

**Ivan Pavlenko, Prof., DSc., Volodymyr Kropivny, Prof., PhD tech.sci., Maksym Godunko, Assis. Prof., PhD tech. sci., Maryna Storozhuk, Eng.**

*Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitsky, Ukraine*

### **Productivity of two-machine robotic complexes**

An aim of this research is development of methodology for choosing an appropriate structure of two-machine robot-technological complex (RTC), which will increase the productivity of work. The solution of this task will lead to enhancement of economic and technical indicators in manufacture.

The analysis of the performance of a two-machine robotic complex begins with the development of the calculation and compilation scheme of the RTC and the determination of coordinates of positions of transported parts in the cycle of the irprocessing on machine tools and auxiliary devices relative to the coordinate system of the industrial robot. The amount of necessary displacement of the parts of the robot and the time of execution of the displacements are been determined in accordance with the characteristics of the selecte dwork ("Brig-10", for example) from this scheme. The cyclograms of RTC are been created after this.

This technique allows to analyze the working cycle of RTC, the required robot movements, their time and consistency. It gives an opportunity to evaluate the quality of the adopted robotic version and to identify possible directions for its improvement in order to increase the efficiency of RTC operation.

**industrial robots, robotic technological complexes (RTCs), productivity, cyclogram of RTC's work**

Одержано 22.11.17

**УДК 631.333.92:879.4**

**С.І. Павленко, доц., канд. техн. наук, ст. наук. співр.**

*Національний університет біоресурсів і природокористування, м.Київ, Україна*

*E-mail: si.pavlenko17@gmail.com*

## **Результати експериментальних досліджень біотермічних процесів компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику в натурних буртах**

Втрати поживних біогенних речовин підстилкового посліду пов'язані з фізико-хімічними і мікробіологічними процесами, які відбуваються безпосередньо після виділення екскрементів тваринами, а також під час накопичення, зберігання і перероблення. Під впливом механізованих втручань та біоконверсних перетворень відбуваються зміни в масовому балансі біогенних компонентів тваринницьких відходів та в біоенергетичному потенціалі. Мета – дослідження технологічних процесів прискореного біотермічного компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику технічними засобами механізованого компостування. Методи і прийоми досліджень: метод натурних спостережень, методи планування експерименту, методики тепловізерних і пірометричних спостережень, електротехнічні прийоми визначення динаміки зміни температури. Динаміка температур у буртах досліджувалася з використанням персонального комп'ютера до якого підключався електронний термометр ТМ-32/Н-5Т із системою температурних зондів на основі датчиків температури DS18B20. Температурне поле поверхні або розрізу буртів визначалося з використанням тепловізора Testo-875, який дозволяє проводити аналіз температурних полів із абсолютною похибкою вимірювання 0,01 °С. В результаті дослідження отримана динаміка зміни температури в кожній точці натурального бурта згідно розробленої методики.

**послід, компост, бургт, температура, біотермічний процес**

© С.І. Павленко, 2017

**С.И. Павленко, доц., канд. техн. наук, ст. научн. сотр.**

*Национальный университет биоресурсов и природопользования, г. Киев, Украина*

### **Результаты экспериментальных исследований биотермического процесса компостирования подстилочного помета на основе лузги подсолнечника в натуральных буртах**

Потери питательных биогенных веществ подстилочного помета связанные с физико-химическим и микробиологическим процессами, которые происходят непосредственно после выделения экскрементов животных, а также во время накопления, хранения и переработки. Под влиянием механизированных вмешательств и биоконверсных преобразований происходят изменения в массовом балансе биогенных компонентов животноводческих отходов и в биоэнергетическом потенциале. Цель - исследование технологических процессов ускоренного биотермического компостирования подстилочного помета на основе шелухи подсолнечника техническими средствами механизированного компостирования. Методы и приемы исследований: метод натуральных наблюдений, методы планирования эксперимента, методики тепловизерных и пирометрических наблюдений, электротехнические приемы определения динамики изменения температуры. Динамика температур в буртах исследовалась с использованием персонального компьютера к которому подключался электронный термометр ТМ-32 / Н-5Т с системой температурных зондов на основе датчиков температуры DS18B20. Температурное поле поверхности или разреза буртов определялось с использованием тепловизора Testo-875, который позволяет проводить анализ температурных полей с абсолютной погрешностью измерения 0,01 ° С. В результате исследования получена динамика изменения температуры в каждой точке натурального бурта согласно разработанной методики.

**помет, компост, бурт, температура, биотермического процесс**

**Постановка проблеми.** Управління процесами переробки органічних відходів в часі і просторі – одна із основних задач механізованих процесів компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику. Технічні засоби, що використовуються для забезпечення фізичних, хімічних та агротехнологічних вимог повинні мати відповідні техніко-економічні показники і регламенти по застосуванню [1-2]. Дані дослідження направлені на подальший розвиток результативності і ефективності процесів.

Втрати поживних біогенних речовин підстилкового посліду пов'язані з фізико-хімічними і мікробіологічними процесами, які відбуваються безпосередньо після виділення екскрементів тваринами, а також під час накопичення, зберігання і перероблення. Під впливом механізованих втручань та біоконверсних перетворень відбуваються зміни в масовому балансі біогенних компонентів тваринницьких відходів та в біоенергетичному потенціалі, які з однієї сторони, хоч і приховано, свідчать про рівень експлуатаційних затрат на переробку, а з іншої – на якісні показники отриманого продукту (органічне добриво, компост, біогаз) [3-5].

На початку 2000-х років процеси прискореного компостування розглядались при використанні в окремих напрямках, наприклад, у виробництві їстівних грибів [3]. Розробка технологічних процесів проводилась на невеликих об'ємах, з певними вимогами для якості сировини і кінцевого продукту. При масовому накопиченні, наприклад, підстилкового посліду або гною такі рекомендації не завжди можливо реалізувати, тому потребують подальшого розвитку і досліджень, в першу чергу, термічних процесів в різних субстратах сировини.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Технічні засоби, що рекомендувались для використання, це навісні або самохідні навантажувачі неприливної дії [4], які забезпечували виконання операцій прискореного компостування. Але високі експлуатаційні затрати, значний кошторис і складність технічних засобів, невідповідність сучасним технологічним умовам якості і кількості сировини та необхідним характеристикам готового продукту не забезпечили вирішення

проблеми розробки технічних засобів для забезпечення прискореного компостування [4].

Комплексну проблему поєднання механізованих технологій і розробки технічних засобів розглядали в роботі [5], на прикладі переробки підстилкового гною великої рогатої худоби. Значну увагу автор приділяє дослідженню термічних процесів, що відбуваються при компостуванні, дослідженню технологічних прийомів і результативності виконаних заходів, що забезпечують якість органічних добрив та зменшують терміни одержання продукту. Вдосконалені методики і технологічне обладнання необхідно використати при дослідженні термічних процесів, що відбуваються при прискореному компостуванні курячого посліду на основі лузги соняшнику. Даний тип підстилкового матеріалу широко розповсюджений на півдні і центральних районах України і має часто значні накопичення на птахо- і свинокомплексах.

**Постановка завдання.** Мета – дослідження технологічних процесів прискореного біотермічного компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику технічними засобами механізованого компостування.

Об'єкти дослідження: технологічні процеси механізованого прискореного біотермічного компостування підстилкового посліду на основі лушпиння соняшнику.

Предмет дослідження: закономірності взаємодії фізичних, хімічних, агротехнологічних параметрів технологічних процесів прискореного біотермічного компостування підстилкового посліду.

**Виклад основного матеріалу.** В якості майданчика використано закритий ангар з бетонним покриттям, розміром 90×18 м.

Свіжий (вивантажений з приміщень) підстилковий послід на основі лушпиння соняшнику розвантажується щільними буртами на підготовлений майданчик з використанням доопрацьованого розкидача органічних добрив ПРТ-10. Схема закладки натурних буртів представлена на рисунку 1. Подальші дослідження проводилися на чотирьох буртах: борт №1 – борт висотою 1,5 м без подальших механічних аерацій і без додаткового зволоження; борт №2 – борт висотою 1,0 м без подальших механічних аерацій і без додаткового зволоження; борт №3 – борт висотою 1,5 м із подальшими механічними аераціями та із додатковим зволоженням; борт №4 – борт висотою 1,0 м із подальшими механічними аераціями та із додатковим зволоженням.

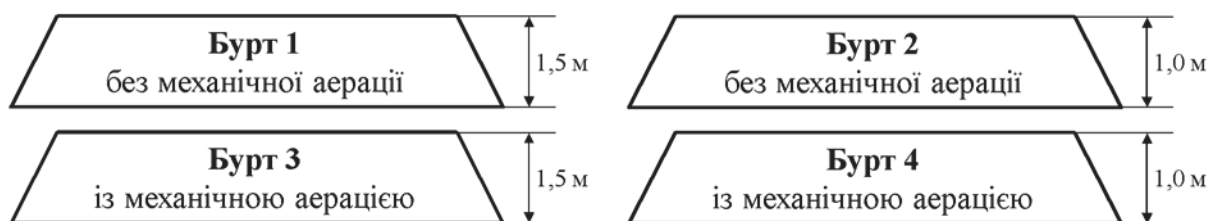


Рисунок 1 – Схеми закладки натурних буртів

Безпосередньо сам процес формування натурних буртів із використанням доопрацьованого розкидача органічних добрив ПРТ-10 представлено на рис.2.



Рисунок 2 – Процес формування натурних буртів із використанням доопрацьованого розкидача органічних добрив ПРТ-10:  
а – без додаткового зволоження; б – із додатковим зволоженням

Подальші заплановані механічній аерації і формування буртів виконувалися з використання ковшового навантажувача Т-156 (рис. 3) і доопрацьованого розкидача органічних добрив ПРТ-10.

Зволоження виконується з метою доведення компостної суміші до необхідної вологості. Технічним засобом доставки води був пожежний автомобіль на базі ГАЗ-53 з об'ємом ємкості 4 м<sup>3</sup>. Вода для зволоження подається під час механічної аерації шляхом її розпилення.



Рисунок 3 – Процеси подальших запланованих механічних аерацій і формування буртів

В процесі досліджень бурт 3 і 4 підлягали механічній аерації, часові інтервали яких представлені на рис. 4. Дослідження проводилися в період з 29.04.2017 по 03.06.2017.

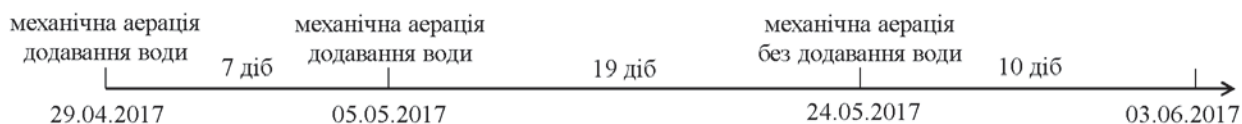


Рисунок 4 – Часові інтервали технологічних операцій при процесі прискореного біотермічного компостування

Найважливішим критерієм оцінювання ефективності процесу компостування є контроль і підтримка температурного режиму.

Динаміка температур у буртах досліджувалася з використанням персонального комп'ютера до якого підключався електронний термометр ТМ-32/Н-5Т (рис. 5) із

системою температурних зондів на основі датчиків температури DS18B20 (рис. 6). Також температура в буртах визначалася з використанням саморобних температурних зондів на основі мультиметрів DT838 із приєднаною термопарою (рис. 6).

Абсолютна похибка вимірювань термометра ТМ-32/Н-5Т складає 0,1 °С, а похибка вимірювань мультиметра DT838 із приєднаною термопарою – 0,5 °С.

Моніторинг за температурним режимом з використання електронного термометра ТМ-32/Н-5Т проводився кожні 10 хв., при цьому дані записувалися на персональний комп'ютер у відповідний файл бази даних. В свою чергу дані з мультиметрів DT838 фіксувалися 4 рази на добу і записувалися у журнал спостережень.

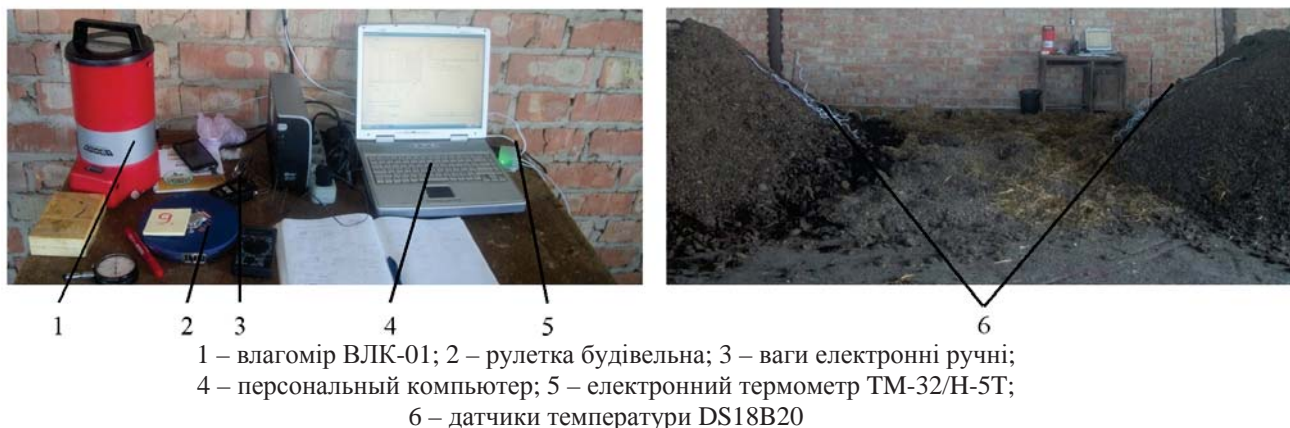


Рисунок 5 – Вимірювальні прилади і обладнання

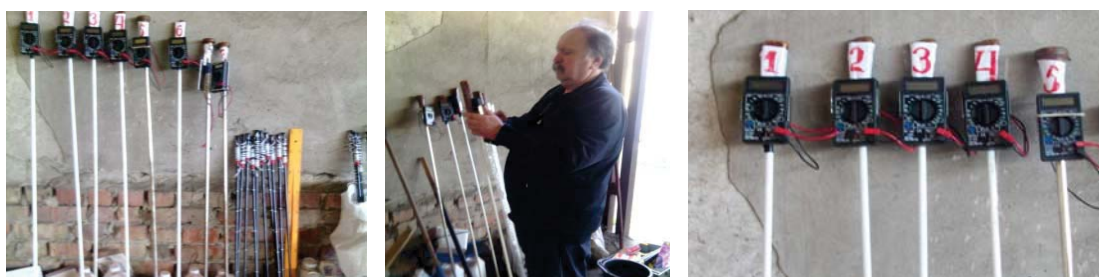


Рисунок 6 – Температурні зонди

Схема розташування температурних зондів в буртах висотою 1,5 м і 1,0 м представлена на рисунку 7. Для буртів висотою 1,5 м використано електронний термометр ТМ-32/Н-5Т, а висотою 1 м – мультиметр DT838.

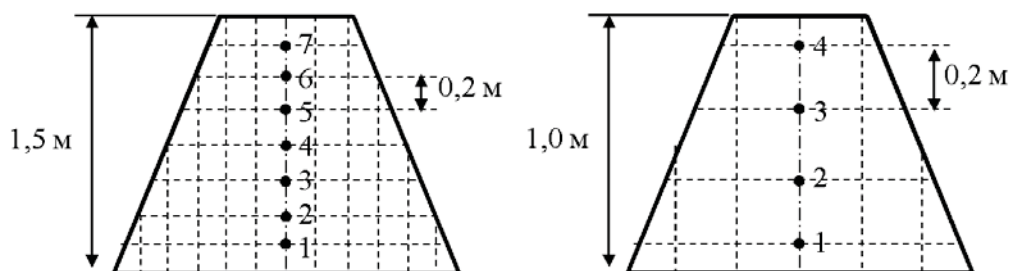


Рисунок 7 – Схема розташування температурних зондів

Температурне поле поверхні або розрізу буртів визначалося з використанням тепловізора Testo-875, який дозволяє проводити аналіз температурних полів із абсолютною похибкою вимірювання 0,01 °С. З використання додаткового програмного забезпечення Testo IRSoft можна визначати максимальне, мінімальне і середнє значення температурного поля; будувати гістограми і графіки розподілу температур по визначеній площі і лінії температурного поля. Загальний вигляд зазначеного тепловізора і відповідного програмного забезпечення представлено на рис. 8.

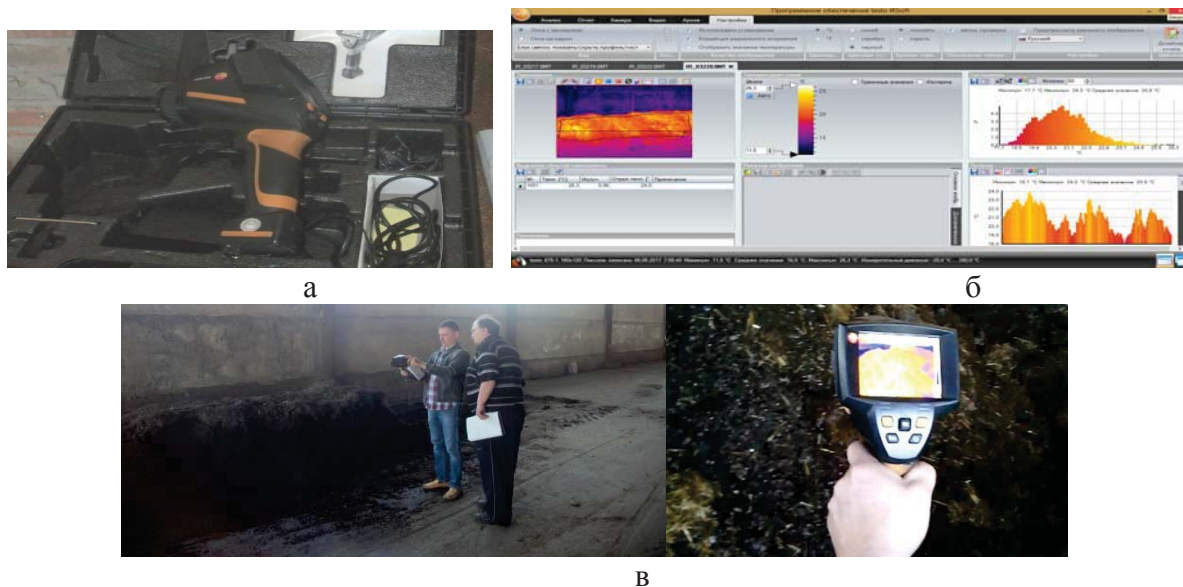


Рисунок 8 – Загальний вигляд тепловізора Testo-875 (а), програмного забезпечення Testo IRSoft (б) і процесу вимірювання температури (в)

В результаті дослідження отримана динаміка зміни температури в кожній точці натурного бурта згідно розробленої методики (рис. 9-12).

До кінця періоду спостереження (до 36 доби) внутрішня температура в бурті №1 (H = 1,5 м), згідно рис. 9, складала 39-45°C, а в нижніх шарах до 30 °С.

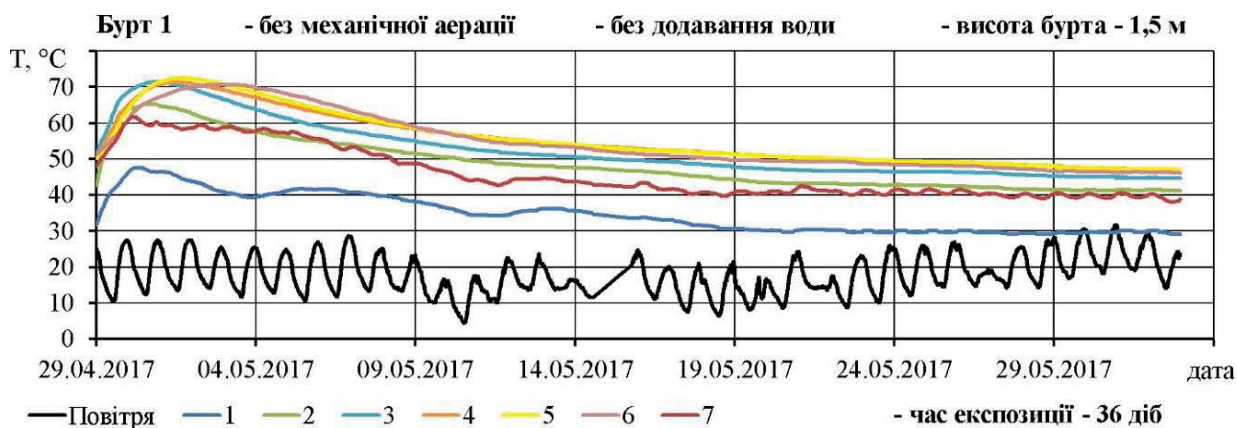


Рисунок 9 – Динаміка температурного поля бурта №1

В бурті №2 (H = 1,0 м) в відповідні часові періоди температура становила на 5-8 °С менше. Зміна температури оточуючого середовища на протязі доби від 10 до 25 °С, впродовж спостережуваного періоду, суттєвих коливань внутрішньої температури не відбувалось.

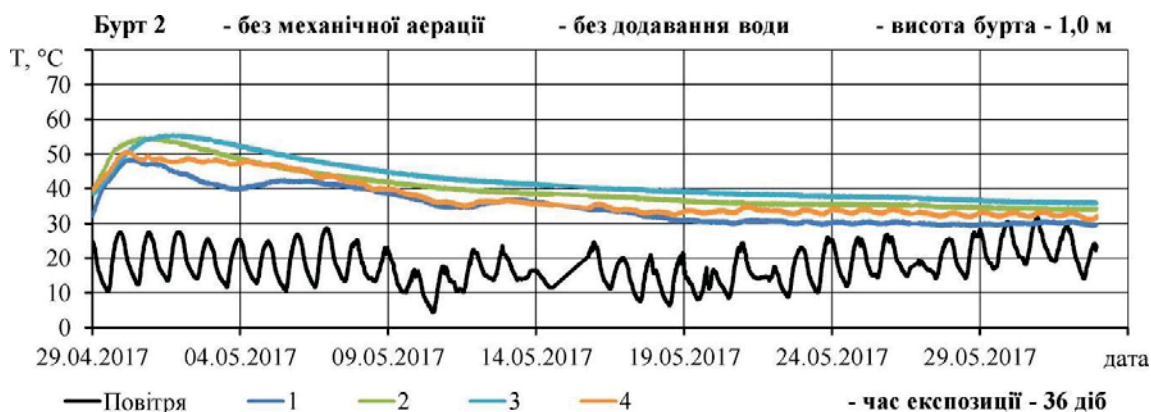


Рисунок 10 – Динаміка температурного поля бурта №2

В бурті №3 з механічним перелопачуванням і додаванням рідини – води, температура підвищувалась до 61-65 °С (Н = 1,5 м) на 2-3 день по всіх 7 точках виміру, знижувались на 3-5 °С і стабільно трималась на протязі спостереження. Перелопачування сировини без додавання рідини на 20 добу показало підвищення температури до 70-72 °С з поступовим затуханням термічних процесів на 10 добу і зниженням температури до 50 °С.

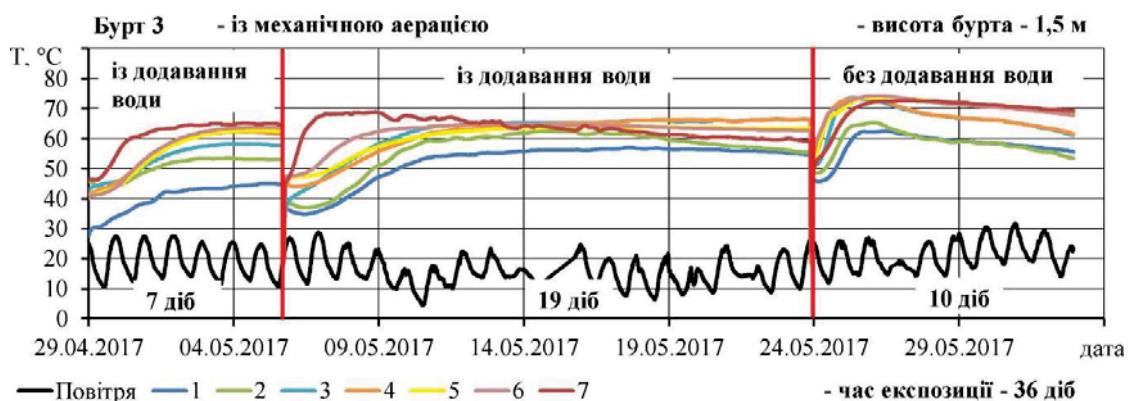


Рисунок 11 – Динаміка температурного поля бурта №3

В бурті №4 (при Н = 1,0 м) і аналогічними обробками як і в бурті №3, термічні процеси на 5-10 °С нижчі. При аерації температура сировини зменшується до 38-44 °С, вплив коливання зовнішньої температури (10-25 °С) на зміну внутрішніх температур статистично незначний.

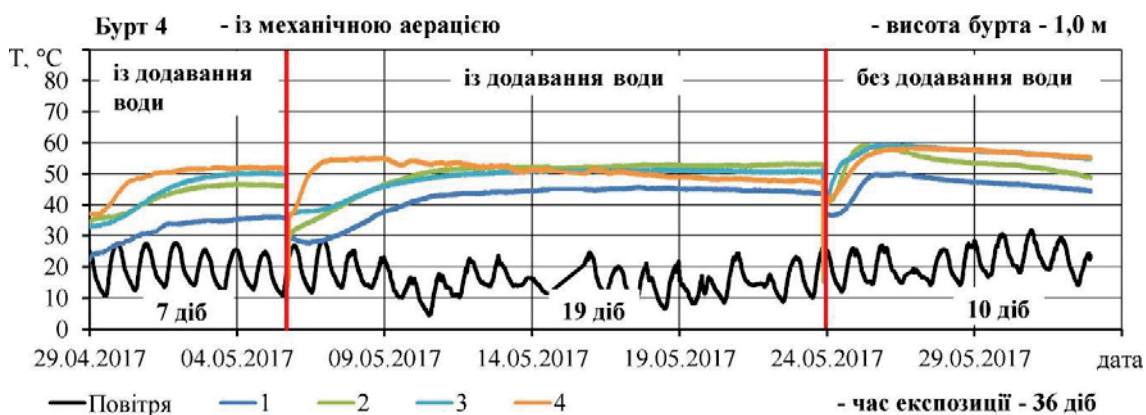


Рисунок 12 – Динаміка температурного поля бурта №4

Результати спостереження за статичним температурним полем поверхні буртів за допомогою тепловізора і пірометра представлені на рисунках 13-16:

- для бурта №1 (рис. 13) спостерігається діапазон температур від 19,6 °С до 23,5 °С, що практично обумовлюється температурою навколишнього середовища, при цьому середнє значення складає 21,5 °С;

- для бурта №2 (рис. 14) спостерігається діапазон температур від 18,3 °С до 21,1 °С, що практично обумовлюється температурою навколишнього середовища, при цьому середнє значення складає 18,9 °С;

- для бурта №3 (рис. 15) спостерігається діапазон температур від 19,0 °С до 22,3 °С, що практично обумовлюється температурою навколишнього середовища, при цьому середнє значення складає 20,8 °С.

- для бурта №4 (рис. 16) спостерігається діапазон температур від 18,1 °С до 24,0 °С, що практично обумовлюється температурою навколишнього середовища, при цьому середнє значення складає 20,9 °С.

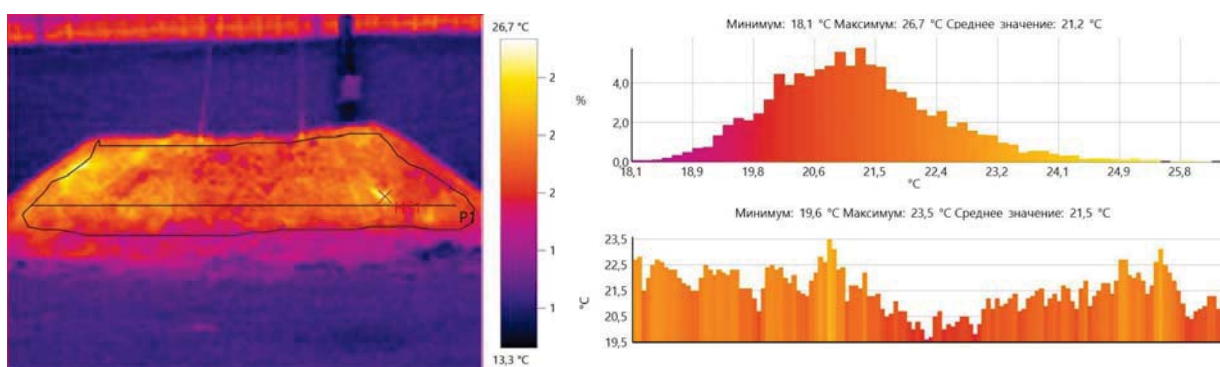


Рисунок 13 – Статичне температурне поле поверхні бурта №1 (бурт висотою 1,5 м без подальших механічних аерацій і без додаткового зволоження)

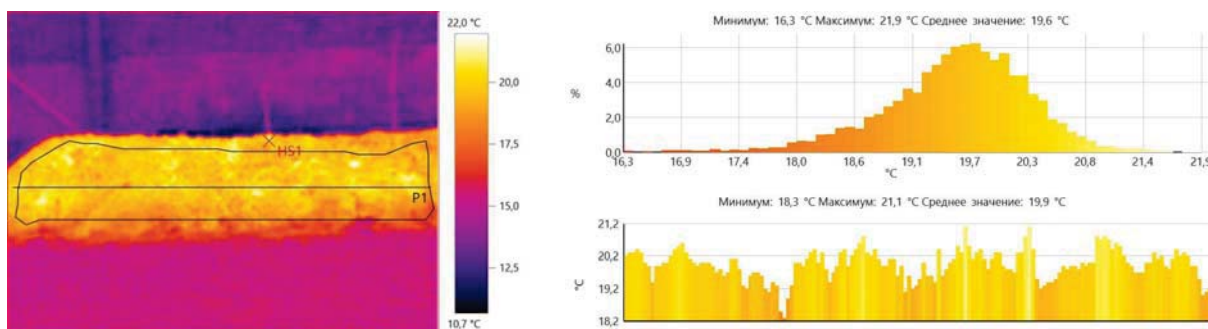


Рисунок 14 – Статичне температурне поле поверхні бурта №2 (бурт висотою 1,0 м без подальших механічних аерацій і без додаткового зволоження)

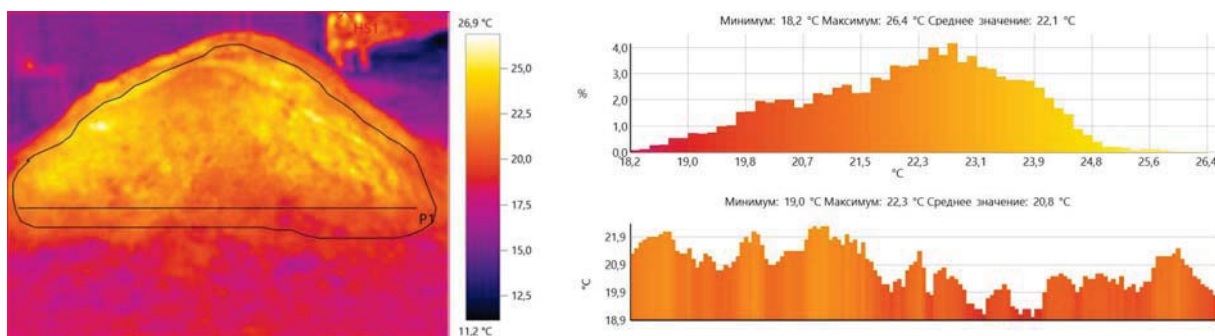




Рисунок 15 – Статичне температурне поле поверхні бурта №3 (бурт висотою 1,5 м із подальшими механічними аераціями та із додатковим зволоженням)

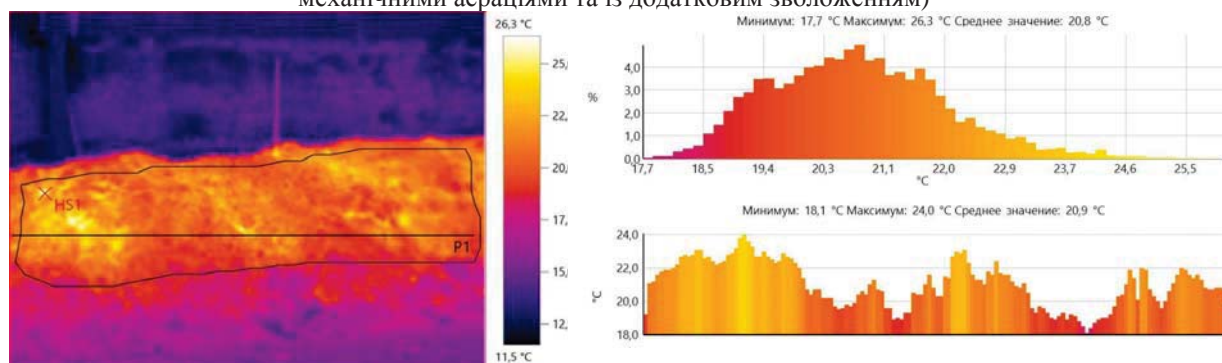


Рисунок 16 – Статичне температурне поле поверхні бурта №4 (бурт висотою 1,5 м із подальшими механічними аераціями та із додатковим зволоженням)

Повздовжні і поперечні зрізи буртів №3 і №4 (рис. 17-18) та визначення температур за допомогою вищезазначеного обладнання свідчить про рівномірне прогрівання буртів в межах вищевказаних температур.

При цьому, для бурту №3 мінімальне і максимальне значення температур складає 22,7 °C і 59,4 °C відповідно, а середнє значення – 40,8 °C.

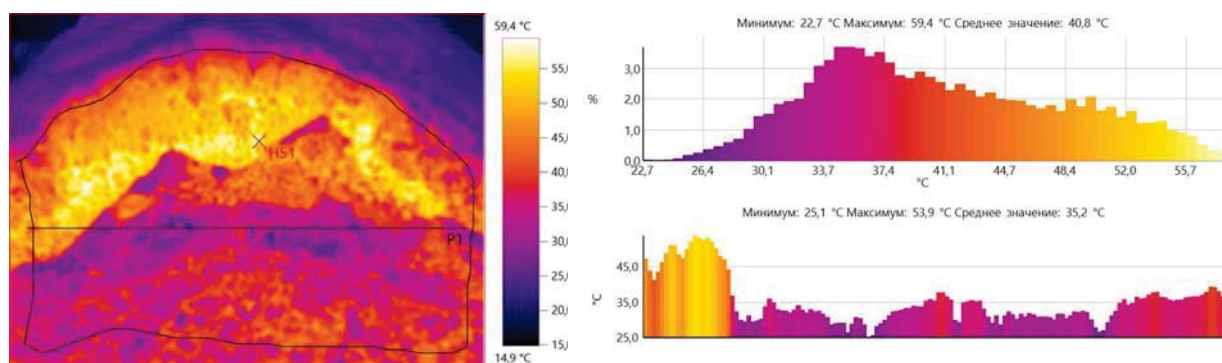


Рисунок 17 – Статичне температурне поле поперечного зрізу бурта №3 (бурт висотою 1,5 м із подальшими механічними аераціями та із додатковим зволоженням)

Для бурту №4 мінімальне і максимальне значення температур складає 23,7 °C і 52,9 °C відповідно, а середнє значення – 40,6 °C.

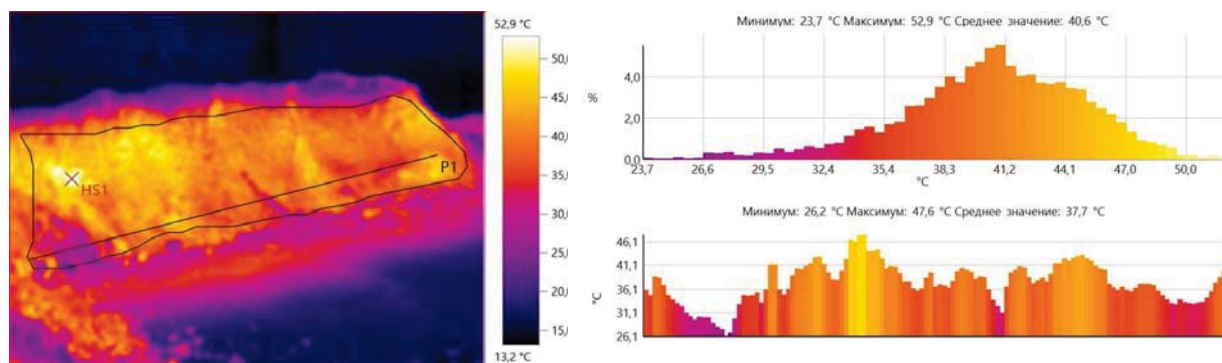


Рисунок 18 – Статичне температурне поле повздовжнього зрізу бурта №4 (бурт висотою 1,5 м із подальшими механічними аераціями та із додатковим зволоженням)

**Висновки.** Механічне перелопачування сировини – аерація забезпечує ріст внутрішніх температур (7 точок виміру по висоті бурту  $H = 1,5$  м) до максимальної температури  $65-71$  °С і до  $50-58$  °С при висоті бурту  $H_2 = 1,0$  на 2-3 день після укладання бурту. За 15-17 діб температура складає до  $50$  °С, що не відповідає термофільного режиму життєдіяльності бактерій і процеси поступово переходять в мезофільний режим – до  $40$ °С. Зволоження – до 20 % маси бурту і аерація – ефективні технологічні прийоми, що забезпечують підтримку температур відповідних термофільному режиму на 3-5 днів більше без їх використання.

## Список літератури

1. Павленко, С.І. Обґрунтування технологічної схеми процесу компостування органічних відходів на відкритих майданчиках [Текст] / С.І. Павленко // Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. – Харків, 2015. – Вип. 157. – С.197-201. – (Сер. «Технічні системи і технології тваринництва»).
2. Обґрунтувати перспективні напрямки і технологічні схеми виробництва органо-мінеральних добрив шляхом компостування [Текст] : Звіт в УкрІНТЕІ / Ін-т. мех. тварин. УААН; № ДР0101U007033; Інв.№0302U001868, Запоріжжя, 2002. – 47с.
3. Голуб, Г.А. Агропромислове виробництво істівних грибів. Механіко-технологічні основи [Текст] : Монографія / Г.А. Голуб. – К.: Аграрна наука, 2007. – 332 с.
4. Павлов, П.И. Научно-технические решения ресурсосбережения при использовании навозопогрузчиков непрерывного действия [Текст] : дис. ... д-ра техн. наук: 05.20.01 / Павел Иванович Павлов. – Саратов, 2002. – 441 с.
5. Миронов В.В. Технологии и технические средства интенсификации производства органических удобрений на фермах крупного рогатого скота [Текст] : автореф. дис. ... д-ра техн. наук: спец. 05.20.01 «Технологии и средства механизации сельского хозяйства» / Владимир Витальевич Миронов; Мичуринский государственный аграрный университет. – Мичуринск, 2010. – 38 с.

**Sergiy Pavlenko, Assoc. Prof., PhD tech. sci., Senior Researcher**

*National University of Bioresources and Nature Management, Kyiv, Ukraine*

### **Results of experimental researches of biotermic processes of composition of surface positions on the basis of suspending of sunflower in natural burtazes**

Loss of nutrient nutrients of litter litter is associated with physico-chemical and microbiological processes that occur immediately after the excrement of animals, as well as during accumulation, storage and processing. Under the influence of mechanized interventions and bioconversal transformations, changes in the mass balance of nutrient components of livestock wastes and in bioenergy potential are taking place. The purpose is to study the technological processes of accelerated biodegradation composting of litter litter based on sunflower husk by technical means of mechanized composting.

Methods and techniques of research: method of field observations, methods of planning the experiment, methods of thermal and pyrometric observations, electrotechnical methods of determining the dynamics of temperature change. The temperature dynamics in the booths was studied using a personal computer to which an electronic thermometer TM-32 / H-5T with a temperature sensor system based on DS18B20 temperature sensors was connected. The temperature field of the surface or the cut of burs was determined using the thermo-testor Testo-875, which allows the analysis of temperature fields with an absolute measurement error of  $0.01$  °C. As a result of the study, the dynamics of temperature variation at each point of the bourse according to the developed method is obtained.

The results of researches showed that mechanical abrasion of raw materials - aeration, provides growth of internal temperatures - 7 points of measurement on the height of the port  $H_1 = 1.5$  m to a maximum temperature of  $65-71$  °C and up to  $50-58$  °C at the height of the port  $H_2 = 1, 0$  m for 2-3 days after packing of the bouquet. At 15-17 days, the temperature drops to  $50$  °C, which does not correspond to the thermophilic mode of bacterial activity, and the processes go to the mesophilic regime - up to  $40$  °C. Humidification - up to 20% of the mass of the broom and aeration - effective technological techniques that provide temperature maintenance of the corresponding thermophilic regime 3-5 days more without using them.

**litter, compost, burt, temperature, biotermic process**

Одержано 30.10.17