

УДК 631.636.4:636.5

РЕЗУЛЬТАТЫ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ИСПЫТАНИЙ ОПЫТНО-ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ОБРАЗЦА МАШИНЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ НАВОЗО-КОМПОСТНЫХ СМЕСЕЙ

И.А. Шевченко,

*директор Института масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины,
докт. техн. наук, профессор, чл.-кор. НААН Украины*

В.И. Харитонов,

мл. науч. сотр. Института масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины

Э.Б. Алиев,

*зав. отделом Института масличных культур Национальной академии аграрных наук Украины,
канд. техн. наук*

В статье обоснованы рациональные конструктивно-технологические параметры машины для приготовления навозо-компостных смесей путем проведения соответствующих производственных испытаний.

Ключевые слова: органические удобрения, навозо-компостные бурты, аэрация, машина, приготовление, компост.

Rational constructive and technological parameters of the machine for the preparation of manure-compost mixtures are substantiated by carrying out appropriate production tests.

Keywords: organic fertilizers, manure-compost beads, aeration, machine, cooking, compost..

Введение

Учитывая масштабность переработки отходов животноводства, растениеводства и других органических отходов, наиболее распространенным и экономически оправданным (невысокая себестоимость и приемлемые эксплуатационные затраты) остается процесс биотермического компостирования на открытых площадках. Однако существующие машины для приготовления навозо-компостных смесей и технические средства не обеспечивают наибольшую эффективность выполнения указанного технологического процесса [1]. Поэтому механико-технологическое обоснование интенсивного биотермического процесса переработки органических отходов в искусственно созданных управляемых условиях для получения высококачественных органических удобрений и разработка соответствующих технических средств имеют народнохозяйственное значение и актуальны в настоящее время.

На основе выполненного анализа конструкций существующих машин, экспериментально-теоретического обоснования параметров и режимов их работы [2-4] авторами выбран аэратор с роторным барабанным рабочим органом. Барабанно-лопастный рабочий орган аэратора оснащен жестко закрепленными радиальными лопастями. Лопасти установлены по одной вдоль окружности барабана и образуют две винтовые линии, смещенные между собой на 180° [5, 6].

Целью настоящей работы является обоснование рациональных конструктивно-технологических параметров машины для приготовления навозо-компостных

смесей путем проведения соответствующих производственных испытаний.

Основная часть

Для проведения испытаний был изготовлен опытно-экспериментальный образец аэратора компостов, общий вид которого представлен на рисунке 1.

Аэратор навозо-компостных буртов агрегируется с трактором класса 1,4 т и устанавливается в начале бурта, после чего включается вал отбора мощности трактора для привода роторного барабана аэратора, и агрегат начинает движение вдоль бурта. При этом барабанно-лопастный рабочий орган имеет одновременно вращательное и поступательное движение вместе с агрегатом в процессе взаимодействия с буртом компостного материала. Наклонные лопасти, врезаясь в структуру компостного материала, выполняют фрезерование бурта, отделяют определенную его часть и одновременно смешивают, разрыхляют и перемещают массу с периферии бурта к центру. Позади барабана формируется новый структурированный бурт.

В ходе исследований, проведенных в Государственном научном учреждении «Украинский научно-исследовательский институт прогнозирования и испытания техники и технологий для сельскохозяйственного производства им. Л. Погорелого», использовался тензотрактор МТЗ-82, оснащенный карданным ротационным тензометрическим динамометром (КРТД) с прибором для измерения энергетических показателей на базе модуля Е14 140М [7, 8] (рис. 2).

Оцениваемые показатели определялись согласно



Рис 1. Общий вид аэратора навозо-компостных буртов: 1 – рама; 2 – опорные колеса; 3 – прицепное устройство; 4 – карданный вал; 5 – редуктор; 6 – барабанно-лопастный рабочий орган; 7 – емкость для воды; 8 – распылители

СОУ 74.3 37276: 2005 «Техника сельскохозяйственная. Машины и оборудование с приводом от двигателей внутреннего сгорания. Методы энергетической оценки» [9]. Для достоверности результатов исследований реализация измерений при скорости агрегата до 1 м/с не должна быть меньше 25 секунд.

Испытания аэратора, согласно технологическому процессу, проводились на малой скорости трактора

при частоте вращения ВОМ – 540 и 1000 об/мин с барабанами диаметром 490 и 550 мм. Исследования выполнялись на компостном бурте шириной 2,7 и высотой 0,6 м с плотностью массы – 600 кг/м³. Для проведения исследований были выбраны четыре режима, которые характеризовались изменением частоты вращения ВОМ и диаметра барабана:

- режим 1 – 1000 об/мин. при диаметре барабана 490 мм;
- режим 2 – 540 об/мин. при диаметре барабана 490 мм;
- режим 3 – 540 об/мин. при диаметре барабана 550 мм;
- режим 4 – 1000 об / мин. и при диаметре барабана 490 мм.

В ходе исследований изучалось влияние установленных факторов на качественные и энергетические показатели работы аэратора, для чего был реализован трехфакторный план второго порядка. Кроме того, дополнительно изучалась неравномерность загрузки ведущих колес (правое и левое) в процессе работы, что имеет значение для работы с орудием несимметричной загрузки.

Матрица планирования экспериментов с уровнями варьируемых параметров приведена в таблице 1.



а)



б)



в)



г)

Рис 2. Оборудование и приборы, которые использовались при испытаниях: а – датчик для определения нагрузки на каждое ведущее колесо; б – устройство для определения расхода топлива; в – карданный роторный тензометрический динамометр (КРТД); г – прибор для измерения энергетических показателей на базе модуля E14-140M

Таблица 1. Матрица параметров исходных факторов

Диаметр барабана D, мм	Частота вращения барабана n, об/мин.	Скорость перемещения аэратора V _п , м/с
490	1250	0,48
490	1250	0,48
490	1250	0,53
490	1250	0,53
550	1250	0,50
550	1250	0,51
490	675	0,55
490	675	0,51
490	675	0,55
490	675	0,50
550	675	0,50
550	675	0,51

Результаты полученных экспериментальных исследований представлены в таблице 2. Двухуровневое варьирование трех исследуемых факторов позволяет получить линейные регрессионные модели.

Обработка экспериментальных данных позволила получить следующие зависимости:

– мощность привода барабанно-лопастного рабочего органа, кВт

$$N_{\phi} = 66,8029 - 0,0984 \cdot D + 0,0217 \cdot n - 31,7706 \cdot V_{\tau}; \quad (1)$$

– производительность перелопачивания бурта, кг/с

$$Q = 146,092 - 0,2862 \cdot D - 0,0182 \cdot n + 536,2947 \cdot V_{\tau}; \quad (2)$$

– общая энергоемкость (с учетом перемещения агрегата), Дж/кг

$$E_{\Sigma} = 343,756 - 0,371 \cdot D + 0,079 \cdot n - 290,906 \cdot V_{\tau}; \quad (3)$$

– тяговое сопротивление перемещению аэратора, кН

$$F_{\tau} = -3,265 + 0,01406 \cdot D - 0,00203 \cdot n - 0,03741 \cdot V_{\tau}; \quad (4)$$

– нагрузка двигателя трактора, %

$$k = 120,6103 - 0,1914 \cdot D + 0,0409 \cdot n - 31,6708 \cdot V_{\tau}; \quad (5)$$

Статистическая оценка полученных функций от-

клика представлена в таблице 3.

Приняв за критерий оптимизации общую энергоемкость процесса аэрации бурта, определим его минимально допустимое значение – 54,3 Дж/кг. При этом диаметр барабанно-лопастного рабочего органа составит 0,55 м, частота вращения барабана – 675 об/мин., скорость агрегата – 0,5 м/с. Следовательно, производительность аэратора будет – 232,1 кг/с (835,5 т/ч.), мощность привода барабана – 12,2 кВт, тяговое сопротивление перемещению аэратора – 4,3 кН и нагрузка двигателя трактора – 27,8 %.

При реализации первой повторности режима 1 (диаметр барабана D = 490 мм и скорость его вращения n = 1250 об/мин.), проведенного на скорости движения трактора V_п = 0,48 м/с, усилия на ВОМ составляли от 335,0 Н·м до 284,6 Н·м. В связи с неоднородностью величины бурта компоста на одном из участков усилие на ВОМ выросло до 435,8 Н·м. Усилия на ведущих колесах составили: для правой полуоси – 1209 Н·м, для левой полуоси – 1166 Н·м.

В процессе реализации второй повторности, выполненной для тех же значений варьируемых факторов, усилие на ВОМ было в пределах от 322,4 Н·м до 211,7 Н·м. Усилия на ведущих колесах составили: для правой полуоси – 875 Н·м, для левой полуоси – 756 Н·м.

При 3-й повторности со скоростью движения трактора 0,53 м/с, усилие на ВОМ возросло до 302,3 Н·м и оставалось постоянным. Усилия на ведущих колесах составили: для правой полуоси – 968 Н·м, для левой – 875 Н·м.

При 3-й повторности, выполненной с теми же величинами варьируемых факторов, усилие на ВОМ плавно возрастает до 327,4 Н·м и плавно спадает. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 1058 Н·м, для левой полуоси – 992 Н·м.

При первой повторности нагрузка двигателя трактора составила 75 %, при выполнении второй повторности нагрузка на двигатель уменьшилась до 59 %. При увеличении скорости до 0,53 м/с (третья повторность) нагрузка на двигатель возросла до 66 %.

Таблица 2. Результаты экспериментальных исследований конструктивно-технологических параметров аэратора

Мощность привода фрезерования N _ф , кВт	Производительность агрегата Q, кг/с	Общая энергоемкость процесса E, кДж/кг	Тяговое сопротивление F _т , кН	Мощность привода перемещения N _т , кВт	Расход топлива q, кг/ч	Коэффициент использования мощности двигателя k, %
36,83	240,08	146,8	1,08	0,52	10,0	75
28,48	240,08	113,50	0,81	0,39	8,7	59
31,65	265,09	113,84	0,42	0,22	9,3	66
29,00	265,09	104,61	0,68	0,36	8,8	61
21,98	236,93	85,25	1,76	0,88	7,9	47
18,46	241,66	72,06	3,31	1,69	7,3	41
19,93	289,58	71,57	2,74	1,51	7,8	47
18,98	268,52	74,10	3,41	1,74	7,4	43
11,39	289,58	41,20	1,87	1,03	6,0	27
8,54	263,25	34,60	2,16	1,08	5,5	21
14,00	242,19	55,74	2,56	1,28	6,4	32
15,78	247,03	61,10	2,33	1,19	6,7	35

Таблица 3. Статистическая оценка математических моделей

Оценочный показатель	Мощность на приводе барабана N_{ϕ} , кВт	Производительность агрегата Q , кг/с	Общая энергоёмкость процесса E , кДж/кг	Тяговое сопротивление $F_{\text{т}}$, кН	Мощность привода перемещения $N_{\text{т}}$, кВт	Расход топлива q , кг/ч	Коэффициент использования мощности двигателя k , %
Множественный коэффициент регрессии R	0,84925	0,99443	0,85411	0,7311	0,7311	0,8331	0,8329
Множественный коэффициент детерминации R^2	0,72124	0,98889	0,72950	0,5345	0,534527	0,6941	0,6937
Скорректированный коэффициент детерминации R^2	0,6167	0,98472	0,62806	0,3599	0,359975	0,5794	0,5789
Критерий Фишера $F_{05(3,8)}$	6,8996	237,42	7,1918	3,0622	3,062275	6,0511	6,0416
Уровень значимости p	<0,013	<0,0001	0,01166	0,0913	0,091363	0,0187	0,0187
Стандартная погрешность оценки	5,3443	2,3424	20,167	0,8077	0,807711	0,8907	10,6688

Во время первой повторности режима 2 ($D = 490$ мм, $n = 675$ об/мин.) На скорости $V_{\text{п}} = 0,55$ м/с усилие на ВОМ изменяется в пределах от 327,4 Н·м до 352,6 Н·м. Фактически усилие на ВОМ, по сравнению с режимом 1, не изменилось, но из-за уменьшения частоты вращения ВОМ уменьшилась нагрузка на двигатель трактора. Усилие на ведущих колесах в начале опыта возросло: на правой полуоси до 3025 Н·м, для левой – 583 Н·м. В данном случае происходит увеличение нагрузки на правую полуось трактора.

При 2-й повторности, проведенной при движении трактора со скоростью 0,51 м/с, усилие на ВОМ возрастает до 352,6 Н·м и остается таковым до окончания опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2420 Н·м, для левой полуоси – 1750 Н·м.

При 3-й повторности, выполненной на скорости трактора 0,55 м/с, усилие на ВОМ уменьшилось до 201,5 Н·м и практически сохранилось на протяжении всего опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 1512 Н·м, для левой полуоси – 1458 Н·м.

Во время 4-й повторности при скорости трактора 0,50 м/с усилие на ВОМ уменьшилось до 151,1 Н·м. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2268 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м.

В режиме 2 при частоте вращения барабана 675 об/мин. произошло уменьшение загрузки двигателя до 47 % (первая повторность) и до 21% при последующих повторностях. Однако по сравнению с режимом 1 произошел рост тягового сопротивления аэратора.

Во время 1-й повторности режима 3 ($D = 550$ мм, $n = 675$ об/мин.), выполненного при скорости движения трактора 0,50 м/с, усилие на ВОМ возрастает до 258,2 Н·м и сохраняется стабильным до конца опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2571 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м.

При второй повторности со скоростью перемещения трактора 0,51 м/с усилие на ВОМ возрастает до 277,1 Н·м и сохраняется таковым до завершения опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2419 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м. Увеличение диаметра барабана вызвало рост загрузки двигателя до 35 %.

При 1-й повторности режима 4 ($D = 550$ мм, $n = 1250$ об/мин.), при скорости трактора 0,50 м/с усилие на ВОМ уменьшается до 201,5 Н·м и сохраняется таковым до завершения опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 1966 Н·м, для левой полуоси – 875 Н·м.

При исполнении 2-й повторности со скоростью движения трактора 0,51 м/с усилие на ВОМ уменьшилось до 176,3 Н·м и оставалось стабильным до окончания опыта. Усилия на ведущих колесах составляют: для правой полуоси – 2571 Н·м, для левой полуоси – 1458 Н·м.

Таким образом, были определены значения и диапазоны максимальной несимметричной загрузки трактора и, соответственно, распределение усилий на раме аэратора в горизонтальной плоскости.

Проведенные исследования позволили внести изменения в несущую раму аэратора, что значительно улучшило ее надежность за счет усиления наиболее нагруженных элементов конструкции.

Заключение

Рациональными параметрами работы аэратора для условия минимальной энергоёмкости процесса являются: диаметр барабанно-лопастного рабочего органа – 0,55 м, частота вращения – 675 об/мин., скорость агрегата – 0,5 м/с. Энергоёмкость перелопачивания при этом составит 54,3 Дж/кг, производительность – 232,1 кг/с (835,5 т/ч), мощность привода барабанно-лопастного рабочего органа – 12,2 кВт, тяго-

вое сопротивление перемещению аэратора – 4,3 кН и загрузка двигателя трактора – 27,8 %.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бондаренко, А. М. Обоснование и разработка процессов производства и использования концентрированных органических удобрений: дис. ... докт. техн. наук: 05.20.01 / А.М. Бондаренко. – зерноград, 2001. – 451 с.

2. Голуб, Г.А. Механіко-технологічне обґрунтування технічних засобів для агропромислового виробництва їстівних грибів: автореф. дис. докт. техн. наук: 05.05.11. / Г.А. Голуб; ННЦ «ІМЕСГ». – Глеваха, 2005. – 41 с.

3. Kromer, K.-H., Reloe H. Technik und Kosten der Kompostherstellung. – Landtechnik, 1988. – № 12. – P. – 494-499.

4. Голуб, Г.А. Агропромислове виробництво їстівних грибів. Механіко-технологічні основи: монографія / Г.А. Голуб. – Київ: Аграрна наука, 2007. – 332 с.

5. Змішувач-аератор компосту: пат. 73328 України, МПК (2011.01) A01C3/00 / В.І. Харитонов, І.А. Шевченко, О.О. Ляшенко; заяв. Інститут механізації тваринництва Національної академії аграрних наук. – № у 2012 00798; заявл. 26.01.2012; опублік. 25.09.2012.

6. Харитонов, В. І. Використання змішувача-аератора з устаткуванням для зволоження при отриманні збалансованих органічних добрив: зб. наук. праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві» / В.І. Харитонов. – Запоріжжя: ІМТ НААН, 2011. – Вип. 1 (7). – С. 189-196.

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

8. Протокол енергетичної оцінки змішувача-аератора компосту / Державна наукова установа «Український науково-дослідний інститут прогнозування та випробування техніки і технологій для сільськогосподарського виробництва ім. Леоніда Погорілого»; Львівська філія УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого, 2011. – 18 с.

9. Техніка сільськогосподарська. Машина та обладнання з приводом від двигунів внутрішнього згорання. Методи енергетичної оцінки: СОУ 74.3 37 276:2000. – Введен 01.08.2006.

10. Исследовательские испытания. Планирование экспериментов. Термины и определения: ГОСТ 24026-80. Введен 01.01.81. / Государственный комитет СССР по управлению качеством продукции и стандартам. – М., 1980.

ПОСТУПИЛА В РЕДАКЦИЮ 27.02.2018

Счетчик газа ультразвуковой СГУ001 типоразмеров G16-G25

Предназначены для измерения объемного расхода горючего газа по ГОСТ 5542-87 или паров сжиженного углеводородного газа по ГОСТ 20448-90 с приведением измеренного объема газа к нормальным условиям, т.е. к температуре газа 20 °С и плотности 0,72 кг/м³ с отображением информации об объеме израсходованного газа на табло счетчика с возможностью передачи информации в централизованную систему учета.



Основные технические данные

Рабочий диапазон температур, °С	от - 30 до + 50
Рабочий диапазон расхода газа, м ³ /час	от 0,16 до 40
Основная относительная погрешность, не более, %	± 3
Порог чувствительности, не более, м ³ /час	0,05
Наибольшее избыточное рабочее давление газа, кПа	100
Число разрядов индикаторного табло счетчика	8
Дополнительная относительная погрешность при изменении температуры окружающей среды от - 30 до +50 °С, не более	0,01% на 1 °С

Цена изделий на 40-60% ниже зарубежных аналогов

Производство счетчиков освоено на ООО «Московский завод электроизмерительных приборов – 1», г. Брест. Завершается подготовка производства к выпуску счетчиков на ОАО «Агат - системы управления», г. Минск.