

СОРТИРОВОЧНО–ОБОГАТИТЕЛЬНАЯ УСТАНОВКА ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ ОТХОДОВ (ТКО)

Л.А. Сиваченко¹, М.С. Кузьменкова²

¹Межгосударственное образовательное учреждение высшего образования
«Белорусско-Российский университет»
²Учреждение образования
«Барановичский государственный университет»

Рассматривается проблема переработки материалов, которые характеризуются неоднородностью по составу и свойствам. Предложен вариант выполнения поверхности волнового грохота в виде кинематически деформируемых волновых гибких сплошных, перфорированных или составных оболочек для разделения материалов по крупности. Описана техническая гипотеза разрабатываемого оборудования. Представлены результаты технологических испытаний.

Ключевые слова: отходы, сортировка, деформации, гибкая волновая рабочая камера, грохочение, эффективность процесса

SORTING AND PROCESSING PLANT FOR PROCESSING SOLID MUNICIPAL WASTE (MSW)

L.A. Sivachenko¹, M.S. Kuzmenkova²

¹Interstate Educational Institution of Higher Education
"Belarusian-Russian University"
²Educational Institution "Baranovichi State University"

The problem of processing materials that are characterized by heterogeneity in composition and properties is considered. A variant of the surface of the wave screen in the form of kinematically deformable wave flexible solid, perforated or composite shells for separating materials by size is proposed. The technical hypothesis of the developed equipment is described. The results of technological tests are presented.

Keywords: waste, sorting, deformation, flexible wave working chamber, screening, process efficiency

Проблема обращения с отходами производства и потребления актуальна для многих стран, поскольку любая деятельность человека сопровождается образованием различных отходов. Причем ежегодно возрастают объемы отходов, образующихся в быту, изменяется состав отходов в сторону увеличения доли упаковочных материалов, которые характеризуются повышенной стойкостью к разложению в природе. В настоящее время проблема управления твердыми коммунальными отходами (ТКО) во всем мире является одной из приоритетных [1]. Утилизация твердых отходов в большинстве случаев приводит к необходимости либо их разделения на компоненты (в процессах очистки, обогащения, извлечения ценных составляющих) с последующей переработкой сепарированных материалов различными методами, либо придания им определенного вида, обеспечивающего саму возможность утилизации отходов. Решение накопившихся проблем переработки ТБО в настоящее время приобретает первостепенное значение. Также, в результате постепенного истощения таких источников природного сырья как нефть, каменный уголь, руда для чёрных и цветных металлов, для большинства видов народного хозяйства особую важность приобретает использование различных видов ТБО в полном объёме. Основными сложностями при решении задач по утилизации ТБО являются отсутствие чёткой научно-обоснованной классификации отходов, необходимость использования сложного дорогостоящего оборудования [1, 2]. Предлагаемая нами концепция использования ТКО предполагает их обогащение путем увеличения отбора органических составляющих, что обеспечивается путем разрушения пищевых отходов и их удаление из рабочей зоны грохота без существенного разрушения других составляющих твердых коммунальных отходов, их последующего использования в качестве топливных гранул для цементных печей, выгорающих добавок в керамические изделия, а также как материал для закладки в биогазовые установки.

ТКО являются крупнотоннажными отходами, представляющими собой гетерогенную смесь различных по физическому состоянию, крупности и свойствам органических и неорганических компонентов сложного морфологического состава. Их состав меняется во времени, в том числе по сезонам года, и зависит от места расположения населенного пункта, его величины, состояния благоустройства, уровня развития промышленности и ряда других показателей. В состав ТКО входят полагаемые людьми непригодными к дальнейшему потреблению предметы и материалы: печатная продукция различных видов (старые книги, газеты, журналы и т.п.), битая, деформированная и грязная посуда (стеклянная, керамическая, металлическая), упаковочные изделия, изделия из синтети-

ческих полимеров (пластмасс), консервные банки, изношенная одежда и обувь, пищевые отбросы, древесина (щепки, стружки, опилки, палки, тарные дощечки и т.п.), строительный, домовый и уличный мусор и многие другие компоненты.

Важной характеристикой является фракционный состав ТКО – процентное содержание массы компонентов, проходящих через сита с ячейками различного размера. Ориентировочный морфологический и фракционный состав ТКО для фракции менее 50 мм представлен в таблице 1.

Таблица 1. Ориентировочный морфологический и фракционный состав ТКО, % по массе

Компонент	Размер фракции, мм
	Менее 50
Пищевые отходы	17,0-21,0
Бумага, картон	2,0-5,0
Дерево	0-0,5
Металл	0,3-0,5
Текстиль	0-0,6
Кости	0,5-0,9
Стекло	,01-1,6
Кожа, резина	-
Камни, штукатурка	0,5-2,0
Пластмасса	0,2-0,5
Прочее	0-0,5
Отсев (менее 15 мм)	4,0-6,0
Всего	32,3

Состав и свойства ТКО имеют определяющее значение при решении вопросов их сбора, удаления, складирования (захоронения, изоляции), обезвреживания и заводской переработки (утилизации). Выбор оптимальной технологии переработки ТКО представляет собой наиболее ответственный этап в разработке общей концепции их эвакуации и утилизации. В целом ТКО состоит из трех компонентов: органическая составляющая 15-50%, инертная часть 1,5-40%, вода 25-60% [2].

Грохочение широко распространено и универсально, может быть применимо ко всем твердым материалам без исключения. Технически наиболее сложной является операция грохочения твердых материалов, содержащих глинистые компоненты, макулатуру, полимерную пленку и текстиль. Например, до настоящего времени нет аппаратов, обеспечи-

вающих эффективное грохочение влажных ТКО при высоком содержании в них текстильных компонентов, например, традиционный барабанный грохот забивается текстилем за несколько смен и перестает работать как сортирующее устройство. Эффективностью грохочения называется полнота разделения твердых материалов по крупности. Теоретически при правильном режиме работы грохота все частицы исходного материала, размер которых меньше размера отверстий грохота, должны перейти в подрешетный продукт. В действительности из-за несовершенной работы грохота и разнообразной формы кусков материала часть нижнего продукта всегда остается в надрешетном. Эффективность грохочения понижается с повышением влажности. Смеси различных компонентов, подлежащих разделению с учетом их различных свойств и особенностей требует разработки новых конструкций и совершенствования существующих с целью повышения их эффективности уменьшения удельных энергозатрат, увеличения долговечности и удобства эксплуатации.

Одним из востребованных направлений на сегодняшний день является необходимость создания аппаратов, которые способны осуществлять эффективное разделение неоднородных и сложных по составу и свойствам материалов. Концепция оборудования основана на использовании рабочих камер технологических аппаратов, выполненных в виде кинематически деформируемых волновых гибких сплошных, перфорированных или составных оболочек, внутренние поверхности или элементы которых способны воздействовать на перерабатываемую среду с максимальной адаптивностью при проведении процессов измельчения, смешивания и разделения материалов по крупности [3]. В процессе работы предлагаемого аппарата волнообразному гибкому перфорированному лотку сообщаются интенсивные перемещения, что приводит в движение перерабатываемую среду, т.е. насыпной материал, который периодически сталкивается с поверхностью лотка, а куски или частицы, размер которых меньше размера просеивающих отверстий проходят через них в качестве подрешетного продукта. Волнообразная поверхность для просеивания обеспечивает сложное движение перерабатываемому продукту, частицы которого принудительно и с большим ускорением проталкиваются перед отверстием соответствующего им размера. Для интенсификации процесса грохочения целесообразно над просеивающей поверхностью установить интенсификаторы процесса разделения, представляющие собой отрезки цепей, закрепленные одним концом на кронштейнах и свободно провисающих в центральной части гибкого перфорированного лотка, а для упрощения конструкции амортизаторов и улучшения демпфирования колебаний и возврата в крайнее положение их лучше всего

изготавливать в виде цилиндрических пружин растяжения. В рабочей зоне происходит активное перемешивание, с поверхности кусков отбиваются налипающие мелкие частицы органических веществ. При этом постепенно отсеивается мелкая фракция, а более крупная движется вниз по лотку. Именно такое конструктивное исполнение просеивающей поверхности и организация её движения способствует максимальной эффективности процесса грохочения. Резиновая гибкая кинематически деформируемая оболочка просеивающей поверхности полностью исключает налипание и забивание пропускных отверстий, а отсутствие в ней металлических элементов способствует значительному снижению шума при работе. Общий вид грохота с гибкой волновой просеивающей поверхностью представлен на рис. 1.

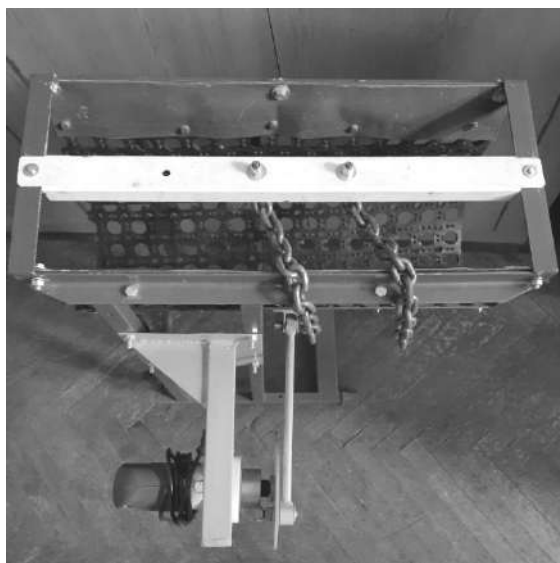


Рис. 1. Общий вид грохота с гибкой волновой просеивающей поверхностью

Для определения потенциальных возможностей аппарата проведён комплекс исследований по изучению процессов смешивания и разделения материалов по крупности, т.е. грохочения. Для этих целей использовалась установка со следующими характеристиками: размер рабочей камеры в плане – 650×250 мм, длина кривошипа – 30, 45, 60, 75 мм, частота вращения кривошипа – 0-600 об/мин, мощность приводного двигателя –

1,1 кВт. Для процесса грохочения гибкая рабочая камера выполнена в виде перфорированного резинового листа с круглыми отверстиями диаметром 50 мм [4]. Полученные результаты в виде графика влияния угла установки α рабочей камеры на эффективность C грохочения и производительность Π грохота представлены на рис. 2.

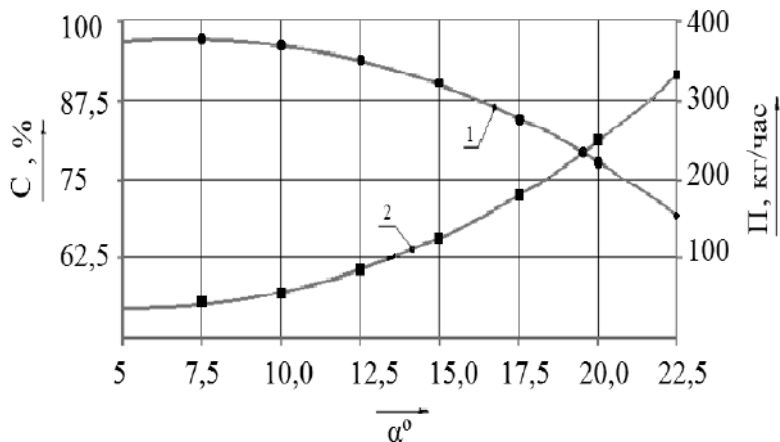


Рис. 2. График влияния угла установки α° рабочей камеры на эффективность грохочения C [1] и производительность Π [2] грохота

В процессе испытаний установлено, что перфорированная волновая поверхность при размерах отверстий 50 мм является очень эффективным рабочим оборудованием для сортировки трудноразделяемых материалов. На такой поверхности отсутствует налипание, а просеивающие отверстия не забиваются исходными кучками. Полученные зависимости со всей очевидностью показывают, что предпочтительными углами α установки рабочей камеры следует считать углы 12,5–17,5°.

Оценивая работу волнового грохота можно отметить, что подобный способ разделения неоднородных и сложных по составу и свойствам материалов может найти применение для переработки твердых коммунальных отходов. При переработке исходного материала используя интенсификаторы рабочего процесса можно увеличить объем отсеивания влажных пищевых отходов за счет отбивания налипших продуктов. Применение предлагаемой установки позволит максимально использовать ресурсный потенциал отходов, чтобы сократить их захоронение и снизить негативное влияние на окружающую среду.

В дополнительных вариантах выполнения аппарата предусмотрено, что просеивающая поверхность выполнена из набора секций, размеры отверстий которых ступенчато увеличиваются от верхней части к нижней части лотка, причем просеивающая поверхность выполнена в виде листа из износостойкой резины, армированной высокопрочными волокнами, в частности металлическими с устройством под просеивающей поверхностью выгрузочного лотка. Вертикально установленный шатун связан с центральной частью внутренней стенки рабочей камеры и производит её перемещения с периодическим образованием двух симметричных волн различной направленности в зависимости от кинематики его движения. В целом это перспективный технологический аппарат многоцелевого назначения (рис. 3).

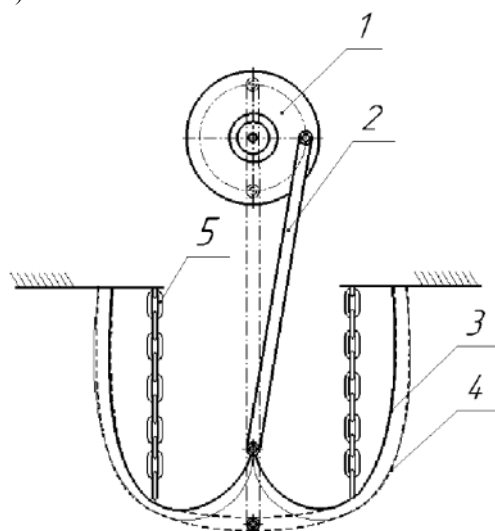


Рис. 3. Схема двухволнового грохота с гибкой просеивающей поверхностью:

- 1 – кривошипный приводной механизм;
- 2 - шатун; 3 – волновая просеивающая рабочая камера;
- 4 – выгрузочный лоток; 5 – цепные интенсификаторы

Твердые коммунальные отходы содержат много полезных и нужных материалов, которые можно рационально и многократно использовать. Их предварительное выделение из общей массы отходов и переработка в полезные материалы значительно экономичнее получения последних из природного сырья. Конструктивная база существующих аппа-

ратов для грохочения не обеспечивает требуемой эффективности при грохочении неоднородных и сложных по составу и свойствам материалов, что обусловлено как отсутствием новой научной концепции, дающей ответ на разработку соответствующих подходов и способов проведения этих процессов, так и особыми исходными требованиями к выполнению просеивающих поверхностей и характера их взаимодействия со средой. Одним из новых направлений повышения эффективности разделения таких материалов, может стать предложенный вариант выполнения поверхности волнового грохота в виде кинематически деформируемых волновых гибких сплошных, перфорированных или составных оболочек, которые обеспечивают эффективное проведение процесса разделения материалов по крупности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Утилизация и переработка твёрдых бытовых отходов: учебное пособие / А.С. Клинков, П.С. Беляев, В.Г. Однолько, М.В. Соколов, П.В. Макеев, И.В. Шашков. Тамбов: Изд-во ТГТУ, 2015. 188 с.
2. *Коньк О.А.* Технологии переработки твердых отходов: учебное пособие / О.А. Коньк, А.В. Кузванова. 2-е изд., доп. и перераб. Сыктывкар: СЛИ, 2018. URL: <http://lib.sfi.komi.com>
3. *Сиваченко Л.А.* Многоцелевые технологические аппараты с гибким волновым рабочим оборудованием / Л.А. Сиваченко, В.А. Потапов, М.С. Кузьменкова // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2022. № 9. С. 88–98.
4. *Сиваченко Л.А.* Многоцелевые аппараты с волновой рабочей камерой / Л.А. Сиваченко, М.С. Кузьменкова, Ю.М. Харитонов // Межвузовский сборник статей энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов. Белгород: БГТУ им. В.Г. Шухова, 2021. С. 252-259.