

УДК 621.929:631.8

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ ЗМІШУВАЧА-АЕРАТОРА КОМПОСТІВ

Шевченко І. А., чл.-кор. НААН, д. т. н., проф.

Харитонов В. І., аспірант

Алієв Е. Б., аспірант

Інститут механізації тваринництва НААН

Тел./факс: (061) 289-81-44

Представлено дослідження енергетичних та якісних показників роботи змішувача-аератора компостних буртів на органічних відходах птицевництва.

Ключові слова: змішувач-аератор, компостний бурт, органічні відходи птицевництва.

Мета роботи. Визначити раціональні параметри змішувача-аератора компостів за якісними та енергетичними показниками роботи виходячи з технологічної задачі.

Проблема. Підготовка компостних сумішей з органічних відходів змішувачем-аератором є економічно доцільним рішенням проблеми [1, 2]. Однак ефективність реалізації цієї технології компостування залежить, перш за все, від показників роботи технічного засобу якій взаємодіє із складним за будовою та фізико-механічними властивостями середовищем.

Аналіз останніх досліджень. Барабанно-роторні робочі органи найбільш поширені при проектуванні змішувачів-аераторів. Технологічному процесу перемішування та подрібнення органічних відходів такими робочими органами було присвячено багато робіт [3, 4], але в більшості робіт якісні та енергетичні показники роботи були розглянуті окремо. Проведені теоретичні дослідження [5] дозволили розробити механіко-математичну модель процесу, яка зв'язала між собою функціональний стан компостних буртів з параметрами аератора.

Механіко-математична модель, виходячи з технологічної задачі, дозволила визначити діаметр барабану $D_{\text{тех}}=0,67$ м, якому відповідає кутова швидкість $\omega=32,6$ рад/с для прийнятих висоти бурта $h=1,5$ м і кута природного нахилу компостного матеріалу $\alpha=45^\circ$. Швидкість руху аератора для при цих параметрах становила $V_m=0,45-0,68$ м/с. [5].

Методика експериментальних досліджень. Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено дослідно-експериментальний зразок змішувача-аератора компостів.



1 – рама, 2 – опорні колеса, 3 – причіпний пристрій, 4 – карданний вал, 5 – редуктор, 6 – фрезерно-баранний робочий орган, 7 – ємність для води, 8 – розпилювачі.

Рисунок 1 – Дослідно-експериментальний змішувач-аератор компосту

Умови проведення експериментальних досліджень

Фракційний склад вихідної маси підстилкового посліду не проводився, так як фрагменти значно перевищували параметри класифікатора. З рисунку 2 видно, що вони складаються переважно зі злеглого підстилкового посліду товщиною до 15 см і довжиною до 25-60 см, при вологості маси – $24 \pm 4 \%$, щільності – $0,98 \pm 0,11 \text{ г/см}^3$. Для вирівнювання умов експериментальних досліджень було виконано попереднє перелопачування буртів із подальшим проведенням основних досліджень (табл. 1).

Таблиця 1 – Фракційний склад суміші пташиного посліду з соломомою (%) після перелопачування

Технологічна операція	Діаметр отворів ситового класифікатора, мм							
	7	5	3	2	1	0,5	0,25	залишок
Попереднє перелопачування	14,4±5,2	34,1±7,6	19,1±4,6	14,2±5,1	15,7±4,9	2,3±0,9	0	0



а)



б)

Рисунок 2 – Підстилковий послід: а – після видалення з птахівницького приміщення; б – закладений в бургт після карантинування

Після виконання операції при готуванні компостної суміші шляхом перелопачування відбувалось суттєве подрібнення посліду, який набував вигляду однорідної маси (рис. 3).



Рисунок 3 – Компостна суміш підстилкового посліду після першого перелопачування

Досліджувані параметри. За результатами проведених теоретичних досліджень і аналізом попередніх досліджень до впливових факторів віднесено наступні: кінематичний показник роботи барабана аератора λ , який визначається виразом (1), та висота бурта h . З метою дослідження впливу визначених факторів на якісні та енергетичні показники роботи барабана змішувача-аератора було реалізовано двофакторний план другого порядку, матриця якого наведена у таблиці 2.

Таблиця 2 – План експерименту другого порядку для двох факторів

№ з/п	Кінематичний показник роботи – λ	Висота бурта - Н, м
	x_1	x_2
1	57,5	1,5
2	57,5	0,9
3	27,7	1,5
4	27,7	0,9
5	42,6	1,2
6	42,6	1,2
7	42,6	1,2
8	31,1	0,9
9	31,1	1,5
10	51,2	0,9
11	51,2	1,5

$$\lambda = \frac{V}{V_m}, \quad (1)$$

де V – колова швидкість барабана, $V = \omega R$;

ω – кутова швидкість барабана, $\omega = \frac{\pi n}{30}$;

n – частота обертання, у нашому випадку $n=540$ і 1000 об/хв.;

R – радіус барабана, який дорівнював відповідно $R = 245, 260$ і 275 мм;

V_m – швидкість агрегату, $V_m = 0,50$ – $0,94$ м/с.

Параметри оптимізації

Якісні показники роботи. Визначення фракційного складу компостних матеріалів здійснювалось за допомогою ситового класифікатора. До складу класифікатора входять стандартизовані сита з отворами діаметром 0,25; 0,5; 1; 2; 3; 5 та 7 мм.

Досліджуваний компонент компостних сумішей закладається на верхнє сито (діаметр вічок 7 мм) класифікатора і просіюється до повного розділення на

фракції. Далі визначається маса кожної фракції m_i та її відсотковий вміст (ϕ_i) за виразом формулою

$$\phi_i = \frac{m_i}{M} \cdot 100 \%, \quad (2)$$

де m_i – маса відповідної за класом фракції, г;

M – маса вихідної наважки, г.

Маса вихідної наважки M відбирається у межах від 500 г до 1000 г.

Схему вимірів по бурту надано на рисунку 4.

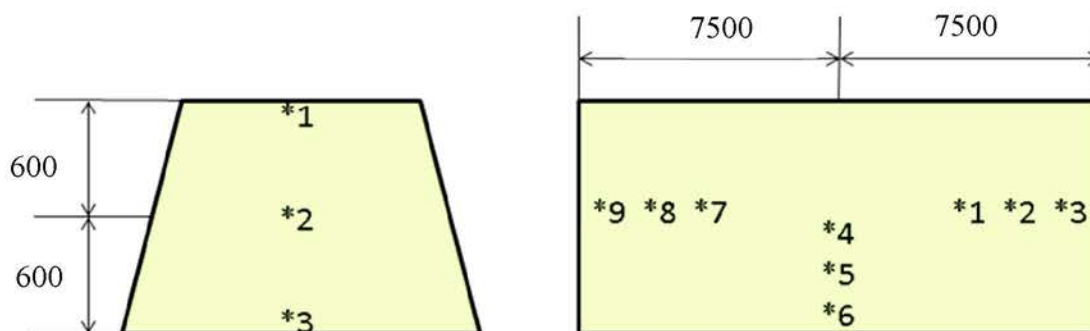


Рисунок 4 – Схема вимірів агрегатного складу бурту

В дослідженнях сумарний відсотковий вміст найбільш цінних фракцій 5 та 3 мм прийнято в якості параметру оптимізації – δ «показник структурності бурта, %». Повторність кожного вимірювання повинно бути неменшим ніж 5.

Енергетичні показники роботи. Показники енергетичної оцінки визначались згідно СОУ 74.3-37-276:2005 «Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Методи енергетичної оцінки». Параметром оптимізації прийнято тяговий опір знаряддя при виконанні операції – F_{cp} , кН.

Для достовірності результатів експериментальних досліджень час реалізації вимірювання при швидкості агрегату до 1 м/с не повинний бути менший за 25 секунд [6].

При випробуваннях використовувався тензотрактор МТЗ-82, оснащений карданним ротаційним тензометричним динамометром (КРТД) з приладом для вимірювання енергетичних показників на базі модуля Е14-140М.

Результати експериментальних досліджень

Результати, що були отримані після обробки дослідів за енергетичними (рис. 5) [6] та якісними показниками роботи, зведені у таблиці 3.

Отримано математичну модель впливу досліджуваних факторів на тяговий опір (у кодованому вигляді):

$$F = 21,611 - 0,961 \cdot \lambda - 0,817 \cdot h + 0,037 \cdot \lambda \cdot h + 0,010 \cdot \lambda^2 - 0,017 \cdot h^2. \quad (3)$$

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідності, значення критерію Кохрена $G = 0,21 < G_{0,05}(2,11) = 0,392$.

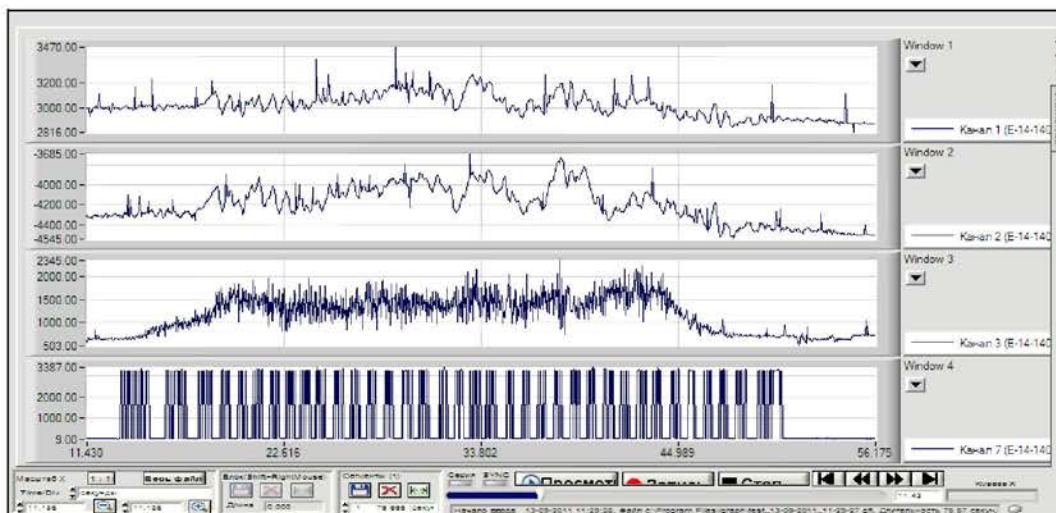


Рисунок 5 – Приклад запису енергетичних показників

Таблиця 3 – Матриця планування експерименту

№ з/п	x_1	x_2	Тяговий опір F_{cp} , кН	Показник структурності бурта δ , %			
				$\delta_{1,2,3cp}$	$\delta_{4,5,6cp}$	$\delta_{7,8,9cp}$	δ_{cp}
1	1	1	3,31±0,29	17,72	17,12	17,92	17,52
2	1	-1	1,76±0,23	33,54	33,74	33,44	33,84
3	-1	1	3,41±0,11	8,42	8,62	8,72	8,32
4	-1	-1	2,74±0,21	24,63	23,93	23,93	24,43
5	0	0	0,51±0,14	42,86	42,06	42,56	42,56
6	0	0	0,67±0,16	41,71	41,01	40,91	41,21
7	0	0	0,42±0,19	40,5	40,1	40,1	40,5
8	-0,773	-1	2,56±0,34	36,63	36,53	35,73	36,23
9	-0,773	1	2,33±0,18	20,95	20,85	21,15	20,75
10	0,560	-1	1,08±0,19	46,81	47,51	47,01	47,11
11	0,560	1	0,81±0,28	31,24	31,74	31,34	31,54

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}=0,014$; дисперсія похибки дослідів $S_y=0,035$; значення критерію Фішера $F=0,35 < F_{0,05}(9,2)=2,148$; модель адекватна на будь-якому рівні довірчої ймовірності.

За розрахованими значеннями коефіцієнтів кореляції та критерію Стюдента значущими на рівні довірчої ймовірності більше 95 % є всі коефіцієнти при визначених членах рівняння.

Отримана математична модель впливу досліджуваних факторів на показник структурності бурта мала вигляд:

$$\delta = -72,961 + 9,639 \cdot \lambda - 135,122 \cdot h - 0,012 \cdot \lambda \cdot h - 0,110 \cdot \lambda^2 + 45,488 \cdot h^2. \quad (4)$$

Для цього рівняння на 95 % рівні довірчої ймовірності дисперсії однорідні, значення критерію Кохрена $G=0,1936 < G_{0,05}(2,11)=0,4187$.

Дисперсія адекватності математичної моделі $S_{ад}=0,1245$; дисперсія похибки дослідів $S_y=0,4163$; значення критерію Фішера $F=0,31 < F_{0,05}(9,2)=2,29$; модель адекватна на будь-якому рівні довірчої ймовірності.

За розрахованими значеннями коефіцієнтів кореляції та критерію Стюдента значущими на рівні довірчої ймовірності більше 95 % є всі коефіцієнти при таких членах рівняння.

За аналізом рівняння регресії (3) на рисунку 6 графічно представлено поверхні відгуку впливу на тяговий опір досліджуваних факторів. Збільшення кінематичного показника роботи та зменшення висоти бурта закономірно призводять до зменшення показника тягового опору ($F_{\min}=0,13$ кН при $\lambda=44,6$ і $h=1,5$ м).

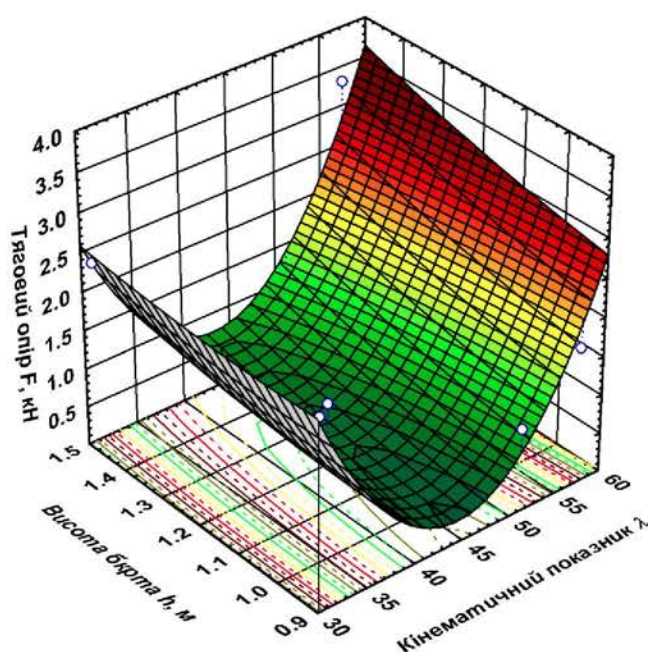


Рисунок 6 – Вплив кінематичного показника λ роботи барабана аератора і висоти бурта h на тяговий опір F

Аналізуючи рівняння (4), можна стверджувати, що на показник структурності бурта впливають всі вище згадані фактори. Максимальне значення структу-

рності бурта можна отримати при наступних умовах: $\delta_{\max}=53,08$ при $\lambda=27,7$ та $h=1,5$ м (рис. 7).

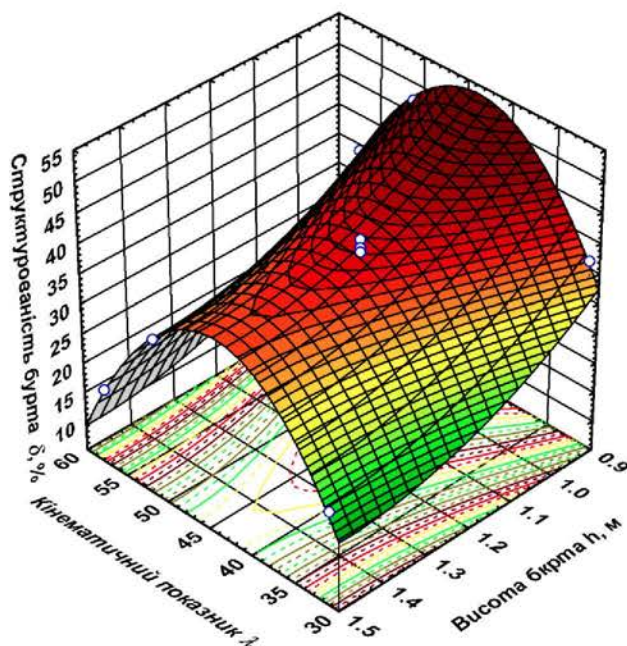


Рисунок 6 – Вплив кінематичного показника λ роботи барабана аератора і висоти бурта h на структурність бурта δ

Завданням вирішення компромісної задачі була мінімізація тягового опору при максимальному значенні показника структурності бурта для максимально можливого бурта $h=1,5$ м, що здатен обробляти аератор визначеної конструкції, тобто:

$$\begin{cases} F \rightarrow \min; \\ \delta \rightarrow \max; \end{cases} \quad (5)$$

Вирішення цієї задачі за допомогою програмного пакету «Mathematica» привели до раціональних параметрів: $x_1=0,119$ при $x_2=1$, тобто кінематичний показник роботи барабана аератора для висоти бурта $h=1,5$ м становить $\lambda=44,37$.

Висновки. За результатами проведених експериментальних досліджень можна визначити наступні раціональні параметри змішувача аератора із врахуванням технологічних можливостей трактора МТЗ-82: для $\lambda=44,37$ та $h=1,5$ м оберти ВВП 1000 хв^{-1} , діаметр барабана $D=490$ мм, швидкість трактора $V_m=0,58$ м/с. За таких параметрах: продуктивність агрегату становить – до $900 \text{ м}^3/\text{год.}$, витрати пального – $5,9\text{-}6,4 \text{ кг/год.}$, завантаження двигуна трактора – 75% .

Перелік посилань

1. Самосюк, В. Г. О реальном энергосбережении в сельском хозяйстве / В. Г. Самосюк, Л. Я. Степук // Весці Нацыянальнай акадэміі навук Беларусі. Сер. аграрных навук. – 2008. – № 4. – С. 85-93.
2. Яковчик Н.С. Пути снижения энергозатрат на удаление навоза при использовании различных технологий / Н. С. Яковчик // Весці Акадэміі аграрных навук Рэспублікі Беларусь. – Мінск, 1999. т.3. – С.18-24.
3. Про затвердження СОУ ЖКГ "Технологія перероблення органічної речовини, що є у складі побутових відходів " / Міністерство з питань житлово-комунального господарства України // Наказ від 30.03.2010 № 78 п. 5.2.2.3.
4. Туваев В. Н. Технологические процессы и требования к комплексам технических средств для механизированного приготовления компостов на животноводческих фермах и птицефабриках. Дис...канд. техн. наук. СПб-Пушкин.1984. С.168.
5. Шевченко І. А. Теоретичне обґрунтування параметрів барабанного робочого органу для змішування компостних матеріалів та механічної аерації. / І. А. Шевченко, О.С. Ковязин, В. І. Харитонов // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. Наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2010. – № 1(5,6). – С. 248-265. – ISSN 2075-1591.
6. Протокол енергетичної оцінки змішувача-аератора компосту / Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва імені Леоніда Погорілого», Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 18 с.

RESULTS OF EXPERIMENTAL RESEARCHES OF MIXER-AERATOR OF COMPOSTS

Summary. Research of power and high-quality indexes of work of mixer-aerator of composts on organic wastes of the poultry farming.