

УДК 669.06

к.т.н. Левченко Э. П.

(ДонГТИ, г. Алчевск, ЛНР, levchenkoeduard@yandex.com)

## ИССЛЕДОВАНИЯ ПРИНЦИПА КОМБИНИРОВАННОГО ВОЗДЕЙСТВИЯ НА МАТЕРИАЛ В ДИСКОВЫХ ДРОБИЛЬНО-ИЗМЕЛЬЧИТЕЛЬНЫХ МАШИНАХ

Работа посвящена исследованиям расширения возможностей измельчительных машин дискового типа на основе создания в рабочей камере условий комбинированного воздействия на материал, что обеспечивает высокоэффективное многостадийное измельчение в единой конструкции. Исследовано влияние на производительность и энергозатраты частоты вращения дисков и целевого зазора одноцелевой дробильно-измельчительной машины.

**Ключевые слова:** дисковый измельчитель, дробильно-измельчительная машина, комбинированное воздействие на материал, производительность, энергозатраты.

Современное дробильное и измельчительное оборудование хоть и обладает достаточной надёжностью, однако зачастую характеризуется относительно узким спектром применения, обусловленным целевой направленностью на переработку определённых материалов при невысокой степени дробления [1].

Это связано с тем, что ранее традиционные принципы конструирования и разработки дробильно-измельчительных машин были нацелены на обеспечение приоритетного воздействия на материал какого-либо преимущественно одного способа разрушения. На современном уровне развития техники все большее внимание уделяется созданию условий комбинированного воздействия [2], что сокращает парк применяемого оборудования и приводит к более рациональным условиям снижения энергетических затрат на переработку сырья.

В этой связи перспективным направлением развития диспергирования материалов является использование ранее известных дисковых измельчителей (рис. 1), работающих по принципу истирания [3]. При этом за счёт конструктивных особенностей выполнения внутренних полостей дисков можно добиться существенного эффекта сокращения энергозатрат вследствие их перераспределения на более эффективное разрушение материалов ударом, срезом и др.

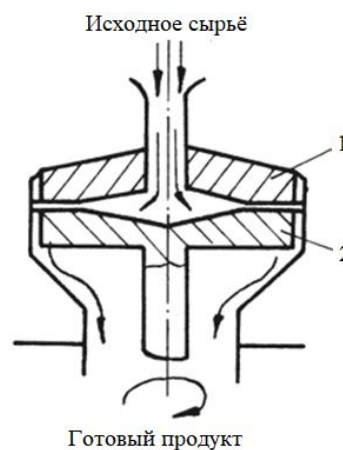


Рисунок 1 Дисковая мельница

Дисковые дробильно-измельчительные машины в основном применяются для получения готового продукта тонких фракций за счёт истирания исходного материала между двумя рабочими органами, один из которых или оба обладают возможностью вращения вокруг вертикальной или горизонтальной оси (рис. 1). Сырьё, как правило, подвергается интенсивному истиранию, проходя по спиральной траектории к периферии [4, 5]. Основным недостатком дисковых мельниц является способ измельчения, заложенный в принцип их работы, т. к. процесс истирания является самым низкопроизводительным и энергоёмким из всех известных способов разрушения материалов.

Поэтому создание комбинированного воздействия на материал в дисковых мельницах является более предпочтительным и требует всестороннего совершенствования и изучения [6], ибо позволяет существенно расширить область применения таких машин.

Постановка *задачи* — разработка путей создания условия комбинированного воздействия в дисковых мельницах на измельчаемое сырье и экспериментальное исследование полученных физических моделей с целью повышения эффективности их работы.

При анализе известных технических решений по данному направлению выявлено достаточно большое разнообразие конструкций и способов измельчения сырья на основе дисковых измельчителей, основы классификации которых можно представить схемой, представленной на

рисунке 2, что является продуктом обобщения полученных результатов.

Экспериментальные исследования в лабораторных условиях проводились на спроектированной и изготовленной лабораторной установке, изображенной на рисунке 3, снабженной двумя дисками, вращающимися в противоположные стороны.

Схема экспериментальной установки представлена на рисунке 4 и содержит корпус 1, диски 2 и 3, загрузочную воронку 4, лоток 5 для выгрузки готового продукта. Диски снабжены отдельными приводами, каждый с возможностью вращения в противоположные стороны и с регулируемой частотой вращения. Для изучения влияния на крупность готового продукта предусмотрена возможность регулировки величины щели специальными прокладками.

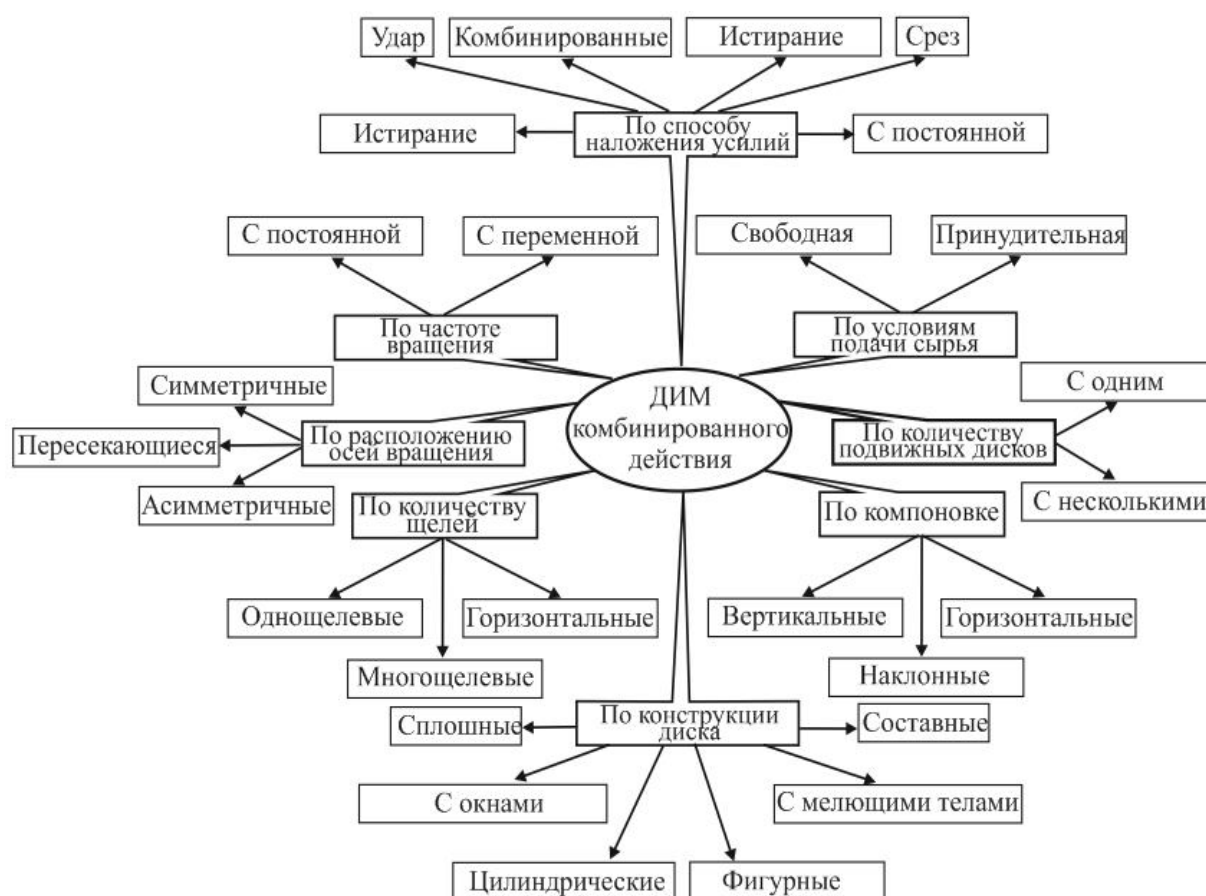


Рисунок 2 Классификация дисковых измельчителей

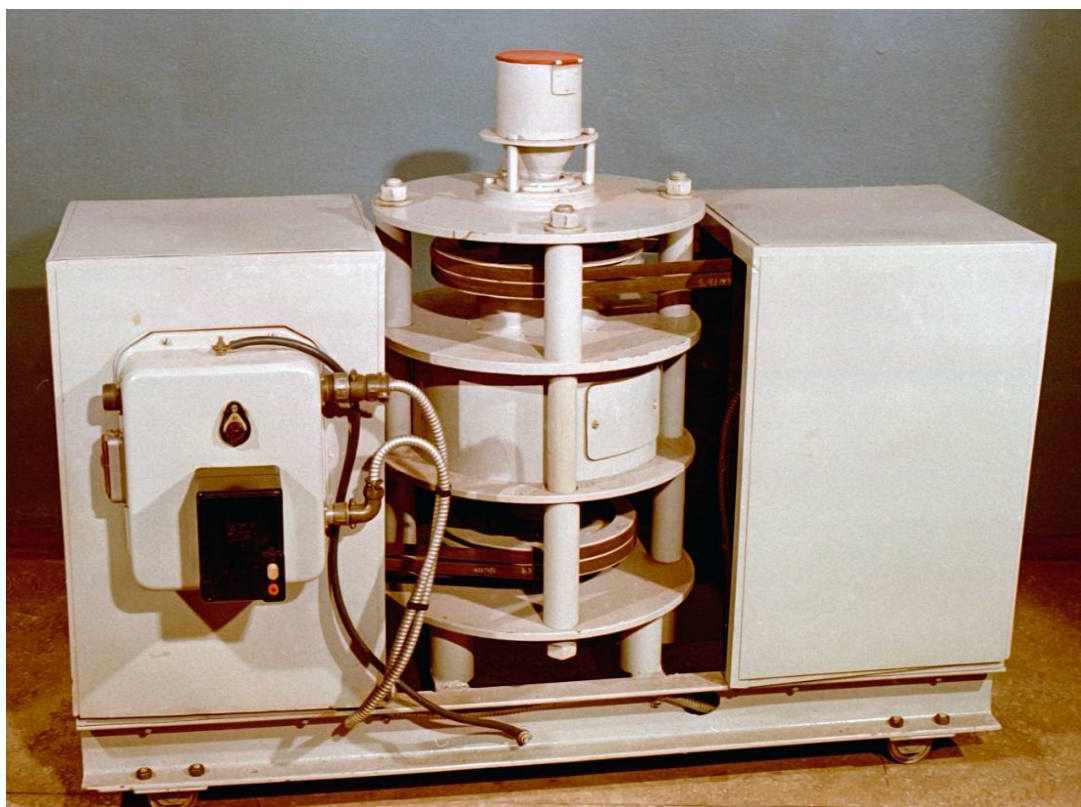


Рисунок 3 Физическая модель

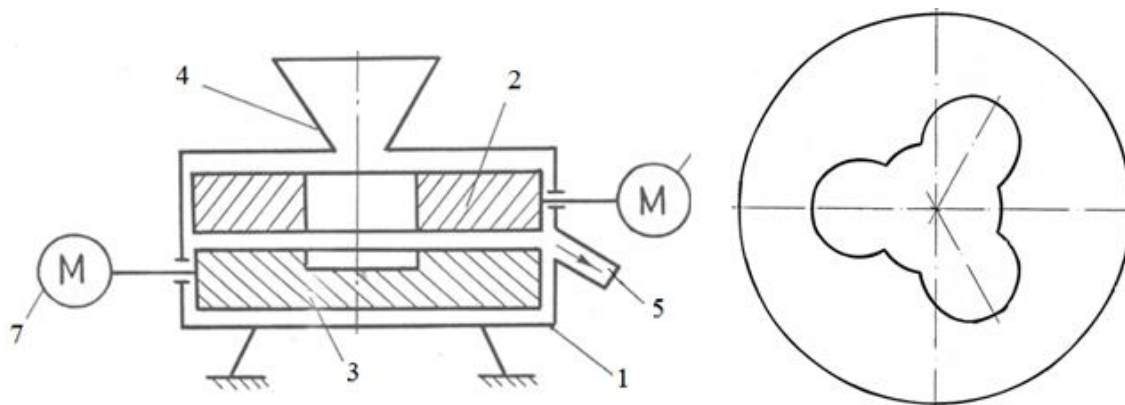
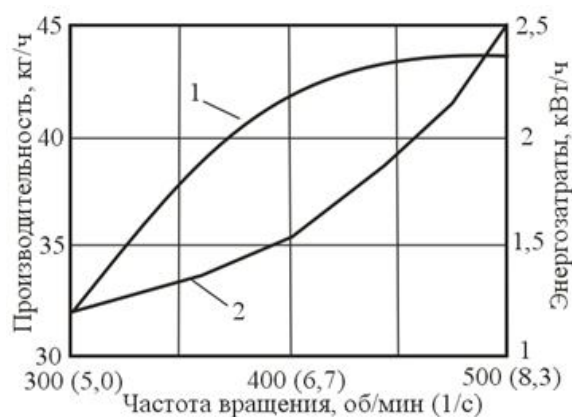


Рисунок 4 Схема физической модели и конфигурация рабочего органа

Основные параметры, определяющие возможности модели: диаметр отверстия загрузочной воронки  $D=50$  мм; диаметр дисков  $d=100$  и  $d=75$  мм; величина разгрузочной щели от 0,5 до 3,5 мм; угловая скорость вращения дисков: 3,3; 5; 6,7; 8,3  $\text{с}^{-1}$ .

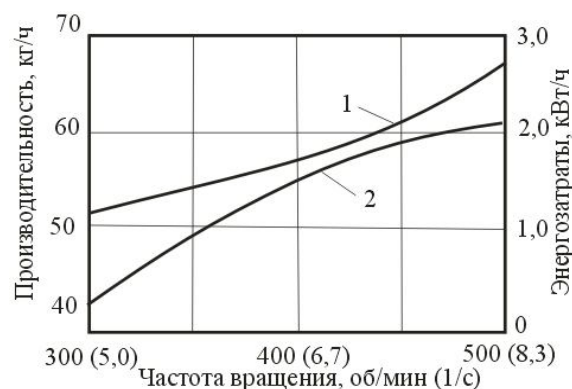
Изучалось влияние частоты вращения рабочих органов на производительность, энергозатраты и гранулометрическую ха-

рактеристику готового продукта при измельчении щебня. На рисунке 5 показано влияние частоты вращения рабочих органов на производительность и энергозатраты при диаметре дисков 100 мм и щелевом зазоре 1 мм, а на рисунке 6 — влияние частоты вращения рабочих органов на производительность и энергозатраты при диаметре дисков 100 мм и зазоре 2,5 мм.



1 — производительность; 2 — энергозатраты

Рисунок 5 Зависимости производительности и энергозатрат от частоты вращения рабочих органов при щелевом зазоре 1,0 мм



1 — производительность; 2 — энергозатраты

Рисунок 6 Зависимости производительности и энергозатрат от частоты вращения рабочих органов при щелевом зазоре 2,5 мм

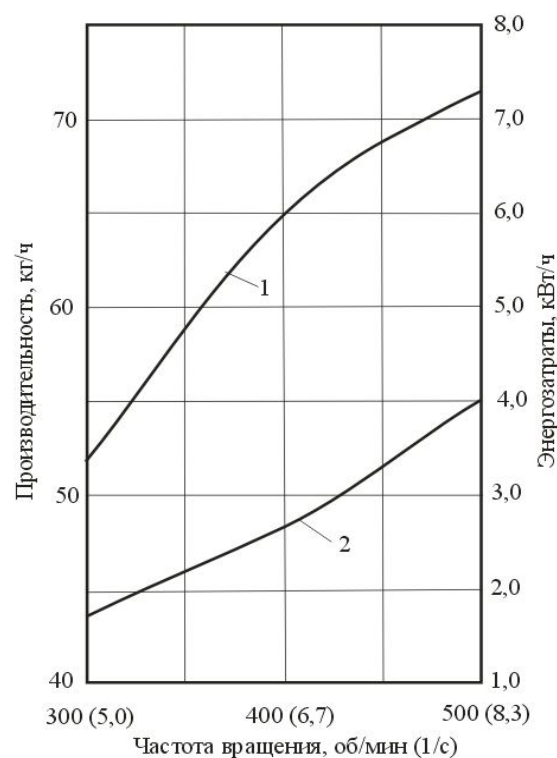
Во всех эксперимента исходный материал был представлен фракцией 5–13 мм.

На рисунке 7 показаны зависимости производительности и энергозатрат от частоты вращения рабочих органов при диаметре дисков 100 мм и зазоре 3,5 мм.

Суммарные характеристики крупности готового продукта приведены в таблице 1.

Исследования показали, что с увеличением частоты вращения рабочих органов производительность и энергозатраты возрастают не прямо пропорционально. Увеличение производительности от 50 кг/ч при  $n = 5 \text{ с}^{-1}$  (300 об/мин) до 70 кг/ч на-

блюдалось при повышении частоты вращения до  $n = 8,3 \text{ с}^{-1}$  (500 об/мин). В готовом продукте содержится до 10 % частиц с размерами более величины щели.



1 — производительность; 2 — энергозатраты

Рисунок 7 Зависимости производительности и энергозатрат от частоты вращения рабочих органов при щелевом зазоре 3,5 мм

Таблица 1  
Крупность готового продукта

n, об/мин	Размер ячеек сит, мм					
	0	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5
Щелевой зазор 1 мм						
500	95	37	5,0	1,0	0	0
400	100	41	9,5	2,5	0	0
300	100	42,0	29,0	5,0	0	0
Щелевой зазор 2,5 мм						
500	96	51,5	32,0	21,0	11,0	0
400	100	59,5	38,0	23,0	12,5	0
300	100	62,0	41,0	27,0	12,6	5,0
Щелевой зазор 3,5 мм						
500	100	72,5	60,0	50,0	39,5	25,0
400	100	79,5	67,0	55,0	48	30,0
300	100	80,5	69,0	58,0	48,0	36,0

Машины со щелевой разгрузкой и фасонной формой измельчающих дисков способны обеспечить степень измельчения от единицы до 100, что характеризует их как устройства высокой универсальности.

В диапазоне исследуемых режимов при величине щели 3,5 мм удельные энергозатраты составляют ориентировочно от 3 до 5 кВт·ч/т, а при снижении размера щели до 1,0 мм повышаются до 8–12 кВт·ч/т.

Основополагающим фактором, задающим крупность готового продукта, выступает величина щелевого зазора. Установлено, что во фракционном составе готового продукта содержится до 10 % зёрен материала, превышающих размер щели. Влияние частоты вращения рабочих органов и абсолютного размера их проёма наряду с крупностью исходного сырья на качество готового продукта незначительное. Следовательно, в крупногабаритных машинах такого типа, обеспечивающих повышенную производительность, получение тонкоизмельчённых продуктов ввиду

технических трудностей регулировки узких величин щели 1–2 мм является труднодостижимой задачей. Кроме того, она дополнительно усугубляется постоянным изнашиванием дисков в процессе диспергирования материалов, что приводит к возрастанию величины щелевого зазора.

Производительность машины и энергозатраты напрямую зависят от частоты вращения дисков, что при контроле уровня затрат энергии с целью обеспечения рациональной величины обуславливает в качестве основного фактора оперировать линейной скоростью на наибольшем радиусе диска.

Основным недостатком дисковых измельчителей является невозможность работы под завалом ввиду заклинивания рабочих органов перерабатываемым материалом.

В качестве перспектив использования возможно расширение результатов исследований при номинальной производительности до 1 т в одно-, двухщелевом исполнении и многощелевом исполнении.

### Библиографический список

1. Клушанцев, Б. В. Дробилки. Конструкция, расчёт, особенности эксплуатации [Текст] / Б. В. Клушанцев, А. И. Косарев, Ю. А. Муйземнек. — М. : Машиностроение, 1990. — 320 с.
2. Левченко, Э. П. Основы синтеза инновационных технологических процессов, механических устройств и систем (опыт 30-летней изобретательской деятельности) [Текст] : монография / Э. П. Левченко, А. М. Зинченко, О. А. Левченко. — Алчевск : ГОУ ВПО ЛНР «ДонГТУ», 2018. — 353 с.
3. Левченко, Э. П. Повышение эффективности дисковых измельчителей [Текст] / А. Н. Тумин, Э. П. Левченко, Н. Г. Алферов // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2016. — Вып. 5 (48). — С. 92–96.
4. Машины и аппараты пищевых производств [Текст] : учебник для вузов. В 2 кн. Кн. 1 / С. Т. Антипов, И. Т. Кретов, А. Н. Остриков и др. — М. : Высш. шк., 2001. — 703 с.
5. Соколов, А. Я. Основы расчёта и конструирования машин и автоматов пищевых производств [Текст] : учеб. пособ. для вузов / А. Я. Соколов. — М. : Машиностроение, 1969. — 637 с.
6. Разработка системы управления для реализации вынужденных колебаний рабочей гарнитуры в дисковой мельнице [Текст] / А. Н. Тумин, Э. П. Левченко, А. М. Новохатский и др. // Сборник научных трудов ДонГТУ. — 2018. — Вып. 9 (52). — С. 142–148.

© Левченко Э. П.

**Рекомендована к печати д.т.н., проф., зав. каф. АТ ЛГУ им. В. Даля Замотой Т. Н., к.э.н., доц., зав. каф. ТОМП ДонГТИ Зинченко А. М.**

Статья поступила в редакцию 31.01.2023.

**PhD in Engineering Levchenko E. P. (DonSTI, Alchevsk, LPR, levchenckoeduard@yandex.com)**  
**STUDIES OF THE PRINCIPLE OF COMBINED IMPACT ON THE MATERIAL IN DISK  
CRUSHING AND GRINDING MACHINES**

*The work is devoted to the research of expanding the capabilities of disk-type reducing machines based on the creation of conditions in the working chamber of combined impact on the material, which provides highly efficient multi-stage grinding in a single design. The influence of the rotation speed of disks and the slot gap of a single-slot crushing and grinding machine on productivity and energy consumption is investigated.*

**Key words:** *disc breaker, crushing and grinding machine, combined impact on the material, productivity, energy consumption.*