

УДК 621.926.22

А.Г. Никитин<sup>1</sup>, Ю.А. Епифанцев<sup>1</sup>, И.А. Баженов<sup>2</sup>, А.В. Витушкин<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Сибирский государственный индустриальный университет

<sup>2</sup> Уральский федеральный университет им. первого Президента России Б.Н. Ельцина (г. Екатеринбург)

## РАСЧЕТ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ДРОБИЛКИ С ПОСТУПАТЕЛЬНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЩЕКИ\*

**Аннотация.** Представлена дробилка с поступательным движением щеки, имеющая большую производительность по сравнению с существующими конструкциями. Предложена формула расчета ее минимальной производительности, из анализа которой видно, что при заданной степени дробления (отношении размера дробимого куска к величине разгрузочной щели) производительность щековой дробилки увеличивается с увеличением хода сжатия и угла захвата.

**Ключевые слова:** дробилка с поступательным движением щеки, производительность, угол захвата.

## CALCULATION OF PERFORMANCE CRUSHER WITH TRANSLATION MOVEMENT OF JAW

**Abstract.** Presented is the grinder with translation movement of jaw, which demonstrates better performance in comparison to existing designs. Presented is formula of its minimum speed calculation, analysis of which shows that for given degree of fragmentation (the ratio of size of crushed piece to value discharge hole) jaw crusher performance increases with the increase of compression stroke and angle of capture.

**Keywords:** grinder with translation movement of jaw, performance, angle of capture.

Расход энергии на дробление различных материалов составляет большую (до 5 %) долю в энергетическом балансе мира [1]. Для измельчения кусков многие промышленные (металлургические, горные и др.) производства применяют дробилки, в том числе и щековые.

Одним из основных показателей работы дробилок является их производительность, т.е. отношение переработанного количества (массы или объема) материала к единице времени.

Большое влияние на производительность щековых дробилок любого типа имеет траектория движения подвижной щеки. В дробилках с простым движением щеки малый ход сжатия в верхней части камеры дробления приводит к ненадежному захвату и неравномерности процесса дробления по высоте рабочего пространства. Верхняя часть камеры дробления не обеспечивает достаточным количеством материала нижнюю часть с увеличенным ходом щеки, что приводит к значительному снижению общей производительности.

В дробилках со сложным движением щеки траектория движения точек последней в нижней части на отдельных этапах ее движения значительно препятствует разгрузке материала, что также снижает производительность.

Для устранения указанных недостатков в Сибирском государственном индустриальном университете разработана конструкция дробилки с поступательным движением щеки [2]. Ее сущность заключается в том, что подвижная щека верхним и нижним концами кре-

пится к приводным кривошипным валам, эксцентриситет которых одинаковый (рис. 1).

Известно, что четырехзвенный механизм, у которого все звенья в одном из крайних положений располагаются по одной прямой, является механизмом с неопределенным движением [3]. Следовательно, в крайних положениях противолежащие подвижные звенья могут двигаться либо в одном, либо в противоположных направлениях. Для придания однонаправленного вращения элементов конструкции и достижения одинаковой частоты их вращения приводы верхнего и нижнего ва-

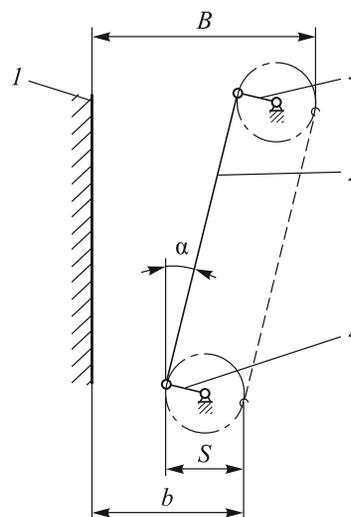


Рис. 1. Кинематическая схема дробилки с поступательным движением щеки:

1 и 2 – неподвижная и подвижная щеки; 3 и 4 – верхний и нижний приводные кривошипные валы

\* Работа выполнена в соответствии с государственным контрактом Министерства образования и науки № 7.4662.2011.

лов синхронизированы. Это достигается введением в кинематическую цепь приводного вала верхнего кривошипа и нижнего коромысла зубчатых зацеплений.

При сравнении траекторий движения подвижной щеки рассматриваемой дробилки и дробилки со сложным качанием щеки по четвертям вращения эксцентриковых валов наблюдается следующая картина. В первой фазе движения кривошипа из крайнего верхнего положения вниз на угол  $90^\circ$  в обеих дробилках подвижная щека движется вниз и навстречу неподвижной щеке, дробя исходный материал. Во второй фазе одинаково для рассматриваемых дробилок подвижная щека двигается вниз и в сторону, противоположную неподвижной щеке. При этом происходит форсированный выброс раздробленного материала из камеры дробления.

В дробилке со сложным качанием щеки в третьей фазе работы кривошипа при переходе из нижнего крайнего положения вверх на угол  $90^\circ$  подвижная щека совершает сложное движение. Верхняя ее часть перемещается вверх и в сторону, противоположную неподвижной щеке, а нижняя часть двигается вверх и навстречу неподвижной щеке, препятствуя выходу раздробленного материала. В дробилке с поступательным движением щеки в этой фазе движения кривошипа происходит перемещение щеки вверх и в сторону, противоположную неподвижной щеке, способствуя дальнейшей разгрузке материала. В заключительной фазе движения кривошипа подвижные щеки этих дробилок двигаются вверх и навстречу неподвижной щеке, начиная дробление вновь загружаемого материала.

Таким образом, в дробилке с поступательным движением щеки обеспечивается равномерность хода сжатия по всей высоте камеры дробления и осуществляется выход готового продукта на трех четвертях оборота кривошипа, что способствует повышению производительности.

На любой высоте рабочего объема такой дробилки уменьшение размера дробимого куса происходит пропорционально ходу сжатия за счет разрушения некоторой его части. Так как ход сжатия у дробилки с поступательным движением щеки постоянный по всей высоте камеры дробления, то и уменьшение размера дробимого куса при каждом рабочем ходе щеки одинаковое.

Если в дробилку поступает кусок размером  $B$ , а разгружается размером  $b$ , равным величине разгрузочной щели, то его разрушение достигается за число качаний щеки

$$k = \frac{B-b}{S},$$

где  $S$  – ход подвижной щеки (ход сжатия).

Известно, что при оптимальной частоте вращения эксцентрикового вала число качаний щеки [4] составляет

$$n = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{gtg\alpha}{2S}},$$

где  $\alpha$  – угол захвата;  $g$  – ускорение свободного падения. Тогда время одного полного качания щеки равно

$$t = \frac{1}{n} = 2 \sqrt{\frac{2S}{gtg\alpha}}.$$

Следовательно, полное время, расходуемое на дробление одного куса, определяется по следующей формуле:

$$T = kt = 2 \frac{B-b}{S} \sqrt{\frac{2S}{gtg\alpha}}.$$

Соответственно, производительность дробилки при разрушении единичного куса составит

$$Q_1 = \frac{V_1}{T} = \frac{V_1}{2(B-b)} \sqrt{\frac{gtg\alpha S}{2}},$$

где  $V_1$  – объем единичного куса материала.

Экспериментальное исследование, проведенное на рассматриваемой установке (рис. 2), показало, что время дробления и, соответственно, полная разгрузка одного загружаемого шарообразного куса соответствует расчетному значению. При непрерывном питании такими кусками с длиной  $L$  загрузочного окна производительность дробилки оценивается следующим выражением

$$Q = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{B}{2}\right)^3 \frac{L}{B2(B-b)} \sqrt{\frac{gtg\alpha S}{2}} = \frac{0,185B^2L}{B-b} \sqrt{gStg\alpha}.$$

Вычисленные по этому соотношению значения производительности соответствуют фактическим замерам.

Следует отметить, что полученная формула применима для оценки минимальной производительности дробилки с поступательным движением щеки, так как в реальных условиях исходный материал практически мало соответствует шаровидной форме и при прохождении рабочей зоны наблюдается вращение куса во-



Рис. 2. Общий вид исследовательской установки

круг различных осей. Последнее может обеспечивать прохождение кусков через разгрузочную щель с размерами, большими ее величины, кроме одного. Следовательно, для промышленных дробилок такого типа потребуется введение дополнительных коэффициентов в полученную формулу производительности, учитывающих гранулометрический состав исходного материала.

Из анализа полученного выражения видно, что при заданной степени дробления (отношении размера дробимого куска к величине разгрузочной щели) производительность увеличивается с ростом хода сжатия и угла захвата.

Представленная дробилка с поступательным движением щеки по сравнению с существующими конструкциями имеет большую производительность процесса дробления, а предложенная формула позволяет оценить ее минимальную производительность.

**Выводы.** Представлена дробилка с поступательным движением щеки, имеющая большую производительность по сравнению с существующими конструкциями.

Предложена формула расчета ее минимальной производительности, из анализа которой видно, что при заданной степени дробления (отношение размера дробимого куска к величине разгрузочной щели) производительность щековой дробилки повышается с увеличением хода сжатия и угла захвата.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Клушанцев Б.В., Косарев А.И., Муйземнек Ю.А. Дробилки. Конструкция, расчет, особенности эксплуатации. – М.: Машиностроение, 1990. – 320 с.
2. Патент 245370 РФ. Щековая дробилка / Никитин А.Г., Люленков В.И., Сахаров Д.Ф., Витушкин А.В. // Открытия. Изобретения. 2012. № 17.
3. Теория механизмов / Под ред. В.А. Гавриленко. – М.: Высшая школа, 1973. – 511 с.
4. Зимин А.И., Говоров А.В., Канусик Ю.П. // Изв. вуз. Горный журнал. 1998. № 5 – 6. С. 80 – 84.

© 2013 г. *А.Г. Никитин, Ю.А. Епифанцев, И.А. Баженов, А.В. Витушкин*  
Поступила 23 января 2013 г.