

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ МЕЛЬНИЦЫ  
ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ИЗВЕСТИ**

**Колобов М.Ю., Силин А.М., Морозов М.П., Александров Ю.Н.,  
Ротов И.А., Кокурина Г.Н.**

Колобов Михаил Юрьевич, Силин Александр Максимович, Морозов Максим Павлович, Александров Юрий Николаевич, Ротов Илья Алексеевич, Кокурина Галина Николаевна  
Ивановский государственный химико-технологический университет,  
г. Иваново, Россия. 153000, Ивановская область, г. Иваново, пр. Шереметевский, д. 7.  
E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru, galnikkok\_79@mail.ru

*Проведены исследования по измельчению извести в малогабаритной центробежной мельнице. Получена математическая модель (уравнение регрессии) эффективности измельчения от исследуемых параметров. Максимальная эффективность измельчения извести при диаметре отверстия в кольце 100-170 мм. С увеличением диаметра отверстия в кольце эффективность уменьшалась.*

**Ключевые слова:** известь, центробежная мельница, эффективность измельчения

**USING A CENTRIFUGAL MILL FOR GRINDING LIME**

**Kolobov M.Yu., Silin A.M., Morozov M.P., Alexandrov Yu.N.,  
Rotov I.A., Kokurina G.N.**

Kolobov Mikhail Yurievich, Silin Alexander Maksimovich, Morozov Maxim Pavlovich, Alexandrov Yuri Nikolaevich, Rotov Ilya Alekseevich, Kokurina Galina Nikolaevna  
Ivanovo State University of Chemical Technology,  
Ivanovo, Russia. 153000, Ivanovo region, Ivanovo, Sheremetevsky Ave., 7.  
E-mail: mikhaikolobov@rambler.ru, galnikkok\_79@mail.ru

*Research has been carried out on grinding lime in a small-sized centrifugal mill. A mathematical model (regression equation) of grinding efficiency from the studied parameters was obtained. Maximum lime grinding efficiency with a hole diameter in the ring of 100-170 mm. As the diameter of the hole in the ring increased, the efficiency decreased.*

**Keywords:** lime, centrifugal mill, grinding efficiency

Угловский известковый комбинат Новгородской области является одним из ведущих предприятий в известковой промышленности страны. Для помола извести на комбинате используют двухкамерную шаровую мельницу СМ-1456 производительностью 6-7 т/ч. и с установленной мощностью двигателя 200 кВт. В мельницу поступает гидратная известь фракции 0-5 мм влажностью 5-7% и в процессе помола происходит доведение гидратной извести до необходимого дисперсного состава 0-0,2 мм. После измельчения в заводской лаборатории проводят ситовой анализ готовой продукции. Тонкость помола извести характеризуется остатками на ситах № 02 (0,2 мм) и № 008 (0,08 мм), которые должны составлять соответственно 1,5 и 15% от массы просеиваемой

пробы. При получении измельчённой извести более крупных фракций материал является некондицией и отправляется в отвалы.

Широкое распространение в различных отраслях промышленности получили центробежные мельницы [1-9].

Задача работы: провести исследования по измельчению некондиционной извести в малогабаритной центробежной мельнице, разработанной в ИГХТУ (патент № 143236 «Центробежная мельница». Колобов М.Ю. и др., рис. 1).

Центробежная мельница содержит корпус 1, патрубок 2 для подачи исходного материала, расположенный в верхней части корпуса 1, тетки 3 для вывода готового продукта, расположенные в нижней части корпуса, отбойные элементы 4.

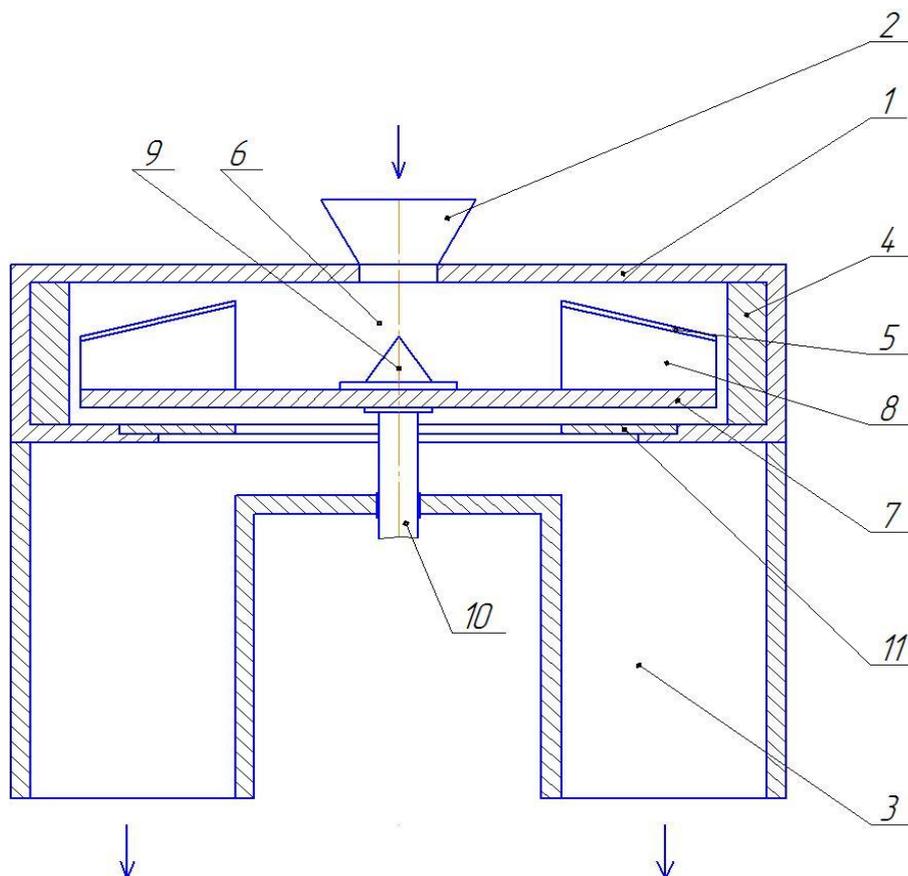


Рис. 1. Центробежная мельница  
Fig. 1. Centrifugal mill

Ускоритель состоит из верхнего элемента, выполненного в виде боковой поверхности усеченного конуса 5 с центральным отверстием 6, и нижнего элемента, выполненного в виде диска 7, ускорительных лопастей 8 и конусного распределителя 9, и расположен на вертикальном валу 10. Нижняя часть корпуса 1 выполнена с пазом для установки сменных колец 11.

Используя сменные кольца с разными диаметрами отверстий можно регулировать granulометрический состав готового продукта.

Исследования проводились с диаметрами отверстий сменных колец 100, 135, 170 мм при скоростях нагружения при измельчении извести 60, 135, 210 м/сек. Исходный размер извести: 0,2-0,5 мм и 0,5-1,0 мм (некондиция).

По результатам двухфакторных исследований были определены интервалы и уровни варьирования факторов.

Независимые переменные:  $X_1$  – скорость нагружения,  $X_2$  – диаметр внутреннего отверстия в кольце.

В качестве критерия оптимизации:  $Y$  –

эффективность измельчения (количество фракции менее 0,08 мм), %.

Диапазоны варьирования факторов: 60 –  $X_1$ – 210 м/сек., интервал 75 м/сек., 100 мм –  $X_2$ – 170 мм, интервал 35 мм.

Проводя обработку полученных экспериментальных данных, получена следующая математическая модель (уравнение регрессии) для исходного размера извести 0,2-0,5 мм:

$$Y(x_1, x_2) = 81,77524 + 0,252x_1 - 0,26762x_2$$

Моделируя полученное уравнение регрессии в среде MatCad получим его графическое изображение в виде поверхности (рис. 2).

Математическая модель (уравнение регрессии) для исходного размера извести 0,5-1,0 мм:

$$y(x_1, x_2) = 73,5127 + 0,2177778x_1 - 0,22857x_2$$

Моделируя полученное уравнение регрессии в среде MatCad получим его графическое изображение в виде поверхности (рис. 3).

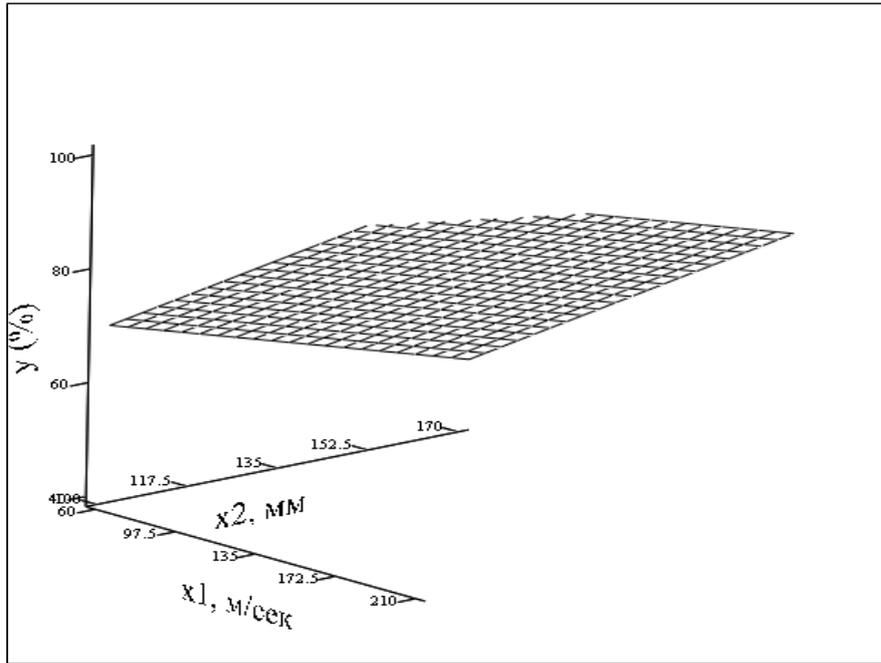


Рис. 2. Зависимость эффективности измельчения (количество фракции менее 0,08 мм)  $y$  от скорости нагружения  $x_1$  (м/сек.) и диаметра отверстия в кольце  $x_2$  (мм) при исходном размере извести 0,2-0,5 мм

Fig. 2. Dependence of grinding efficiency (amount of fraction less than 0.08 mm)  $y$  on loading speed  $x_1$  (m/sec.) and hole diameter in the ring  $x_2$  (mm) with an initial lime size of 0.2-0.5 mm

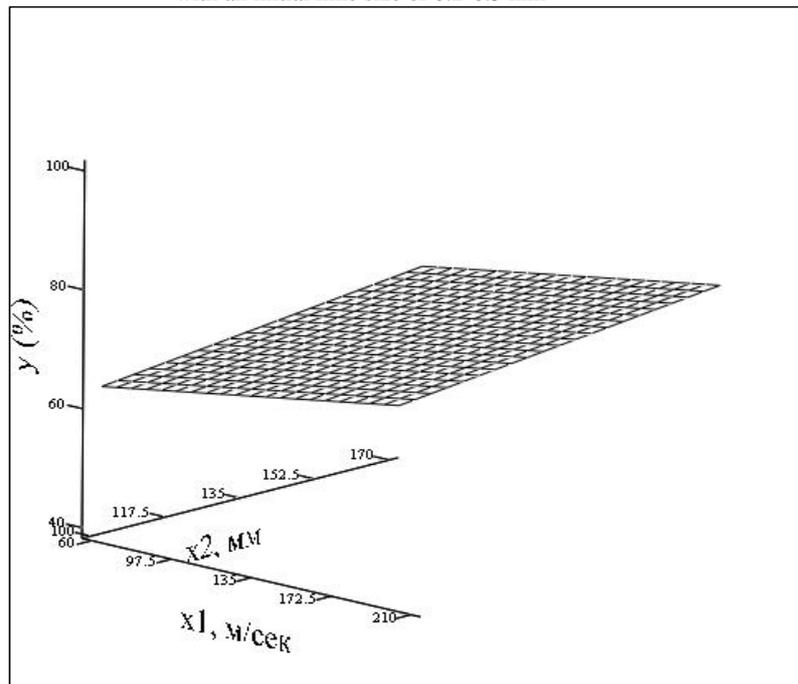


Рис. 3. Зависимость эффективности измельчения (количество фракции менее 0,08 мм)  $y$  от скорости нагружения  $x_1$  (м/сек.) и диаметра отверстия в кольце  $x_2$  (мм) при исходном размере извести 0,5-1,0 мм

Fig. 3. Dependence of grinding efficiency (amount of fraction less than 0.08 mm)  $y$  on loading speed  $x_1$  (m/sec.) and hole diameter in the ring  $x_2$  (mm) with an initial lime size of 0.5-1.0 mm

Результаты исследований показали эффективность использования центробежной мельницы для измельчения некондиционной извести: максимальная эффективность (88-100%) была получена при диаметре отверстия в кольце 100-170 мм.

С увеличением диаметра отверстия в кольце эффективность уменьшалась.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов, требующего раскрытия в данной статье

The authors declare the absence a conflict of interest warranting disclosure in this article.

ЛИТЕРАТУРА

1. Колобов М.Ю., Лапшин В.Б., Сахаров С.Е., Абаликхин А.М. Оборудование для обработки дисперсных материалов. Международная научная конференция "Теоретические основы создания, оптимизации и управления энерго- и ресурсосберегающими процессами и оборудованием". Сборник трудов. Том II. Иваново, 2007. С. 13-15.
2. Колобов М.Ю., Сахарова С.Г., Сахаров С.Е. Измельчитель сыпучих материалов. *Ремонт, восстановление, модернизация*. Москва, 2017. № 1. С. 9-12.
3. Колобова В.В., Колобов М.Ю. Особенности измельчения фосфоросодержащих руд. *Аграрный вестник Верхневолжья*. Иваново, 2016. № 4 (16). С. 77-82.
4. Колобов М.Ю., Чагин О.В., Блиничев В.Н. Повышение долговечности рабочих органов центробежно-ударных измельчителей. *Российский химический журнал*. Иваново, 2019. Т. LXIII, № 3-4. С. 40-44. DOI: 10.6060/rcj.2019633.5
5. Гущина Т.В., Гущина Е.А., Колобов М.Ю., Блиничев В.Н. Исследование мельницы ударно-отражательного действия. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2020. № 3. С. 54-59.
6. Колобова В.В., Колобов М.Ю. Повышение эффективности применения гипсовых материалов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*. 2021. № 4. С. 50-55. DOI: 10.6060/snt.20216804.0007
7. Колобов М.Ю., Воробьев С.В., Миронов Е.В., Куваева Е.Ю., Сахаров С.Е., Колобова В.В. Влияние режимных параметров оборудования на интенсивность изнашивания конструкционных материалов. *Российский химический журнал*. 2023. Т. LXVII, № 1. С. 64-69. DOI: 10.6060/rcj.2023671.9
8. Блиничев В.Н., Лабутин А.Н., Зуева Г.А., Колобов М.Ю., Алексеев Е.А., Волкова Г.В., Воробьев С.В., Козлов А.М., Кокурина Г.Н., Лысова М.А., Миронов Е.В., Натарева С.В., Невиницын В.Ю., Пономарева Ю.Н., Постникова И.В., Сахаров С.Е., Чагин О.В. Проблемы разработки энерго- и ресурсосберегающих процессов, реакторных систем и оборудования интенсивного действия, моделирования и оптимального управления. *Изв. вузов. Химия и хим. технология*. 2023. Т. 66. Вып. 7. С. 185-202. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6845j
9. Колобов М.Ю., Гущина Т.В., Колобова В.В. Повышение эффективности процесса измельчения в ударно-центробежной мельнице. Надежность и долговечность машин и механизмов. Сборник материалов XV Всероссийской научно-практической конференции. Иваново, 18 апреля 2024. С. 106-108.

REFERENECES

1. Kolobov M.Yu., Lapshin V.B., Sakharov S.E., Abalikhin A.M. Equipment for processing dispersed materials. International scientific conference "Theoretical foundations for the creation, optimization and management of energy- and resource-saving processes and equipment". Collection of works. Volume II. Ivanovo, 2007. P. 13-15.
2. Kolobov M.Yu., Sakharova S.G., Sakharov S.E. Shredder of bulk materials. *Repair, restoration, modernization*. Moscow, 2017. N 1. P. 9-12.
3. Kolobova V.V., Kolobov M.Yu. Features of grinding phosphorus-containing ores. *Agrarian bulletin of the Upper Volga region*. Ivanovo, 2016. N 4 (16). P. 77-82.
4. Kolobov M.Yu., Chagin O.V., Blinichev V.N. Increasing the durability of the working bodies of centrifugal impact shredders. *Ros. Khim. Zh.* 2019. T. LXIII, N 3-4. P. 40-44. DOI: 10.6060/rcj.2019633.5
5. Gushchina T.V., Gushchina E.A., Kolobov M.Yu., Blinichev V.N. Investigation of impact mill. *Modern high technology. Regional application*. 2020. N 3. P. 54-59.
6. Kolobova V.V., Kolobov M.Yu. Increasing the efficiency of using gypsum materials. *Modern high technology. Regional application*. Ivanovo, 2021. N 4. P. 50-55. DOI: 10.6060/snt.20216804.0007
7. Kolobov M.Yu., Vorobyov S.V., Mironov E.V., Kuvaeva E.Yu., Sakharov S.E., Kolobova V.V. The influence of operating parameters of equipment on the wear rate of structural materials. *Russian chemical journal*. 2023. T. LXVII, No. 1. P. 64-69. DOI: 10.6060/rcj.2023671.9
8. Blinichev V.N., Labutin A.N., Zueva G.A., Kolobov M.Yu., Alekseev E.A., Volkova G.V., Vorobyov S.V., Kozlov A.M., Kokurina G. N., Lysova M.A., Mironov E.V., Natareev S.V., Nevinitsyn V.Yu., Ponomareva Yu. N., Postnikova I.V., Sakharov S.E., Chagin O.V. Problems of developing energy- and resource-saving processes, reactor systems and intensive equipment, modeling and optimal control. *ChemChemTech [Izv. Vyssh. Uchebn. Zaved. Khim. Khim. Tekhnol.]*. 2023. T. 66. Issue. 7. P. 185-202. DOI: 10.6060/ivkkt.20236607.6845j
9. Kolobov M.Yu., Gushchina T.V., Kolobova V.V. Increasing the efficiency of the grinding process in a centrifugal impact mill. Reliability and durability of machines and mechanisms. Collection of materials from the XV All-Russian Scientific and Practical Conference. Ivanovo, April 18 2024. P. 106-108.

Поступила в редакцию 18.09.2024

Принята к опубликованию 20.11.2024

Received 18.09.2024

Accepted 20.11.2024