

¹Гаркави М.С., зам. главного инженера по науке и инновациям, д-р техн. наук, проф.,
²Кутлубаев И.М., д-р техн. наук, проф.,
¹Хозей А.Б., ведущий конструктор
¹ЗАО «Урал-Омега» г. Магнитогорск
²Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова

ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИЖЕНИЯ МАТЕРИАЛА В КАМЕРЕ ДРОБЛЕНИЯ ЦЕНТРОБЕЖНОЙ ДРОБИЛКИ И СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ УСКОРИТЕЛЯ

hab@uralomega.ru

В работе рассматривается численная модель движения частиц кварцита и мрамора в камере дробления центробежной дробилки. Устанавливается механизм формирования защитного слоя материала в кармане ускорителя. Устанавливается влияние конструкции ускорителя на гранулометрический состав продукта дробления. Проверяется сходимость результатов численного моделирования с полупромышленным экспериментом.

Ключевые слова: ускоритель, центробежная дробилка, LIGGGHTS, численное моделирование, гранулометрический состав.

Введение. В процессе дробления в центробежной дробилке, образуется большое количество мелкодисперсной пыли, которая в большинстве случаев является побочным продуктом дробления и требует утилизации [1, 2]. Кроме того, немаловажным негативным фактором является ухудшение экологической обстановки в районе производства в ветреную погоду.

Одним из вариантов снижения количества мелкодисперсной пыли является совершенствование конструкции рабочего органа (ускорителя) центробежной дробилки для исключения эффекта намолта в защитных карманах (рис. 1). Решение этой задачи может быть обеспечено за счет изменения геометрии ускорителя.

Численный программный комплекс LIGGGHTS позволяет с малым временным шагом 2×10^{-7} с создать модель движения материала в ускорителе [3, 4]. Полученные данные дают возможность проанализировать механизм формирования защитного слоя материала в кармане ускорителя, напряжения в частицах материала, а также оценить влияние геометрии ускорителя на скорость схода частиц.

Цель настоящей работы состоит в исследовании процесса, протекающего в камере дробления центробежной дробилки ДЦ-0,36, имеющей ускоритель и отбойную плиту с характерными размерами, и геометрией, изображенными на рис. 1. Угловая скорость вращения ускорителя $\omega = 534 \text{ с}^{-1}$.

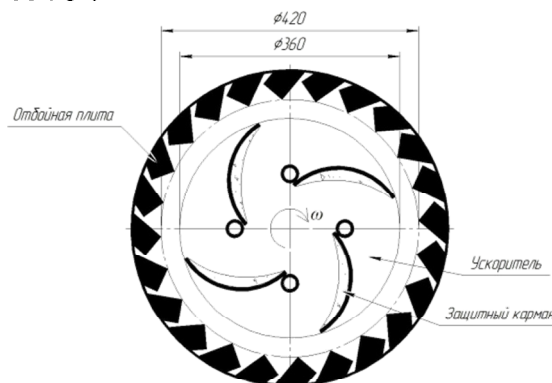


Рис. 1. Камера дробления

Методика. В исследовании применялись мрамор и кварцит гранулометрического состава, указанного в табл. 1, и имеющие физико-механические свойства, которые приведены в таблице 2 [5].

Таблица 1

Гранулометрический состав

	Частные остатки на ситах, %			
	Св. 5 мм	2,5–5 мм	1,25–2,5 мм	0–1,25 мм
Кварцит	12,4	75,9	11,3	0,4
Мрамор	6,2	61,4	30	2,4

В работе использована следующая структура исследования:

1. Численное моделирование движения материала в камере дробления.

• Исследование движения отдельных частиц в ускорителе

• Исследование механизма образования защитного слоя на лопатках

• Моделирование движения частиц в усовершенствованном ускорителе.

2. Исследование влияния конструкции ускорителя на гранулометрический состав продуктов дробления мрамора и кварцита.

Физико-механические свойства

	Кварцит	Мрамор
Модуль упругости (Юнга)	$6,9 \times 10^{10}$ МПа	8×10^{10} МПа
Коэффициент Пуассона	0,16	0,28
Коэффициент восстановления при ударе	0,1	0,1
Коэффициент трения материала по материалу	0,88	0,7
Коэффициент трения материала по стали	0,5	0,4
Плотность частицы материала	2860 кг/м ³	2650 кг/м ³

Основная часть.

Исследование движения отдельных частиц в ускорителе

Численным моделированием движения отдельных частиц (рис. 2) установлено:

- частицы кварцита в течение 0,1675 сек, а мрамора – 0,1759 сек находятся на поверхности нижнего диска и перемещаются к разгонной лопатке;

- сход частиц наблюдается через 0,1764 сек для кварцита, и 0,1932 сек – для мрамора;

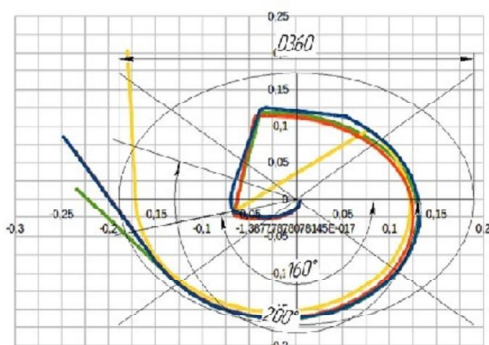
- угол схода материала по отношению к тангенциальной составляющей ускорителя со-

ставляет $16^{\circ}37'$ для кварцита, и $17^{\circ}11'$ – для мрамора;

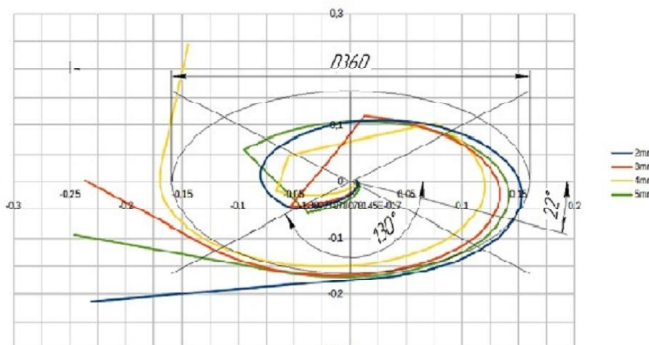
- средняя скорость схода материала $142,9111$ м/с для кварцита, и $145,5912$ м/с – для мрамора.

Исследование механизма образования защитного слоя на лопатках

Моделированием потока частиц мрамора и кварцита установлен следующий характер формирования защитного слоя на лопатках ускорителя (рис. 3).



а)



б)

Рис. 2. Траектория движения частиц:
а – кварцита, б – мрамора в горизонтальной плоскости ускорителя

В момент схода первых частиц с лопаток ускорителя наблюдалось максимальное значение их скорости 154 м/с. После удара об отбойную плиту и потери скорости с коэффициентом восстановления при ударе (имитирующем потерю скорости при разрушении) наблюдался возврат частиц в центральную часть разгонной лопатки. В результате возврата наблюдалось торможение и задержка вновь поступающих частиц на лопатках, и как следствие формирование защитного слоя. Кроме того, в результате воздействия возврата на образовавшийся защитный слой в частицах возникают дополнительные напряжения. Начиная с $0,112$ с скорость частиц стабилизировалась на величинах, не превышающих 105 м/с, т.е. $109,3$ % от переносной скорости.

Моделирование движения частиц в усовершенствованном ускорителе.

Совершенствование ускорителя направлено на устранение дополнительных напряжений в частицах, вызванных возвратом материала, заключается в установке защитных бил рис. 4, а.

Картина схода материала имеет характер, изображенный на рис. 4, б. Материал, отраженный от отбойной плиты, попадает в защитное било и скатывается с него.

Исследование влияния конструкции ускорителя на гранулометрический состав продуктов дробления мрамора и кварцита.

Эксперимент проводился на центробежной дробилке ДЦ-0,36 лаборатории ЗАО «Урал-Омега» с ускорителями различных конструкций (рис. 1 и 4). Для наглядности била были покрашены белой краской. На рис. 5 изображен ускоритель с защитным бил до и после проведения эксперимента.

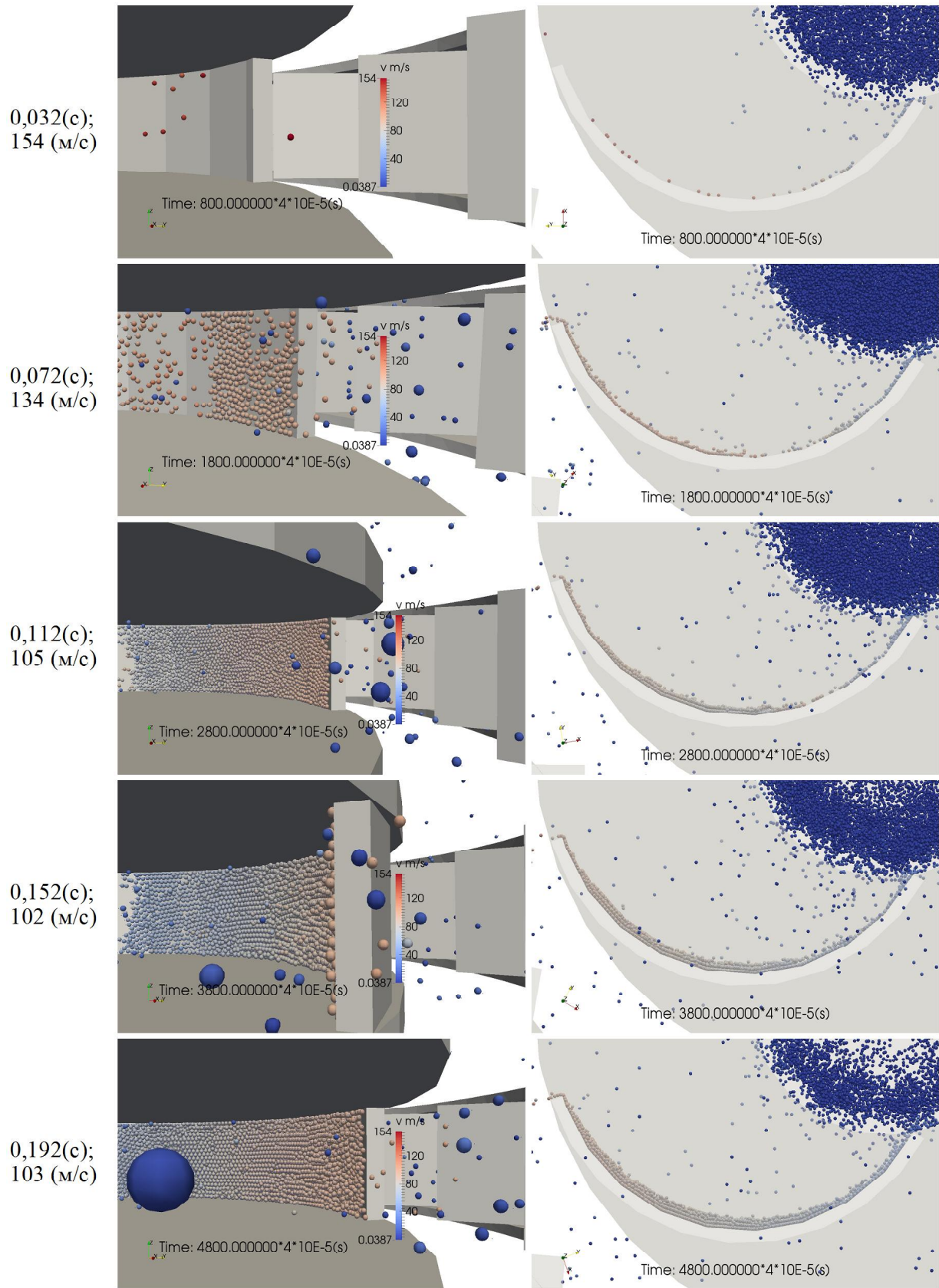


Рис. 3 Модель формирования защитного слоя

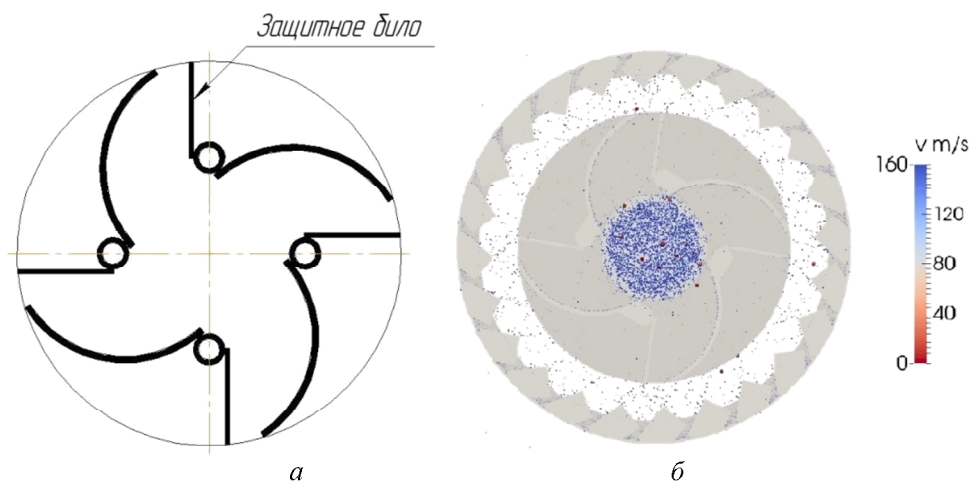


Рис. 4. Ускоритель с защитными билами

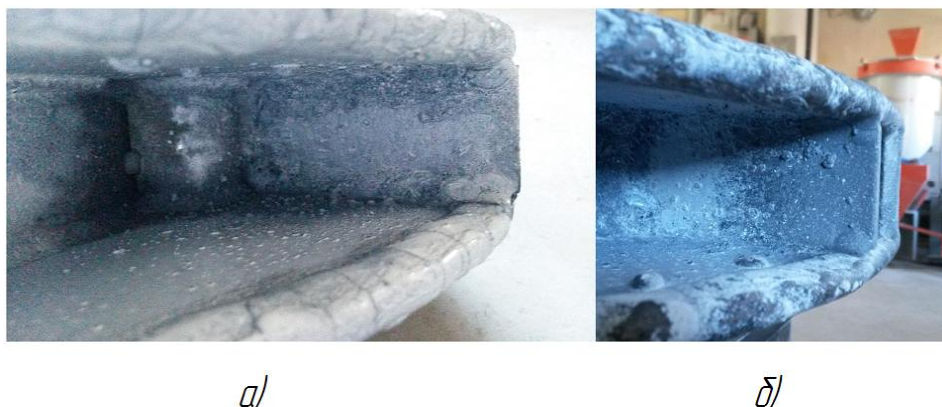


Рис. 5. Ускоритель с защитным билом до *а* – и после *б* – эксперимента

В результате эксперимента установлено наличие возврата материала в лопатку ускорителя, который отмечен характерным стиранием

краски с защитного била на 2/3 длины (рис. 5, б).

Гранулометрический состав полученных продуктов дробления приведен в табл. 3.

Таблица 3

Результаты дробления кварцита и мрамора

	Образец ускорителя	Частные остатки на ситах, %						
		Св. 5 мм	2,5-5 мм	1,25-2,5 мм	0,63-1,25 мм	0,315-0,63 мм	0,16-0,315 мм	0-0,160 мм
Кварцит	Исходный	12,4	75,9	11,3	0,4			
	Защитные карманы	0,9	10,6	17,9	14,9	10,6	12	33,1
	Защитные карманы с билом	1	12,7	23,4	16,3	10,8	9,6	26,2
Мрамор	Исходный	6,2	61,4	30	2,4			
	Защитные карманы	0,6	5,7	4,3	7,7	18,2	27,1	36,4
	Защитные карманы с билом	0,3	4,9	11,3	16,6	19,5	22,5	24,9

Из приведенных данных следует, что использование ускорителя с защитными билами позволило сократить количество мелкодисперсной пыли при дроблении кварцита на 20,9 %, а мрамора на 31,6 %.

Выводы:

1. В результате численного моделирования установлено, что:

- Независимо от вида измельчаемого материала его частицы имеют практически одина-

ковую скорость схода, и более 90 % времени находятся в центральной зоне ускорителя.

- Образование мелкодисперсной составляющей продукта измельчения обусловлено возвратом частиц на центральную часть лопатки, и уменьшением скорости схода на 31,8 %.

2. Использование защитных бил позволило сократить количество мелкодисперсной пыли при дроблении кварцита на 20,9 %, мрамора на 31,6 %.

3. Результаты численного моделирования имеют хорошую сходимость с данными полупромышленного эксперимента.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Воробьев В.В., Кушка В.Н., Свитов В.С. Современное оборудование для измельчения и классификации материалов // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2006. №1. С. 280–284.

2. Хамидулина Д.Д., Якубов В.И., Родин А.С., Кушка В.Н. Отсевы дробления – эффективный способ повышения качества бетонов // Строительные материалы 2006. №11. С. 50–51.

3. Козин А.Ю., Фомин С.Н., Кутлубаев И.М., Хозей А.Б. Моделирование движения ми-

нерального сырья в ускорителе центробежного типа // Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова. 2015. №4. С. 57–59.

4. «Models, algorithms and validation for opensource DEM and CFD-DEM», Christoph Kloss, Christoph Goniva, Alice Hager, Stefan Amberger, Stefan Pirker - Progress in Computational Fluid Dynamics, An Int. J. 2012 - Vol. 12, No.2/3 pp. 140 - 152

5. Характеристики и физико-механические свойства сыпучих материалов [Электронный ресурс] // www.stroymehhanika.ru : сервер ООО «СтройМеханика». URL: http://www.stroymehhanika.ru/article_3.php (дата обращения 09.09.2014г.)

Garkavi M.S., Kutlubaev I.M., Khozey A.B.

THE RESEARCH OF A MATERIAL MOVEMENT INTO THE CRUSHING CHAMBER OF A CENTRIFUGAL CRUSHER AND IMPROVEMENT OF THE ACCELERATOR DESIGN

In this article we use the model of a particle motion quartz and marble in the crushing chamber of the centrifugal crusher. It establishes a mechanism for the formation of a protective layer of material in the pocket of the accelerator. It establishes the influence of the design accelerator of a particle size distribution of the crushing product. It Checks the convergence of computer simulations with a semi-industrial experiment.

Key words: *accelerator, centrifugal crusher, LIGGGHTS, particle size distribution.*

Гаркави Михаил Саулович, доктор технических наук, профессор, зам. главного инженера по науке и инновациям.

ЗАО «Урал-Омега».

Адрес: Россия, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 89 стр. 7.

Кутлубаев Ильдар Мухаметович, доктор технических наук, профессор.

Магнитогорский государственный технический университет им. Г.И. Носова.

Адрес: Россия, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 38.

Хозей Александр Борисович, ведущий конструктор.

ЗАО «Урал-Омега».

Адрес: Россия, 455000, г. Магнитогорск, пр. Ленина, д. 89 стр.7.

E-mail: hab@uralomega.ru