

**Павленко С.І.**

Національного університету  
біоресурсів і природокористування  
України,  
м. Київ, Україна  
E-mail: si.pavlenko17@gmail.com

**РОЗРОБКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЇ  
УСТАНОВКИ ДЛЯ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНІЧНИХ  
ЗАСОБІВ МЕХАНІЗОВАНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
ПРОЦЕСІВ КОМПОСТУВАННЯ ОРГАНІЧНИХ  
ВІДХОДІВ**

УДК 631.894:879.4

*Механізоване компостування органічних відходів включає різноманітні механічні процеси, змішування, подрібнення сировини, її перелопачування для забезпечення біологічних процесів. Розробка конструкції універсальної установки для дослідження механічних процесів при компостуванні слугує для вирішення даної проблеми. Мета роботи - розробка установки, що відповідає вимогам технологічних регламентів механізованого приготування компостів з широкими технічними можливостями для дослідження конструктивно-режимних параметрів. Універсальність експериментальної установки передбачає дослідження різних за конструкцією бітерів і робочих органів роторно-фрезерного типу, що мають різні організаційні способи і переміщення сировини і забезпечує роботу швидкість від 0,05 м/с до 0,5 м/с. Для забезпечення технічних вимог елементи конструкції рами: боковини, дах виконані роз'ємними і з'єднуються стягуючими шпильками. Висота і ширина змінюється в межах 1 м. робочі органи – бітери (барабани) мають відповідну ширину захвату 2,0 і 2,5 м і діаметри від 350 мм до 550 (600 мм). Бітери можуть установлюватись в одновальному або двухвальному варіантах зі зміною вильоту відносно осі нижнього барабану на  $\pm 300$  мм. Крок гвинтової лінії - змінний від 250 до 350 мм. Привід робочих органів від електродвигуна, потужністю 5 кВт з двухступінчатим ланцюговим редуктором. Передбачено установку електроприводу на 10 і 20 кВт. Частота обертання органу змінюється за допомогою змінних зірочок від 140 до 700  $\text{хв}^{-1}$ . Конструкція установки дозволяє вивчати вплив конструктивно-режимних параметрів на форму надбітерного простору: полусфера, трапеційдальна, трикутнікова. Технологічно установка дозволяє налаштовуватись та моделювати складні багатокомпонентні суміші і відпрацьовувати параметри в широкому діапазоні техніко-економічних показників і фізико-механічних властивостей. В результаті розроблена експериментальна установка для дослідження технічних засобів механізованих технологічних процесів компостування органічних відходів, яка дозволяє обґрунтувати режим роботи робочих органів і вибирати раціональні параметри при розробці технологічно-регламентно-складних багатокомпонентних сумішей з необхідними якісними показниками.*

**Ключові слова:** експериментальна установка, компостування, органічні відходи, універсальна, дослідження

**Постановка проблеми.** Механізоване компостування органічних відходів включає різноманітні механічні процеси, змішування, подрібнення сировини, її перелопачування для забезпечення біологічних процесів. В сільськогосподарському машинобудуванні накопичений значний досвід в розробці технічних засобів, що виконують аналогічні процеси. Але специфіка сировини підстилкового гною тварин і птахів, широкий діапазон фізико-механічних властивостей, що змінюється від складу компонентів і вологості, одержання необхідних техніко-економічних показників, що задовольняють і доступні для господарських умов, створюють окремі, індивідуальні напрямки в розвитку технічних засобів. Розробка конструкції універсальної установки для дослідження механічних процесів при компостуванні слугує для вирішення проблем.

**Аналіз останніх публікацій.** Серед робочих органів, що найбільш розповсюджені в технічних засобах приготування і переробки сировини в компостуванні, слід виділити роторно-фрезерні [1-5]. Аналоги конструкцій устанавлюються на мобільних кормороздавачах і розкидачах органічних добрив, стаціонарних живильниках, технологічного обладнання кормоцехів, тощо.

Використання в механізованих технологіях компостування згідно рекомендаціям [5-8] можливо, але потребують доопрацювання робочі органи. Розробка положень і рекомендацій до раціонального їх завантаження і експлуатації, подальший розвиток конструкції роторно-фрезерних робочих органів для компостування спостерігаємо в роботах Шевченко І.А., Харитонова В.І., Ковязіна О.С. [1-3]. В роботах теоретично і практично розглядаються і обґрунтовуються геометричні і кінематичні параметри роботи конструкції аератора-змішувача. Результати випробувань показують високу робоздатність пристрою, але недостатньо розроблена і перевірена математична модель роботи на різних кінематичних характеристиках. Потребує додаткових досліджень вплив фізико-механічних властивостей різної за складом і вологістю сировини на конструктивні параметри і кінематичні режими, не проведені узагальнення виконання окремих технологічних операцій: змішування, подрібнення, перелопачування, внесення додаткових компонентів суміші, вплив механічних операцій на технологічні процеси компостування. Тому розробка експериментальної устанавки для механічних процесів в компостування суттєво розширює можливості в дослідженні процесів.

**Мета роботи.** Розробити устанавку, що відповідає вимогам технологічних регламентів механізованого приготування компостів з широкими технічними можливостями для дослідження конструктивно-режимних параметрів.

**Результати дослідження і їх аналіз.** Узагальнюючи аналіз публікацій можливо зробити висновок про ідентичність робочих органів роторно-фрезерного типу, що розповсюджені в процесах механізованого компостування [1-4]. Різниця між конструкціями: в способах доставки сировини до робочого органу і кінематичному режиму роботи. Організація енергозабезпечення і приводу робочих органів має вплив на результати технічно-економічних показників технологічного процесу механічної обробки.

Спосіб доставки сировини на обробку до робочого органу можливо розділити на два типи: стаціонарно устанавлені робочі органи, на які подається перероблюваний продукт або мобільне переміщення робочого органу. Перший варіант – розкидачі органічних добрив і їх аналоги, а другий – аератори-змішувачі, що агрегуються з енергозасобами – з тракторними, самохідними, устанавками з електроприводом, на канатній тязі. Вибір способу організації роботи визначається кінематичним режимом переміщення робочого органу, геометричними параметрами конструкції робочих елементів барабана, кроком гвинтової лінії, частоти обертання барабану, фізичними властивостями сировини. Робочі швидкості виконання процесів знаходяться від 0,001 до 0,3 м/с [4, 8]. Змоделювати умови діючими енергозасобами: тракторами, самохідними устанавками без зміни в трансмісії неможливо. Для роботи на малих швидкостях трактор МТЗ-80 обладнюється ходозменшувачем, але часто таких змін недостатньо. Тому універсальність експериментальної устанавки передбачає дослідження різних за конструкцією бітерів і робочих органів роторно-фрезерного типу, що мають обидва вищеназваних організаційних способи переміщення сировини і забезпечує робочу швидкість від 0,05 м/с до 0,5 м/с.

Конструкція устанавки (рисунок 1, таблиця 1) складається з двох роз'ємних зварних бокових рам, розміром 1 x 1 м, між якими закріплена конструкція даху. З'єднання роз'ємне на стяжних шпильках.



Рис. 1 – Загальний вигляд експериментальної установки для дослідження технічних засобів механізованих технологічних процесів компостування органічних відходів

Роторно-фрезерні барабани встановлюються в нижній частині в підшипникових вузлах. Діаметр базового розміру - 350 мм, що однаковий з параметрами барабанів подрібнюючого і розкидаючого, що встановлюються на розкидачу органічних добрив ПРТ – 10 (рисунок 1, а).

Принципова різниця від серійної конструкції в виконанні гвинтової навивки - висотою 50 мм, що направлена до центру осі симетрії барабану. Крок витків становить 350 мм і 250 мм. По гвинтовій лінії шнеку в межах одного витка рівномірно розподілені 8 робочих елементів, що різьбовими з'єднаннями прикріплені до гвинтової направляючої. Таким чином, відстань між слідами робочих елементів складає 43 або 31 мм. Висота між положеннями барабанів складає 400 мм, а зміщення вперед або назад від осі нижнього барабану  $\pm 300$  мм. Привід робочих органів виконується від електродвигуна, потужністю до 5 кВт з ланцюговим двухступінчатим редуктором. Зміна частоти обертання виконана за рахунок зміни приводних зірочок в межах 140-700 хв.

Конструкція має наземне базування (рисунок 1, б), а також встановлюється на місце установки бітерів ПРТ -10 (7) рисунок 1 а. Таке розташування дозволяє використовувати бітери при різних організаційних умовах господарювання і вибирати швидкісний режим переміщення робочих органів і різні подачі сировини на переробку. Положення установки при різних висотах дозволяє в широкому діапазоні вивчати розподіл і подрібнення часток, а також їх змішування. Таким чином, дозволяє порівнювати різні способи і інтенсивності дії на сировину. Висота і ширина конструкції – змінна: від 2 до 2,5 м. з можливістю розширення до 3 м. за рахунок додаткових з'ємних проставок. Можливо комбінації робочих органів різних по ширині, висоті установки, діаметру робочих органів.

Комбінація розташування і положення бітерів дозволяє ідентифікувати різні господарські умови:

- Переробку підстилкового гною: окремої скирди, бурту, складену вручну. При цьому установка встановлюється на окремі роліки-колішата, що розташовуються на направляючих. Тягова станція періодично підтягує установку до сировини зі швидкістю, що відповідає раціональному завантаженню бітерів, які при своєму обертанні формують бурт відповідної висоти і ширини. Швидкість переміщення від 5 до 300 м/год;

**Технічна характеристика експериментальної установки для дослідження технічних засобів**

Показники	Значення параметру	Примітки
<b>Базові параметри:</b>		
- висота, м	1,0 ÷ 1,5	Можливо до 2,0 м
- ширина, м	2,0 ÷ 2,5	Можливо до 3,0 м
Потужність електродвигуна приводу робочих органів, кВт	5,0	Можливо 10, 20, 30 кВт
Частота обертання роторів, с <sup>-1</sup>	140-700	
<b>Організація подачі сировини</b>		
<b>1 варіант</b>		
Тип організації подачі сировини на обробку (аераторний)	Переміщення робочого органу на тросовій тязі	
Тип редуктора	Ланцюговий, черв'ячний	
Швидкість переміщення (робочий хід) м/год	5-300	
Потужність електродвигуна приводу, кВт	1,5	
<b>2 варіант</b>		
Тип організації подачі сировини (тип розкидача)	Мобільна подача сировини на робочий орган	
Привід ланцюгового транспортера подачі сировини	ВОМ трактора МТЗ-80	
Робочі швидкості, м/год	100-1000	
<b>Характеристика робочих органів:</b>		
<b>Двухбарабанний варіант</b>		
- діаметр нижнього барабану, мм	350	
- ширина, мм	2000	
- крок гвинтової лінії, мм	350	
- діаметр верхнього барабану, м	350	
- крок гвинтової лінії, мм	250	
- міжцентрова відстань між барабанами, мм	400	
- горизонтальне зміщення осі верхнього по відношенню до нижнього	± 300	
<b>Однобарабанний варіант:</b>		
- діаметр барабану, мм	550	Можливо до 600
- ширина барабану, мм	250	
- кількість експериментальних барабанів, од	2	
Вага установки, кг	540	

- Формування бурту при переміщенні попередньо завантаженої органічної сировини в розкидач органічних добрив, що агрегується з трактором МТЗ-80. Причому сировина переміщується до заднього борту за допомогою ланцюгового транспортеру,

розташованого в причепі, до зон дії робочих бітерів. Бітери забезпечують різноярусну обробку та ефективність змішування. При необхідності якість подрібнення, змішування управляється зміною конструктивно-режимних параметрів в широкому діапазоні. Агрегат періодично переїжджає при досягненні необхідної висоти бурту, а також контролює навантаження при різних подачах. Режим відповідає роботі в тунелях, сховищах, відкритих майданчиках з незначними об'ємами органічних відходів.

Основні фактори, які прийняті для дослідження, що впливають на технічно-економічні показники: частота обертання бітерів, їх взаємне розташування, швидкість переміщення установки для раціонального вибору кінетичного режиму роботи, кількості робочих сегментів, крок розташування робочих елементів.

Конструкція установки дозволяє вивчати вплив конструктивно-режимних параметрів на форму надбітерного простору: полусфера, трапаціїдальна, трикутнікова, але потребує подальшого дослідження.

**Висновки.** Розроблена експериментальна установка для дослідження технічних засобів механізованих технологічних процесів компостування органічних відходів, яка дозволяє обґрунтувати режим роботи робочих органів і вибирати раціональні параметри при розробці технологічного регламентно-складних багатокomпонентних сумішей з необхідними якісними показниками.

#### Література:

1. Шевченко, І.А. Механіко–математична модель процесу розвантаження барабанного органу для змішування компостних матеріалів та механічної аерації / І.А. Шевченко, О.С. Ковязін, В.І. Харитонов // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві. Зб. наук. праць інституту механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН. – 2010. – Вип.1. (5,6). – с. 248–265.
2. 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 // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва НААН України. – Вип. 2 (8). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011 – с. 80–88
3. Шевченко І.А. Комплекс споруд для прискореного біотермічного компостування посліду і відходів від птахівницьких об'єктів ПАТ «Володимир–Волинська птахофабрика» / І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко, Д.В. Клименко, О.І. Прокопчук // Збірник наукових праць Інституту механізації тваринництва НААН України. – Вип. 2 (8). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011 – с. 4–15.
4. Павленко С.І. Новітні технічні засоби переробки органічних відходів / С.І. Павленко, О.О. Ляшенко, А.А. Поволоцький, Ю.А. Філоненко – Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». – Харків, 2013. – Вип. №132. – с. 193–200.
5. Павленко С.І. Обґрунтування технологічної схеми процесу компостування органічних відходів на відкритих майданчиках. – Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка «Технічні системи і технології тваринництва». – Харків, 2015. – Вип. №157. – С. 197–201.
6. ВНТП–АПК–09.06. Відомчі норми технологічного проектування. Системи видалення, обробки та використання гною (видання офіційне). – К.: Мінагрополітики України. 2006, – 89 с.
7. Технологія прискореного біотермічного компостування гною з органічними вологопоглинальними відходами АПК: Рекомендації // Ляшенко О.О., Мовсесов Г.Є. / Інститут механізації тваринництва УААН. – Запоріжжя: ІМТ УААН, 2007. – 32 с.
8. Павленко С.І. Аналіз і обґрунтування технічних процесів компостування сільськогосподарських органічних відходів тваринного походження / С.І. Павленко, О.О. Ля-

шенко, Д.М. Лисенко, В.І. Харитонов // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки. Вінниця: Видавництво ВНАУ, 2011. – Вип. 9 – с. 94–104.

### Summary

**Pavlenko S.I.** Development of experimental installation for research of technical means of mechanized technological processes of composition of organic waste

*Mechanized composting of organic waste involves a variety of mechanical processes, mixing, crushing of raw materials, and its refining for biological processes. The development of the design of a universal installation for the study of mechanical processes during composting serves to solve this problem. The purpose of the work is to develop a plant that meets the requirements of the technological regulations for the mechanized preparation of compost with a wide technical capability for the study of constructive-mode parameters. The versatility of the experimental installation involves the study of various design of the beaters and working bodies of the rotary-milling type, having both of the above-mentioned organizational methods, moving the raw material and providing a working speed from 0.05 m / s to 0.5 m / s. To provide technical requirements, the elements of the frame design: sidewalls, roofs are made of slippery and joined with pulling pins. The height and width vary within 1 m. The working bodies - bits (drums) have an appropriate width of capture of 2.0 and 2.5 m and diameters from 350 mm to 550 (600 mm). The beaters can be installed in single or double versions with a change of departure relative to the axis by  $\pm 300$  mm. The step of the screw line varies from 250 to 350 mm. The drive of the working bodies from an electric motor, 5 kW power with a two-stage chain drive. It is planned to install an electric drive of 10 and 20 kW. The frequency of rotation of the body varies with variable stars from 140 to 700 min<sup>-1</sup>. The design of the installation allows us to study the influence of the structural-mode parameters on the form of the extra-space space: the semicircle, trapezoidal, triangle. Technologically, this installation allows you to customize and simulate complex multicomponent mixtures and process parameters in a wide range of technical and economic indicators and physical and mechanical properties. As a result, an experimental installation for the study of technical means of mechanized technological processes of composting of organic waste has been developed, which allows to substantiate the operating mode of the working bodies and to select rational parameters in the development of technological regulation-complex multicomponent mixtures with the necessary qualitative indicators.*

**Keywords:** experimental installation, composting, organic waste, universal, research

### References

1. Shevchenko, I.A. Mehaniko–matematychna model' procesu rozvantazhennja barabannogo organu dlja zmishuvannja kompostnyh materialiv ta mehanichnoi' aeracii' / I.A. Shevchenko, O.S. Kovjazin, V.I. Harytonov // Mehanizacija, ekologizacija ta konvertacija biosyrovyny u tvarynnyctvi. Zb. nauk. prac' instytutu mehanizacii' tvarynnyctva UAAN. – Zaporizhzhja: IMT UAAN. – 2010. – Vyp.1. (5,6). – s. 248–265.
2. Shevchenko I.A. Rezultaty eksperymental'nyh doslidzhen' zmishuvacha–aeratora kompostiv / I.A. Shevchenko, V.I. Harytonov, E.V. Alijev // Mehanizacija, ekologizacija ta konvertacija biosyrovyny u tvarynnyctvi // Zbirnyk naukovykh prac' Instytutu mehanizacii' tvarynnyctva NAAN Ukrainy. – Vyp. 2 (8). – Zaporizhzhja: IMT NAAN, 2011 – s. 80–88
3. Shevchenko I.A. Kompleks sporud dlja pryskorenogo biotermichnogo kompostuvannja poslidu i vidhodiv vid ptahivnyc'kyh ob'ektiv PAT «Volodymyr–Volyns'ka ptahofabryka» / I.A. Shevchenko, O.O. Ljashenko, D.V. Klymenko, O.I. Prokopchuk // Zbirnyk

- naukovykh prac' Instytutu mehanizacii' tvarynnyctva NAAN Ukrai'ny. – Vyp. 2 (8). – Zaporizhzhja: IMT NAAN, 2011 – s. 4–15.
4. Pavlenko S.I. Novitni tehnicni zasoby pererobky organichnyh vidhodiv / S.I. Pavlenko, O.O. Ljashenko, A.A. Povoloc'kyj, Ju.A. Filonenko – Visnyk HNTUSG im. P. Vasylenka «Tehnicni systemy i tehnologii' tvarynnyctva». – Harkiv, 2013. – Vyp. №132. – s. 193–200.
  5. Pavlenko S.I. Obg'runtuvannja tehnologichnoi' shemy procesu kompostuvannja organichnyh vidhodiv na vidkrytyh majdanchykah. – Visnyk HNTUSG im. P. Vasylenka «Tehnicni systemy i tehnologii' tvarynnyctva». – Harkiv, 2015. – Vyp. №157. – s. 197–201.
  6. VNTP–APK–09.06. Vidomchi normy tehnologichnogo proektuvannja. Systemy vydalennja, obrobky ta vykorystannja gnoju (vydannja oficijne). – K.: Minagropolityky Ukrai'ny. 2006, – 89 s.
  7. Tehnologija pryskorenogo biotermichnogo kompostuvannja gnoju z organichnymy vologo poglynal'nymy vidhodamy APK: Rekomendacii' // Ljashenko O.O., Movsesov G.Je. / Instytut mehanizacii' tvarynnyctva UAAN. – Zaporizhzhja: IMT UAAN, 2007. – 32 s.
  8. Pavlenko S.I. Analiz i obg'runtuvannja tehnicnyh procesiv kompostuvannja sil's'kogospodars'kyh organichnyh vidhodiv tvarynnogo pohodzhennja / S.I. Pavlenko, O.O. Ljashenko, D.M. Lysenko, V.I. Harytonov // Zbirnyk naukovykh prac' Vinnyc'kogo nacional'nogo agrarnogo universytetu. Serija: Tehnicni nauky. Vinnycja: Vydavnyctvo VNAU, 2011. – Vyp. 9 – s. 94–104.