

Експериментальні дослідження конструкційно-технологічних параметрів змішувача-аератора гноєкомпостних сумішей

Експериментально визначено залежності продуктивності перелопачування буртів і енергетичних показників від основних конструкційно-технологічних параметрів і режимів роботи змішувача-аератора гноєкомпостних сумішей, а саме: діаметра фрезерного барабана, його частоти обертання та швидкості переміщення агрегату.

Ключові слова: компост, аератор, параметри, дослідження, суміш, конструкція.

Суть проблеми. Враховуючи масштабність переробки відходів тваринництва, рослинництва та інших органічних відходів, найбільш поширеним і економічно виправданим (невисока коштовартість та прийнятні експлуатаційні витрати) залишається механічний процес компостування змішувачем-аератором на відкритих майданчиках.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення експериментальних досліджень було виготовлено дослідно-експериментальний зразок змішувача-аератора компостів (рис. 1).

Для роботи змішувач-аератор компосту агрегується з трактором класу 1.4. Фрезерно-барабаний робочий орган здійснює поступальний рух одночасно з переміщенням агрегату та обертальний рух, взаємодіє з забуртованим компостним матеріалом. Похилі лопаті (рис. 2, а), врізаючись в структуру компостного матеріалу та виконуючи зустрічне фрезерування бурта, відокремлюють певну його частину й одночасно змішують, розпушують та киданням переміщують масу з периферії бурта до центру, і перекидаючи її через барабан, позаду барабана формують новий бурт. Прямі лопаті (рис. 2, б), які працюють у зоні найбільшої висоти бурта, відокремлюють матеріал від масиву, перекидають його з одночасним формуванням нового бурта.

Під час роботи як прямих, так і похилих лопатей в зоні польоту відокремлених часток відбувається насичення їх киснем і вивітріння з суміші двоокису вуглецю, що утворився в результаті мікробіологічних процесів. Перелопачування буртів також супроводжується зниженням температури маси, звітненням вологи та інших газоподібних речовин.

Під час досліджень, проведених в Державній науковій установі "Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого", використовувався тензотрактор МТЗ-82, оснащений карданним ротаційним тензометричним динамометром (КРТД) з приладом для вимірювання енергетичних показників на базі модуля Е14 140М [1,2] (рис. 3).

Оцінювані показники визначали згідно з СОУ



Рис. 1 – Загальний вигляд змішувача-аератора гноєкомпостних буртів: 1 – рама, 2 – опорні колеса, 3 – причіпний пристрій, 4 – карданний вал, 5 – редуктор, 6 – фрезерно-барабаний робочий орган, 7 – місткість для води, 8 – розпилювачі



Рис. 2 – Похила (а) і пряма (б) лопаті робочого органу

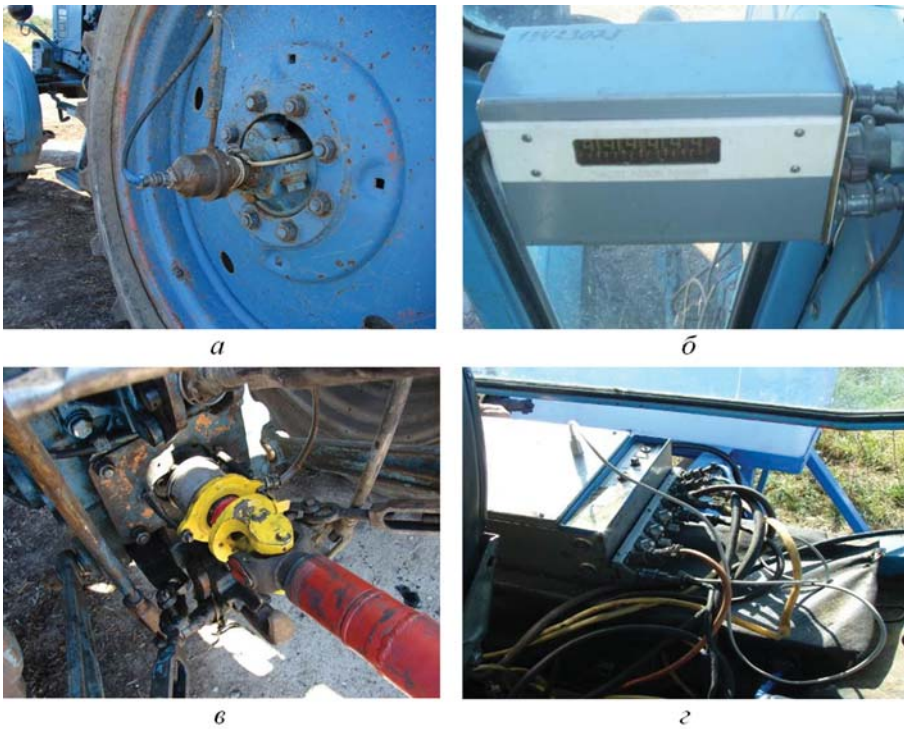


Рис. 3 – Устаткування і прилади, які використовувались під час випробувань: а – датчик для визначення навантаження на кожне ведуче колесо; б – пристрій для визначення витрат пального; в – карданний ротаційний тензометричний динамометр (КРТД); г – прилад для вимірювання енергетичних показників на базі модуля E14-140M

74.3 37 276:2005 “Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Методи енергетичної оцінки” [3]. Для забезпечення достовірності результатів експериментальних досліджень час реалізації вимірювання за швидкості агрегату до 1 м/с повинен становити не менше 25 секунд.

Виклад основного матеріалу дослідження. Випробування змішувача-аератора, згідно з технологічним процесом, проводили на найменшій швидкості трактора за частоти обертання ВВП 540 і 1000 об/хв з фрезерними барабанами діаметром 490 і 550 мм. Дослідження виконували на компостному бурті шириною 2,7 м і висотою 0,6 м зі щільністю маси 600 кг/м³. Для проведення досліджень було вибрано чотири режими, які характеризуються зміною частоти обертання ВВП та діаметра фрезерного барабана:

- режим 1 – 1000 об/хв при діаметрі барабана 490 мм;
- режим 2 – 540 об/хв “—” 490 мм;
- режим 3 – 540 об/хв “—” 550 мм;
- режим 4 – 1000 об/хв “—” 490 мм.

Під час виконання 1-ої повторності режиму 1 (діаметр барабана $D=490$ мм і швидкість його обертання $n=1250$ об/хв) на швидкості руху трактора $V_n=0,48$ м/с зусилля на ВВП зростає до 335,0 Н·м, після чого зменшується до 284,6 Н·м. У зв’язку з неоднорідністю величини бурта компосту, на останній ділянці, зусилля на ВВП зросло до 435,8 Н·м. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі — 1209 Н·м, на лівій півосі — 1166 Н·м.

Під час другого проходження агрегату, виконаного на тих же величинах варійованих факторів, зусилля на ВВП зростає до 322,4 Н·м і плавно зменшується до

211,7 Н·м. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 875 Н·м, на лівій півосі – 756 Н·м.

Під час третього проходження агрегату зі швидкістю руху трактора 0,53 м/с, зусилля на ВВП зросло до 302,3 Н·м і залишалось постійним. Зусилля на ведучих валах рушіїв становило: на правій півосі – 968 Н·м, на лівій – 875 Н·м.

Під час виконання третьої повторності проходження агрегату з тими ж величинами варійованих факторів, зусилля на ВВП плавно зростає до 327,4 Н·м і плавно спадає. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 1058 Н·м, на лівій півосі – 992 Н·м.

Під час виконання першої повторності проходження агрегату завантаження двигуна трактора склало 75%, при виконанні 2-ої повторності навантаження на двигун зменшилось до 59%. При збільшенні швидкості руху трактора до 0,53 м/с (третья повторність) навантаження на двигун зросло до 66%, однак у четвертій повторності зменшилось до 61%.

У першій повторності режиму 2 ($D=490$ мм, $n=675$ об/хв) на швидкості $V_n=0,55$ м/с зусилля на ВВП змінюється в межах від 327,4 Н·м до 352,6 Н·м. Фактично зусилля на ВВП, в порівнянні з режимом 1, не змінилося, але через зменшення частоти обертання ВВП зменшилось завантаження двигуна трактора. Зусилля на ведучих валах рушіїв на початку досліду зросло: на правій півосі – до 3025 Н·м, на лівій – до 583 Н·м. У цьому випадку відбувається збільшення навантаження на праву піввісь трактора.

У другій повторності проходження агрегату, проведеної під час руху трактора на швидкості 0,51 м/с, зусилля на ВВП зростає до 352,6 Н·м і зостається таким до закінчення досліду. Зусилля на ведучих валах рушіїв становлять: на правій півосі – 2420 Н·м, на лівій півосі – 1750 Н·м.

У третій повторності, виконаній на швидкості трактора 0,55 м/с, зусилля на ВВП зменшилось до 201,5 Н·м і практично зберігалось протягом усього досліду. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 1512 Н·м, на лівій півосі – 1458 Н·м.

Під час виконання четвертої повторності проходження агрегату на швидкості руху трактора 0,50 м/с зусилля на ВВП зменшилось до 151,1 Н·м. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 2268 Н·м, на лівій півосі – 875 Н·м.

На режимі 2 за частоти обертання барабана 675 об/хв відбулося зменшення завантаження двигуна до 47% (перша повторність) і до 21% – в наступних повторних проходженнях. Однак в порівнянні з режимом 1 відбулося зростання тягового опору змішувача-аератора.

У 1-ій повторності режиму 3 ($D=550$ мм, $n=675$ об/хв), виконаного при швидкості руху тракто-

ра 0,50 м/с, зусилля на ВВП зростає до 258,2 Н·м і зберігається стабільним до кінця досліду. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 2571 Н·м, на лівій півосі – 875 Н·м.

У 2-ій повторності зі швидкістю переміщення трактора 0,51 м/с зусилля на ВВП зростає до 277,1 Н·м і зберігається таким до завершення досліду. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 2419 Н·м, на лівій півосі – 875 Н·м.

Збільшенні діаметра фрезерного барабана викликало ріст завантаження двигуна до 35%.

У першій повторності режиму 4 ($D=550$ мм, $n=1250$ об/хв) за швидкості трактора 0,50 м/с зусилля на ВВП зменшується до 201,5 Н·м і зберігається таким до завершення досліду. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 1966 Н·м, на лівій півосі – 875 Н·м.

Під час виконання 2-ї повторності проходження агрегату зі швидкістю руху трактора 0,51 м/с зусилля на ВВП зменшується до 176,3 Н·м і є стабільним до закінчення досліду. Зусилля на ведучих валах рушіїв становить: на правій півосі – 2571 Н·м, на лівій півосі – 1458 Н·м.

Із збільшенням діаметра фрезерного барабана завантаження двигуна трактора зросло до 47% у першій повторності, однак у подальшому простежується тенденція до зменшення завантаження двигуна [4].

Таким чином, виконано контрольований некерований пасивний експеримент [5], у якому рівні факторів задавалися довільно, а не у відповідності з матрицею повнофакторного експерименту. Отримана матриця поєднання варійованих рівнів наведена в таблиці.

Обробка експериментальних даних дозволила

Матриця параметрів вихідних факторів

№ п. п.	Діаметр барабана D , мм	Частота обертання барабана n , об/хв	Швидкість переміщення аератора V_p , м/с
1	490	1250	0.48
2	490	1250	0.48
3	490	1250	0.53
4	490	1250	0.53
5	550	1250	0.50
6	550	1250	0.51
7	490	675	0.55
8	490	675	0.51
9	490	675	0.55
10	490	675	0.50
11	550	675	0.50
12	550	675	0.51

отримати залежності у вигляді лінійних моделей:

$$- \text{потужності приводу фрезерного барабана, кВт} \\ N_{\phi} = 66.8029 - 0.0984 \cdot D + 0.0217 \cdot n - 31.7706 \cdot V_T; \quad (1)$$

$$- \text{продуктивності перелопачування бурта, кг/с} \\ Q = 146.092 - 0.2862 \cdot D - 0.0182 \cdot n + 536.2947 \cdot V_T; \quad (2)$$

- загальної енергоємності (з урахуванням переміщення агрегату, Дж/кг

$$E_3 = 343.756 - 0.371 \cdot D + 0.079 \cdot n - 290.906 \cdot V_T; \quad (3)$$

$$- \text{тягового опору переміщенню аератора, кН} \\ F_{TT} = -3.265 + 0.01406 \cdot D - 0.00203 \cdot n - 0.03741 \cdot V_T \quad (4)$$

$$- \text{завантаження двигуна трактора, \%} \\ k = 120.6103 - 0.1914 \cdot D + 0.0409 \cdot n - 31.6708 \cdot V_T. \quad (5)$$

Прийнявши за критерій оптимізації загальну енер-

гоемність процесу аерації бурта і беручи оптимальною точкою його мінімального значення — 54,3 Дж/кг, продуктивність становить 232,1 кг/с (835,5 т/год), потужність приводу фрезерного барабана – 12,2 кВт, тяговий опір переміщенню аератора – 4,3 кН і завантаження двигуна трактора – 27,8%.

Висновки. 1. Експериментально визначено залежність продуктивності перелопачування буртів і енергетичних показників від основних конструкційно-технологічних параметрів і режимів роботи, а саме: діаметра фрезерного барабана, його частоти обертання та швидкості переміщення агрегату.

2. Оптимальною точкою роботи змішувача-аератора за умов мінімальної енергоємності є діаметр фрезерного барабана 0,55 м, частота його обертання – 675 об/хв, швидкість переміщення агрегату 0,5 м/с. Енергоємність перелопачування при цьому становить 54,3 Дж/кг, продуктивність – 232,1 кг/с (835,5 т/год), потужність приводу фрезерного барабана – 12,2 кВт, тяговий опір переміщенню аератора – 4,3 кН і завантаження двигуна трактора – 27,8%.

Список літератури

1. Шевченко І.А. Результати експериментальних досліджень змішувача-аератора компостів / І.А. Шевченко, В.І. Харитонов, Е.Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві: зб. наук. праць ІМТ НААН. – Вип. 2(8). – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – С. 80-88.

2. Протокол енергетичної оцінки змішувача-аератора компосту / Львівська філія УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого. – 2011. – 18 с.

3. СОУ 74.3 37 276:2005 Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Методи енергетичної оцінки.

4. Ляшенко О.О. Методологія готування та алгоритм визначення складу збалансованих компостних сумішей / Праці Таврійської державної агротехнічної академії. – Вип. 36. – Мелітополь, ТДАТА. – 2006. – С. 20-25.

5. ГОСТ 24026-80 Исследовательские испытания. Планирование экспериментов. Термины и определения / Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – М., 1980.

Аннотація. Експериментально определены зависимости производительности перелопачивания буртов и энергетических показателей от основных конструкционно-технологических параметров и режимов работы смесителя-аератора гноекомпостных смесей, а именно: диаметра фрезерного барабана, его частоты вращения и скорости перемещения агрегата.

Summary. Experimentally determined dependence of the performance turners and energy indices of the main structural and technological parameters and modes of operation of the mixer-aerator pus-compost mixtures, namely the diameter of the milling drum, its speed and the speed of the machine.

Стаття надійшла до редакції 2 грудня 2014 р.