

<sup>1</sup>Гаркави М.С., Зам. Главного инженера по науке и инновациям, д-р техн. наук, проф.

<sup>2</sup>Кутлубаев И.М., д-р техн. наук, проф.

<sup>1</sup>Хозей А.Б. Ведущий конструктор

<sup>1</sup>ЗАО «Урал-Омега» г.Магнитогорск

<sup>2</sup>Магнитогорский 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 намола 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  $2 \times 10^{-7}$  (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  $\omega = 534$  (с<sup>-1</sup>).

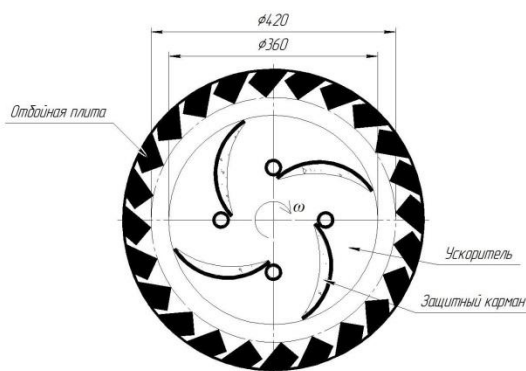


Рис. 1. Камера дробления

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

Таблица 1

**Гранулометрический состав.**

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

Таблица 2

**Физико-механические свойства.**

	Кварцит	Мрамор
Модуль упругости (Юнга)	$6,9 \times 10^{10}$ МПа	$8 \times 10^{10}$ 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 <sup>3</sup>	2650 кг/м <sup>3</sup>

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.

### Основная часть.

*Исследование движения отдельных частиц в ускорителе*

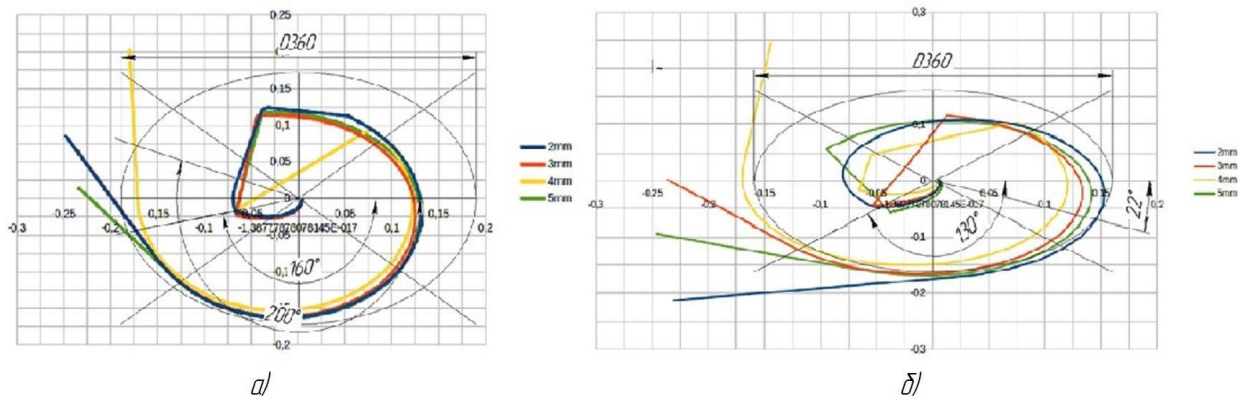


Рис. 2. Траектория движения частиц а - кварцита, б – мрамора в горизонтальной плоскости ускорителя

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 составляет  $16^{\circ}37'$  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).

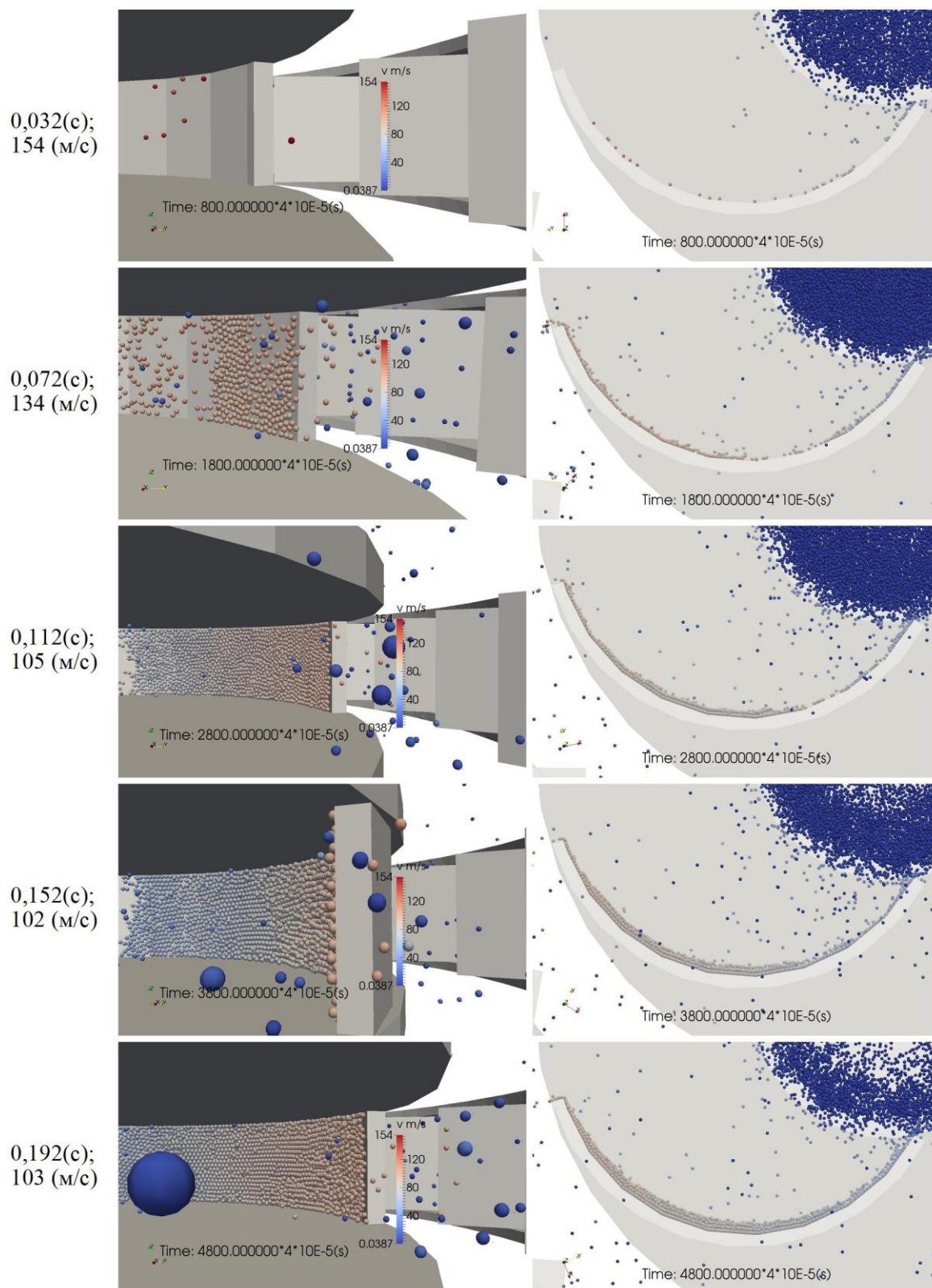


Рис. 3 Модель формирования защитного слоя

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

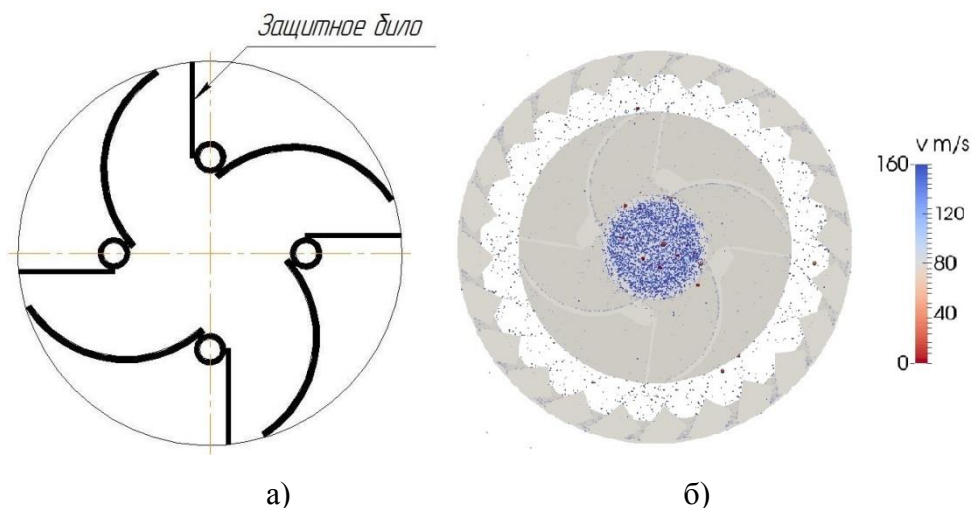


Рис. 4 – Ускоритель с защитными билами

Картина схода материала имеет характер, изображенный на рис. 4б. 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 билом до и после проведения эксперимента.

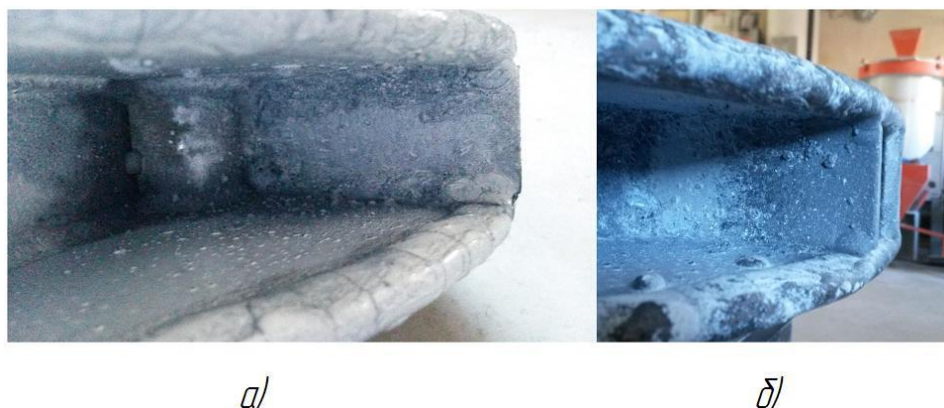


Рис. 5 – Ускоритель с защитным билом до а) и после б) эксперимента.

В результате эксперимента установлено наличие возврата материала в лопатку ускорителя, который отмечен характерным стиранием краски с защитного била на 2/3 длины (рис. 5б).

Гранулометрический состав полученных продуктов дробления приведен в табл. 3.

Таблица 3

### Результаты дробления кварцита и мрамора.

	Образец ускорителя	Частные остатки на ситах, %						
		Св. 5мм.	2,5-5мм.	1,25-2,5мм.	0,63-1,25мм.	0,315-0,63мм.	0,16-0,315мм.	0-0,160мм.
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 биллом	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 биллом	0,3	4,9	11,3	16,6	19,5	22,5	24,9

Из приведенных данных следует, что использование ускорителя с защитными биллами 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 одинаковую 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 билл 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 минерального 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.stroymehanika.ru](http://www.stroymehanika.ru) : сервер ООО «СтройМеханика». URL: [http://www.stroymehanika.ru/article\\_3.php](http://www.stroymehanika.ru/article_3.php) (дата обращения 09.09.2014г.)