

Научная статья

УДК 622.271

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-6-34-41

Шпанькова Дарья Олеговна¹, Майоров Станислав Анатольевич¹, Лагунова Юлия Андреевна^{1,2}¹ Уральский государственный горный университет² Уральский федеральный университет имени первого Президента России Б.Н. Ельцина

* для корреспонденции: yu.lagunova@mail.ru

АНАЛИЗ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ ФОРМЫ ДРОБЯЩИХ ПЛИТ В ЛАБОРАТОРНЫХ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛКАХ**Информация о статье**

Поступила:

31 октября 2025 г.

Одобрена после
рецензирования:

14 ноября 2025 г.

Принята к печати:

15 ноября 2025 г.

Опубликована:

18 декабря 2025 г.

Ключевые слова:

щековая дробилка, дробящие плиты, форма щеки, гранулометрический состав, эффективность дробления, лабораторные испытания

Аннотация.

Лабораторные щековые дробилки благодаря своей компактности и технической гибкости являются оптимальной платформой для проведения прикладных исследований и конструкторских экспериментов. В условиях лабораторной пробоподготовки, где требуется высокая точность, воспроизводимость результатов и возможность адаптации оборудования под различные физико-механические свойства анализируемого материала, исследование геометрической формы (конструкции) брони дробящих щек является весьма актуальной задачей. Представлены результаты экспериментального исследования влияния геометрической формы дробящих щек на эффективность переработки руд различной твердости на лабораторных щековых дробилках. Проведено сравнение дробилок моделей СВТИЧ-3 (с плоскими бронями-плитами) и ЩД 10М (с зубчатыми бронями-плитами) при дроблении трех типов горных пород: гранита, мрамора и известняка. Построены кривые характеристик гранулометрического состава продуктов дробления различной твердости. Целью исследования является обоснование необходимости разработки новой конструкции дробящей щеки, сочетающей преимущества как зубчатой, так и плоской геометрии для получения наилучшего продукта дробления. Предложены перспективные варианты модульных плит с врезными износостойкими элементами различной конфигурации. Получен значительный объем экспериментальных данных. Результаты подтверждают значительное влияние геометрии плит на производительность и равномерность дробления, что является основой для дальнейшего совершенствования конструкции дробилок лабораторного исполнения. Испытания и предварительные экспериментальные исследования подтвердили, что полученные результаты адекватны процессам дробления в реальных машинах и коррелируются с изменением условий эксплуатации. Создана основа для проведения следующего этапа исследований, связанных с оценкой напряженно-деформированного состояния различных конфигураций брони дробящих щек.

Для цитирования: Шпанькова Д.О., Майоров С.А., Лагунова Ю.А. Анализ геометрической формы дробящих плит в лабораторных щековых дробилках // Горное оборудование и электромеханика. 2025. № 6 (182). С. 34-41. DOI: 10.26730/1816-4528-2025-6-34-41, EDN: RSFXDS

Введение

Щековые дробилки (Рис. 1) широко применяются для первичного дробления материалов различной категории твердости и имеют высокую производительность [1-5].

Конструкция рабочего органа щековых дробилок представлена двумя рифлеными металлическими элементами под названием «щеки». Одна из щек совершает качательное движение, а вторая щека неподвижна. Дробление материала осуществляется в момент качания подвижной щеки относительно

неподвижной, сокращая расстояние между ними. В зависимости от характера движения рабочего органа различают дробилки с простым и сложным движением подвижной щеки [6-9].

Для рационального выбора и настройки оборудования необходимо учитывать ряд конструктивных и эксплуатационных параметров, оказывающих влияние на производительность и качество получаемого дробимого материала.

Основными параметрами, характеризующими щековые дробилки, является ширина загрузочного

отверстия и величина разгрузочной щели, которые образуются между бронями (защитными поверхностями) соответственно подвижной и неподвижной щеки. Шириной загрузочного отверстия определяется наибольший размер загружаемого куска породы (питания дробилки). От равномерности подачи материала и равномерности распределения его по длине камеры дробления зависит производительность дробилки. Ширина разгрузочной щели в закрытом состоянии определяет минимальные размеры кусков после дробления (продукт дробления) [10-15].

Следовательно, конструктивные параметры щековых дробилок оказывают влияние на эффективность их функционирования и являются основой для последующего анализа эксплуатационных преимуществ и недостатков этого типа оборудования.

Широкое распространение щековых дробилок в отрасли обеспечили следующие преимущества: простота конструкции, малые габариты, высокая

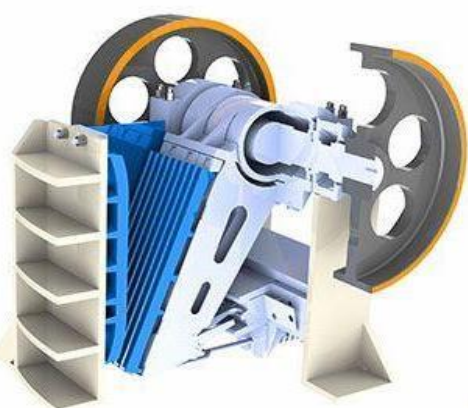


Рис. 1. Общий вид щековой дробилки
Fig. 1. General view of jaw crusher



Рис. 2. Вид брони экспериментальных дробилок (плоская и зубчатая)
Fig. 2. View of armor of experimental crushers (flat and toothed)

Таблица 1. Характеристики дробилок
Table 1. Characteristics of crushers

	СВИТИЧ-3	ЩД 10 М
Исходная крупность, мм	70	70
Крупность продукта, мм	< 2	< 2
Мощность, кВт	5,5	2,2
Производительность, кг/ч	500	400
Масса, кг	520	325
Габаритные размеры, мм (длина x ширина x высота)	694 x 1330 x 1070	740x475x630
Размер загрузочного отверстия зоны дробления, мм	100x200	100x200

производительность, относительно низкие эксплуатационные расходы, простая регулировка и настройка фракционного выхода, быстрая подготовка к эксплуатации после транспортировки на новое место, удобство в обслуживании и ремонте. Недостатками же являются: вибрация, залипание щеки при дроблении влажных и глинистых материалов, повышенный износ дробящих плит, неравномерность загрузки и ограниченная эффективность дробления при обработке твердых и абразивных материалов [16-20].

Таким образом, дробящие плиты являются ключевым рабочим органом щековой дробилки и, как следствие, несут основную рабочую нагрузку и подвержены интенсивному износу. Работа по совершенствованию механизмов щековых дробилок ведется в нескольких направлениях, основным из которых является увеличение долговечности дробящих плит.

Особую значимость такие задачи приобретают в условиях лабораторной пробоподготовки, где требуется высокая точность, воспроизводимость результатов и возможность адаптации оборудования под различные физико-механические свойства анализируемого материала. Лабораторные щековые дробилки благодаря своей компактности и технической гибкости являются оптимальной платформой для проведения прикладных исследований и конструкторских экспериментов.

На основании анализа эксплуатационных отзывов предприятий, таких как ООО «Геотехконсалтинг», ООО «СЖС Восток Лимитед», ООО «АЛС Чита-Лаборатория», ООО «Восток Геосервис Партнер», ООО «К-ПМ», обоснована актуальность проведения исследований, направленных на совершенствование конструкции рабочих органов щековой дробилки.

Целью исследований является увеличение эксплуатационной надежности оборудования, а также повышение показателей дробления за счет оптимизации геометрии формы дробящих плит и установления зависимости между формой плит и качеством продукта дробления с учетом его физико-механических свойств.

В рамках исследования проведен ряд экспериментов с двумя лабораторными щековыми дробилками производства ООО «СВИТИЧ-ИНЖИНИРИНГ» Свитиш-3 и ООО «ВИБРОТЕХНИК» ЩД-10М. Их основные технические характеристики схожи (см. Таблицу 1). Конструктивно дробилка Свитиш-3 имеет плоскую форму брони дробящей щеки, а дробилка ЩД-10М оснащена бронями подвижной и неподвижной щеки, которые имеют зубчатую форму (Рис. 2).

Основной задачей эксперимента являлось определение зависимости между геометрией формы брони рабочего органа щековой дробилки (щеки) и гранулометрическим составом конечного продукта при дроблении руд различной твердости.

В качестве материала для исследования было выбрано три вида руды. «Твердые руды» – гранит, твердость по шкале Мооса 7-6, прочность свыше 150 МПа; руды «средней твердости» – мрамор, твердость по шкале Мооса 3-4, прочность от 100 до 150 МПа; «мягкие руды» – известняк, твердость по

Таблица 2. Результаты дробления на Свитич 3
Table 2. Results of crushing on Svitich 3

Масса, г	Суммарный выход, %	Крупность известняка	Крупность мрамора	Крупность гранита	Размер фракции, мм
Надрешетный продукт («по плюсу»)					
16,15	98,1-100	0,01	0,011	0,011	0-0,05
146,2	79,1-80,9	0,24	0,37	0,51	0,05-0,071
115,6	63,6-67,3	0,33	0,53	0,74	0,071-0,3
260,95	34,16-36,6	0,6	0,79	0,92	0,3-1
147,9	18,1-19,2	0,83	1,1	1,29	1-3
133,45	3,4-3,5	1,3	1,41	1,59	3-4
29,75	0	1,39	1,54	1,7	4
Подрешетный продукт («по минусу»)					
29,75	96,5-100	1,85	1,94	1,99	0-0,05
133,45	79,1-80,1	1,3	1,46	1,67	0,05-0,071
147,9	61-63,4	1,09	1,13	1,41	0,071-0,3
260,95	30,2-32,7	0,64	0,75	0,88	0,3-1
115,6	18,1-19,1	0,25	0,33	0,47	1-3
146,2	1,6-1,9	0,091	0,12	0,16	3-4
16,15	0	0	0	0	4

Таблица 3. Результаты дробления на ШД 10 М
Table 3. Results of crushing on ШД 10 М

Масса, г	Суммарный выход, %	Крупность известняка	Крупность мрамора	Крупность гранита	Размер фракции, мм
Надрешетный продукт («по плюсу»)					
11,05	98,7-100	0,012	0,013	0,013	0-0,05
136	81,4-82,7	0,28	0,41	0,53	0,05-0,071
107,1	66,2-70,1	0,39	0,58	0,77	0,071-0,3
289	34,4-36,1	0,65	0,83	1,02	0,3-1
125,8	20,2-21,3	0,92	1,17	1,33	1-3
134,3	5,4-5,5	1,33	1,46	1,63	3-4
46,75	0	1,42	1,6	1,82	4
Подрешетный продукт («по минусу»)					
46,75	94,5-100	1,82	1,88	1,96	0-0,05
134,3	77,4-78,7	1,24	1,43	1,63	0,05-0,071
125,8	60,1-63,9	1,05	1,1	1,42	0,071-0,3
289	27,5-29,9	0,6	0,71	0,84	0,3-1
107,1	16,1-17,3	0,21	0,31	0,42	1-3
136	1,0-1,3	0,08	0,1	0,14	3-4
11,05	0	0	0	0	4

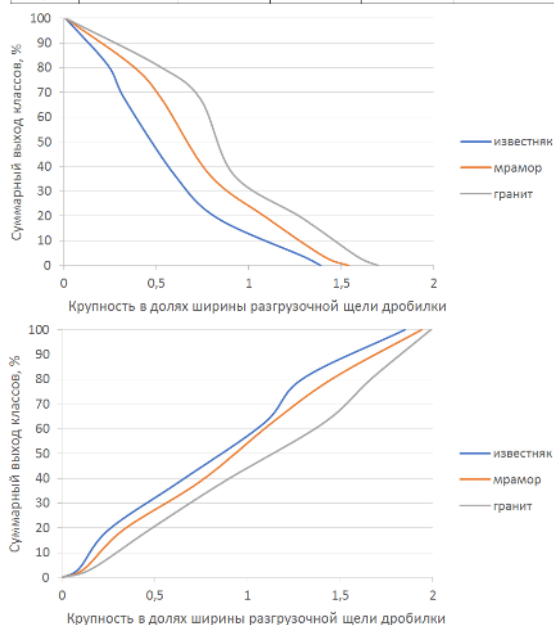


Рис. 3. Характеристики крупности дробленного продукта щековой дробилки Свитич-3 (по плюсу и по минусу)
Fig. 3. Characteristics of the size of the crushed product of the Svitich-3 jaw crusher (plus and minus)

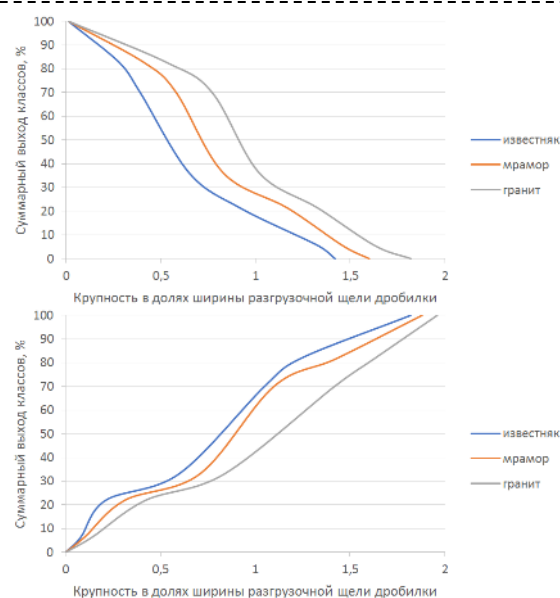


Рис. 4. Характеристики крупности дробленного продукта щековой дробилки ШД 10М (по плюсу и по минусу)
Fig. 4. Characteristics of the size of the crushed product of the ШД 10М jaw crusher (plus and minus)

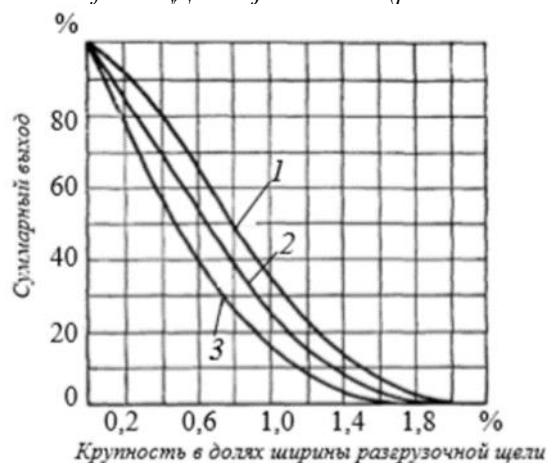


Рис. 5. Типовая характеристика крупности дробимого продукта щековой дробилки, «по плюсу»: 1 – твердые руды, 2 – руды средней твердости, 3 – мягкие руды
Fig. 5. Typical characteristics of the size of the crushed product of a jaw crusher, "on the plus side": 1 – hard ores, 2 – medium-hard ores, 3 – soft ores

шкале Мооса 3, прочность 30-80 МПа. Размер наибольших кусков питания дробилки составлял приблизительно 70 мм в диаметре, материал поступает в виде гравийной смеси 0...70 мм. Масса загружаемого материала 850 грамм. Разгрузочная щель установлена на размер выходного продукта – 4 мм.

Для каждой дробилки проводилось по три серии испытаний с материалами, приведенными выше. После каждого цикла дробления выполнен ситовый анализ материалов, на основе которого построены гранулометрические кривые.

Построены гранулометрические характеристики надрешетного («по плюсу») и подрешетного («по минусу») продуктов дробления, которые дают ко-

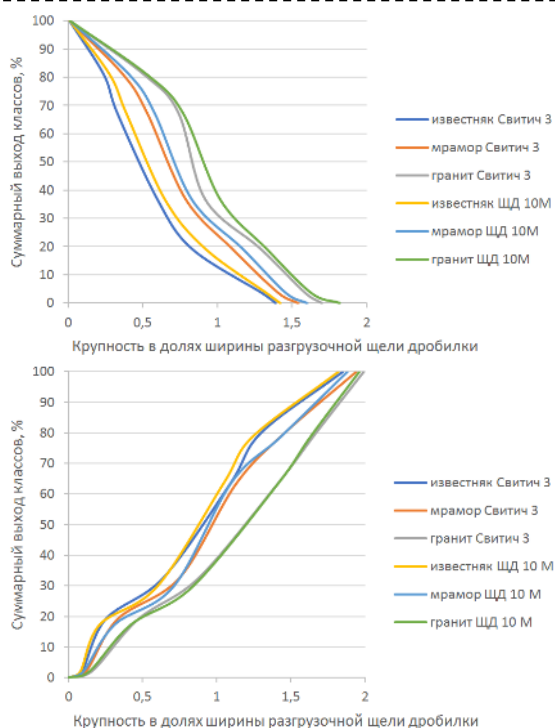


Рис. 6. Совмещенная характеристика крупности дробленого продукта двух щековых дробилок (по плюсу и по минусу)

Fig. 6. Combined characteristics of the size of the crushed product of two jaw crushers (plus and minus)

Таблица 4. Преимущества и недостатки брони щековых дробилок

Table 4. Advantages and disadvantages of jaw crusher armor

Тип брони	Преимущества	Недостатки
Гладкая	- равномерность дробления, - простота в очистке от налипшего материала, - возможность поворота брони на 180 градусов (износ в нижней части) для увеличения срока службы, - дробление твердых пород, - обеспечивает максимальное дробление материала	Низкая производительность при дроблении больших кусков материала
Зубчатая	- взаимозаменяемы, что увеличивает срок службы, - возможность поворота брони на 180 градусов (износ в нижней части) для увеличения срока службы	Повышенный износ

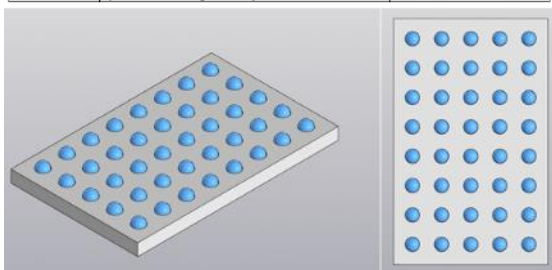


Рис. 7. Плоская броня с врезанными в поверхность высокопрочными шариками

Fig. 7. Flat armor with high-strength balls embedded in the surface

личественную оценку распределения частиц по крупности. Кривые «по плюсу» отображают массовую долю материала, оставшегося на каждом сите, а графики «по минусу» – накопленную долю частиц, прошедших через каждое сито с ячейками, соответствующими размерам принятых для анализа фракций.

Эти кривые позволяют оценить структуру распределения продукта дробления по крупности. Кривые «по плюсу» дают представление о количестве крупной фракции, в то время как кривые «по минусу» – об общем уровне дробления и эффективности разрушения материала. Сопоставление этих кривых между собой показывает общую картину поведения дробилки при разных условиях и позволяет выявить ее предпочтительные рабочие режимы.

Полученные в процессе опыта данные занесены в Таблицы 2 и 3, по результатам построены графики (Рис. 3 и 4) соответственно, где на оси абсцисс отложена крупность продукта в долях выходного отверстия, а по оси ординат процентное содержание фракции в породе. Неуказанные единицы измерения в Таблицах 2 и 3 приведены в долях ширины разгрузочной щели дробилки.

На

Рис.

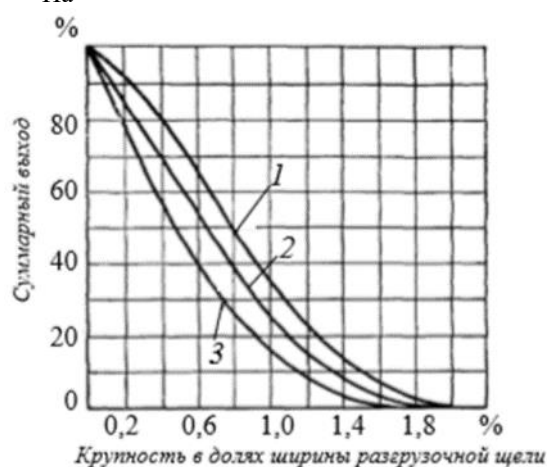


Рис. 5 представлена типовая гранулометрическая характеристика «по плюсу», при сравнении с Рис. 3, полученным в результате эксперимента, выявлено совпадение выраженных зависимостей, следовательно, проводимые исследования достоверны.

Совместив Рис. 3 и 4, получим общую картину процесса дробления на лабораторных щековых дробилках с различными формами брони рабочих органов (щек). На Рис. 6 показан результат совмещения, по которому наглядно видно, какой гранулометрический состав в зависимости от твердости пород можно получить на конкретной дробилке, и соответственно, какую машину выгоднее будет применить.

Из Рис. 6 видно, что для дробления твердых руд наиболее эффективной машиной является Свитич 3, для руд средней твердости – ШД 10М. Для мягких руд обе дробилки эффективны одинаково.

Исходя из преимуществ дробления руд определенной твердости для каждой из щек, целесообразно предложить такую конструктивную форму защитной брони, которая бы совмещала преимущества каждой из них (Таблица 4). Такая конструкция позволит адаптировать оборудование к различным условиям эксплуатации и повысить его универсальность.

При оценке преимуществ и недостатков брони подвижной и неподвижной щек были предложены

сегментированные конструктивные формы броней трех типов:

- плоская броня с врезанными в нее высокопрочными шариками (Рис. 7);

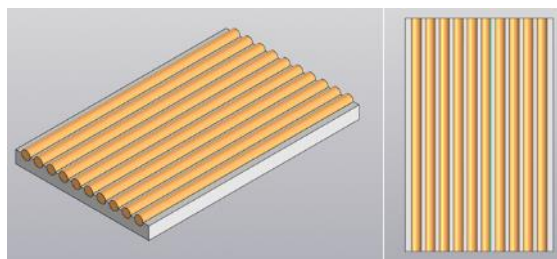


Рис. 8. Плоская броня с врезанными в поверхность высокопрочными стержнями

Fig. 8. Flat armor with high-strength rods embedded in the surface

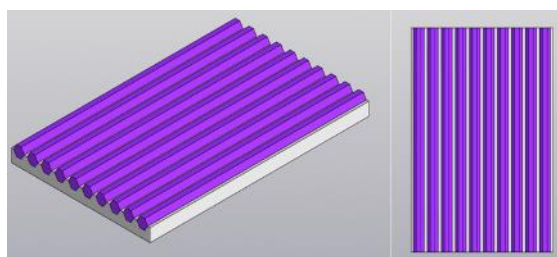


Рис. 9. Зубчатая броня с врезанными элементами из высокопрочной стали

Fig. 9. Serrated armor with embedded elements made of high-strength steel

- плоская броня с врезанными в нее высокопрочными стержнями (Рис. 8);

- зубчатая с врезанными элементами различной конфигурации из высокопрочной стали (Рис. 9).

Каждая из конструкций выполнена в виде модульной плиты, что позволяет заменить лишь изношенные части.

В дальнейших исследованиях планируется продолжение эксперимента с новыми конструкциями дробящих плит для выявления наиболее рациональной и продуктивной конструкции.

Выводы:

В результате проведения исследования гранулометрического состава продукта дробления и влияния конструкции щеки на эффективность дробления было установлено:

- форма дробящих плит оказывает существенное влияние на эффективность процесса дробления в зависимости от физико-механических свойств перерабатываемого материала;

- дробилка с плоской конструкцией щеки обеспечивает более высокую степень дробления при переработке твердых руд;

- дробилка с зубчатой конструкцией щеки продемонстрировала наилучшие результаты при дроблении руд средней твердости;

- сопоставление полученных данных с типовыми кривыми распределения крупности дробленого продукта позволяет сделать вывод о достоверности полученных результатов и методологической корректности проведенных испытаний;

- в процессе экспериментальных исследований подтвердилась необходимость дальнейшего совершенствования конструкций щековых дробилок лабораторного исполнения, в том числе за счет оптимизации формы броней дробящих щек, с целью повышения эффективности дробления и надежности работы оборудования при переработке руд различной твердости.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев С. Е., Зверев В. В., Перов В. А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых. М. : Недра, 1966. 396 с.
2. Беренов Д. И. Дробильное оборудование обогатительных фабрик. М. :Металлургиздат, 1968. 296 с.
3. Клушанцев Б. В., Косарев А. И., Муйземнек Ю. А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. М. : Машиностроение, 1990. 320 с.
4. Лагунова Ю. А. Проектирование обогатительных машин. Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2009. 378 с.
5. ГОСТ 14916-82. Дробилки. Термины и определения. Введ. 1984-01-01.
6. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы. В 4-х т. / Гл. ред. О. С. Богданов. М. : Недра, 1982. Т. 1. 367 с.
7. Богданов В. С., Шарапов Р. Р., Фадин Ю. М., Семикопенко И. А., Несмеянов Н. П., Герасименко В. Б. Основы расчета машин и оборудования предприятий строительных материалов и изделий. Старый Оскол : ТНТ, 2013. 680 с.
8. Григорьев М. М. Оборудование «ВИБРО-ТЕХНИК» для пробоподготовки в мобильных лабораториях. // Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности: сб. докладов XXI международной конф. «Чтения памяти В. Р. Кубачека». Екатеринбург : Изд-во УГГУ, 2023. С. 145–147.
9. Кольга А. Д., Айбашев Д. М. Определение параметров рифлений дробящих плит щековых дробилок. В сборнике: Добыча, обработка и применение природного камня: сб. науч. тр. / под ред. Г. Д. Першина. Вып.13. Магнитогорск, 2013. 166 с.
10. Айбашев Д. М., Кольга А. Д., Хайбуллин А. Х. Экспериментальное исследование влияния размеров рифлений дробящих плит на ход сжатия // В сборнике: Технологическое оборудование для горной и нефтегазовой промышленности. Сборник трудов XII Международной научно-технической конференции «Чтение памяти В.Р. Кубачека». 2014. С. 140–143.
11. Лагунова Ю. А., Майоров С. А., Царькова Е. Н. Снижение эксплуатационных расходов при изменении массы щековой дробилки // Главный механик. 2020. № 3(199). С. 20–25.
12. Лагунова Ю. А., Майоров С. А., Боярских Г. А. Статистический анализ напряженно-деформированного состояния подшипник щековой дробилки. // Известия Уральского государственного горного университета. 2020. № 2 (58). С. 161–174.

13. Mayorov S., Bochkov V. S., Lagunova Y. A., Dmitriev V. Influence Of Construction Of Bearing Assembly On The Size Characteristic Of Crushing By A Jaw Crusher. // В сборнике: E3S Web of Conferences. 18. Сер. «18th Scientific Forum «Ural Mining Decade», UMD 2020». 2020. P. 03009.

14. Комиссаров А. П., Лагунова Ю. А., Шестаков В. С., Орочко А. В. Особенности рабочего процесса щековых дробилок с простым и сложным качением подвижной щеки. // Горное оборудование и электромеханика. 2015. № 5 (114). С. 31–34.

15. Алехин А. Г., Гуреев Ф. И. Деформации элементов щековых дробилок со сложным движением щеки при попадании в них металлических предметов // Строительные и дорожные машины. 1975. №5. С. 30–32.

16. Баранов В. Ф. О фабрике будущего // Обогащение руд. 2010 №5. С. 41–45.

17. Бельшев А. К., Готовский В. В., Мелентьев В. Н. Определение дробимости кварцитов в лабораторных условиях. // Комплексные исследования физических свойств горных пород и процессов. Физические процессы обогащения полезных ископаемых: тезисы докладов. М., 1984. С. 43–44.

18. Блохин В. С., Дегтярев А. О., Малич Н. Г. Анализ и перспективы развития отечественных машин для дробления твердых материалов // Неделя горняка 2007. Днепропетровск. 2007. С. 365–380.

19. Ануриев В. И. Справочник конструктора машиностроителя. Т. 1-4. М. : Машиностроение, 2001.

20. Ибатуллин И. Д. Кинетический критерий повреждаемости и разрушения поверхностных слоев, деформируемых трением // Вестник СГАУ. №2 (10). Часть 2. С. 204–209.

© 2025 Автор. Эта статья доступна по лицензии Creative Commons «Attribution» («Атрибуция») 4.0 Всемирная (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Об авторах:

Шпанькова Дарья Олеговна, аспирант ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», (620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30);

Майоров Станислав Анатольевич, кандидат техн. наук, доцент кафедры горных машин и комплексов ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», (620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30);

Лагунова Юлия Андреевна, доктор техн. наук, профессор, зав. кафедрой горных машин и комплексов ФГБОУ ВО «Уральский государственный горный университет», (620144, Россия, г. Екатеринбург, ул. Куйбышева, 30), Уральский Федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (620002, Россия, г. Екатеринбург, ул. Мира, 19); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3828-434X>, e-mail: yu.lagunova@mail.ru

Заявленный вклад авторов:

Шпанькова Дарья Олеговна – разработка 3-D модели; обзор соответствующей литературы; анализ результатов, написание текста статьи.

Майоров Станислав Анатольевич – постановка задачи исследований; анализ результатов.

Лагунова Юлия Андреевна – научный менеджмент, написание текста статьи.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Original article

DOI: 10.26730/1816-4528-2025-6-34-41

Darya O. Shpankova¹, Stanislav A. Mayorov¹, Yulia A. Lagunova^{1,2}

¹ Ural State Mining University

² Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin

* for correspondence: yu.lagunova@mail.ru

ANALYSIS OF THE GEOMETRIC SHAPE OF CRUSHING PLATES IN LABORATORY JAW CRUSHERS



Article info
Received:

Abstract.

Laboratory jaw crushers, due to their compactness and technical flexibility, are an optimal platform for applied research and design experiments. In conditions of laboratory sample preparation, which require high accuracy, reproducibility of results and the ability to adapt the equipment to various physical and mechanical properties of the analyzed material, the study of

31 October 2025

Accepted for publication:
14 November 2025

Accepted:
15 November 2025

Published:
18 December 2025

Keywords: jaw crusher, crushing plates, jaw shape, granulometric composition, crushing efficiency, laboratory tests.

the geometric shape (design) of the crushing jaw armor is a very urgent task. The article presents the results of an experimental study of the effect of the geometric shape of the crushing jaws on the efficiency of processing ores of different hardness in laboratory jaw crushers. A comparison of crushers of the SVTICH-3 (with flat armor plates) and ИД 10М (with toothed armor plates) models is carried out in crushing three types of rocks: granite, marble and limestone. The curves of the characteristics of the granulometric composition of crushing products of different hardness are plotted. The aim of the study is to substantiate the need to develop a new design of a crushing jaw that combines the advantages of both toothed and flat geometry to obtain the best crushing product. Promising versions of modular plates with cut-in wear-resistant elements of various configurations are proposed. A significant amount of experimental data has been obtained. The results confirm a significant effect of plate geometry on the productivity and uniformity of crushing, which is the basis for further improvement of the design of laboratory-scale crushers. Tests and preliminary experimental studies have confirmed that the obtained results are adequate to the crushing processes in real machines and correspond to changes in operating conditions. A basis has been created for the next stage of research related to the assessment of the stress-strain state of various configurations of crushing jaw armor.

For citation: Shpankova D.O., Mayorov S.A., Lagunova Yu.A. Analysis of the geometric shape of crushing plates in laboratory jaw crushers. Mining Equipment and Electromechanics, 2025; 6(182):34-41 (In Russ., abstract in Eng.). DOI: 10.26730/1816-4528-2025-6-34-41, EDN: RSFXDS

REFERENCES

1. Andreev S.E., Zverevich V.V., Perov V.A. Crushing, grinding and screening of minerals. M.: Nedra; 1966. 396 p.
2. Berenov D.I. Crushing equipment for beneficiation plants. M.: Metallurgizdat; 1968. 296 p.
3. Klushantsev B.V., Kosarev A.I., Muizemnek Yu.A. Crushers. Design, calculation, operating features. M.: Mechanical Engineering; 1990. 320 p.
4. Lagunova Yu.A. Design of beneficiation machines. Ekaterinburg: Publishing house of UGMU; 2009. 378 p.
5. GOST 14916-82. Crushers. Terms and Definitions. Introduction. 1984-01-01.
6. Handbook of Ore Beneficiation. Preparatory Processes. In 4 volumes / Ed. O.S. Bogdanov. Moscow: Nedra; 1982. Vol. 1. 367 p.
7. Bogdanov V.S., Sharapov R.R., Fadin Yu.M., Semikopenko I.A., Nesmeyanov N.P., Gerashimenko V.B. Fundamentals of Calculating Machinery and Equipment for Enterprises Producing Building Materials and Products. Stary Oskol: TNT; 2013. 680 p.
8. Grigoriev M.M. VIBRO-TEKHNİK Equipment for Sample Preparation in Mobile Laboratories. *Technological Equipment for the Mining and Oil and Gas Industry: Coll. reports of the XXI international conf. "Readings in memory of V.R. Kubachek"*. Ekaterinburg: Publishing house of USMU; 2023. Pp. 145–147.
9. Kolga A.D., Aibashev D.M. Determination of parameters of corrugations of crushing plates of jaw crushers. In the collection: Extraction, processing and application of natural stone: collection of scientific works / edited by G.D. Pershin. Issue 13. Magnitogorsk, 2013. 166 p.
10. Aibashev D.M., Kolga A.D., Khaibullin A.Kh. Experimental study of the influence of the corrugation sizes of crushing plates on the compression stroke. In the collection: *Technological equipment for the mining and oil and gas industries. Collection of works of the XII International scientific and technical conference "Readings in memory of V.R. Kubachek"*. 2014. p. 140–143.
11. Lagunova Yu.A., Mayorov S.A., Tsarkova E.N. Reducing operating costs when changing the mass of a jaw crusher. *Chief Mechanic*. 2020; 3 (199):20–25.
12. Lagunova Yu.A., Mayorov S.A., Boyarskikh G.A. Statistical analysis of the stress-strain state of a jaw crusher bearing. *Bulletin of the Ural State Mining University*. 2020; 2 (58):161–174.
13. Mayorov S., Bochkov V.S., Lagunova Y.A., Dmitriev V. Influence of construction of bearing assembly on the size characteristic of crushing by a jaw crusher. In the collection: *E3S Web of Conferences. 18. Series. "18th Scientific Forum "Ural Mining Decade", UMD 2020"*. 2020. P. 03009
14. Komissarov A.P., Lagunova Yu.A., Shestakov V.S., Orochko A.V. Features of the working process of jaw crushers with simple and complex swinging of the moving cheek. *Mining equipment and electromechanics*. 2015; 5(114):31–34.
15. Alekhine A.G., Gureev F.I. Deformations of elements of jaw crushers with complex jaw movement when metal objects enter them. *Construction and road machines*. 1975; 5:30–32.
16. Baranov V.F. About the factory of the future. *Ore dressing*. 2010; 5:41–45.
17. Belyshev A.K., Gotovsky V.V., Melentyev V.N. Determination of quartzite crushability in laboratory conditions. *Comprehensive studies of the physical properties of rocks and processes. Physical*

processes of mineral processing: abstracts of reports. M., 1984. Pp. 43–44.

18. Blokhin V.S., Degtyarev A.O., Malich N.G. Analysis and prospects for the development of domestic machines for crushing hard materials. *Miner's Week* 2007. Dnepropetrovsk. 2007. Pp. 365–380.

19. Anurev V.I. Handbook of the mechanical engineer designer. V. 1–4. M.: Mechanical engineering; 2001.

20. Ibatullin I.D. Kinetic criterion of damage and destruction of surface layers deformed by friction. *Bulletin of SSAU*. 2006; 2(10(2)):204–209.

© 2025 The Author. This is an open access article under the CC BY license (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>).

The authors declare no conflict of interest.

About the author:

Darya O. Shpankova, postgraduate student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Mining University", (620144, Russia, Yekaterinburg, Kuibysheva Street, 30);

Stanislav A. Mayorov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Mining Machines and Complexes of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Mining University", (620144, Russia, Yekaterinburg, Kuibysheva Street, 30);

Yuliya A. Lagunova, Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Mining Machines and Complexes of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Ural State Mining University", (620144, Russia, Yekaterinburg, Kuibysheva Street, 30), Ural Federal University named after the first President of Russia B.N. Yeltsin (620002, Russia, Yekaterinburg, Mira St., 19); ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-3828-434X>, e-mail: yu.lagunova@mail.ru

Contribution of the authors:

Darya O. Shpankova – development of the 3-D model; review of relevant literature; analysis of results, writing the text of the article.

Stanislav A. Mayorov – formulation of the research problem; analysis of results.

Yuliya A. Lagunova – scientific management, writing the text of the article.

Authors have read and approved the final manuscript.

