

ОБОСНОВАНИЕ ВНЕШНЕГО РАДИУСА БАРАБАНА АЭРАТОРА КОПОСТНЫХ СМЕСЕЙ

**Шевченко И. А., д.т.н., чл.-кор. НААН, проф.,
Ковязин А. С., к.т.н., ст. науч. сотр., докторант, Харитонов В. И., аспирант**
(Отдел биоэкотехнических систем в животноводстве ННЦ «ИМЭСХ»)

Теоретически обосновано внешний радиус аэратора компостных смесей, обеспечивающий надежное формирование компостного бурта.

Проблема. Выполнение технологического процесса ускоренного биотермического компостирования органических сельскохозяйственных отходов на площадках для компостирования связано с выполнением целого ряда технологических операций: смешивания исходных компонентов компостной смеси, формирование бурта, перелопачивание (разрыхление) компостной смеси в бурте, их механической аэрации, увлажнения и т.д. На сегодня в Украине отсутствуют отечественные технические средства, которые были бы способны комплексно выполнять указанные технологические операции. Перспективным с этой точки зрения является создание нового высокопроизводительного технического средства непрерывного действия с совершенными рабочими органами.

Технологически наиболее привлекательными остаются рабочие органы ротационного типа, которые способны выполнять отделения материала от основного массива, разрыхление, смешивания, передвижения и опрокидывания с одной технологической зоны в другую. Учитывая, что такие рабочие органы выполняют совместно несколько функций, их конструктивные и режимные параметры имеют усредненные, а иногда компромиссные значения в зависимости от физико-механических свойств компостных материалов.

Анализ последних исследований и публикаций. Теоретическому обоснованию параметров барабанных рабочих органов посвящены работы [1-3] и работы многих других исследователей, однако в этих работах не рассматривался аспект надежного формирования компостного бурта.

Цель. Обосновать параметры аэратора компостных смесей, обеспечивающие надежное формирование компостного бурта.

Материалы и методы. Внешний радиус барабана аэратора обосновали исходя из геометрических соотношений. При обосновании внутреннего радиуса барабана аэратора использовали второй закон Ньютона. Угловую скорость барабана аэратора определяли из условия пропускной способности. Траекторию полета частиц определяли с помощью методов внешней баллистики. Для аппроксимации данных, полученных в результате теоретических экспериментов, использовался метод наименьших квадратов. Применялась система компьютерной математики для решения дифференциальных уравнений и упрощения выражений.

Результаты исследований. Рассмотрим расчетную схему (рис. 1).

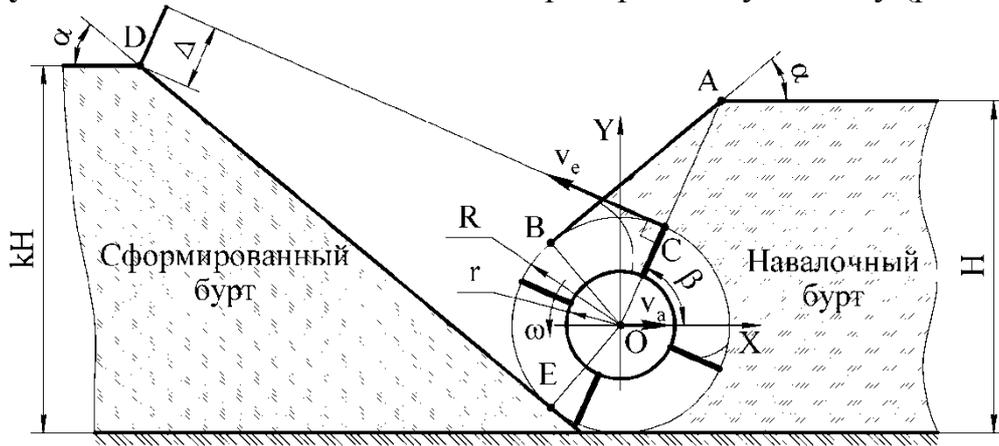


Рис. 1. Расчетная схема для обоснования внешнего радиуса барабана аэратора

Принимаем следующие допущения: рассматриваем плоскую задачу; прямая AB , определяющая поверхность навалочного бурта, расположена под углом естественного откоса α (этот угол зависит от типа и влажности компоста, его агрегатного состава, и является важнейшей физико-механической характеристикой материала) к горизонту и является касательной к окружности радиуса R ; лопасти на барабане установлены радиально; первая порция компоста начинает покидать лопасть с момента, когда лопасть находится на прямой AO ; скорость первой порции компоста относительно лопасти равна нулю, а ее скорость полета v равна окружной скорости барабана и перпендикулярна прямой AO ; траектория полета частиц первой порции компоста имеет прямолинейную форму.

Расстояние от точки D до прямой, описывающей траекторию полета частиц первой порции компоста

$$\Delta = \frac{(H - R)(y_C - y_D + (x_C - x_D) \operatorname{ctg} \alpha) + \frac{x_D - x_C}{\sin \alpha} R}{\sqrt{(H - R)^2 + \left(H - R - \frac{R}{\cos \alpha}\right)^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}}. \quad (1)$$

где R – внешний радиус барабана аэратора, м;

H – высота навалочного бурта, м;

$$x_A = \left(H - R - \frac{R}{\cos \alpha}\right) \operatorname{ctg} \alpha; \quad y_A = H - R;$$

$$x_C = \frac{R((H - R) \cos \alpha - R)}{\sqrt{H^2 - 2HR + 2R^2 - 2R(H - R) \cos \alpha}}; \quad y_C = \sqrt{R^2 - x_C^2};$$

$$x_D = \left(R - kH - \frac{R}{\cos \alpha}\right) \operatorname{ctg} \alpha; \quad y_D = kH - R;$$

k – коэффициент, учитывающий усадку сформированного бурта с течением времени (то есть сформированный бурт должен иметь несколько

большую высоту по сравнению с навалочным) и непрямолинейность траектории полета частиц первой порции компоста (частично компенсирует последнее допущение), в первом приближении принимаем $k = 1,1$.

Для определения внешнего радиуса барабана при заданных высоте навалочного бурта H и угле естественного откоса компоста α рассмотрим рис. 2.

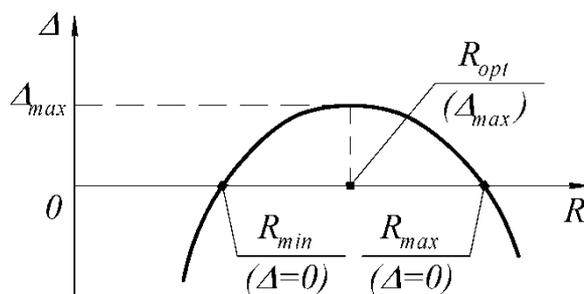


Рис. 2. Характер влияния внешнего радиуса барабана аэратора на расстояние между сформированным буртом и траекторией полета частиц первой порции компоста

При внешнем радиусе барабана $R < R_{min}$ и $R > R_{max}$ расстояние между сформированным буртом и траекторией полета частиц первой порции компоста $\Delta < 0$. То есть вектор скорости v направлен в формирующийся бурт ниже точки D . Это не позволяет сформировать бурт высотой kH , а, значит, после усадки сформированного бурта с течением времени он будет иметь высоту меньше H , что в технологическом аспекте не является благоприятным, поскольку при этом бурт растягивается по ширине и для последующей обработки компоста потребуется аэратор с большей шириной захвата. Поэтому для надежного формирования бурта $\Delta \rightarrow max$, а внешний радиус барабана R_{opt} , обеспечивающий Δ_{max} , следует считать оптимальным при заданных H и α . В последующем индекс opt опускаем. В системе компьютерной математики [4] была разработана программа и получены результаты, оформленные в виде табл. 1.

Таблица 1. Оптимальные внешние радиусы барабана аэратора R при различных высотах навалочного бурта H и углах естественного откоса компоста α

H, м	α , град.					
	40	42	44	46	48	50
0,8	0,125	0,130	0,135	0,141	0,149	0,158
1,0	0,157	0,162	0,168	0,176	0,186	0,197
1,2	0,188	0,194	0,202	0,212	0,223	0,237
1,4	0,219	0,227	0,236	0,247	0,260	0,276
1,6	0,251	0,259	0,270	0,282	0,298	0,316
1,8	0,282	0,292	0,303	0,318	0,335	0,355

Используя метод наименьших квадратов, получили функциональную зависимость $R = f(H, \alpha)$ вида адекватно описывающую полученные данные и устанавливающую влияние параметров компостного бурта на внешний радиус барабана аэратора.

$$R = 0,3743H - 1,302 \cdot 10^{-2} H\alpha + 1,895 \cdot 10^{-4} H\alpha^2, \quad (2)$$

На рис. 3 зависимость (2) представлена графически.

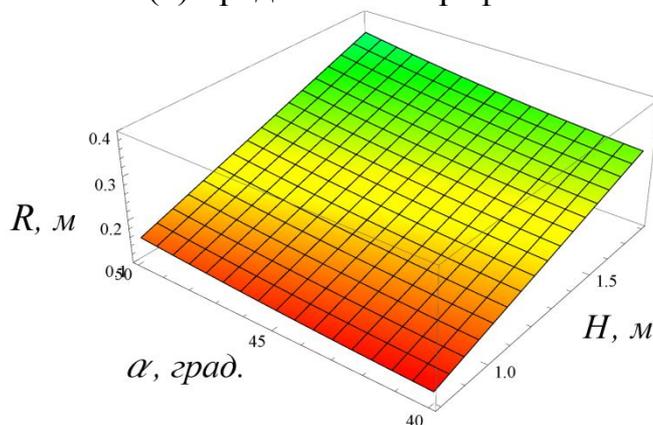


Рис. 3. Влияние параметров компостного бурта на внешний радиус барабана аэратора

Бурт будет формироваться при $\Delta \geq 0$. Тогда выражение (1) примет вид откуда при $\alpha = 45$ град. и $H = 1,0-1,8$ м барабан аэратора должен иметь внешний радиус $R = 0,3$ м.

$$\frac{(H - R)(y_c - y_D + (x_c - x_D) \operatorname{ctg} \alpha) + \frac{x_D - x_C}{\sin \alpha} R}{\sqrt{(H - R)^2 + \left(H - R - \frac{R}{\cos \alpha}\right)^2 \operatorname{ctg}^2 \alpha}} \geq 0, \quad (3)$$

Выводы. Установлено влияние параметров компостного бурта на внешний радиус барабана аэратора и получена функциональная зависимость в виде уравнения (2). При угле естественного откоса материала бурта $\alpha = 45$ град. и высоте бурта $H = 1,0-1,8$ м барабан аэратора должен иметь внешний радиус $R = 0,3$ м, что обеспечивает надежное формирование бурта.

Список литературы

1. Шевченко І. А. Механіко-математична модель процесу розвантаження барабанного робочого органу для змішування компостних матеріалів та механічної аерації / І. А. Шевченко, О. С. Ковязин, В. І. Харитонов // Збірник наукових праць ІМТ НААН «Механізація, екологізація та конвертація біосировини у тваринництві». – Вип. 1(5,6). – Запоріжжя, 2010. – С. 248-265.

2. Голуб Г. А. Обґрунтування основних параметрів радіально скошеного лопатевого ротора розкидача органічних добрив / Г. А. Голуб, В. В. Висовень, М. Є. Шаблій // Міжвідомчий тематичний науковий збірник “Механізація та

електрифікація сільського господарства”. – Глеваха. – 2004. – Вип. 88. – С. 200-207.

3. Вітрух І. П. Обґрунтування технологічного процесу приготування компостів в польових умовах / І. П. Вітрух, В. В. Висовень, Р. К. Олещенко // Удосконалення механізованих процесів в інтенсивному рослинництві західного регіону УРСР: Збірник наукових праць Львівського сільськогосподарського інституту. – Львів, 1990. – С. 24-29.

4. Половко А.М. Mathematica для студента / А.М. Половко. – СПб.: БХВ-Петербург, 2007. – 368 с.

Анотація

Обґрунтування зовнішнього радіуса барабана аератора компостних сумішей

Шевченко І. А., Ковязін О. С., Харитонов В. І.

Теоретично обґрунтовано зовнішній радіус аератора компостних сумішей, що забезпечує надійне формування компостного бурту.

Abstract

Justification of external radius the drum aerator compost mixes

I. Shevchenko, A. Kovyazin, V. Haritonov

Theoretically justified external radius aerator compost mixes that provides reliable formation of compost collar.