

НОВОЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПЕРЕРАБОТКИ ТВЕРДЫХ КОММУНАЛЬНЫХ, СТРОИТЕЛЬНЫХ И ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

Л.А. Сиваченко¹, Г.И. Белохвостов², Т.Л. Сиваченко³, В.А. Потапов⁴

¹Межгосударственное образовательное учреждение
высшего образования

«Белорусско-Российский университет», Могилев, Беларусь

²Унитарное предприятие «Минскпроект», Минск, Беларусь

³Унитарное частное производственное предприятие

«КБ «Промышленные технологии и комплексы», Могилев, Беларусь

⁴Учреждение образования

«Барановичский государственный университет»,

Барановичи, Беларусь

Кратко описано разработанное авторами оборудование для измельчения, диспергирования, сортировки, обогащения, влагоотделения, улучшения реологических характеристик ряда материалов, входящих в состав твердых коммунальных, строительных и промышленных отходов.

Изложены различные методы переработки материалов, входящих в состав отходов, приведены конструкции цепных, пружинных, иглофризерных, многолезвийных и других аппаратов и дана оценка потенциала их технологического использования.

Постановка проблемы

В результате различных видов деятельности человека образуется огромное количество отходов [1]. Их состав и свойства чрезвычайно разнообразны, и если давать им оценку только по физико-механическим показателям, то это хрупкость, влажность, форма частиц (кусков), анизотропия, прочность, твердость, реологические характеристики, конгломеративность слагающего массива, плотность, абразивность и т. д. К этому следует добавить неоднородность по химическому составу, степень разложения, токсичность, химическую активность и ряд других, а также условия нахождения отходов: в терриконах, свалках и прочих их скоплениях после выведения из хозяйственного оборота. Условия их переработки по своей трудности представляют сложнейшую технологическую задачу.

Сегодня существует большой набор различных способов переработки отходов и превращения их в полезные материалы. При этом основными и во многом определяющими являются операции первичной стадии их переработки. Основными для них являются: исходная сортировка, измельчение, разделение по хрупкости, предварительное

обогащение, водоудаление, смесобразование. Однако существующие виды оборудования, которые используются для этих целей, уже не обеспечивают эффективной переработки отходов, а рост их объемов и возрастающие требования по эффективности использования, экологичности, производственным издержкам, а в идеале – соединения циклов потребления и утилизации во времени, заставляют нас искать новые направления дальнейшего развития машин для решения этих задач.

1. Методология создания нового оборудования для переработки отходов

Процессы переработки неоднородных по составу и свойствам твердых отходов предъявляют к рабочему оборудованию технологических машин целый ряд взаимосвязанных требований, которые в итоге обеспечивают максимальную их эффективность [2].

1. Избирательное воздействие на отдельные агрегаты (конгломераты), входящие в состав массива или потока отходов, при котором целевому нагружению подвергается только определенная его часть [3].

2. Обеспечение «всеядности» процесса переработки при устойчивой работе оборудования на материалах с широким разбросом их физико-механических свойств [4].

3. Проведение процессов переработки отходов с максимальным использованием входящих в них полезных материалов [5, 6].

4. Придание массивам обрабатываемых отходов требуемых реологических характеристик [7].

5. Совмещение в одном агрегате различных технологических процессов [8].

Универсальную методическую базу для создания принципиально новых технологических машин различного назначения априори невозможно разработать, так как человечество уже давно использовало бы в ее своих практических целях. Тем не менее, остановимся на отдельных, достаточно обоснованных с научной точки зрения, подходах, которые могут дать приближенные направления в определенной части рассматриваемой нами проблеме. Коротко их представим и отметим, что в той или иной степени они использованы в разработанном оборудовании [9].

Методы технологической вибротехники. Основаны на вибрационных или динамических воздействиях при переработке сырья и материалов, которые создают особые условия в поведении как материала, так и рабочего оборудования.

Адаптивные методы переработки материалов. Используется механизм приспособленности рабочих органов к свойствам перерабатыва-

емых материалов. В основе их – бионика, т. е. опыт и механизмы живых организмов, а также растений взаимодействовать с внешней средой.

Методы физико-химической механики. В их основных положениях реализованы механизмы изменения состояния поверхности твердых тел путем введения поверхностно-активных веществ (ПАВ) и наложения внешних воздействий.

Вариативные подходы проведения технологических процессов. Включают в себя изменения характера условий проведения обработки материалов соответственно изменениям их свойств.

Аномальные эффекты в проведении технологических процессов. Методология этого подхода состоит в управлении свойствами обрабатываемых материалов за счет особых условий проведения процессов, например, физических полей, температуры, давления, магнитных свойств и т. д.

2. Основная часть

Конкретные примеры создания новых технологических аппаратов для переработки отходов на различных этапах существующих переделов приведены ниже.

Цепной агрегат многоцелевого назначения. Предназначен для измельчения, сортировки, камнеудаления, водоудаления, подсушки, предварительного обогащения и других процессов на первичных стадиях переработки сырья и отходов. Схема и общий вид одной из моделей цепного агрегата приведены на рисунке 1.

В простейшем исполнении цепной агрегат содержит несущую раму 1, загрузочный люк 2, рабочую камеру 3, рабочее оборудование 4 и привод 5 на основе кривошипно-шатунного механизма 6. Рабочая камера 3 образована боковыми стенками 7, 8 и рабочим оборудованием 4, состоящим из двухволновой цепной завесы 9. Обработка материала производится колеблющимися цепными элементами с интенсификаторами процесса (зубьями, ножами). Измельченный или отсортированный материал просыпается между звеньями цепей, а крупные или недробимые куски удаляются из агрегата через боковые проемы.

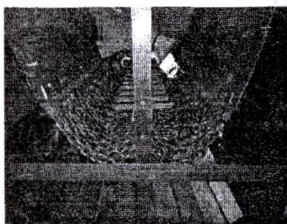
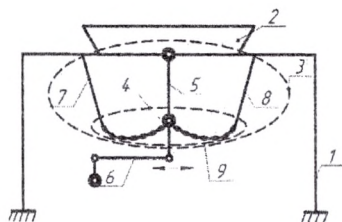


Рисунок 1 – Схема и общий вид цепного агрегата

Цепной агрегат [10] целенаправленно создавался для первичной переработки различных видов отходов. Диапазон границ разделения обработанного продукта 30–120 мм при производительности 3–5 т/ч.

Молотковая дробилка с наклонным корпусом [11]. Особенностью ее конструкции является создание управляемого движения материала в рабочей камере, которая кроме того, что установлена под углом, в верхней части имеет расширение для устранения центробежного влияния движения частиц на процесс их разрушения. Схема и общий вид дробилки приведены на рисунке 2.

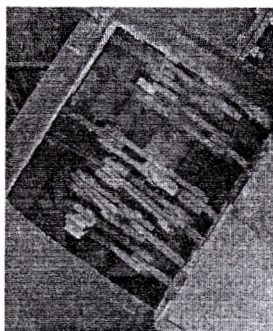
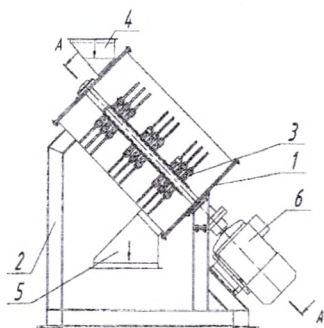


Рисунок 2 – Схема и общий вид молотковой дробилки с наклонным корпусом

Дробилка содержит рабочую камеру 1, смонтированную на раме 2, ротор 3 с секциями бильных элементов, загрузочный 4 и выгрузочный 5 люки и приводной электродвигатель 6. В такой установке совмещаются механизмы разрушения горизонтальной и вертикальной дробилок и достигаются новые технологические преимущества: меньший расход энергии, повышенная степень дробления, способность работы на материалах критической влажности.

Пружинная мельница [2]. Разрушение материала осуществляется между витками изогнутой и вращающейся пружины. Создано около 50 конструктивных исполнений пружинных мельниц производительностью от 1 кг/ч до 50 т/ч. Схема разрушения материала и вариант выполнения пружинной мельницы промышленного назначения представлены на рисунке 3.

Пружинные мельницы обеспечивают тонкий и сверхтонкий помол материалов преимущественно минерального происхождения. Позволяют получать высококачественные и однородные композиции, являются хорошим механоактиватором. Могут работать по сухому и мокрому способу при крупности частиц исходного материала до 10–12 мм.

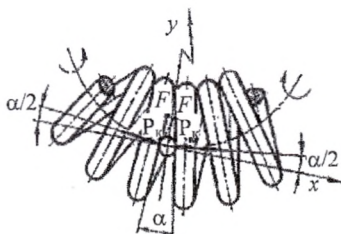


Рисунок 3 – Схема разрушения материала и общий вид пружинной мельницы промышленного назначения

Пружинный грохот [12]. Просеивающей поверхностью грохота является пружина сжатия, которая приводится в колебательное движение аналогично грохотам других конструкций. Механизм просеивания материала и пример секционного выполнения рабочего оборудования одного из вариантов пружинного грохота изображены на рисунке 4.

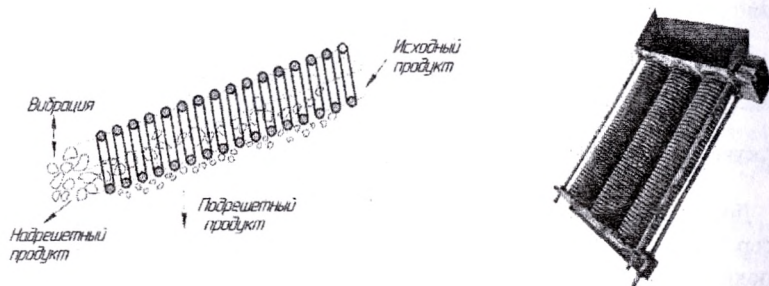


Рисунок 4 – Механизм разделения и конструкция секционного оборудования пружинного грохота

Пружинный грохот, рабочее оборудование которого может состоять из различного набора пружин, предназначен для эффективного разделения материалов по границе крупности 0,5–10 мм при производительности от 5 кг/ч до 150–200 т/ч. Позволяет работать на материалах повышенной влажности, самоочищается. Главная его особенность – плавное изменение границы разделения путем поджатия витков пружин и компенсации этим износа их боковых поверхностей.

Иглофрезерные измельчители [4]. Принцип действия этих аппаратов основан на применении в качестве рабочих органов металлических щеток различных конструкций. Инструмент подобного типа очень широко используется в обработке металлических поверхностей, но для измельчения ранее не применялся. Щеточный или иглофрезер-

ный рабочий орган может осуществлять обработку материала концевыми участками проволочек путем истирания, среза, сжатия, удара и т. д. Этот вид оборудования только начинает развиваться, и можно предположить, что, например, при измельчении твердых коммунальных отходов (ТКО) он сможет найти самое широкое использование. Один из вариантов выполнения иглофрезерного рабочего органа и измельчителя истирающего действия на его основе показаны на рисунке 5.

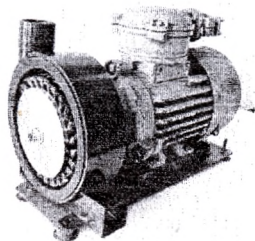


Рисунок 5 – Иголфрезерный рабочий орган и измельчитель истирающего действия на его основе

Измельчитель с многолезвийными рабочими органами. Идеология измельчения вязкопластичных и композиционных материалов в такой установке заключается в создании большого числа режущих кромок с помощью фрезерных органов различной конструкции, образующих зоны высокой интенсивности разрушения. Пример создания такой конструкции для ТКО иллюстрируется рисунком 6, где приведена схема дробилки с многолезвийными рабочими органами и опытный образец для ее реализации.

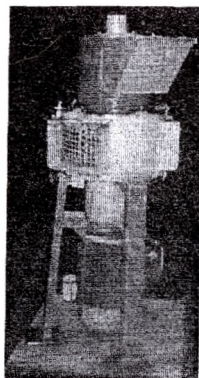
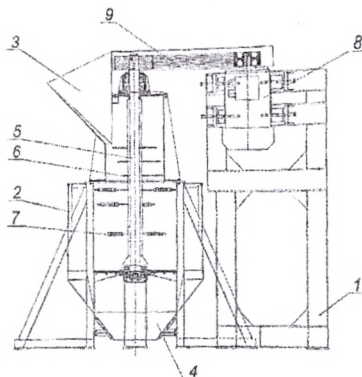


Рисунок 6 – Схема и опытный образец измельчителя с многолезвийными рабочими органами

Дробилка содержит раму 1, рабочую камеру 2 с просеивающей решеткой, загрузочный люк 3 и выгрузочный патрубок 4, вертикальный ротор 5 с билами 6 для измельчения минералов и многолезвийных фрез 7 для остальных компонентов ТКО. Ротор приводится во вращение от электродвигателя 8 через клиноременную передачу 9. Агрегат работает по методу принудительной циркуляции материала и отвода через боковые решетки измельченной фракции.

Достижимая крупность измельчения – 10–30 мм при энергоемкости процесса 9–12 кВт/ч/т и размерах исходных кусков материала до 120–150 мм. Разработана конструкторская документация на промышленную дробилку производительностью 10 т/ч.

Заключение

Описанные подходы в организации процессов переработки отходов различных видов и примеры их конкретной реализации могут быть использованы для решения комплексных задач по их регенерации и предлагаются в качестве методической базы и конструкторских решений по освоению отечественным машиностроением новой конкурентоспособной продукции.

Список литературы

1. Федоров, Л.Г. Управление отходами в крупных городах и агломерационных системах / Л.Г. Федоров. – М.: Примма-пресс, 1999. – 110 с.
2. Технологические аппараты адаптивного действия / Л.А. Сиваченко [и др]. – Минск: БГУ, 2008. – 375 с.
3. Сиваченко, Л.А. Реализация единичных актов разрушения материалов в агрегатах ударно-стирающего действия / Л.А. Сиваченко, Н.В. Курочкин, Т.Л. Сиваченко // Ударно-вибрационные системы и машины для строительной и горной отраслей: материалы междунар. науч. симпозиума. – Орел: ОГУ им. И.С. Тургенева, 2017. – С. 43–49.
4. Севостьянов, В.С. Технологические аппараты с иглофрезерными рабочими органами для комплексной переработки композиционных материалов / В.С. Севостьянов, Т.Л. Сиваченко, С.А. Михайличенко // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. – 2015. – № 2. – С. 50–56.
5. Сиваченко, Л.А. Технологический потенциал машиностроения / И.А. Савченко // Строительные и дорожные машины. – 2018. – № 3. – С. 3–14.

6. Сиваченко, Л.А. Технологический потенциал машиностроения, Строительные и дорожные машины. – 2018. – № 4. – С. 3–11.

7. Сиваченко, Л.А. Новые конструкции механоактиваторов адаптивного действия для бетонных смесей / Л.А. Сиваченко, Е.А. Шаройкина, Т.Л. Сиваченко // Механизация строительства. – 2017. – № 1. – С. 11–17.

8. Сиваченко, Л.А. Зубофрезерный измельчитель для твердых бытовых отходов / Л.А. Сиваченко, Е.И. Дерман // Энерго- и ресурсосберегающие экологически чистые химико-технологические процессы защиты окружающей среды: сборник докладов Междунар. науч.-техн. конф. / БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2015. – Ч. 3. – С. 306–310.

9. Сиваченко, Л.А. Технологическое машиностроение – инновационный резерв мировой экономики / Л.А. Сиваченко, Т.Л. Сиваченко. – Могилев: Беларус.-Рос. ун-т, 2017. – 254 с.

10. Сиваченко, Л.А. Многофункциональный технологический агрегат с цепным рабочим оборудованием / Л.А. Сиваченко, В.А. Потапов, Т.Л. Сиваченко // Энерго-ресурсосберегающие технологии и оборудование в дорожной и строительной отраслях: матер. междунар. науч.-техн. конф. / БГТУ им. В.Г. Шухова. – Белгород, 2018. – С. 210–215.

11. Дробилка ударного действия: пат. ВУ 22189 / Л.А. Сиваченко, Н.В. Курочкин, А.Н. Хустенко. – Опубл. 26.06.2018.

12. Толочинец, И.М. Экспериментальные исследования рабочего процесса пружинного грохота / И.М. Толочинец, Л.А. Сиваченко // Горная механика и машиностроение. – 2019. – № 2 – С. 34–41.