

DOI: 10.12737/article\_5abfc9cfb02a37.92961359

Севостьянов В.С., д-р техн. наук, проф.,  
Сиваченко Т.Л., соискатель,  
Севостьянов М.В., канд. техн. наук, доц.,  
Горягин П.Ю., аспирант,  
Бабуков В.А., вед. инженер

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

## НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ СОЗДАНИЯ ИГЛОФРЕЗЕРНЫХ ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЕЙ МНОГОЦЕЛЕВОГО НАЗНАЧЕНИЯ

[goryagin.py@bstu.ru](mailto:goryagin.py@bstu.ru)

*В настоящее время увеличиваются объёмы техногенных материалов. Поэтому актуальными задачами являются комплексная переработка и утилизация твёрдых промышленных и бытовых отходов. В большинстве случаев, при переработке техногенных материалов одной из энергоёмких стадий является процесс измельчения. От степени измельчения зависит возможность изготовления изделий из перерабатываемых отходов и области применения вторичного сырья. Вовлечение в технологический оборот большого количества анизотропных и сложных в обработке материалов требует внедрения новых типов измельчителей. Одними из них являются иглофрезерные аппараты, создание которых требует разработки, как их конструкций, так и методов расчета и проектирования, учитывающих физико-механические свойства перерабатываемых техногенных материалов. Для этого выполнен необходимый комплекс исследований и обосновано их применение.*

**Ключевые слова:** *иглофрезерный измельчитель, анизотропные материалы, механизм разрушения, истирание, рабочий орган, адаптивность, методика расчета, цепной агрегат.*

**Введение.** В современных технологиях неуклонно возрастают объёмы переработки анизотропных и неоднородных по составу и свойствам материалов. В их состав можно включить: продукты деревопереработки, твердые бытовые отходы, резино-технические композиции, пластик, структурно неоднородные минералы, отходы строительного производства, отходы сельхозпроизводства, хвосты переработки полезных ископаемых и многое другое. В целом эти материалы обладают набором потенциальных качеств, которые после соответствующей переработки можно превратить в ценные потребительские свойства и получать высококачественные продукты. Эффективная переработка таких материалов с помощью традиционных технологических машин сталкивается с техническими трудностями, что требует создания принципиально новых агрегатов, обладающих дополнительными функциональными возможностями.

**Постановка проблемы.** Развитие дезинтеграторных технологий переработки материалов ограничивается их необычайно широким многообразием по номенклатуре, свойствам, условиям обработки, степени влияния на качество готового продукта, объёмами переработки и т.д. Характер обработки материалов определяет общую технологию проведения процессов и конструктивное исполнение оборудования, а их целостное взаимосвязанное описание на современном этапе известными методами пока не представляется возможным [1]. Особенно тяжелое положение

складывается с переработкой анизотропных и сложных по составу и свойствам материалов, так как в этой технологической нише нет отработанных научных концепций и, что самое главное, отсутствует наличие эффективного оборудования, обладающего новыми функциональными возможностями [2].

Создание высокоэффективных технологических машин для комплексной переработки материалов является актуальной задачей как с научной, так и с практической точки зрения. При этом важно понимать: известные конструкции измельчительных машин во многом исчерпали свой потенциал [3], что вызывает острую необходимость поиска новых технологических решений и принципа действия дезинтеграторного оборудования. По мнению авторов, одним из направлений развития агрегатов для помола сложных по составу, свойствам и реологическому поведению материалов может быть использование в них иглофрезерных рабочих органов, наборов или отдельных стержневых элементов [4], которые в силу особенностей конструктивного исполнения обеспечивают новые механизмы воздействия на перерабатываемую среду.

**Основная часть.** Проектирование стержневых аппаратов требует учета особенностей поведения рабочих элементов в зависимости от свойств перерабатываемых материалов и решения конкретных технологических задач. Используя метод аналогии, учитывающий предшествующий опыт создания и эксплуатации помольного

оборудования, представим базовые варианты актов стержневого измельчения (см. рис. 1).

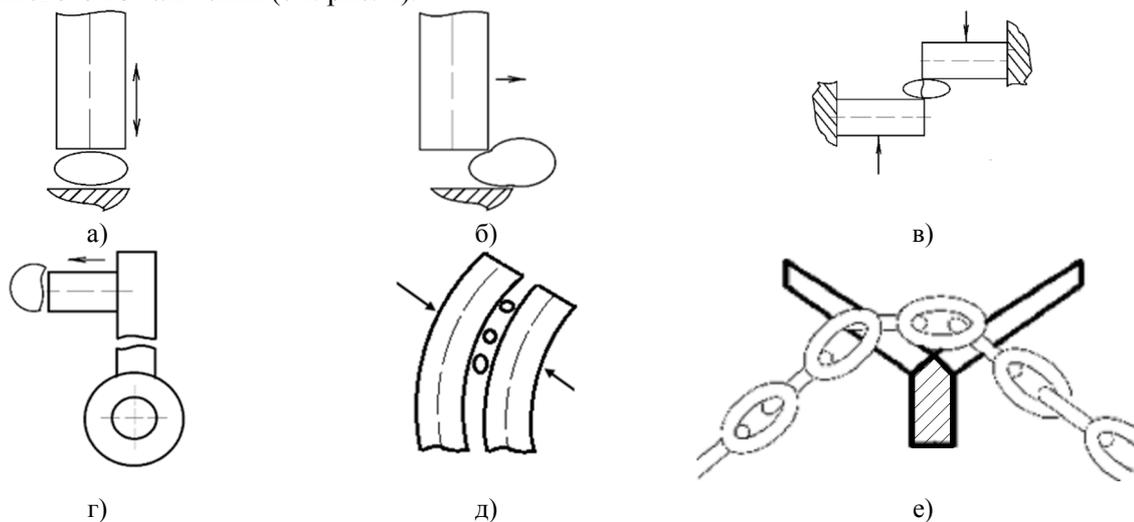


Рис. 1. Базовые варианты разрушения частиц материала стержнями иглофрез

На представленных схемах приведены идеализированные варианты разрушения: а – ударно-раздавляющее разрушение, б – истирание, в – срез, г – свободный удар, д – сжатие по образующим стержней, е – ударно-режущее воздействие с установкой иглофрез на гибком цепном подвесе. Эти виды разрушения необходимо правильно сочетать с конкретной конструкцией иг-

лофрезы, условиями переработки материала, видом приводного механизма и другими исходными условиями их работы. Рассмотрим разработанные нами ранее конструкции иглофрезерных аппаратов различного функционального назначения. Для этого воспользуемся рисунком 2 и рассмотрим приведенные на нем их базовые конструктивные схемы.

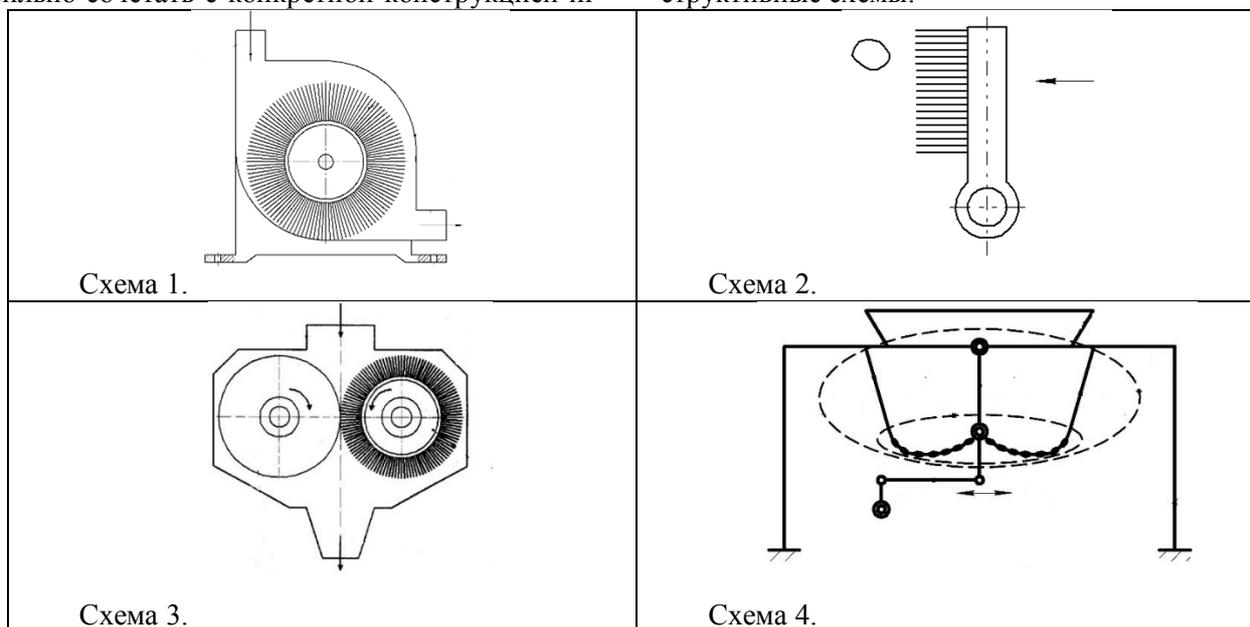


Рис. 2. Конструктивные схемы иглофрезерных измельчителей

Схема 1. Истиратель. Рабочий процесс в нем осуществляется за счет подачи частиц исходного продукта в зазор между игольчатым ротором и охватывающим его корпусом. При этом механизм разрушения - чистое истирание, что предполагает его использование для обработки малоабразивных и небольших по крупности частиц материала, например, резины, целлюлозы, пластика и др.

Схема 2. Рабочий орган (било) молотковой дробилки. Его рабочая часть содержит наборы стержней, обращенных своими торцами в сторону вращения била. Область его применения - тонкое дробление и грубый помол минеральных материалов, например, известняка, а также работа в составе двухстадийных агрегатов, например, совместно со струйной мельницей.

Схема 3. Валковый измельчитель. Конструкция состоит из двух встречно вращающихся валков, один из которых выполнен из набора цилиндрических щеток. Своей торцевой поверхностью щетки упираются в поверхность гладкого валка. Процесс измельчения происходит в контактных зонах. Конструкция обеспечивает достаточно эффективный домол различных продуктов, в том числе цементных материалов, извести, мела, а также механоактивацию как отдельных компонентов, так и их композиций.

Схема 4. Цепной агрегат с иглофрезерными рабочими элементами. Основу конструкции составляют полотна цепных завес, которые образуют двухлотковую рабочую камеру и оснащены активизаторами процесса в виде зубьев-стержней. Подвешенные на подвижной штанге цепные завесы под действием кривошипно-шатунного привода совершают колебательные перемещения с большими амплитудами, что обеспечивает высокую интенсивность процесса измельчения.



Рис. 3. Иголфрезерный рабочий орган

Измельчению подвергались длинномерные куски резины, с поперечным сечением 20×40мм, вырезанные из автомобильных шин, которые равномерно подавались через загрузочный патрубков и подвергались многочисленным микро-

Приведенные выше конструкции отображены из достаточно большого числа технических решений иглофрезерных измельчителей, в необходимой степени учитывают весь цикл выполненных ранее поисковых исследований и отражают потенциальные возможности по переработке различных материалов. Конструктивно-технологическое исполнение измельчителей с иглофрезерными рабочими органами, характеризующимися развитой поверхностью воздействия на измельчаемые материалы, открывает дополнительные возможности в создании новых конструкций агрегатов для комплексной переработки техногенных материалов анизотропной структуры.

Для проведения измельчения материала по методу истирания (см. схему 1 на рис. 2) была изготовлена экспериментальная установка [5], рабочий орган которой приведен на рис. 3, а общий вид – на рис. 4. Диаметр такого рабочего органа равен 150 мм, ширина – 60 мм, мощность приводного электродвигателя  $P = 1,2$  кВт, а его частота вращения – 2940 об/мин.

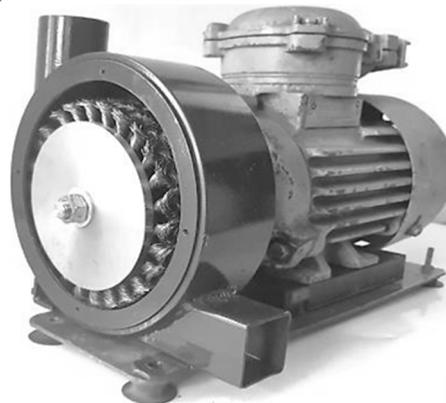


Рис.4. Общий вид иглофрезерного измельчителя

срезам торцами проволочных стержневых элементов рабочего органа. Результаты анализа дисперсного состава измельченного материала, проанализированного на лазерном гранулометре, приведены на рисунке 5.

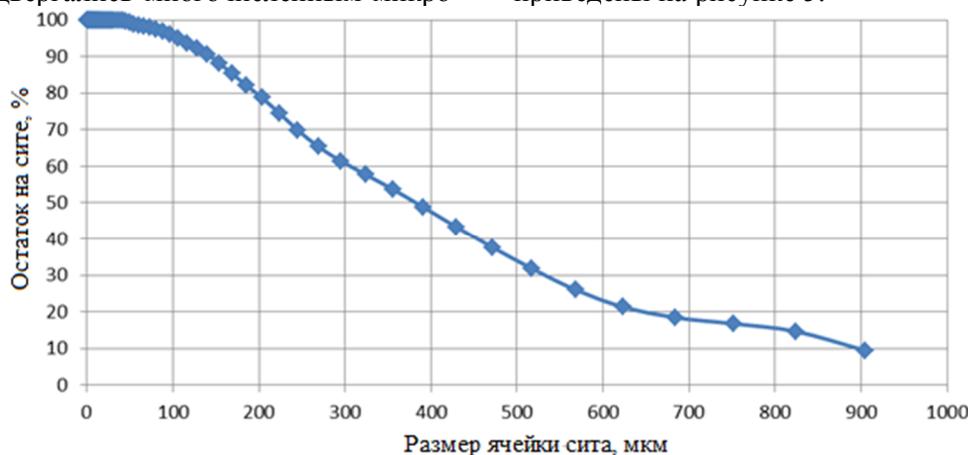


Рис. 5. Результаты анализа дисперсного состава измельченной резины

Полученные результаты свидетельствуют о высокой интенсивности процесса измельчения и

возможности получения мелкодисперсных порошков резины, пластика и ряда композитов.

Процесс разрушения материала является комплексным, сочетающим в себе истирание и микрорезание. Изначально на поверхности резины образуются мелкие борозды, размеры которых определяются диаметром проволочек щеточных элементов, которые последовательно наращиваются на следующих циклах проведения процесса измельчения. На основе использования данного механизма истирания возможно создание универсальных агрегатов для переработки анизотропных материалов в промышленных масштабах, например, для измельчения автомобильных шин. Для этого требуется в состав подобных агрегатов включать устройства для подачи исход-

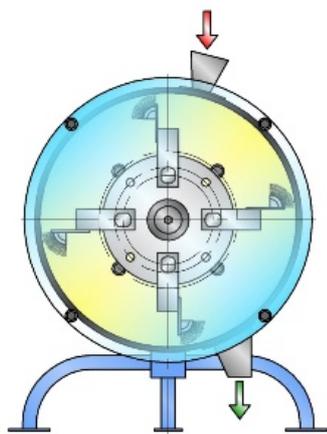


Рис. 6. Общий вид стенда для ударного измельчения

ного материала, специальных шпинделей с иглофрезерными рабочими органами, систем аспирации и т.д.

Исследование процессов ударного измельчения, соответствующего схеме 2 (рис. 2), проводилось на специальном стенде, общий вид которого приведен на рисунке 6. В качестве ударных органов использовались плоские и щеточные била (см. рис. 7). При измельчении отсева ячеистого бетона крупностью 3-6 мм при скорости ударного воздействия 37,5 м/сек установлено, что щеточные била позволяют увеличить выход мелкой фракции – 0,08 мм в 3-4 раза. Это можно рассматривать как предпосылки создания на этой основе молотковых мельниц с повышенной степенью измельчения.



Рис. 7. Варианты конструкций плоских и щеточных бил

Для проведения экспериментальных исследований разработан также опытный образец иглофрезерного валкового измельчителя, конструкция которого соответствует схеме 3 рисунка 2, а общий вид изображен на рисунке 8.

Конструкция содержит два цилиндрических вала, вращающиеся навстречу друг другу. Один из них является щеточным. Передача крутящего момента привода посредством клиноременной передачи осуществляется на гладкий валок, который за счет сил трения, т.е. прижатия валков друг к другу, приводит в синхронное вращение щеточный валок. Стержни щеточного вала своими торцами интенсивно измельчают сыпучий материал, подаваемый в межвалковое пространство.

Подобное решение позволяет интенсифицировать единичные акты разрушения частиц исходного материала и получать готовый продукт с измененными и улучшенными свойствами, например, активировать композиции вяжущих веществ и осуществлять селективное измельчение полезных ископаемых. Механоактиватор валкового типа может также найти применение

при домоле цемента, обработке лежалых цементов, а также придания порошковым продуктам хорошей сыпучести, увеличению их реакционной способности и дезагрегации.

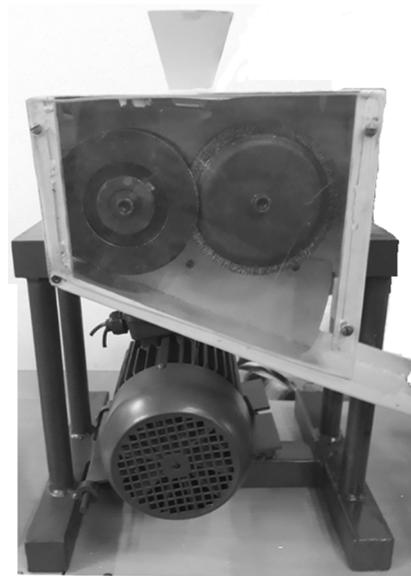


Рис. 8. Общий вид иглофрезерного валкового измельчителя

Изготовленная конструкция рабочего вала включает в себя щетки, которые состоят из стального ворса с плотной упаковкой. Диаметр цилиндрических щеток составляет 150 мм, а ширина – 30 мм. Рабочий валок включает в себя две соединенные между собой щетки. Мощность приводного электродвигателя  $P = 1,5$  кВт.

В качестве измельчаемого материала использовалась сухая комовая глина, которая равномерно подавалась в рабочую зону иглофрезерного измельчителя. Результаты экспериментов, выполненные при различных частотах вращения валков, приведены на рисунках 9 и 10. Анализ по-

казывает, что иглофрезерное валковое измельчение характеризуется достаточно высокой интенсивностью процесса, которая возрастает с увеличением частоты вращения валков. Причём четко прослеживается закономерность увеличения не только выхода самой мелкой фракции, но и активный переход от более крупных к более мелким фракционным составам. При этом сохраняется пропорциональность между ними. Это свидетельствует о селективности и избирательности процесса помола, что может быть использовано для механоактивации строительных материалов и рудоподготовки в обогащительных процессах.

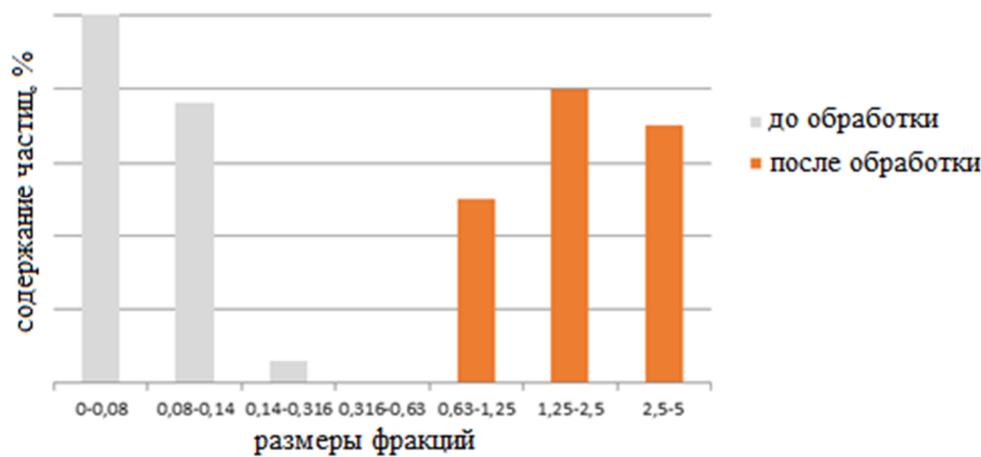


Рис. 9. Результаты измельчения глины,  $n = 2920$  об/мин

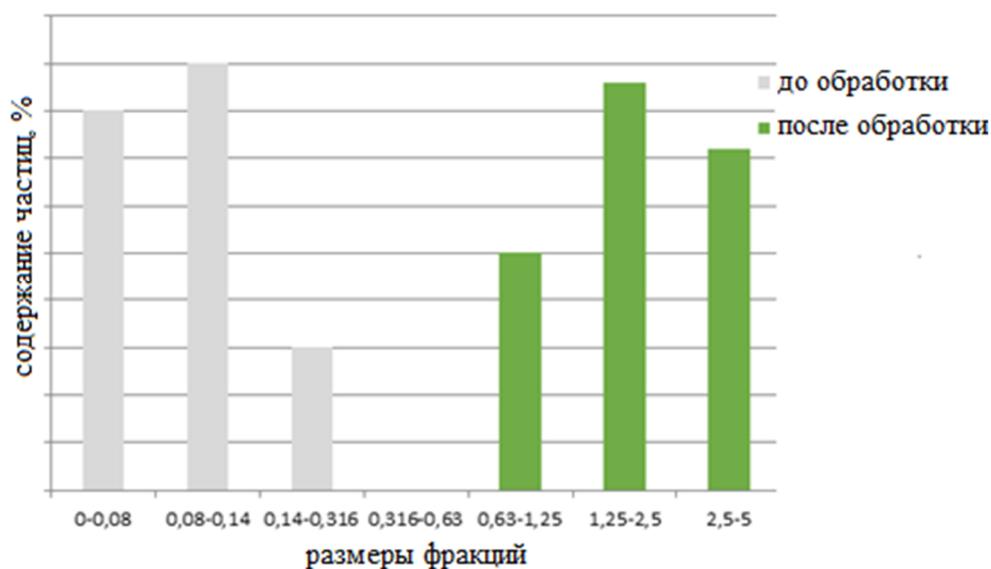


Рис. 10. Результаты измельчения глины,  $n = 1440$  об/мин

Развитие данного научно-технического направления является основой для создания роторно-центробежных агрегатов комбинированного действия (РЦА КД) [6-8] с иглофрезерными рабочими органами, что существенно расширяет сферу их применения в различных отраслях промышленности: химической, строительной, аграр-

ном секторе экономики и др., а также при комплексной переработке минеральных и органических техногенных материалов (полимерных отходов, отходов деревообрабатывающей промышленности, ЦБО и др.)

РЦА КД [7] содержит корпус, состоящий из двух горизонтально размещенных друг за

другом камер: камеры дробления 1 и камеры тонкого помола 2 (рис. 11).

В верхней части корпуса камеры дробления (рис. 12) расположен пневмоупругий валковый питатель для подачи материала, состоящий из загрузочного лотка 3 и подающего валика 4. Внутри камеры расположен эксцентрично установленный относительно оси цилиндрического корпуса бандаж 5, который футерован съемными элементами (профильными пластинами) 6, имеющими отверстия для выхода материала.

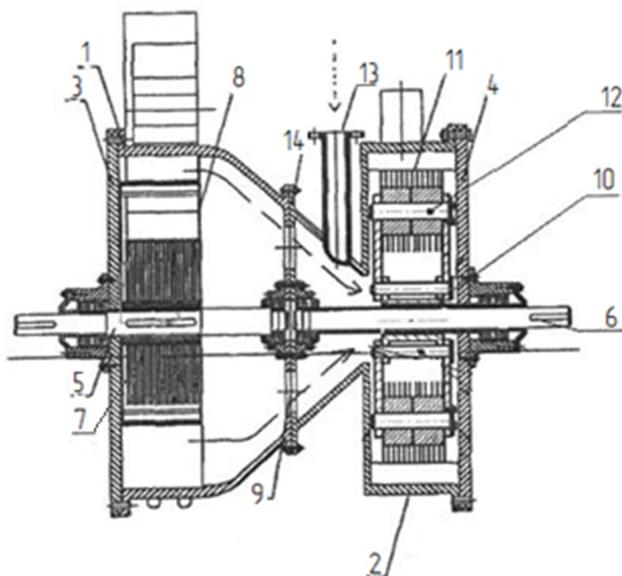


Рис. 11. РЦА КД: 1 – камера дробления, 2 – камера тонкого помола; 3, 4 – крышка; 5, 6 – вал; 7 – ротор камеры дробления; 8 – перегородка камеры дробления; 9 – переходное отверстие; 10 – ступица; 11 – щетка; 12 – ось; 13 – патрубок добавок; 14 – межкамерная перегородка

Согласно изобретению, иглофрезерные рабочие органы камеры тонкого помола выполнены из набора стержневых элементов, собранных в пакеты и жестко закрепленных одним концом на держателе (рис. 12). Такой ротор имеет развитую рабочую поверхность, которая обеспечивает эффективное измельчение материала, расширяет технологические возможности агрегата.

РЦА КД работает следующим образом. Исходный материал загружается с помощью питающего устройства в камеру дробления и измельчается при помощи дисковых фрез. Снабжение внутренней поверхности данной камеры профилированными пластинами позволяет интенсифицировать процесс помола. Затем измельченная в камере дробления масса попадает в рабочую зону камеры тонкого помола. Причем подача материала, измельченного в камере дробления, в камеру тонкого помола (диспергирования) происходит за счет разрежения, созданного в рабочей зоне

второй камеры. Через загрузочное устройство (патрубок) вводятся тонкодисперсные добавки в рабочую зону камеры тонкого помола. В ней происходит окончательное доизмельчение (диспергирование) и смешение компонентов смеси. После окончательного измельчения до необходимой тонины помола масса выводится за пределы камеры через выгрузочный патрубок.

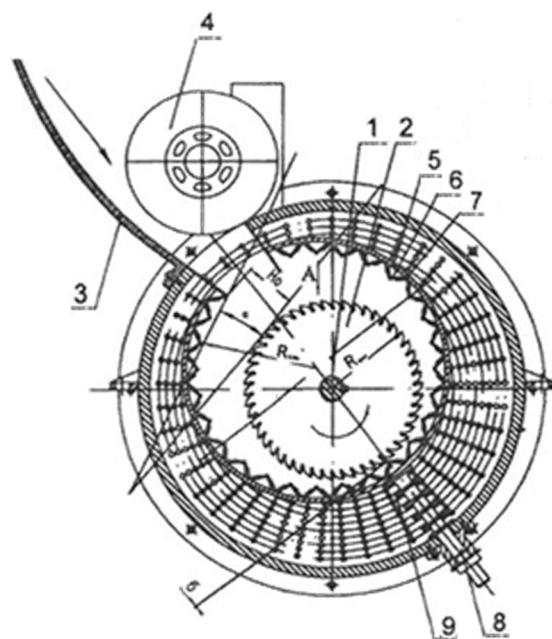


Рис. 12. Камера дробления: 1 – ротор; 2 – дисковая фреза; 3 – загрузочный лоток; 4 – подающий валик; 5 – бандаж; 6 – съемный элемент; 7 – неподвижные направляющие; 8 – регулировочное устройство; 9 – пружина

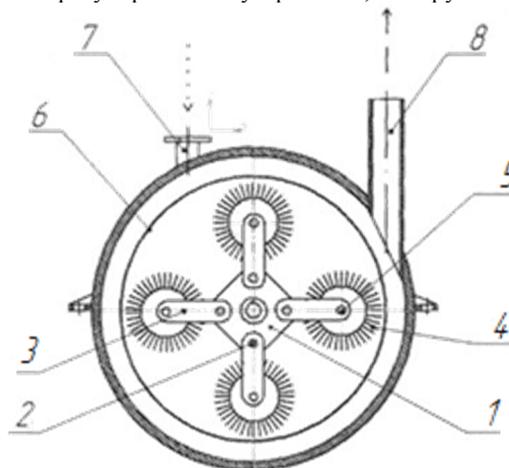


Рис. 13. Камера тонкого помола: 1 – ступица; 2, 5 – ось; 3 – серьга; 4 – щетка; 6 – сетчатый экран; 7 – патрубок добавок; 8 – выгрузочный патрубок

РЦА КД позволяет увеличить число единичных контактов рабочего органа и материала, что повышает интенсивность процесса помола. По-

мимо этого, сразу возникают ударные, срезающие, скалывающие и разрывающие напряжения в контактных зонах.

Разработка и исследования РЦА КД с иглофрезерными рабочими органами стало основой конструкторско-технологического совершенствования измельчительного оборудования по следующим направлениям: ресурсосбережение, стадийность измельчения, комбинированное воздействие на перерабатываемый материал (сочетание механического, пневмомеханического, циркуляционного и др. видов воздействий), возможность введения различных добавок и смешение их с измельчаемым материалом и др.

Технологические испытания цепного агрегата [9], конструкция которого соответствует схеме 4 на рис. 2, а общий вид приведен на рисунке 14, проводились на кусковом меле крупностью  $5 \div 100$  мм и влажностью  $15 \div 18\%$ , кусковой глине крупностью  $5 \div 100$  мм и влажностью  $12 \div 15\%$  и базальтовых волокнах в виде рассыпчатого материала с размерами единичных конгломератов  $30 \div 100$  мм, а также на сухой и увлажненной смеси перечисленных материалов.



Рис. 14. Общий вид экспериментального цепного агрегата

Куски мела и глины хорошо просеиваются колеблющимися поверхностями цепных завес, но при этом интенсивное их разрушение происходит только при взаимодействии с зубчатыми и стержневыми элементами. Активизация процесса обеспечивается увеличением амплитуды колебаний толкающего бруса и частоты вращения вала приводного электродвигателя. Это обусловлено тем, что тяжелые куски такого материала из провисающих поверхностей цепных завес, необходимо подать в зоны интенсивного разрушения между обращенными друг к другу зубчатыми и стержневыми элементами. Это условие легко обеспечивается при величине эксцентриситета приводного звена  $70 \div 80$  мм и частоты вращения выходного вала мотор-редуктора более 300 об/мин при его мощности  $P = 0,8$  кВт.

Обработка конгломератов базальтовых волокон, в цепном агрегате показала – исходный продукт хорошо циркулирует в рабочем пространстве аппарата, что объясняется его низкой насыпной плотностью, не превышающей  $200$  кг/м<sup>3</sup>. Это способствует его активной подаче в зоны между обращенными друг к другу зубчатыми и стержневыми элементами, которые создают в конгломератах базальтовых волокон разрывающие и сдвиговые воздействия, что приводит не только к их разрушению, но и к распушке. Степень распушки в установившемся режиме работы аппарата составляет не менее 2, а производительность по проходу составляет  $10 \div 15$  дм<sup>3</sup>/мин, считая по исходному сырью.

Поведение цепного рабочего оборудования характеризуется рядом особенностей: во-первых, это развитая поверхность, на которую накладывается сложное движение с повышенными амплитудами колебаний; во-вторых, создание в среде обрабатываемого материала новых механизмов воздействия, в том числе кинематических и силовых; в-третьих, сопряжения цепных звеньев и активизирующих процесс элементов зубьев и стержней требуют их учета при оценке работы с различными материалами.

При переработке сухих смесей мела, глины и базальтовых волокон процесс измельчения аналогичен процессу измельчения их отдельных компонентов, с той разницей, что базальтовое волокно в большей степени измельчается и в меньшей степени распушивается вследствие блокирования их волокон частицами мела и глины. Переработка смесей мела, глины и базальтовых волокон с влажностью  $50 \div 70$  % не имеет принципиальных ограничений при полной загрузке аппарата. В случае малого заполнения рабочего пространства происходит окатывание комков материала. При этом наблюдается миграция влаги к поверхности материалов вследствие динамического воздействия на них рабочих органов.

Технологические возможности цепного агрегата складываются из нескольких составляющих, к числу которых можно отнести: активное движение материала в рабочем пространстве, высокую просеивающую способность, обусловленную принудительной подачей частиц через зазоры между элементами цепей под действием инерционных сил, созданием сложного напряженного состояния в обрабатываемом продукте, реализацией эффекта самоочищения и др.

**Выводы.** Анализ конструкций иглофрезерных измельчителей [7, 10], оценка возможных механизмов воздействия щеточных рабочих органов на обрабатываемые материалы, а также результаты их технологических испытаний показы-

вают, что этот класс оборудования является особенно эффективным для измельчения анизотропных и сложных по составу и свойствам материалов. Развитие иглофрезерных измельчителей должно идти по пути совершенствования рабочих органов из числа широко используемых в промышленности иглофрез и щеток различных конструкций, применяемых для упрочнения и зачистки поверхностей от ржавчины, окалины и заусенцев. При создании измельчительных агрегатов повышенной производительности потребуются изготовление специальных щеточных рабочих органов больших размеров.

Приведенные нами конструкторско-технологические разработки, экспериментальные исследования агрегатов с различным конструктивным исполнением иглофрезерных рабочих органов позволяют утверждать, что данный класс оборудования после выполнения необходимого цикла научно-исследовательских, опытно-конструкторских и технологических работ может конкурировать с известными конструкциями измельчителей и являться базовой основой для создания принципиально новых измельчительных машин, а также малотоннажных технологических комплексов в сфере импортозамещения и научно-технического предпринимательства [11].

*Источник финансирования. Государственное задание № 9.11523.2018/11.12.*

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Сравнение различных видов измельчителей // Матер. первой конф. по сравнению различных видов измельчителей. Часть 1. Под ред. Овчинникова П.Ф., Одесса, ОГМА, 1993. 130 с.
2. Севостьянов В.С., Уральский В.И., Севостьянов М.В., Носов О.А. Технологические комплексы и оборудование для переработки и утилизации техногенных материалов. Белгород, Из-во БГТУ, 2015. 320 с.
3. Сиваченко Л.А., Шаройкина Е.А., Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л. Вопросы развития техники и технологии измельчения материалов. // Энергосберегающие технологические комплексы и оборудование для производства строительных материалов: межвуз. сб. ст. Белгород, БГТУ, 2010. С. 315–321.
4. Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л., Михайличенко С.А. Технологические аппараты с иглофрезерными рабочими органами для комплексной переработки композиционных материалов // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2015. № 2. С. 50–56.
5. Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л. Иглофрезерные измельчители, их технологические возможности и пути развития // Вестник Белорусско-Российского университета. 2016. № 1. С. 69–77.
6. Пат. 2446015 Российская Федерация, В 02С 18/14. Установка для измельчения волокнистых материалов / Глаголев С.Н., Гридчин А.М., Севостьянов В.С., Михайличенко С.А., Макридин А.А.; заявитель и патентообладатель Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова"; опубл. 27.03.2012, Бюл. № 9.
7. Пат. 2540549 Российская Федерация, D 21В 1/04, В 02С 18/00, В 02С 7/00. Установка для измельчения волокнистых материалов / Глаголев С.Н., Севостьянов В.С., Севостьянов М.В., Сиваченко Л.А., Сиваченко Т.Л., Михайличенко С.А., Макридин А.А., Маншин А.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова"; опубл. 10.02.2015, Бюл. №4.
8. Горягин П.Ю., Ермилов Р.А. Техника и технологии для переработки техногенных полимерных материалов // Молодежь и научно-технический прогресс: Сб. докл. X международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 4 т. Т. 3. Губкин: ООО «Ассистент плюс», 2017. С. 83–86.
9. Сиваченко Л.А., Ровский А.М., Реутский И.А. Цепные технологические агрегаты многоцелевого назначения и их развитие // Вестник Белорусско-Российского университета. 2016. № 1. С. 78–86.
10. Пат. 151633 Российская Федерация, В 02С 19/22. Игольчатый измельчитель материалов / Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л., Ильина Т.Н., Сиваченко Л.А., Севостьянов М.В., Михайличенко С.А.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего профессионального образования "Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова"; опубл. 10.04.2015, Бюл. №10.
11. Севостьянов, В.С. Уральский В.И., Севостьянов М.В., Бабуков В.А., Мартаков И.Г. Малотоннажные технологические комплексы и оборудование (основы научных исследований – практическое руководство): учебное пособие / Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2018. 450 с.

*Информация об авторах*

**Севостьянов Владимир Семёнович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы».

E-mail: sevostynov\_00@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Сиваченко Татьяна Леонидовна**, соискатель.

E-mail: tatsianamail.86@gmail.com

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Севостьянов Максим Владимирович**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы».

E-mail: msev31@mail.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Горягин Павел Юрьевич**, аспирант кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы».

E-mail: goryagin.py@bstu.ru

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

**Бабуков Владимир Александрович**, ведущий инженер кафедры «Технологические комплексы, машины и механизмы».

E-mail: babukov-v@mail.ru.

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова.

Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

*Поступила в февраль 2018 г.*

© Севостьянов В.С., Сиваченко Т.Л., Севостьянов М.В., Горягин П.Ю., Бабуков В.А., 2018

**V.S. Sevostyanov, T.L. Sivachenko, M.V. Sevostyanov, P.Y. Goryagin, V.A. Babukov  
SCIENTIFIC AND PRACTICAL FOUNDATIONS OF THE CREATION OF MULTI-PURPOSE  
NEEDLE-MILLING SHREDDERS**

*At present, the amounts of technogenic materials are constantly increasing. Therefore, the urgent tasks are the comprehensive processing and recycling of solid industrial and household wastes. In most cases, the process of grinding is one of the energy-intensive stages of technogenic materials processing. The possibility of manufacturing products from recycled wastes and the application area of secondary raw materials depend on the degree of grinding. Involving into technological use a large number of anisotropic and hard-processing materials requires the implementation of new types of shredders. One of them is needle-milling machines, the creation of which requires the development of both their designs and the calculation and designing methods which would take into account the physical-mechanical properties of the processed technogenic materials. For this purpose, a necessary set of studies was performed and their application was substantiated.*

**Keywords:** *needle-milling shredder, anisotropic materials, mechanism of destruction, abrasion, working organ, adaptability, calculation technique, chain aggregate.*

**REFERENCES**

1. Comparison of different types of shredders // Mater. first conf. compared to different types of grinders. Part 1. Ed. Ovchinnikova PF, Odessa, OGMA, 1993. 130 p.

2. Sevostyanov V.S., Uralsky V.I., Sevostyanov M.V., Nosov O.A. Technological complexes and equipment for processing and utilization of technogenic materials // Belgorod: BSTU, 2015, 320 p.

3. Sivachenko L.A. Sharoykina E.A., Sevostyanov V.S., Sivachenko T.L. Questions of the development of technology and technology of grinding

materials // Energy-saving technological complexes and equipment for the production of building materials: intercollegiate collection of articles. Belgorod, BSTU, 2010, pp. 315-321.

4. Sevostyanov V.S., Sivachenko T.L., Mikhailichenko S.A. Technological apparatuses with needle-milling working organs for complex processing of composite materials // Bulletin of BSTU named after. V.G. Shukhov, 2015, no. 2, pp. 50–56.

5. Sevostyanov V.S., Sivachenko T.L. Needle milling cutters, their technological capabilities and ways of development // Bulletin of Belarusian-Russian University, 2016, no. 1, pp. 69–77.

6. Glagolev S.N., Gridchin A.M., Sevostyanov V.S., Mikhaylichenko S.A., Makridin A.A. The device for grinding fibrous materials. Patent RF, no. 2446015, 2012.

7. Glagolev S.N., Sevostyanov V.S., Sevostyanov M.V., Sivachenko L.A., Sivachenko T.L., Mikhaylichenko S.A., Makridin A.A., Manshin A.A. The device for grinding fibrous materials. Patent RF, no. 2540549, 2015.

8. Goryagin P.Yu., Ermilov R.A. Equipment and technologies for the processing of technogenic polymer materials // Youth and scientific and technological progress: Collection of reports X international scientific-practical conference of students, graduate students and young scientists. Vol. 3. Gubkin: OOO "Assistant Plus", 2017, pp. 83–86.

*Information about the author*

**Vladimir S. Sevostyanov**, PhD, Professor.

E-mail: sevostynov\_00@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Tatyana L. Sivachenko**, Applicant.

E-mail: tatsianamail.86@gmail.com.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Maxim V. Sevostyanov**, Assistant professor.

E-mail: msev31@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Pavel Y. Goryagin**, Postgraduate student.

E-mail: goryagin.py@bstu.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

**Vladimir A. Babukov**, Leading engineer/

E-mail: babukov-v@mail.ru.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov.  
Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

9. Sivachenko L.A., Rovsky A.M., Reutsky I.A. Chain technological units of multi-purpose use and their development // Bulletin of Belarusian-Russian University, 2016, no. 1, pp. 78–86.

10. Sevostyanov V.S., Sivachenko T.L., Ilna T.N., Sivachenko L.A., Sevostyanov M.V., Mikhaylichenko S.A. Needle shredder of materials. Patent RF, no. 151633, 2015.

11. Sevostyanov V.S., Ural'skiy V.I., Sevostyanov M.V., Babukov V.A., Martakov I.G. Small-tonnage technological complexes and equipment (the basis of scientific research - practical guidance): a tutorial. Belgorod: BSTU named after V.G. Shukhov. 2018, 450 p.

---

*Received in February 2018*