

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ СМЕСИТЕЛЯ–АЭРАТОРА НАВОЗНО–КОМПОСТНЫХ СМЕСЕЙ

В.И. Харитонов, аспирант (ННЦ «Институт механизации и электрификации сельского хозяйства» НААН Украины, г. Запорожье)

Аннотация

Представлены результаты экспериментальных исследований прицепного аэратора навозно-компостных буртов с роторным горизонтальным фрезерным барабаном, по которым определены зависимости энергетических показателей и производительности от диаметра фрезерного барабана, его частоты вращения и скорости перемещения агрегата.

The results of experimental researches of trailed aerator of manure and compost clumps with the horizontal rotary milling drum are presented. The dependence of energy performance and productivity on the diameter of the milling drum, its rotational speed and movement speed of the machine are defined from these results.

Введение

Решающее влияние на повышение плодородия почвы оказывают органические удобрения, которые действуют на все факторы почвенного плодородия – агрофизические, агрохимические и биологические. Имея мощный энергетический потенциал, органические удобрения создают эффективную питательную среду для растений и способствуют восстановлению и накоплению гумуса в пахотном слое [1].

Учитывая масштабность переработки отходов животноводства, растениеводства и других органических отходов, наиболее распространенным и экономически оправданным (невысокая себестоимость и адекватные эксплуатационные затраты) является процесс компостирования. Однако традиционная технология данного процесса не обеспечивает необходимой эффективности. Достичь ее возможно только при системном подходе, который объединяет весь комплекс вопросов, связанных с созданием перспективных технологий и технических средств для производства и использования высококачественных органических удобрений. Таким образом, внедрение эффективных технологий и технических средств приготовления органических удобрений – это актуальное направление исследований, которое способствует повышению плодородия почвы и частичному решению экологических проблем.

Наиболее экономичным является компостирование органических отходов на открытых площадках с контролем и регулированием факторов, обеспечивающих оптимальный технологический режим процесса компостирования. Это достигается периодической аэрацией бурта путем его перелопачивания с помощью специальных машин – аэраторов [2].

Экспериментальное определение конструктивно-технологических параметров разработанного и созданного смесителя-аэратора навозно-компостных смесей и является целью исследований, результаты которых представлены в данной статье.

Основная часть

Аэраторы по конструктивно-технологическим параметрам, принципам работы, технико-энергетическим показателям и характеристикам довольно разнообразны. Однако в большинстве из них в технологическом процессе задействованы роторные барабаны с лопастными, штифтовыми или винтовыми элементами. Их использование позволяет сочетать перелопачивание и формирование нового бурта, перемещение его слоев, как в вертикальном, так и в горизонтальном направлении, с дополнительным измельчением массы [3].

В Институте механизации животноводства Национальной академии аграрных наук Украины создан прицепной роторно-лопастной аэратор (рис. 1) навоз-



Рисунок 1. Прицепной роторно-лопастной аэратор навозно-компостных смесей в работе

но-компостных смесей, имеющий раму со сцепкой для агрегатирования с мобильным транспортным средством. Рама имеет опорные колеса и горизонтальный фрезерный барабан с рабочими элементами в виде плоских лопастей, расположенных радиально по встречным винтовым линиям. Аэратор оснащен системой увлажнения и инокуляции компоста, которая состоит из емкости для жидких компонентов, распылителей, распределителя и насоса. Для привода фрезерного барабана от ВОМ трактора использован редуктор.

Аэратор в 2011 г. прошел испытания и энергетическую оценку в Львовском филиале УкрНИИПИТ им. Л. Погорелого [4].

Испытания проводились на наименьшей скорости трактора с фрезерными барабанами, диаметром 490 и 550 мм, вращающимися с частотой 675 и 1250 об/мин. на компостном бурте, шириной 2,7 и высотой 0,6 м с плотностью массы 600 кг/м³, скорость перемещения агрегата колебалась в пределах от 0,48 до 0,55 м/с. Таким образом, был получен контролируемый неуправляемый массив данных (проведен пассивный эксперимент, при котором уровни факторов задавались независимо от экспериментатора, а не в соответствии с матрицей полнофакторного эксперимента).

При проведении исследований фиксировалась мощность привода фрезерования N_{ϕ} (кВт), производительность агрегата Q (кг/с), тяговое сопротивление $F_{т}$ (кН). Статистическая обработка результатов полученных экспериментальных данных выполнялась с применением ППП Statistica [5], что позволило получить исследуемые зависимости от варьируемых факторов в виде линейных моделей:

– мощности привода фрезерного барабана, кВт

$$N_{\phi} = 66.8029 - 0.0984 \cdot D + 0.0217 \cdot n - 31.7706 \cdot V_n;$$

– производительности перелопачивания бурта, кг/с

$$Q = 146.092 - 0.2862 \cdot D - 0.0182 \cdot n + 536.2947 \cdot V_n;$$

– тягового сопротивления перемещению аэратора, кН

$$F_{т} = 3.265 + 0.01406 \cdot D - 0.00203 \cdot n - 0.03741 \cdot V_n.$$

Достоверность полученных уравнений подтверждается уровнем значимости, наибольший из которых составляет 0,012.

Зависимости парных взаимодействий диаметра барабана D , частоты его вращения n и скорости перемещения аэратора V_n на полученные зависимости показателей работы машины, которые представляют собой семейства кривых равной величины, оцениваются исходя из условия минимального значения критерия оптимизации – энергоёмкости, которая составляет 31,0 Дж/кг. Это условие выполняется для значений исследуемых факторов: диаметра $D=550$ мм, частоты вращения барабана $n=675$ об/мин. и скорости перемещения агрегата $V_n=0,55$ м/с.

Полученные зависимости представлены графически на рис. 2.

Рост производительности от скорости агрегата, по мнению автора, дополнительного объяснения не требует.

Зависимости влияния парных взаимодействий исследуемых факторов на мощность фрезерования проиллюстрированы на рис. 3.

На рис. 2, 3 и 4 изображения соответствуют четным воздействиям факторов: а) – диаметра D и частоты вращения барабана n при скорости перемещения агрегата $V_n=0,55$ м/с; б) – диаметра D и скорости V_n

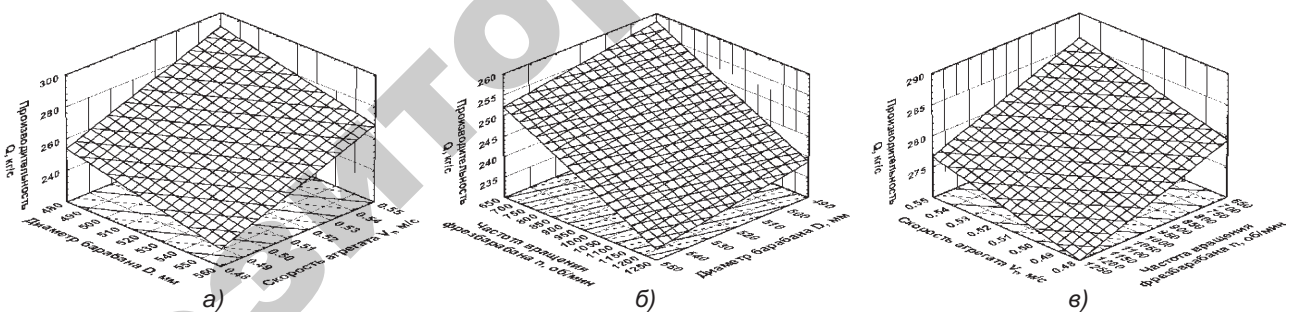


Рисунок 2. Влияние диаметра D , частоты вращения барабана n и скорости (V_n) перемещения агрегата на производительность Q процесса

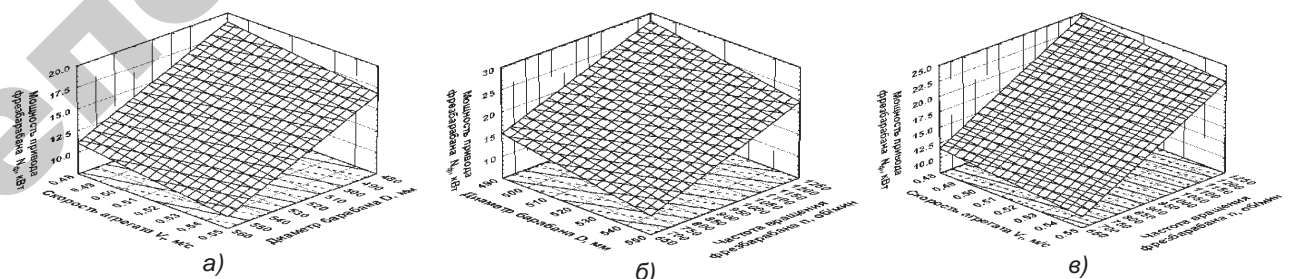


Рисунок 3. Влияние диаметра D , частоты (n) вращения барабана и скорости (V_n) перемещения агрегата на мощность (N_{ϕ}) фрезерования

при $n=675$ об/мин.; v) – скорости V_n перемещения агрегата и частоты вращения барабана n при $D=550$ мм.

Их анализ показывает снижение производительности перелопачивания бурта при фиксированной скорости перемещения агрегата с увеличением диаметра барабана и частоты его вращения. Это объясняется тем, что с увеличением диаметра барабана возрастает количество непереброшенной массы. Кроме того, с увеличением частоты вращения барабана уменьшается угол его поворота до начала схода массы с лопасти, т.е. увеличивается ее рассеивание.

Анализируя полученные поверхности, видим, что мощность перелопачивания навозно-компостного бурта для обоих сочетаний факторов возрастает с уменьшением диаметра барабана. Это объясняется увеличением пути объема фрезерования массы до начала скалывания верхней части гребня бурта, а также увеличением объема непереброшенной массы через барабан (рис. 1). Рост мощности перелопачивания от частоты вращения фрезерного барабана, т.е. линейной скорости режущих элементов при отсутствии существенной зависимости между усилием резания, по мнению автора, особого разъяснения не требует.

Со скоростью перемещения агрегата мощность возрастает при фиксированной частоте вращения. Природа этого явления объяснена выше. Скорость агрегата в паре с частотой вращения фрезерного барабана почти не влияет на мощность привода, так как она незначительна в сравнение со скоростью режущих кромок.

Также в первую очередь следует оценить изменение общей энергоёмкости (с учетом затрат на перемещение машины). Она рассчитывается как частное от деления суммы общей мощности, т.е. мощности на привод барабана и перемещения агрегата, на производительность процесса и представлена выражением (1) в Дж/кг

$$E_3 = 343.756 - 0.371 \cdot D + 0.079 \cdot n - 290.906 \cdot V_n \quad (1)$$

Полученные на основе этого уравнения парные зависимости общей энергоёмкости от указанных выше факторов приведены на рис. 4.

Из анализа этих зависимостей видно, что энергоёмкость перелопачивания бурта снижается с ростом всех исследуемых факторов во всех их сочетаниях.

Это объясняется тем, что в составляющих энергоёмкости, которая является частным от деления мощности привода на производительность, знаменатель изменяется более интенсивно, чем числитель.

Заключение

Экспериментально определены зависимости производительности и энергетических показателей аэратора компостных буртов от основных конструктивно-технологических параметров и режимов работы – диаметра фрезерного барабана, частоты его вращения и скорости перемещения агрегата.

Исходя из условий минимальной энергоёмкости, оптимальными параметрами работы аэратора являются:

- диаметр фрезерного барабана – 550 мм;
- частота вращения – 650 об/мин.;
- скорость перемещения агрегата – 0,55 м/с.

Энергоёмкость перелопачивания при этом составляет – 31,0 Дж/кг, производительность – 271,4 кг/с (976,9 т/ч).

ЛИТЕРАТУРА

1. Берестецкий, О. А. Биологические основы плодородия почв / О. А. Берестецкий, Ю. М. Возняковская, Л. М. Доросинский. – М.: Колос, 1984. – 260 с.
2. Афанасьев, В. Н. Технологии и комплексы машин для уборки, обработки и использования навоза в качестве удобрения / В. Н. Афанасьев, В. В. Калюга // Рекомендации, 1975. – Л.: НИПТИМЭСХ. – С. 3. – 28 с.
3. Lorenzo, B. Compostaggio, lemacchine-perognioperazione // Macch. e mot. agr., 2002. – № 5. – P. 49-51.
4. Шевченко, І. А. Результати експериментальних досліджень змішувача-аэратора компостів / І. А. Шевченко, В. І. Харитонов, Е. Б. Алієв // Механізація, екологізація та конвертація біосировини в тваринництві: зб. наук. праць / Ін-т мех. тваринництва НААН. – Запоріжжя, 2011. – Вип. 2(8). – С. 80-88.
5. Боровиков, В. STATISTICA. Искусство анализа данных на компьютере: для профессионалов / В. Боровиков. – 2-е изд. – (+CD). – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

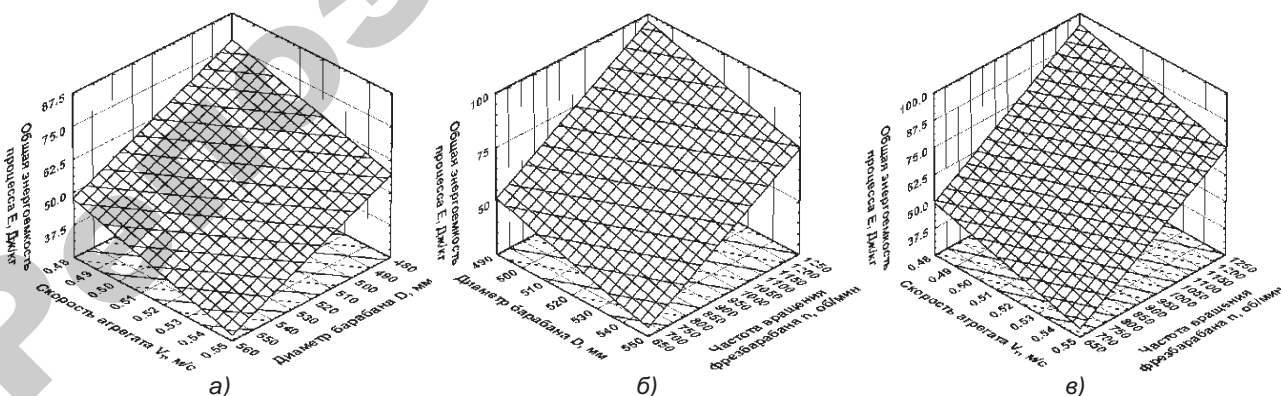


Рисунок 4. Влияние диаметра D и частоты n вращения барабана и скорости V_n перемещения агрегата на общую энергоёмкость E