуатаційні витрати, грн.					Питомі експлуатаційні витрати, грн./т				
			Оплата праці	Витрати ПММ	Відрахування на ТО і ремонт	Амортизаційні відрахування	Всього	Оплата праці	Витрати ПММ	Відрахування на ТО і ремонт	Амортизаційні відрахування	Всього
Завантаження соломи	T-156K	-	400,0	1000,00	150,0	200,00	1750,	0,19	0,46	0,07	0,09	0,81
Внесення соломи	MT3-82	Модернізований ПРТ-10	400,0	800,00	18,00	24,00	1242,	0,19	0,37	0,01	0,01	0,58
Завантаження компосту	T-156K	-	10000	25000,0	3750	5000,00	43750	4,63	11,57	1,74	2,31	20,25
Формування бурту	MT3-82	Модернізований ПРТ-10	9677	19354,8	435,4	580,65	30048	4,48	8,96	0,20	0,27	13,91
Контроль температури	Термозонди		400,0	0,00	0,75	1,00	401,7	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Формування бурту із внесенням води	MT3-82	Аератор-змішувач АЗК-2	3703	18518,5	166,6	222,22	22611	1,71	8,57	0,08	0,10	10,47
Транспортування води	Спеціалізований автомобіль ГАЗ-53		3703	9259,26	68,89	91,86	13123	1,71	4,29	0,03	0,04	6,08
Контроль температури	Термозонди		400,0	0,00	0,75	1,00	401,7	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Формування бурту із внесенням води	MT3-82	Аератор-змішувач АЗК-2	3703	18518,5	166,6	222,22	22611	1,71	8,57	0,08	0,10	10,47
Транспортування води	Спеціалізований автомобіль ГАЗ-53		3703	9259,26	68,89	91,86	13123	1,71	4,29	0,03	0,04	6,08
Контроль температури	Термозонди		400,0	0,00	0,75	1,00	401,7	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Формування бурту із внесенням води	MT3-82	Аератор-змішувач АЗК-2	3703	18518,5	166,6	222,22	22611	1,71	8,57	0,08	0,10	10,47
Транспортування води	Спеціалізований автомобіль ГАЗ-53		3703	9259,26	68,89	91,86	13123	1,71	4,29	0,03	0,04	6,08
Контроль температури	Термозонди		400,0	0,00	0,75	1,00	401,7	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Формування бурту із внесенням води	MT3-82	Аератор-змішувач АЗК-2	3703	18518,5	166,67	222,22	22611	1,71	8,57	0,08	0,10	10,47
Транспортування води	Спеціалізований автомобіль ГАЗ-53		3703	9259,26	68,89	91,86	1312	1,71	4,29	0,03	0,04	6,08
Контроль температури	Термозонди		400,0	0,00	0,75	1,00	401,7	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Укрупнення буртів до висоти 3 м	T-156K	-	1851	8333,33	868,06	925,93	11979	0,86	3,86	0,40	0,43	5,55
Контроль температури	Термозонди		400,0	0,00	0,75	1,00	401,7	0,19	0,00	0,00	0,00	0,19
Всього			54358	165599	6168,28	7992,89	234119	25,17	76,67	2,86	3,70	108,39

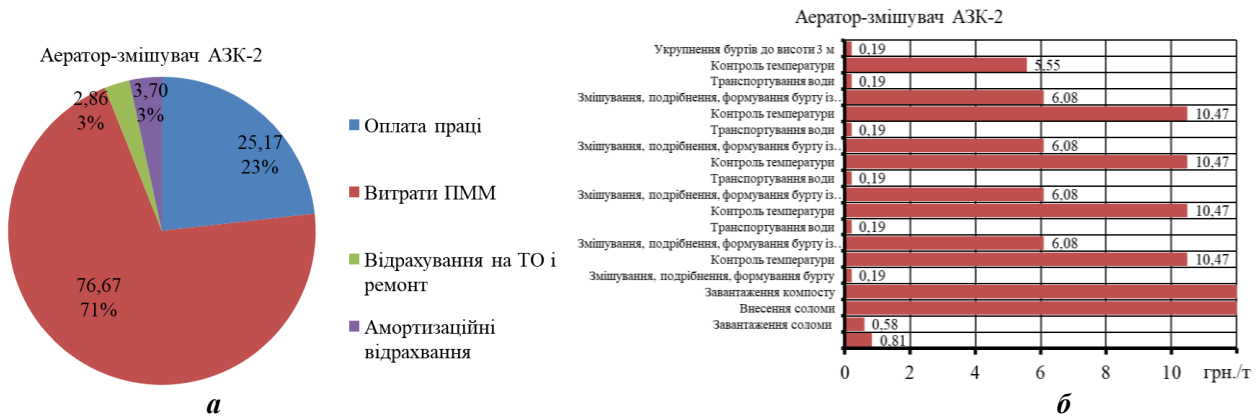


Рис. 7. Структура прямих (а) і питомих (б) експлуатаційних затрат на виробництво компостів аератором-змішувачем АЗК-2

У результаті досліджень раціональних рішень щодо комплектації технічними засобами механізованої технології виробництва компостів розроблені два варіанти технологічних карт. Перший варіант оснований на застосуванні причепного аератора – змішувача АЗК-2, а другий варіант-модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10 у парі із навантажувачем Т-156К. Найбільша різниця в технологічних показниках зазначених варіантах спостерігається в витратах палива – майже 2,5 рази на користь використання причепного аератора-змішувача АЗК-2.

Економічна оцінка розроблених технологічних карт показує, що в варіанті механізованого технологічного комплексу, який базується на технічних засобах із наявних в господарстві і мінімальному доопрацюванні розкидача ПРТ-10 питомі затрати на виробництво компосту складають 176,28 грн/т. Для комплексу по іншому варіанту, де необхідно витратити кошти на модернізацію розкидача ПРТ-10 і закупівлю причепного аератора-змішувача АЗК-2 вартістю біля 300 тис. грн., питомі затрати на виробництво компосту складають 107,58 грн/т.

5. Висновки

Розроблено два варіанта технологічних карт щодо комплектації технічними засобами механізованої технології виробництва компостів. Перший – оснований на застосуванні причіпного аератора-змішувача АЗК-2, а другий варіант – модернізованого розкидача органічних добрив ПРТ-10 у парі із навантажувачем Т-156К. Найбільша різниця в технологічних показниках спостерігається в витратах палива – майже в 2,5 рази на користь використання причіпного аератора-змішувача АЗК-2. Економічна оцінка показує, що питомі затрати на виробництво компосту в цьому випадку складають 107,58 грн./т на відміну від 176,28 грн./т у першому варіанті.

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.
3. Karthika A., Seenivasagan R., Vasanthy M. A Review on Technological Approach for Obtaining Nutrient from Solid Waste. *Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies Organic Pollutants*. 2021. P. 475–502.
4. Alkarimiah R., Suja F. Effects of Technical Factors towards Achieving the Thermophilic Temperature Stage in Composting Process and the Benefits of Closed Rector System Compared to Conventional Method—A Mini Review. *Appl. Ecol. Environ. Res*. 2019. Vol. 17. P. 9979–9996.
5. Ляшенко О. О., Мовсесов Г. Є. Технологія прискореного біотермічного компостування гною з органічним волого-поглинальними відходами АПК : рекомендації. Запоріжжя: ІМТ УААН, 2007. 32 с.
6. Лінник М. К., Сенчук М. М. Технології і технічні засоби виробництва та використання органічних добрив. Київ, 2012. 329 с.
7. Павленко С. І., Ляшенко О. О., Філоненко Ю. А. Експериментальні дослідження процесу біоконверсного компостування пташиного посліду. *Науковий вісник Національного*



університету біоресурсів і природокористування України. Серія: Техніка та енергетика АПК. 2014. № 196 (1). С. 400–409.

8. Павленко С. І. Прискорене компостування підстилкової суміші курячого посліду та лушпиння насіння соняшнику. *Вісник Дніпропетровського аграрно-економічного університету*. 2016. № 2. С. 56–61.
9. 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.
10. Павленко С. І. Зміна хімічного складу гное-компостної суміші посліду в результаті його компостування в натурних буртах. *Вісник Житомирського національного агроекономічного університету*. 2017. № 2 (61, 1). С. 163–169.
11. 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
12. Бондаренко А. М., Качанова Л. С. До питання застосування системного підходу в обґрунтуванні технологій виробництва та використання добрив. *Стан і перспективи розвитку економічних відносин в сучасних умовах господарювання: матеріали II Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції*. 2013. С. 8–11.
13. Качанова Л. С. Автоматизація визначення додаткового доходу сільськогосподарського підприємства під час використання добрив. *Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету (економічні науки)*. 2013. № 2 (22, 6). С. 139–149.
14. Харитонов В. І. Техніко-економічна оцінка використання змішувача-аератора компосту. *Сучасні проблеми вдосконалення технічних систем і технологій у тваринництві: Вісник харківського Національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. 2012. № 120. С. 379–384.
15. Шевченко І. А., Ляшенко О. О., Клименко Д. В., Прокопчук О. І. Комплекс споруд для прискореного біотермічного компостування посліду і відходів від птахівницьких об'єктів ПАТ «Володимир-Волинська птахофабрика». *Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві. Збірник наукових праць ІМТ НААН України*. 2011. № 2 (8). С. 4–15.
16. Павленко С. І., Терещенко Д. В. Особливості експлуатації мобільного аератора-змішувача органічних відходів АЗК-2. *Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві. Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції. Біоенергетичні системи в агропромисловому виробництві*. 2018. С. 26–30.
17. Методика комплексної оцінки техніки і технологій для тваринництва. КНДУ 46.16.19–95. Введена вперше. Дата введення 01 жовтня 2003 р. Мінагрополітики України. 2003. 22 с.
18. Методика комплексної оцінки техніки і технологій для тваринництва. КНДУ 46.16.19-2003. Дата введення 01 жовтня 2003 р. Мінагрополітики України. 2007. 22 с.

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*. 338. [in English].
- [3] Karthika, A., Seenivasagan, R., Vasanthy, M. A (2021). Review on Technological Approach for Obtaining Nutrient from Solid Waste. *Emerging Contaminants and Associated Treatment Technologies Organic Pollutants*, 475–502. [in English].
- [4] Alkarimiah, R., Suja, F. (2019). Effects of Technical Factors towards Achieving the Thermophilic Temperature Stage in Composting Process and the Benefits of Closed Rector System Compared to Conventional Method—A Mini Review. *Appl. Ecol. Environ. Res.*, 17, 9979–9996. [in English].
- [5] Lyashenko, O.O., Movsesov, G.E. (2007). *Tekhnolohiya pryskorenoho biotermichnoho kompostuvannya hnouy z orhanichnym voloho-pohlynal'nymy vidkhodamy APK [Technology of accelerated biothermal composting of manure with organic moisture-absorbing waste of the agro-industrial complex]*. Zaporizhzhia: IMT UAAN. [in Ukrainian].



- [6] Linnyk, M. K., Senchuk, M. M. (2012). *Tekhnolohiyi i tekhnichni zasoby vyrobnytstva ta vykorystannya orhanichnykh dobryv [Technologies and technical means of production and use of organic fertilizers]*. Kyiv. [in Ukrainian].
- [7] Pavlenko, S. I., Lyashenko, O. O., Filonenko, Yu. A. (2014). Eksperymental'ni doslidzhennya protsesu biokonversnoho kompostuvannya ptashynoho poslidu [Experimental studies of the process of bioconverse composting of bird droppings]. *Scientific Bulletin of the National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine. Series: Technics and Power Engineering of the Agro-Industrial Complex, 196 (1)*, 400–409. [in Ukrainian].
- [8] Pavlenko, S. I. (2016). Pryskorene kompostuvannya pidstylkovoyi sumishi kuryachoho poslidu ta lushpynnya nasynnya sonyashnyku [Accelerated composting of the litter mixture of chicken manure and sunflower seed husks]. *Bulletin of the Dnepropetrovsk Agrarian and Economic University, 2*, 56–61. [in Ukrainian].
- [9] Linnick, M. K., Ruban, B. O. (2011). Shlyakhy vdoskonalennya tekhnolohiy ta tekhnichnykh zasobiv pererobky orhanichnykh vidkhodiv tvarynnytstva ta ptakhivnytstva v orhanichni dobryva [Ways to improve technologies and technical means of processing organic waste from livestock and poultry farming into organic fertilizers]. *Proceedings of the Tavria State Agrotechnological University, 11 (5)*, 10–16. [in Ukrainian].
- [10] Pavlenko, S. I. (2017). Zmina khimichnoho skladu hnoye-kompostnoyi sumishi poslidu v rezul'tati yoho kompostuvannya v naturnykh burtakh [Change in the chemical composition of the manure-compost mixture of manure as a result of its composting in full-scale piles]. *Bulletin of Zhytomyr National Agro-economic University, 2 (61, 1)*, 163–169. [in Ukrainian].
- [11] Aliiev, E., Pavlenko, S., Aliieva, O., Morhun, O. (2021). Accelerated biothermal composting of manure-compost mixture. *Agraarteacus, Journal of Agricultural Science, XXXII (2)*, 169–181. DOI: 10.15159/jas.21.30. [in English].
- [12] Bondarenko, A.M., Kachanova, L.S. (2013). K voprosu primeneniya sistemnogo podkhoda v obosnovanii tekhnolohiyi proizvodstva i ispol'zovaniya udobreniy [On the issue of application of the system approach in the substantiation of production and fertilizer technologies]. *Simferopol: DIAPI*, 8–11. [in Ukrainian].
- [13] Kachanova, L.S. (2013). Avtomatizatsiya opredeleniya dopolnitelnogo dokhoda sel'skokhozyaystvennogo predpriyatiya pri ispol'zovanii udobreniy [Automation of determination of additional income of agricultural enterprise when using fertilizers]. *Collection of scientific works of the Tavria State Agrotechnological University (economic sciences). Melitopol: Melitopol Publishing House "Lux", 2 (22, 6)*, 139–149. [in Ukrainian].
- [14] Kharitonov, V.I. (2012). Tekhniko-ekonomichna otsinka vykorystannya zmishuvacha-aeratora kompostu [Technical and economic assessment of the use of a compost mixer-aerator]. *Modern problems of improving technical systems and technologies in animal husbandry: Bulletin of the Kharkiv National Technical University of Agriculture named after Petro Vasylenko, 120*, 379–384. [in Ukrainian].
- [15] Shevchenko, I.A., Lyashenko, O.O., Klymenko, D.V., Prokopchuk, O.I. (2011). Kompleks sporud dlya pryskorenoho biotermichnoho kompostuvannya poslidu i vidkhodiv vid ptakhivnyts'kykh ob'yektiv PAT «Volodymyr-Volyns'ka ptakhofabryka» [Complex of structures for accelerated biothermal composting of manure and waste from poultry facilities of PJSC "Volodymyr-Volynska Poultry Farm"]. *Mechanization, ecologization and conversion of bioraw materials in animal husbandry. Collection of scientific works of IMT NAAS of Ukraine, 2 (8)*, 4–15. [in Ukrainian].
- [16] Pavlenko, S.I., Tereshchenko, D.V. (2018). Osoblyvosti ekspluatatsiyi mobil'noho aeratora-zmishuvacha orhanichnykh vidkhodiv AZK-2 [Peculiarities of operation of mobile aerator-mixer of organic waste AZK-2]. *Bioenergy Systems in Agro-Industrial Production. Proceedings of the II International Scientific and Practical Conference. Bioenergy systems in agro-industrial production, 26–30*. [in Ukrainian].
- [17] Metodyka kompleksnoyi otsinky tekhniki i tekhnolohiy dlya tvarynnytstva [Methods of comprehensive assessment of equipment and technologies for animal husbandry]. (2003). KNDU 46.16.19–95. Introduced for the first time. Ministry of Agropolityky Ukrainy. 22 p. [in Ukrainian].
- [18] Metodyka kompleksnoyi otsinky tekhniki i tekhnolohiy dlya tvarynnytstva [Methodology of complex assessment of technology and technologies for creativity]. (2007). KNDU 46.16.19 2003. Ministry of Agropolityky Ukrainy, 2007. 22 p. [in Ukrainian]

**TECHNICAL AND ECONOMIC EVALUATION OF THE PRODUCTION OF COMPOSTS FROM LITTER MANURE IN THE CONDITIONS OF THE FARM**

The purpose of the study was to increase the efficiency of compost production from organic raw materials of agroecosystems through the development and implementation of scientifically based complex technical, technological solutions and economic assessments based on the results of production tests of technical means in real farming. The results of production tests of mechanized technology for processing litter chicken manure based on sunflower seed husks into high-quality environmentally friendly organic fertilizers-composts are considered. The research was carried out in the conditions of the farm with the provision of effective preparation of the mixture by mechanical complexes of machines and intensive aeration. Mechanized technology using the modernized PRT-10 is recommended for small farms with a compost preparation volume of up to 2-3 thousand tons per year and provides highly effective fertilizers for 45–60 days. The use of the AZK-2 aerator-mixer on raw materials with a density of more than 600 kg/m³ is necessary with aggregation with an MTZ-80 tractor equipped with a crawler, providing a working speed of 0.2 m/s. The capacity of the mixing aerator is 300-500 t/h. Two variants of technological maps have been developed for completing mechanized compost production technology with technical means. The first one is based on the use of the AZK-2 trailed aerator-mixer, and the second option is the modernized PRT-10 organic fertilizer spreader paired with the T-156K loader. The largest difference in technological indicators is observed in fuel consumption – almost 2.5 times in favor of using the trailed aerator-mixer AZK-2. The economic assessment of the planned processing of raw materials at 3000 tons shows that the unit costs for the production of compost in this case are 107.58 UAH/t as opposed to 176.28 UAH/t in the first version.

Key words: chicken manure, compost mixture, pile, aerator, organic fertilizer spreader, chemical composition of fertilizers, parameters, mixing quality, cost of work.

Fig. 7. Table. 10. Ref. 18.

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>).