

УДК 621.92

ВОЛНОВЫЕ АППАРАТЫ ДЛЯ ЭФФЕКТИВНОЙ ПЕРЕРАБОТКИ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Ю. М. ХАРИТОНОВ

Научный руководитель Л. А. СИВАЧЕНКО, д-р техн. наук, проф.

Белорусско-Российский университет

Могилев, Беларусь

Проблемы переработки влажных сырьевых и неоднородных и сложных по составу материалов имеют важное народно-хозяйственное значение, что обусловлено их огромными объёмами, высокой стоимостью и сложностью применяемого оборудования, большими эксплуатационными издержками [1].

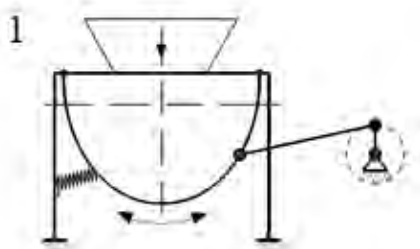
Существующее оборудование в должной степени эти проблемы не решает, что, в первую очередь, связано с отсутствием научно аргументированных разработок в области проектирования технологических агрегатов для этих целей. Одним из направлений повышения их эффективности может быть разработка волновых аппаратов для переработки сырьевых материалов [2, 3].

Волновые аппараты характеризуются адаптивным механизмом воздействия на обрабатываемую смесь. Идеология их возникновения [4, 5] основана на том, что рабочее оборудование выполняется в виде одно- или двухволновых оболочек (лотков), установленных под углом к горизонту и связанных с приводом для их кинематического деформирования. При этом перерабатываемые продукты подаются в верхнюю часть таких камер, причем их внутренние стенки производят силовое воздействие на исходные компоненты, осуществляя требуемый характер их преобразования. Собственно, волновые оболочки могут быть выполнены в виде гибких сплошных, перфорированных листов или цепных завес, а сами рабочие камеры дополнительно оснащаются интенсификаторами процессов – лопастями, цепями, билами, зубьями, ножами, маховиками и т. д.

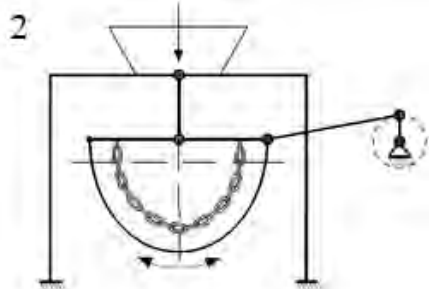
Дадим краткую характеристику разработанных конструкций волновых аппаратов, кинематические схемы и общие виды экспериментальных вариантов которых представлены на рис. 1.

Схема 1. Волновой аппарат с боковым закреплением шатуна на рабочей камере. Рабочая камера претерпевает сложные деформирования, вследствие чего её стенки передают интенсивные перемещения находящимся в ней компонентам. Стенки могут быть выполнены в виде цепных завес. Соответственно этому в аппарате реализуются процессы смешивания, грохочения или грохочение с дезагрегацией.

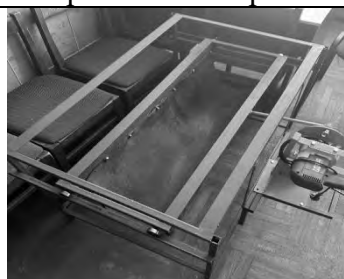
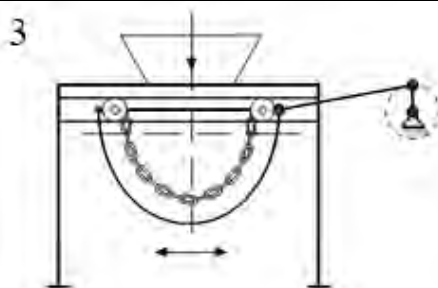
Схема 2. Волновой аппарат с качательным движением рабочей камеры. Особенностью конструкции является то, что полотно рабочей камеры деформируется под действием инерционных сил. Камера монтируется на вертикальном подвесе и в ней, в зависимости от вариантов конструкции, могут осуществляться процессы смешивания, грохочения, обезвоживания и др.



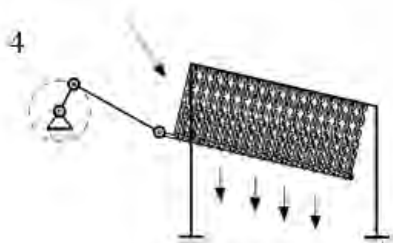
Волновой аппарат с боковым закреплением шатуна на рабочей камере



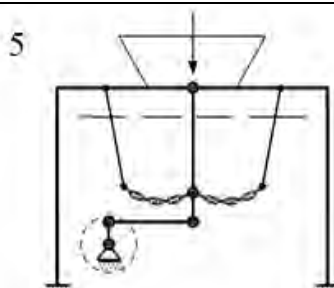
Волновой аппарат с качательным движением рабочей камеры



Волновой аппарат с возвратно-поступательным движением рабочей камеры



Одноволновой цепной грохот



Двухволновой цепной агрегат

Рис. 1. Варианты конструкций волновых аппаратов для переработки отходов

Схема 3. Волновой аппарат с возвратно-поступательным движением рабочей камеры. В отличие от схемы 2, камера движется в горизонтальных направляющих, что принципиальных отличий в части проведения рабочего процесса не имеет.

Схема 4. Цепной грохот с осевыми колебаниями. Конструкция может быть выполнена только с использованием многозвенных элементов, в частности грузовых цепей. Рабочей поверхности колебания передаются по принципу гирационного подвеса на ее нижнюю часть. Аппарат может быть использован как грохот с одновременной возможностью разрушать малопрочные куски и агрегаты.

Схема 5. Цепной двухволновой агрегат. Конструктивно рабочая камера образована двумя волнообразными собранными из цепей поверхностями, которым колебательные движения сообщаются, как и всем другим волновым устройствам, от кривошипно-шатунного (кулисного) механизма посредством толкающей штанги, закреплённой на вертикальном подвесе. Цепной агрегат обладает высокой надёжностью, но требует дополнительных исследований происходящих в нем процессов взаимодействия с перерабатываемыми продуктами.

Для определения потенциальных возможностей аппаратов проведён комплекс исследований по изучению процессов смешивания и разделения материалов по крупности, т. е. грохочения, а также определена активная площадь рабочей камеры в зависимости от амплитуды колебаний рабочей поверхности.

Смешивание проводилось на сухих строительных смесях с крупностью заполнителя до 4 мм. В качестве ключевого компонента использовался рубленый полиэтилен 5:1. Исследовался один рабочий режим: частота колебаний $n = 300 \text{ мин}^{-1}$; амплитуда колебаний $A = 70 \text{ мм}$. При этом переменным фактором служил угол наклона рабочей камеры к горизонту. Полученные результаты в виде графика представлены на рис. 2.

На основании проведённых экспериментов можно сделать вывод, что предпочтительным является работа волнового смесителя на углах наклона рабочей камеры $12^\circ \dots 15^\circ$. При этом расслоения компонентов смеси не наблюдается, а рабочая камера достаточно равномерно распределяет смесь как по длине, так и по сечению.

Для процесса грохочения гибкая рабочая камера выполнена в виде перфорированного резинового листа с круглыми отверстиями диаметром 50 мм. Полученные результаты в виде графика влияния угла установки α рабочей камеры на эффективность C грохочения и производительность Π грохота представлены на рис. 3.

В процессе испытаний установлено, что перфорированная волновая поверхность при размерах отверстий 50 мм является очень эффективным рабочим

оборудованием для сортировки трудноразделяемых материалов [6, 7]. 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 $12,5^\circ \dots 17,5^\circ$.

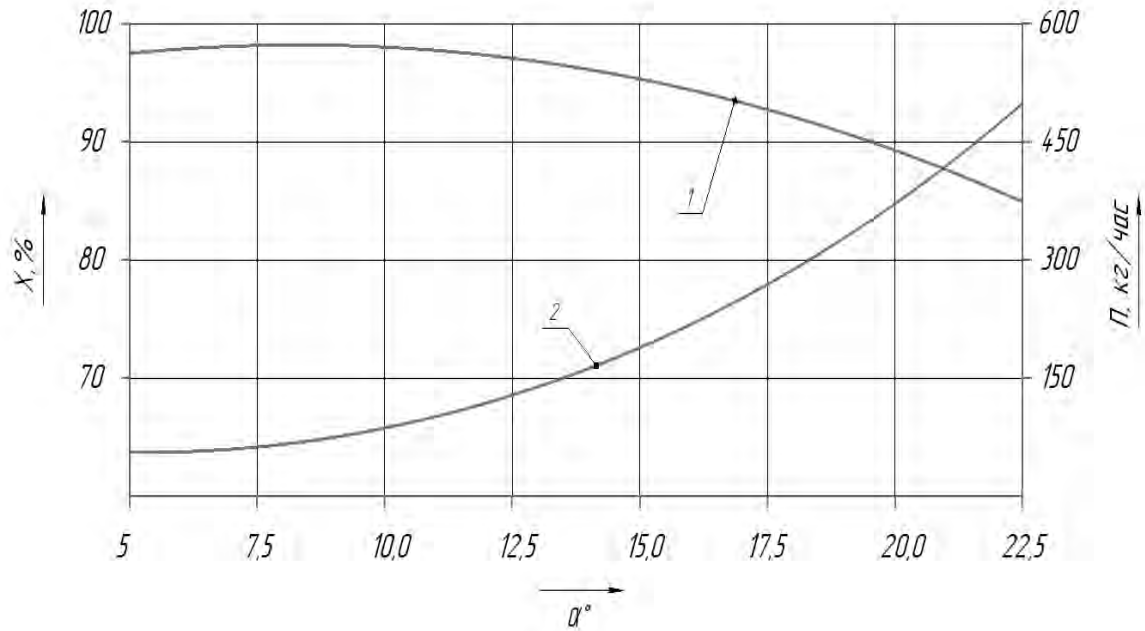


Рис. 2. График влияния угла установки α рабочей камеры на однородность приготавливаемой смеси X (1) и производительность $П$ (2) смесителя

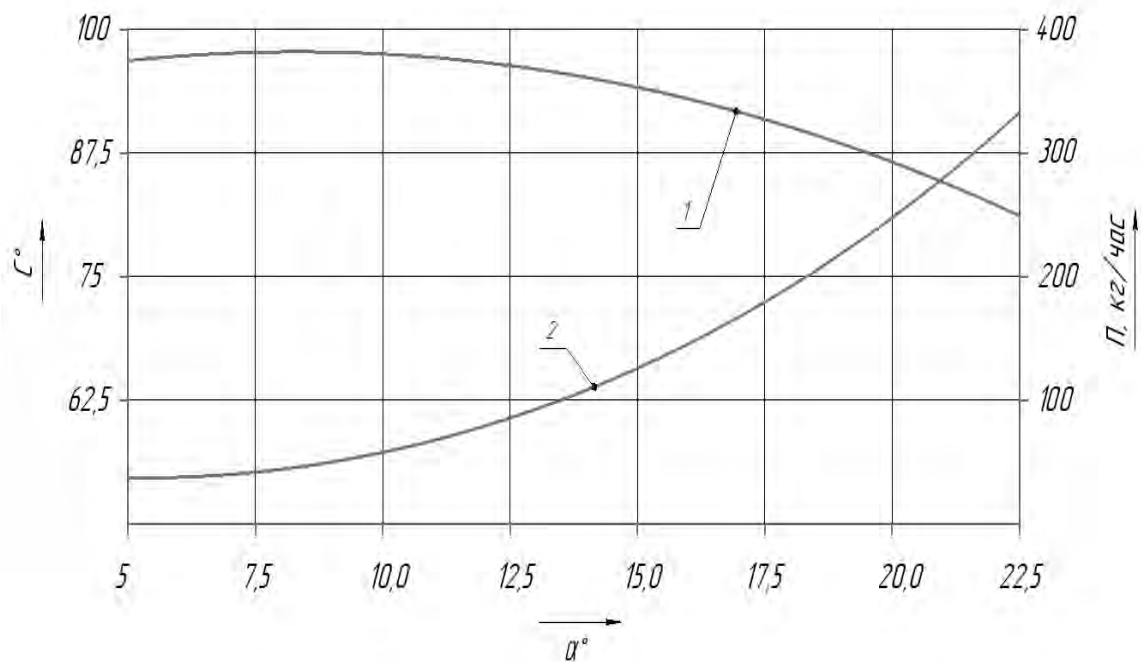


Рис. 3. График влияния угла установки α рабочей камеры на эффективность грохочения $С$ (1) и производительность $П$ (2) грохота

В ходе исследования была проведена серия экспериментов на лабораторных макетах волновых аппаратов, позволившая определить активную площадь для каждой схемы с разной амплитудой колебаний. На основании полученных результатов исследований был построен график, представленный на рис. 4.

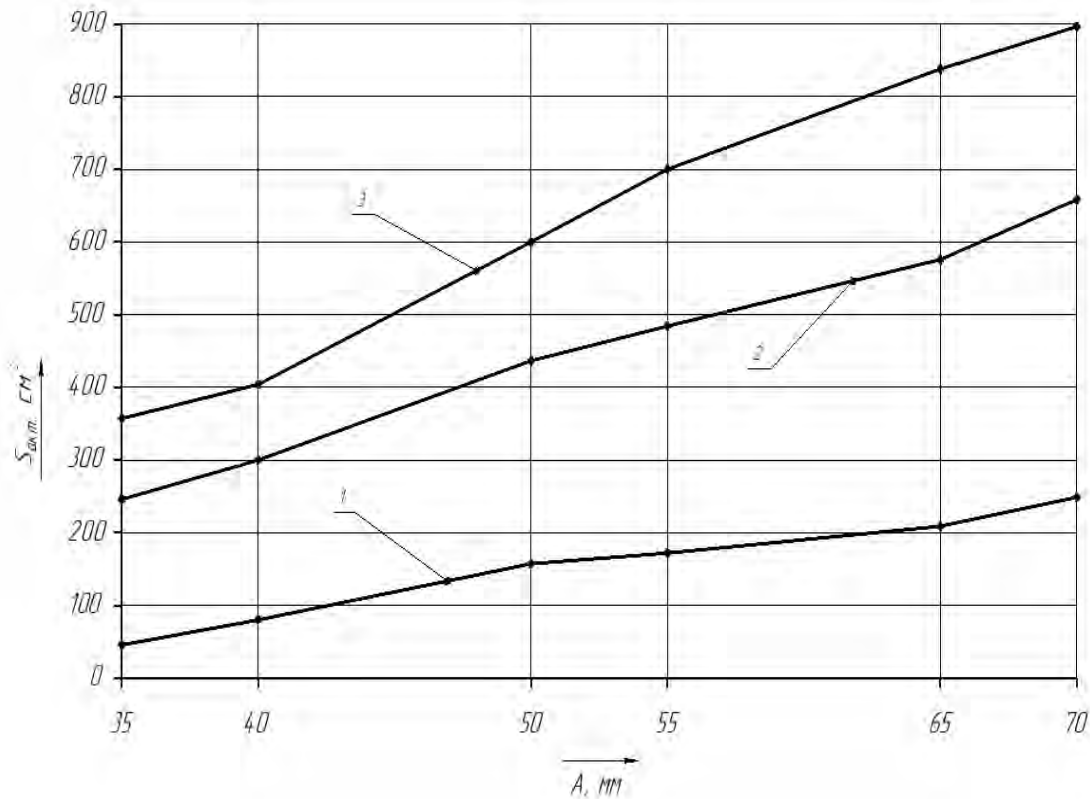


Рис. 4. График изменения активной площади рабочей камеры в зависимости от амплитуды колебаний рабочей поверхности: 1 – волнового аппарата с боковым закреплением шатуна на рабочей камере (схема 1); 2 – волнового аппарата с возвратно-поступательным движением рабочей камеры (схема 3); 3 – волнового аппарата с качательным движением рабочей камеры (схема 2)

На основе графика можно сделать вывод, что волновой аппарат с качательным движением рабочей камеры (схема 2) является наиболее оптимальным выбором за счёт большей активной площади, а также многофункциональным, что позволяет выполнять различные операции по технологической переработке материала, в том числе может быть использован для переработки неоднородных по составу и свойствам материалов, а также при приготовлении из различных компонентов однородных по качеству смесей с сохранением оптимальной производительности.

Оценивая работу волновых аппаратов, можно отметить, что технологическими областями использования волновых аппаратов могут быть: сортировка неоднородных и сложных по составу и свойствам природных и технологических материалов; первичная переработка природного минерального и органи-

ческого сырья (мела, глины, мергеля, трепела, торфа, бурого угля, глинозема, прочих сланцев и др.); перемешивание зернистых материалов, например приготовление силикатных формовочных смесей или комбикорма; предварительная сушка с целью удаления поверхностной влаги для улучшения условий последующей технологической переработки целого ряда сырья и материалов; селективная дезинтеграция и обогащение, в частности, твердых коммунальных отходов; гранулирование (предполагается) и др.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Харитонов, Ю. М.** Многоцелевые аппараты с волновой рабочей камерой / Ю. М. Харитонов, Л. А. Сиваченко, М. С. Кузьменкова // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2021. – Вып. XX. – С. 259–264.
2. Технологические аппараты адаптивного действия: монография / Л. А. Сиваченко [и др.]. – Минск: БГУ, 2008. – 375 с.
3. Интенсификация технологических процессов на основе аппаратов адаптивного действия: монография / Л. А. Сиваченко [и др.]; под ред. Л. А. Сиваченко. – Барановичи: БарГУ, 2020. – 359 с.
4. Новое технологическое оборудование для переработки твёрдых коммунальных, строительных и промышленных отходов / Л. А. Сиваченко [и др.] // Научно-технический прогресс в жилищно-коммунальном хозяйстве: материалы Междунар. науч.-практ. конф.: в 3 ч. – Минск: БГТУ, 2019. – Ч. 2. – С. 204–211.
5. **Сиваченко, Л. А.** Многоцелевые технологические аппараты с гибким волновым рабочим оборудованием / Л. А. Сиваченко, В. А. Потапов, М. С. Кузьменкова // Вестн. БГТУ им. В. Г. Шухова. – 2022. – № 9. – С. 88–98.
6. Грохот волновой с цепной просеивающей поверхностью / Л. А. Сиваченко [и др.] // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. – Белгород: БГТУ им. В. Г. Шухова, 2023. – С. 309–314.
7. **Сиваченко, Л. А.** Сортировочно-обогащительная установка для переработки ТКО / Л. А. Сиваченко, М. С. Кузьменкова // Интерстроймех-2022: материалы Междунар. науч.-техн. конф. – Ярославль: ЯГТУ, 2022. – С. 212–220.