

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ДЛЯ ГОРНОГО ПРОИЗВОДСТВА

Куручкин А.И.

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

Ключевые слова: щековая дробилка, горная порода, привод, силовое воздействие, камера дробления, кривошипно-шатунный механизм.

Аннотация. В настоящее время в горнорудной, строительной-дорожной и других отраслях промышленности при дроблении крепких пород распространены щековые дробилки со сложным движением щеки, имеющие ряд недостатков, связанных с многоцикловым дроблением породы в верхней части камеры дробления, приводящих к высоким энергозатратам и одновременной передислокации кусков горной породы в нижней части, образуя неконтролируемую мелочь. Целью работы является повышение производительности щековой дробилки при снижении удельных энергозатрат и увеличении выхода требуемого класса крупности породы. Для достижения поставленной в работе цели разработана щековая дробилка на основе простого движения щеки, оснащенная двумя подвижными щеками, состоящая из кривошипно-шатунного механизма, двух подвижных щек, системы связи, возвратной пружины, шарнира и фиксатора, отличающаяся тем, что обе щеки связаны между собой системой связи, а расположенная слева подвижная щека закреплена в крайнем нижнем ее положении с помощью шарнира и в верхней части установлен фиксатор положения щеки, позволяющий изменять размер входящего куска породы. Таким образом, взаимовызывая движения щек дробилки с помощью связи, на практике реализуемой через гидравлическую систему, возможно повышение эффективности работы щековых дробилок.

IMPROVED PERFORMANCE OF JAW CRUSHERS FOR MINING APPLICATIONS

Kurochkin A.I.

Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov, Magnitogorsk

Keywords: jaw crusher, rock, drive, force action, crushing chamber, crank mechanism.

Abstract. Currently, in mining, road construction and other industries, when crushing hard rocks, jaw crushers with complex cheek movement are common, having a number of disadvantages associated with multi-cycle crushing of the rock in the upper part of the crushing chamber, leading to high energy consumption and simultaneous re-deformation of rock pieces in the lower part, forming substandard fines. The object of the work is to increase the productivity of the jaw crusher while reducing the specific energy consumption and increasing the yield of the required rock size class. To achieve this goal, a jaw crusher has been developed based on a simple movement of the jaw, equipped with two movable jaws, consisting of a crank mechanism, two movable jaws, a communication system, a return spring, a hinge and a retainer, characterized in that both jaws are interconnected by a communication system. Movable cheek located on the left is fixed in its extreme lower position by means of hinge joint, and cheek position retainer is installed in upper part, which makes it possible to change size of incoming rock piece. Thus, it is possible to improve the efficiency of the jaw crushers by interlocking the movements of the jaws of the crusher with the help of a connection, which in practice is realized through hydraulic system.

Введение

Твёрдые полезные ископаемые в большинстве случаев подвергаются операциям дробления с целью подготовки [1]:

- руд для последующего обогащения на фабриках, в этом случае схема рудоподготовки включает также операции грохочения, измельчения и классификации;
- горных пород для получения строительной-дорожного щебня и гравия различной крупности, что также предусматривает классификацию по фракциям крупности.

По первому направлению подготовки крупность дробимого материала, поступающего на обогащение, определяется размером и характером ценных минералов, а во втором случае требованиями (ГОСТ 8267-93), предусматривающего получение фракции размером от 5 мм до 80 мм (5-10, 10-15, 10-20, 15-20, 20-40, 40-80).

Помимо строительной-дорожной индустрии жесткое требование поставки горных пород определённой фракции, прочности и химического состава предъявляется в производстве

ферросплавов, где возникает необходимость в переработке больших масс шихтовых материалов, качество которых в значительной степени определяет технико-экономические показатели технологического процесса плавления в электропечах.

Именно жесткие требования по фракционированному отсеvu попутно образующейся мелочи (некондиции) при дроблении устанавливают такой технологический показатель процесса как выход готовой продукции. В схемах рудоподготовки данный показатель не фигурирует, так как подготовка полезного ископаемого непосредственно к операциям обогащения предусматривает несколько стадий дробления, включая измельчение.

Ресурсосберегающий технологический процесс дробления горных пород наряду с такими важными показателями как производительность и энергопотребление должен характеризоваться и выходом кондиционной продукции заданного фракционированного состава, если это требование обосновано условиями её эффективного применения в дальнейшем. Таким образом, предъявляемые показатели к процессу дробления горных пород, определяющие его как высокопроизводительный, энерго- и ресурсосберегающий, в целом комплексно характеризуют эффективность данного производства.

Применяемые на сегодняшний день в горнорудной, строительной-дорожной и других отраслях промышленности щековые дробилки со сложным движением щеки зарекомендовали себя как эффективные устройства для дробления горных пород крупного и среднего размеров, однако они имеют ряд недостатков, которые ограничивают рациональность их применения. Основная проблема заключается в многоцикловом измельчении горной породы в верхней части камеры дробления. Этот процесс приводит к значительным энергозатратам, так как требуется большее количество энергии для переработки материала.

Кроме того, в результате многократного дробления в верхней части камеры возникают проблемы с передетформацией кусков горной породы в нижней части. Это приводит к образованию некондиционной мелочи, что негативно сказывается на качестве конечного продукта. Некондиционные фракции не только усложняют последующую переработку, но и увеличивают затраты на транспортировку и хранение.

Важно увеличить выход требуемого класса крупности породы. Это означает, что необходимо настроить дробилку таким образом, чтобы она обеспечивала более высокую степень переработки, а также соответствовала специфическим требованиям, предъявляемым к конечному продукту. Увеличение выхода нужного класса позволит улучшить качество продукции и сократить объемы отходов.

Анализ существующих технических решений щековых дробилок

Для повышения эффективности дробления, увеличения производительности и снижения энергозатрат существуют альтернативные технологии щековых дробилок, связанные приведением в движение обеих щеk дробилки, тем самым исключая многократное воздействие на породу, повышенный износ футеровочных плит дробилки и, как следствие, создание некондиционной мелочи.

На начальном этапе создания новой конструкции щековой дробилки были проведены исследования существующих научных разработок, подробно описанных в следующей работе [2] и заострить внимание на рациональных и актуально известных видах щековых дробилок с двумя подвижными щеками: известно изобретение [3], которое преследует цель повышения срока службы дробящих плит и производительности дробилки за счет привода в виде общего эксцентрикового вала, к эксцентриковым шейкам которого шарнирно прикреплены щеки.

Недостатком данного исполнения дробилки является усложнение конструкции существующих щековых дробилок, низкая надежность приводного эксцентрикового вала и крепления щёк дробилки к его эксцентриковым шейкам, а также высокие требования к изготовлению и качеству применяемых материалов.

Наиболее близко к технической сущности оказалось изобретение [4] заключающийся в том, что куски горной породы циклично разрушаются, посредством их контактного сжатия

между двумя подвижными щеками в моменты рабочего хода щек, а разгрузку кусков горной породы осуществляют через нижний проём камеры дробления в моменты их холостого хода. Высокая производительность достигается путем синхронного перемещения обеих щек в сторону их суммарного сближения.

Кинематика движения щек играет важную роль в представленном решении, однако недостатком такого способа является наличие нерабочей зоны второй щеки ниже точки ее крепления, а также низкой надежности механизма вертикального её перемещения, отсутствие связи между двумя щеками, что снижает эффективность работы дробилки [5].

Результаты и перспективы применения разработанной конструкции щековой дробилки

Для достижения поставленной в данной работе цели была разработана щековая дробилка, основанная на принципе простого движения щеки, применение которого обосновывается исключением многоциклового воздействия на породу в верхней части камеры дробления и внедрение в конструкцию второй подвижной щеки, при этом обе щеки будут работать синхронно, обеспечивая равномерное дробление. Важным элементом является система связи, которая обеспечивает взаимодействие обеих щек, позволяя им функционировать как единое целое следующим образом: на рисунке 1 в правой части реализуется классическая схема щековой дробилки с простым движением щеки, состоящая из щеки 1, которая приводится в действие с помощью электродвигателя через кривошипно-шатунный механизм, состоящий из эксцентрикового вала 3, шатуна 4, распорных плит 5, 6, тяги 7, оттягивающей пружины 8. Гидроцилиндры 9 и 10 установлены с обратной стороны щёк 1 и 2 соответственно и работают по следующему принципу: во время движения щеки 1 в сторону щеки 2 в штоковой полости гидроцилиндра 9 создается давление рабочей жидкости, которое через гидромагистраль 11 передается в поршневую полость гидроцилиндра 10, обеспечивая встречное движение щеки 2 к щеке 1. При этом поршневая полость гидроцилиндра 9 связана гидромагистралью 12 со штоковой полостью гидроцилиндра 10 для осуществления обратного хода щек. Щека 2 закреплена шарниром 13, обратный ход которой ограничивается верхним фиксатором 14, являющимся регулировочным элементом, изменяя положения которого обеспечивается регулирование приемистой способности камеры дробилки по среднему размеру куска.

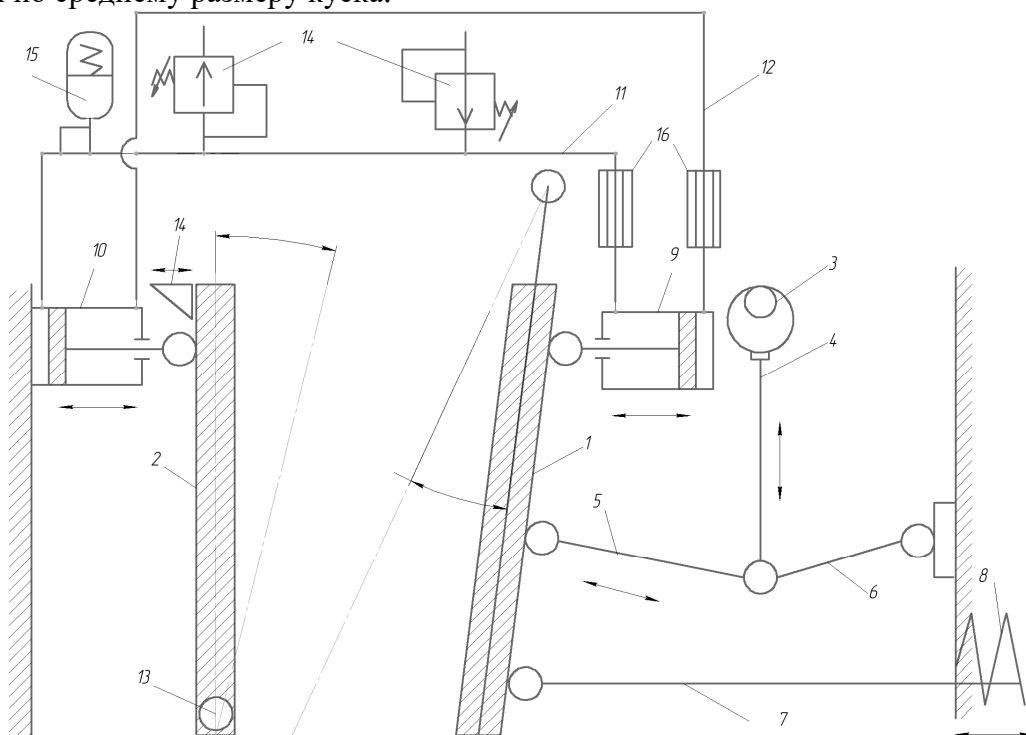


Рис. 1. Предлагаемая конструкция щековой дробилки с двумя подвижными щеками с гидравлическим приводом

Для обеспечения надежности силовых гидроцилиндров, компенсации перепадов давления и охлаждения рабочей жидкости: в гидравлическую систему внедрены предохранительные клапаны 14, гидроаккумулятор 15 и радиаторные пластины 16.

Подвижная щека, расположенная слева, имеет особую конструкцию. Она закреплена в крайнем нижнем положении с помощью шарнира, что повышает стабильность работы устройства. В нижней части щеки установлен фиксатор, который позволяет изменять выход продукции в зависимости от размера и формы обрабатываемого материала.

Для экспериментальных исследований конструктивно выполнена лабораторная установка со второй подвижной щекой (рис. 2). За прототип при создании предлагаемой конструкции была взята щековая дробилка ЩДП-9х12 с простым движением щеки, выпускаемая заводом Волгоцеммаш (табл. 1), выбор которой обусловлен широкой распространенностью на производстве и понятными техническими характеристиками. Это позволило провести адекватную масштабизацию и применить методику расчета [6], минимизируя погрешности и обеспечивая сопоставимость результатов с промышленными данными. Использование заводских спецификаций позволило более точно спроектировать компоненты лабораторной установки.



Рис. 2. Экспериментальная лабораторная установка

Табл. 1. Технические характеристики щековой дробилки ЩДП 9х12

Параметр	Значение
Ширина приемного отверстия	900 мм
Длина приемного отверстия	1200 мм
Наибольший размер куса исходного материала	750 мм
Номинальная ширина выходной щели	150 мм
Диапазон регулирования выходной щели	+50 мм
Производительность	230 м ³ /час
Частота вращения вала	240 об/мин
Мощность	110 кВт
Длина	3540 мм
Ширина	2700 мм
Высота	3160 мм
Эксплуатационная масса	50000 кг

Предлагаемое конструктивное решение обеспечивает гибкость в процессе дробления и позволяет адаптировать устройство под различные условия эксплуатации, сочетает в себе простоту конструкции и высокую производительность, что делает её эффективным инструментом для среднего и крупного дробления кусков горной породы. На сегодняшний день подана заявка на патент предлагаемой конструкции в Федеральный институт промышленной собственности РФ.

Заключение

Разработанная конструкция щековой дробилки с двумя подвижными щеками, взаимное движение которых обеспечивается с помощью гидравлического привода, представляет собой прорыв в области измельчения твердых материалов. Ее основное назначение – эффективное дробление кусков горной породы, что находит широкое применение в горнорудной, строительной-дорожной и ряде других отраслей промышленности. Традиционные щековые дробилки часто сталкиваются с проблемой многократного силового воздействия на горную породу в верхней части дробильной камеры [7]. Это приводит не только к излишним энергозатратам, но и вызывает нежелательную передеформацию материала в нижней части, как следствие, образование большого количества некондиционной мелочи.

Суть данного изобретения заключается в принципиально ином подходе к процессу дробления. Вместо последовательного воздействия на материал, конструкция предусматривает одновременное или синхронизированное движение обеих подвижных щек. Гидравлический привод позволяет точно дозировать усилие и контролировать траекторию движения каждой щеки, что обеспечивает целенаправленное разрушение кусков породы [8]. Это исключает упомянутое выше многократное силовое воздействие в верхней зоне, снижая тем самым общие энергозатраты на процесс [9].

Изменение кинематической схемы движения щек также позволяет оптимизировать распределение нагрузки в дробильной камере. За счет минимизации пиковых ударных нагрузок, особенно в нижней части, достигается существенное снижение динамических воздействий [10]. Это, в свою очередь, оказывает положительное влияние на долговечность футеровки дробилки. Традиционные конструкции часто подвержены быстрому износу и разрушению защитных накладок из-за интенсивных вибраций и ударных нагрузок. Новая конструкция значительно уменьшает эти негативные факторы.

Кроме того, исключение передеформации материала в нижней части камеры дробления ведет к получению более однородной фракции продукта. Уменьшается доля мелких, пылевидных частиц, которые часто являются нежелательным побочным продуктом в традиционных дробилках. Это повышает качество перерабатываемого материала и снижает затраты на последующие стадии обогащения или использования. Таким образом, новая конструкция щековой дробилки с гидравлическим приводом двух подвижных щек является высокоэффективным и экономически выгодным решением для современных промышленных предприятий.

Список литературы

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Копосов П.В., Жуков И.А., Голиков Н.С. Щековые дробилки с криволинейным продольным профилем щек: классификация, тенденции развития и перспективы применения // Транспортное, горное и строительное машиностроение: наука и производство. – 2024. – №24. – С. 135-145. – DOI: 10.26160/2658-3305-2024-24-135-145.
3. А.с. №1831371 СССР. Щековая дробилка с двумя подвижными щеками для среднего и мелкого дробления / Б.В. Клушанцев. – Заявка №4917509 от 22.01.1991; опубл. 30.07.1993.
4. Патент №2792424 РФ. Ресурсосберегающий высокопроизводительный способ дезинтеграции кусков горной породы и щековая дробилка для его осуществления / Г.Д. Першин, Е.Г. Пшеничная. – Заявка №2022117024 от 24.06.2022; опубл. 22.03.2023, Бюл. №9.
5. Курочкин А.И., Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г., Пыталев И.А. Гранулометрическая модель кусков горной породы в камере щековой дробилки // Известия Тульского государственного университета. Науки о земле. – 2025. – №1. – С. 474-487.

6. Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г., Пыталев И.А., Курочкин А.И. Кинематические и технико-технологические возможности повышения эффективности работы щековых дробилок для горного производства // Горный журнал. – 2025. – №2. – С. 36-41. – DOI: 10.17580/gzh.2025.02.05.
7. Першин Г.Д., Пшеничная Е.Г., Пыталев И.А., Курочкин А.И. Пути повышения эффективности дезинтеграции горных пород щековыми дробилками // Известия Тульского государственного университета. Науки о Земле. – 2024. – №1. – С. 313-326.
8. Литвинский Г.Г. Ударная щековая дробилка с гидроприводом (проблемы и решения) // Сборник научных трудов Донбасского государственного технического института. – 2023. – №31(74). – С. 75-93.
9. Жариков И.Ф. Об энергоёмкости дробления горных пород щековыми дробилками при циклично-поточной технологии // Научный альманах. – 2023. – №3-2(101). – С. 112-118.
10. Сергеев Ю.С., Платов С.И., Гузеев В.И., Пузанков М.С. Компьютерное моделирование нового способа управляемого трещинообразования при размерном дроблении хрупких сред // Вестник Магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. – 2024. – Т. 22, № 1. – С. 143-155. – DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-1-143-155.

References

1. Klushantsev B.V., Kosarev A.I., Muizemnek Yu.A. Crushers. Design, calculation, and operational features. – M.: Mechanical Engineering, 1990. – 320 p.
2. Koposov P.V., Zhukov I.A., Golikov N.S. Jaw crushers with curved longitudinal profile of cheeks: classification, development trends and application prospects // Transport, mining and construction engineering: science and production. 2024, no. 24, pp. 135-145. DOI: 10.26160/2658-3305-2024-24-135-145.
3. A.c. No. 1831371 USSR. Jaw crusher with two movable jaws for medium and fine crushing / B.V. Klushantsev. – Appl. No. 4917509 from 22.01.1991; publ. 30.07.1993.
4. Patent No. 2792424 RU. Resource-saving high-performance method of disintegration of rock pieces and jaw crusher for its implementation / G.D. Pershin, E.G. Pshenichnaya. – Appl. No. 2022117024 from 24.06.2022; publ. 22.03.2023, Bul. № 9.
5. Kurochkin A.I., Pershin G.D., Pshenichnaya E.G., Pytalev I.A. Granulometric model of rock pieces in the jaw crusher chamber // News of the Tula State University. Earth Sciences. 2025, no. 1, pp. 474-487.
6. Pershin G.D., Pshenichnaya E.G., Pytalev I.A., Kurochkin A.I. Kinematic and technical and technological possibilities of increasing the efficiency of jaw crushers for mining // Mining Journal. 2025, no. 2, pp. 36-41. DOI: 10.17580/gzh.2025.02.05.
7. Pershin G.D., Pshenichnaya E.G., Pytalev I.A., Kurochkin A.I. Ways to increase the efficiency of rock disintegration with jaw crushers // News of the Tula State University. Earth sciences. 2024, no. 1, pp. 313-326.
8. Litvinsky G.G. Impact jaw crusher with hydraulic drive (problems and solutions) // Collection of scientific works of the Donbass State Technical Institute. 2023, no. 31(74), pp. 75-93.
9. Zharikov I.F. On the energy intensity of crushing rocks with jaw crushers with cyclic flow technology // Scientific almanac. 2023, no. 3-2(101), pp. 112-118.
10. Sergeev Yu.S., Platov S.I., Guzeev V.I., Puzankov M.S. Computer modeling of a new method of controlled cracking during dimensional crushing of fragile media // Bulletin of Magnitogorsk State Technical University named after G.I. Nosov. 2024, vol. 22, no. 1, pp. 143-155. DOI: 10.18503/1995-2732-2024-22-1-143-155.

Сведения об авторах:

Курочкин Антон Иванович – кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой Горных машин и транспортно-технологических комплексов
antoshey@mail.ru

Information about authors:

Kurochkin Anton Ivanovich – candidate of technical sciences, associate professor, head of the Department of mining machinery and transport and technological complexes

Получена 07.04.2026