

УДК 631.338.92: 631.861

ИССЛЕДОВАНИЕ КОЭФФИЦИЕНТОВ ВНЕШНЕГО И ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ КОМПОСТИРУЕМЫХ МАТЕРИАЛОВ

Михаил Сергеевич Колдин

кандидат технических наук, доцент

Иван Павлович Криволапов

кандидат технических наук, доцент

koldinms@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В представленной статье проведен анализ современных установок по переработке отходов животноводства в органические удобрения, с обоснованием необходимости экспериментального исследования физико-механических свойств компостируемых материалов в процессе переработки. Рассмотрена методика и представлены результаты определения коэффициентов внешнего и внутреннего трения компостируемых смесей различной влажности в соответствии с этапами переработки.

Ключевые слова: отходы животноводства, технологии компостирования, технологический процесс, загрузка, выгрузка, компост, трибометр, сопротивление сдвигу, коэффициент трения.

Тенденция к созданию и развитию высокопроизводительной техники и оборудования по производству органических удобрений высокого качества имеет все большую актуальность.

Проводя анализ современных технологий и технических средств по переработке отходов животноводства видно, что многие технологические процессы (загрузка, перемещение, выгрузка и т.п.) при работе такого оборудования, изучены недостаточно. Большинство показателей их эффективности основаны лишь на малом количестве экспериментальных данных, не описывающих общей закономерности осуществления этих процессов.

Согласно информации источников, изучающих рентабельность производства органических удобрений из отходов животноводства, 60-70% общих энергетических затрат приходится на осуществление технологических операций по транспортировке, загрузке и выгрузке компостируемых смесей и их компонентов. А это, в первую очередь это связано с тем, что навоз, влагопоглощающие материалы и их смеси являются специфичными грузами, которые могут находиться в различных состояниях.

Проведенные ранее нами теоретические исследования [1] показали, что для проверки результатов исследований конструктивно-режимных параметров устройств разгрузки бункерных установок для переработки отходов на фермах КРС, необходимо экспериментально исследовать и обосновать ряд показателей физико-механических, технологических свойств компостируемых смесей. К ним относят: плотность ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$), влажность W (%), коэффициенты внешнего $tg\varphi_{\partial}$ и внутреннего $tg\varphi_{\epsilon}$ трения, сопротивление деформациям. При этом необходимо учитывать этапы и сроки переработки [2, 3].

Целью нашей работы является разработка методики по исследованию основных технологических свойств компостируемых смесей, а также анализ полученных результатов.

Согласно теории Мора о состоянии предельного равновесия внутри материала при выгрузке возникают силы сцепления [4]. Уравнение касательной прямой, которой аппроксимируется огибающая кривая, имеет вид

$$\tau = \tau_0 + \sigma \cdot \operatorname{tg} \varphi; \quad (1)$$

где τ_0 – начальное сопротивление сдвигу, Па;

φ – угол внутреннего трения исследуемого материала, град.

Опыты по определению сопротивления компостируемого материала сдвигу проводили с помощью специального прибора - трибометра показанного на рисунке 1.

Принцип работы прибора следующий. В желоб 5 помещается материал с образованием ровной поверхности, а рамка 3 трибометра катками устанавливается на направляющие 1 с зазором 1,0-2,0 мм от поверхности в желобе и заполняется исследуемым материалом. Сверху на материал, находящийся в рамке, устанавливают пластины 2, которые прижимают материал рамки к поверхности материала в желобе 5. Рамка соединена с грузовой чашкой 4 тросом, перекинутым через отклоняющий блок 6. Суммарный вес прижимных пластин должен составлять 0,002...0,004 кг/см², тем самым достигается нужная степень прижатия материала к исследуемой поверхности. При проведении опыта принимаем среднее значение веса пластин – 0,003 кг/см². На грузовую чашку помещали груз, в качестве которого использовался песок. По достижении определенного значения массы груза рамка начинает двигаться, и происходит срез материала.

В качестве исследуемого материала брались три варианта проб с различной влажностью $W = 45-70\%$: смесь навоза КРС с измельченной пшеничной соломой; компост свежий; компост зрелый, так как технологические фрикционные свойства непосредственно зависят от степени разложения органического вещества, степени уплотнения и др.

Значения напряжений вычисляют по формулам

$$\sigma = G_M / F_c; \quad (2)$$

$$\tau = (T_c - T_p) / F_c; \quad (3)$$

где G_m - суммарный вес прижимных пластин и материала в подвижной рамке, Н;

F_c – площадь среза, м²;

T_c – сила, вызывающая перемещение рамки, Н;

T_p – сила сопротивления перемещению рамки, Н.

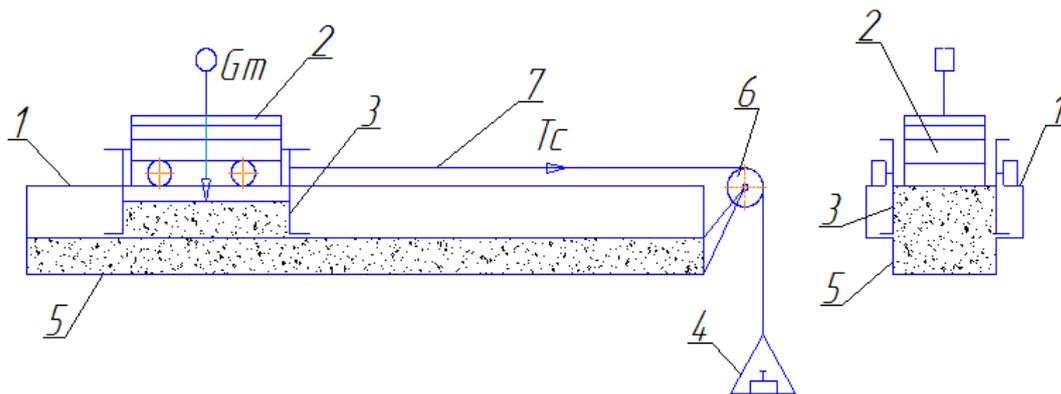


Рисунок 1 - Трибометр:

1-направляющие; 2-прижимные пластины; 3-рамка; 4- чашка с грузом; 5-желоб; 6-отклоняющий блок; 7-трос.

По опытным данным определяется коэффициент трения движения $tg \varphi_0$ и угол внешнего трения φ по формуле

$$tg \varphi_0 = \tau / \sigma ; \quad (4)$$

Коэффициент трения показывает соотношение между тангенциальной силой, необходимой для выведения груза из статического состояния, и нормально действующей на слой материала нагрузкой. При этом коэффициент внешнего трения определяется по исследуемой поверхности, коэффициент внутреннего трения – по поверхности самого груза.

Для определения коэффициентов внутреннего трения в грузовую чашку засыпается исследуемый материал в количестве на 10-15% больше по массе, чем при определении коэффициентов трения движения для того, чтобы рамка не просто сдвинулась со своего прежнего места, а продолжала движение по исследуемому материалу.

Время t , прохождения рамкой расстояния L , фиксировалось с помощью секундомера, результаты записывались в журнал. Повторность каждой серии

опытов принята равной трем. Затем коэффициенты внутреннего трения $tg \varphi_e$ определялись по формуле:

$$tg \varphi_e = tg \varphi_0 + (2L / gt^2); \quad (5)$$

Зависимость коэффициентов внешнего и внутреннего трения от влажности исследуемого материала представлены на рисунке 2 и в таблице 1.

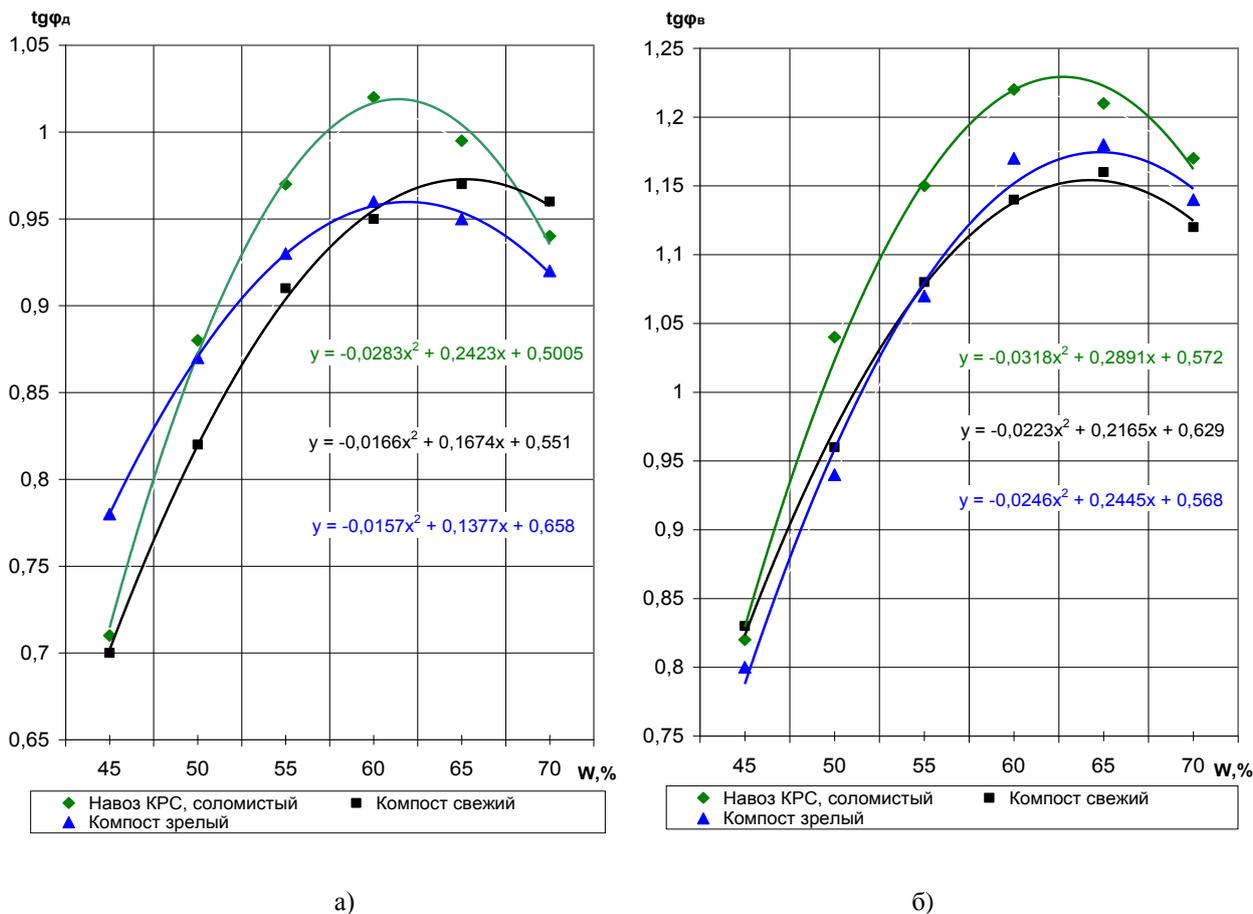


Рисунок 2 - Зависимость коэффициентов внешнего трения $tg \varphi_0$ (а) и внутреннего трения $tg \varphi_e$ (б) от влажности W и вида исследуемого материала

По результатам проведенных опытов видно, что при увеличении влажности исследуемого компостируемого материала до 60-65% коэффициенты трения возрастают до определенной величины за счет увеличения их липкости.

Значения коэффициентов внешнего $tg \varphi_{\delta}$ и внутреннего $tg \varphi_{\epsilon}$ трения

№ п/п	Показатели	Ед. изм.	Вид исследуемого материала		
			Навоз КРС, соломистый	Компост свежий	Компост зрелый
1	Влажность W	%	45-70	45-70	45-70
2	Коэффициент внешнего трения по стали $tg \varphi_{\delta}$	-	0,71-1,02	0,7-0,97	0,78-0,96
3	Коэффициент внутреннего трения $tg \varphi_{\epsilon}$	-	0,82-1,22	0,83-1,16	0,8-1,18
4	Угол трения по стали φ_{δ}	град	35,9-45,6	35,1-44,1	38-43,8
5	Угол внутреннего трения φ_{ϵ}	град	39,4-50,7	39,7-49,2	38,7-49,7

При достижении вышеуказанной влажности значения коэффициентов стабилизируются, а затем на поверхности исследуемых материалов образуется жидкостная пленка, которая играет роль смазывающего компонента и они начинают скользить по исследуемой поверхности с меньшим усилием, таким образом, значения коэффициентов трения начинают уменьшаться.

Полученные данные позволяют использовать их при расчете и проектировании элементов конструкции установок для компостирования, устройств погрузки и транспортировки компостируемых смесей и готовых органических удобрений в виде компостов.

Список литературы:

1. Колдин М.С. Производственная проверка экспериментальной аэрационной установки модульного типа для переработки отходов животноводства. // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н.И. Вавилова. 2006. № 4. С. 20-23.
2. Колдин М.С. Исследование теплофизических свойств соломонавозных смесей при компостировании // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института механизации животноводства. 2012. № 4 (8). С. 48-52.

3. Колдин М.С., Миронов В.В., Манаенков К.А. Исследование параметров устройства выгрузки вертикальных компостирующих установок. // Вестник сельского развития и социальной политики. 2017. № 2 (14). С. 24-30.

4. Ковалев Н.Г. Сельскохозяйственные материалы виды, состав, свойства. // М.: ИК Родник. 1998. 208 с.

UDC 631.338.92: 631.861

INVESTIGATION OF THE COEFFICIENTS OF EXTERNAL AND INTERNAL FRICTION OF COMPOSTABLE MATERIALS

Mikhail S. Koldin

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

Ivan P. Krivolapov

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor

koldinms@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University,

Michurinsk, Russia

Annotation. The article presents an analysis of modern plants for processing animal waste into organic fertilizers, with the justification of the need for experimental research of the physical and mechanical properties of compostable materials in the processing process. The methodology is considered and the results of determining the coefficients of external and internal friction of compostable mixtures of different humidity in accordance with the stages of processing are presented.

Keywords: animal husbandry waste, composting technologies, technological process, loading, unloading, compost, tribometer, shear resistance, coefficient of friction.

Статья поступила в редакцию 12.11.2022; одобрена после рецензирования 02.12.2022; принята к публикации 20.12.2022.

The article was submitted 05.11.2022; approved after reviewing 02.12.2022; accepted for publication 20.12.2022.