

МАШИНОСТРОЕНИЕ И МАШИНОВЕДЕНИЕ

DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-9-71-80

Загородний Н.А., *Головкин М.В.*Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова***E-mail: mixail.golovkin.1997@mail.ru*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ РАБОТЫ КОНУСНОЙ ДРОБИЛКИ ЗА СЧЕТ ОПТИМИЗАЦИИ КОНСТРУКЦИИ ЭКСЦЕНТРИКОВОГО УЗЛА

Аннотация. В данной статье проводится исследование влияния конструктивных особенностей эксцентрикового узла на производительность конусной дробилки, цель которого – повышение производительности конусной дробилки за счет изменения конструкции эксцентрикового узла конусной дробилки. Объектом изучения в данной статье выступают существующие конструкции эксцентрикового узла, ограничение их функциональных возможностей. В статье представлен анализ конструктивных особенностей эксцентрикового узла конусной дробилки с консольным валом и ее недостатки. На основе анализа был разработан прототип усовершенствованной конструкции эксцентрикового узла, позволяющий обеспечить повышение производительности и снижение энергопотребления конусной дробилки за счет использования опорных и регулировочных дисков. Регулировка частоты вращения дробящего конуса осуществляется за счет поворота регулировочного диска на определенный угол. Представлены основные схемы конструкции разработанного эксцентрикового узла, ее модель, принцип работы и преимущества. В ходе теоретических исследований установлена зависимость влияния частоты вращения конуса на производительность конусной дробилки. Для обеспечения эффективной работы конусной дробилки с усовершенствованной конструкции эксцентрикового узла необходимо повернуть регулировочный диск на 90 градусов и обеспечить максимальную пропускную способность выпускного отверстия. Применение данного изобретения позволит увеличить объемы производства и сократить расходы на электроэнергию за счет снижения частоты вращения конуса. Результаты данного исследования позволяют сделать вывод о необходимости применения разработанной конструкции эксцентрикового узла в производстве промышленных материалов.

Ключевые слова: конусная дробилка, производительность, эксцентриковый узел, эксцентриситет, опорный диск, регулировочный диск.

Введение. Конусные дробилки различных типов используются на промышленных предприятиях. На горнодобывающих предприятиях конусные дробилки измельчают огромные куски горных пород различных видов до определенных размеров. На таких предприятиях чаще всего используются конусные дробилки крупного дробления. На предприятиях по производству строительных материалов в основном используются конусные дробилки среднего и мелкого дробления, так как требуется получить не только необходимый размер материала, но и сделать его качественной формы. Например, при строительстве дорожного полотна требуется получить кубовидный щебень, размер фракции которого будет от 5 до 120 мм. В условиях производства конусные дробилки работают в сложных условиях, особенно на горнодобывающих предприятиях, где присутствует высокая концентрации пылевых частиц. Конструкция конусной дробилки должна обеспечивать непрерывный процесс работы с максимальной эффективностью [1, 2].

Целью данного исследования является повышение производительности конусной дробилки

за счет применения новой конструкции эксцентрика в виде пары опорных и регулировочных дисков.

Проблема исследования заключается в низкой производительности конусных дробилок из-за несовершенства ее конструкции. Существующая конструкция эксцентрикового узла (консольный вал) имеет жесткое соединение с дробящим конусом, что ограничивает амплитуду его вращения, создает дополнительные вибрации и высокий уровень шума, что приводит к снижению надежности конструкции, а также быстрому износу трущихся деталей. Повышается расход электроэнергии конусной дробилки с консольным валом по причине лишних потерь на вибрацию. С целью повышения эффективности работы конусной дробилки требуется разработать конструкцию эксцентрикового узла, позволяющую обеспечить высокую производительность при сниженном энергопотреблении за счет неограниченной амплитуды и пониженной частоты вращения дробящего конуса [3].

Необходимо проанализировать существующую конструкцию эксцентрикового узла конусной дробилки с консольным валом (рис. 1). Под цифрой 13 обозначен консольный вал. К нему

крепится методом запрессовки подвижный дробящий конус 14. Консольный вал 13 вместе с подвижным дробящим конусом 14 устанавливается во втулку эксцентрикового стакана 9. Электродвигатель приводит в движение с помощью карданной передачи втулку 9, через которую крутящий момент передается на консольный вал 13 и подвижный дробящий конус 14. Материал в конусную дробилку засыпается через загрузочное

отверстие 1 и равномерно распределяется по окружности камеры дробления. Внешний конус 3 вкручивается при помощи резьбового соединения к кольцу 4. Также установлены пружины 12 для снижения вероятности поломки конусной дробилки из-за попадания в камеру дробления недробимых частиц материала.

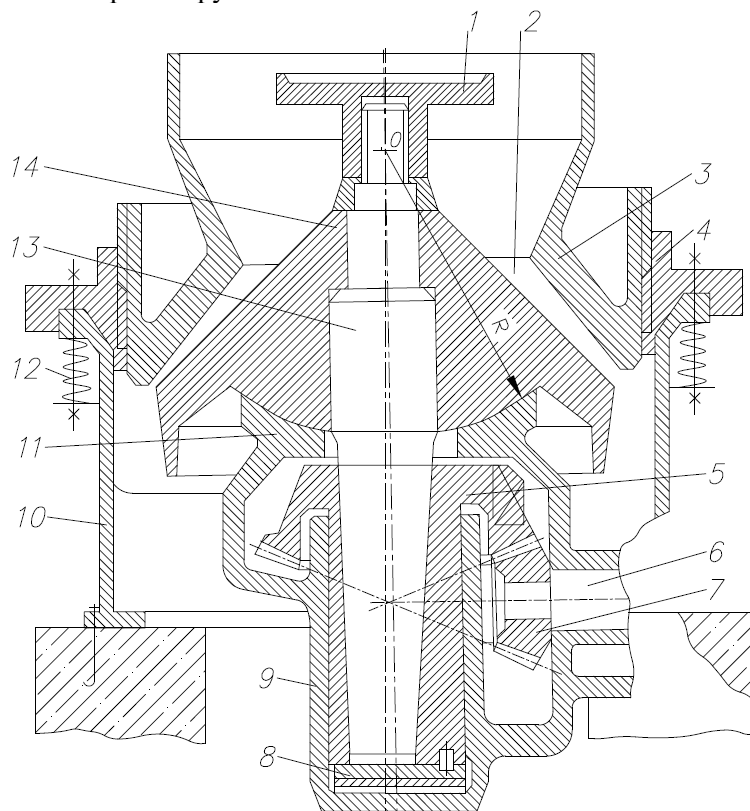


Рис. 1. Конусная дробилка с консольным валом

1 – загрузочное отверстие; 2 – камера дробления; 3 – внешний конус; 4 – кольцо;
5 – эксцентриковый стакан; 6 – приводной вал; 7 – шестерни; 8 – подпятник; 9 – втулка; 10 – корпус дробилки;
11 – подшипник; 12 – пружины; 13 – консольный вал; 14 – дробящий конус

Конструкция конусной дробилки с консольным валом (рис. 1) ограничивает ее функциональные возможности. Во-первых, конструкция эксцентрикового узла с консольным валом ограничивает амплитуду вращения дробящего конуса, так как дробящий конус и консольный вал жестко соединены друг с другом. Вследствие этого производительность данной конусной дробилки ограничена. Во-вторых, конструкция дробилки с консольным валом создает лишние вибрации и шум, вследствие чего снижается надежность и долговечность, происходит быстрый износ трущихся деталей. Также повышается расход электроэнергии из-за лишних потерь на вибрацию. В-третьих, из-за ограничений по регулировке выпускной щели снижается качество готового продукта. Также в конусной дробилке с консольным валом частота вращения конуса зависит от оборотов электродвигателя, что приводит к

высокому энергопотреблению, так как нормальный процесс дробления осуществляется на максимальных оборотах. Еще одним недостатком конусной дробилки с консольным валом является невозможность запуска дробилки в загруженном состоянии. При попытке запустить дробилку с загруженной камерой дробления произойдет поломка приводного механизма, так как привод и дробящий конус жестко связаны между собой. Вследствие этого повышается время простоя конусной дробилки на производстве при техническом обслуживании, так как после отключения питания требуются работы по очистке камеры дробления от старых кусков материала [4, 5].

Все вышеперечисленные недостатки были устранены в разработанной конусной дробилке с усовершенствованной конструкцией эксцентрикового узла. Основной принцип работы заключается в использовании двух опорных и регулиро-

вочных дисков, которые расположены на вертикальной стойке. Регулировочные диски установлены внутри опорных дисков с эксцентриситетом. С помощью поворота регулировочного диска на определенный угол осуществляется

процесс отклонения дробящего конуса от центральной оси, за счет чего расстояние между дробящим конусом и неподвижным уменьшается и происходит процесс дробления материала (рис. 2) [6].

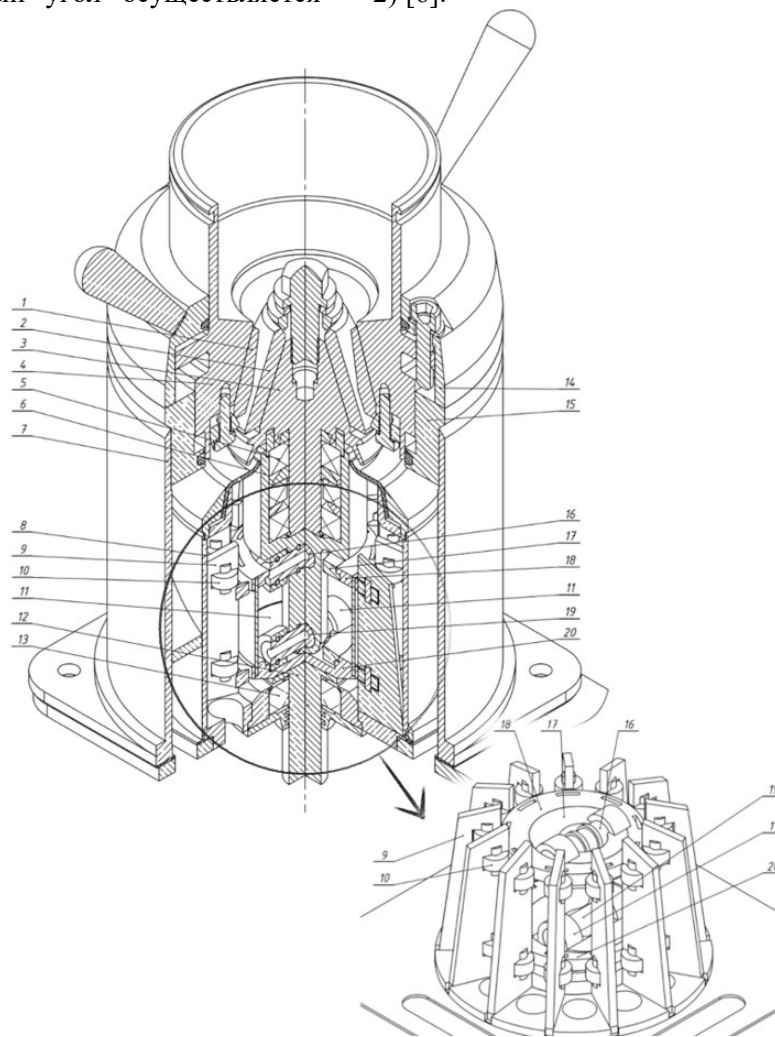


Рис. 2. Общий вид разработанной конструкции конусной дробилки

- 1 – футеровка внешнего конуса; 2 – футеровка дробящего конуса; 3 – дробящий конус; 4 – внешний конус; 5 – подшипники; 6 – стойка конуса; 7 – внешний корпус; 8 – внутренний корпус; 9 – ребра жесткости; 10 – опорные ролики; 11 – нижний регулировочный диск; 12 – ведомый вал; 13 – основание стойки; 14 – зажим; 15 – направляющая; 16 – верхний палец; 17 – верхний регулировочный диск; 18 – верхний опорный диск; 19 – нижний палец; 20 – нижний опорный диск

Материал и методы. В рамках исследовательской работы был разработан эксцентриковый узел конусной дробилки (рис. 2) [7].

Конусная дробилка состоит из корпуса 7. Неподвижный внешний конус 4 ввинчивается в направляющую деталь 15 до упора, регулируемого зажимом 14 внешнего конуса посредством затяжки регулировочных болтов. Неподвижная рабочая поверхность камеры дробления находится на футеровке внешнего конуса 1, закрепленной снизу зажимным кольцом, прижимающим футеровку к внешнему конусу.

Эксцентриковый узел опирается на станину дробилки и закрыт от попадания дробимого материала сбоку внутренним корпусом 8 и сверху

кольцеобразными деталями с упругой мембраной. Внутри корпуса установлены жесткие опорные ребра 9 с опорными роликами 10. Крутящий момент подводится снизу ведомым валом 12 и передается на нижний опорный диск 20 через зубчатые элементы обеих деталей. Нижний опорный диск 20 и верхний опорный диск 18 для обеспечения равного угла поворота соединены между собой синхронизатором, который устанавливается в радиальные пазы по периметру обоих дисков. При этом верхний опорный диск 18 имеет степень свободы в вертикальной плоскости для компенсации перемещения при осуществлении регулировки. Верхний опорный диск 18 и нижний опорный диск 20 устанавливаются в опорные

ролики 10. В опорных дисках присутствуют отверстия, расположенные со смещением относительно центральной оси дисков, в которые устанавливаются регулировочные диски 11 и 17. В регулировочных дисках есть центральное отверстие для установки вертикальной стойки конуса 6 и боковые отверстия в бобышках для установки верхнего 16 и нижнего 19 пальцев. На пальцах 16 и 19 закреплена стойка конуса 6, при чем соединение с верхним пальцем 16 фиксируется стопорными кольцами, а соединение с нижним пальцем 19 выполнено скользящим для компенсации бокового смещения стойки 6 при осуществлении регулировки. Максимальное отклонение стойки 6 наблюдается при повороте регулировочных дисков 11, 17 на 90° относительно опорных дисков 18, 20. Боковое смещение стойки 6 по величине равно разнице между суммарными эксцентриситетами нижней и верхней пар дисков.

В отличие от конусной дробилки с консольным валом в разработанной конструкции используются опорные и регулировочные диски. Угол поворота регулировочного диска внутри опорного задает амплитуду вращения дробящего конуса и регулирует степень дробления. Такая кинетическая схема достигается путем расположения регулировочных дисков в гнезде опорных и шарнирное соединение стойки конуса с регулировочными дисками с эксцентриситетом, равным половине необходимого отклонения стойки на уровне соответствующей пары дисков. Таким образом величина итогового отклонения равна векторной сумме векторов эксцентриситетов, которая меняется в зависимости от угла между векторами. Опорные диски зажаты со всех сторон опорными роликами, через которые нагрузка передается на радиальные ребра жесткости. Регулировочные диски установлены с эксцентриситетом относительно осей опорных дисков $-e_{оп.}$, а центральные отверстия регулировочных дисков выполнены с эксцентриситетом $-e_{рег.}$.

На рис. 3а представлены положения элементов эксцентрикового узла при повороте регулировочных дисков 11, 17 на 0° относительно опорных дисков 18, 20. Стойка подвижного конуса 7 расположена ровно вертикально с нулевым эксцентриситетом.

На рис. 3б представлено положение элементов эксцентрикового узла при повороте регулировочных дисков 11, 17 на 90° относительно опорных дисков 18, 20. Стойка подвижного конуса 7 расположена с максимальным смещением вдоль осей пальцев 16, 19 в сторону эксцентриситета опорных дисков 18, 20, и имеет небольшой наклон перпендикулярно оси пальцев в сторону, обратную эксцентриситету регулировочных дисков 11, 17.

На рис. 3в представлено положение элементов эксцентрикового узла при повороте регулировочных дисков 11, 17 на 180° относительно опорных дисков 18, 20. Стойка подвижного конуса расположена под углом, обеспечивающим расчетное положение точки гирации подвижного конуса в соответствии с оригинальной моделью конусной дробилки ВКМД-6. При этом стойка конуса 6 расположена без бокового смещения.

Изготовление предлагаемой модели предполагается путем замены соответствующих деталей дробилки ВКМД-6 на модернизированные детали эксцентрикового узла. Изготовление модернизированных деталей осуществляется из инструментальной стали марки «110Г13Л». Ребра жесткости 9 устанавливаются в пазы опорной детали и фиксируются сварным соединением.

В текущей конструкции конусной дробилки сила дробления не зависит от частоты вращения привода, что позволяет осуществлять процесс дробления на небольших оборотах с использованием ряда повышающих передач. Необходимо теоретическим путем установить зависимость между частотой вращения дробящего конуса, шириной выпускной щели и производительностью конусной дробилки.

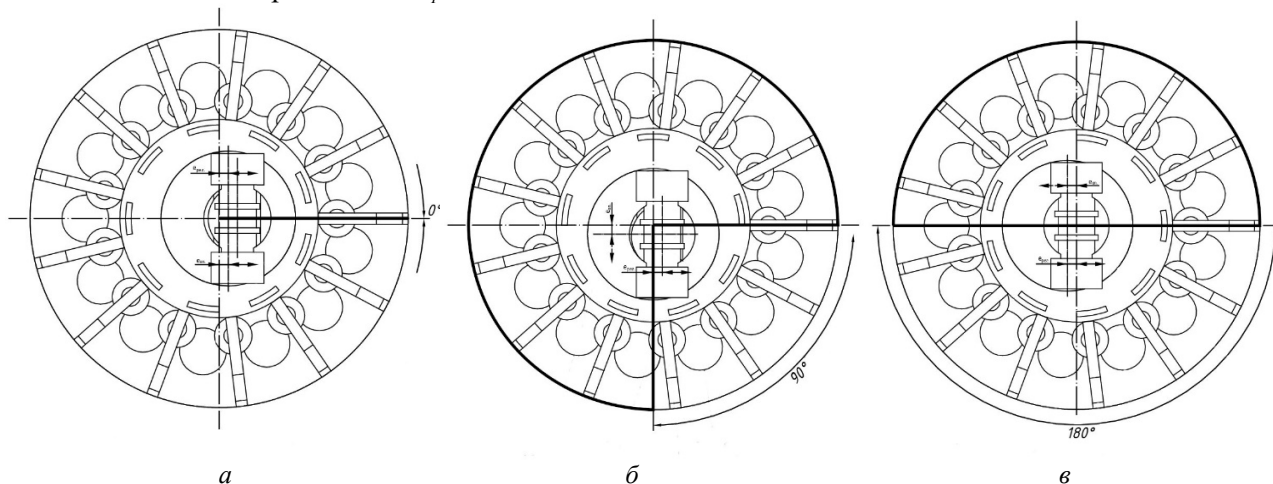


Рис. 3. Положение верхней пары дисков при повороте регулировочного диска:
а) на 0° ; б) на 90° ; в) на 180°

Основная часть. Для того, чтобы установить зависимость между частотой вращения дробящего конуса, шириной выпускной щели и производительностью конусной дробилки необходимо рассмотреть движение материала в камере дробления [8].

Представим движущийся поток материала, проходящий через сечение камеры дробления, как сплошную среду. Тогда количество готового материала, прошедшего через камеру дробления за единицу времени можно считать производительностью.

Проанализируем воздействие сил на кусок материала в конусной дробилке [9].

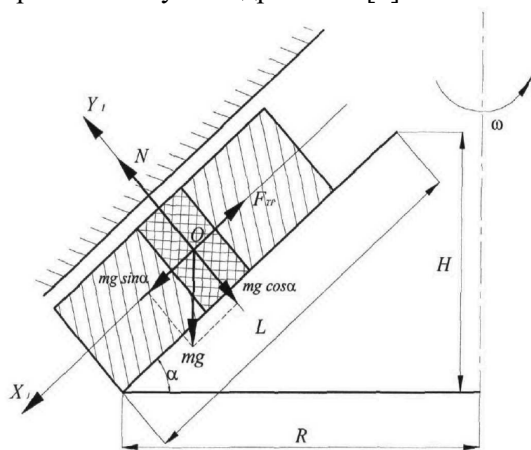


Рис. 4. Действие сил на материал в конусной дробилке

На рис. 4 на материал действует нормальная сила N , сила тяжести mg , сила трения $F_{тр}$. Центр масс обозначен буквой O . Исходя из схемы действия сил составим уравнение движения:

$$\begin{cases} m\ddot{x}_1 = mg \sin \alpha - F_{тр}, \\ m\ddot{y}_1 = -mg \cos \alpha + mA\omega^2 \sin \omega t + N \end{cases} \quad (1)$$

где A – амплитуда вращения дробящего конуса, ω – частота вращения дробящего конуса, m – масса.

Сила трения находится как:

$$F_{тр} = \mu N, \quad (2)$$

где μ – коэффициент трения.

Так как ускорение материала по оси OY_1 равно 0 ($\ddot{y}_1 = 0$), то:

$$N = mg \cos \alpha - mA\omega^2 \sin \omega t, \quad (3)$$

Формулу 3 подставим в уравнение движения 1:

$$\ddot{x}_1 = g \sin \alpha - \mu(g \cos \alpha - A\omega^2 \sin \omega t) \quad (4)$$

$$V = \left(\frac{1}{3} \pi H [(R+b)^2 + (R+b)(R_1+b) + (R_1+b)^2] \right) - \left(\frac{1}{3} \pi H [R^2 + RR_1 + R_1^2] \right), \quad (8)$$

$$V = \pi H R b \left[2 + \frac{b}{R} + \frac{X_1}{R} \cos \alpha \right], \quad (9)$$

где X_1 – длина стороны дробящего конуса, м; α – угол наклона образующей дробящего конуса, град.

Для определения производительности конусной дробилки рассмотрим схему движения кусков материала между дробящим и внешним конусом [10,11].

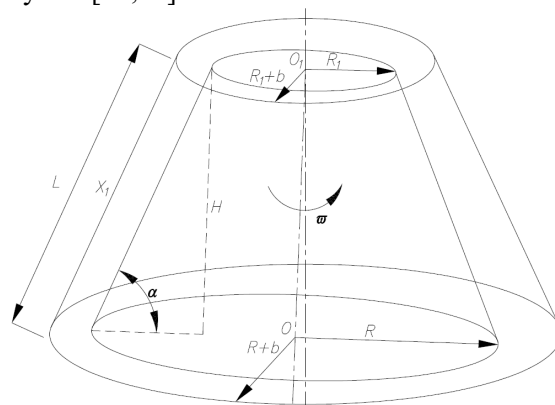


Рис. 5. Схематичное изображение дробящего и внешнего конуса

R – радиус нижнего основания дробящего конуса, м, $R+b$ – радиус нижнего основания внешнего неподвижного конуса, м, R_1 – радиус верхнего основания дробящего конуса, м, R_1+b – радиус верхнего основания внешнего неподвижного конуса, м, H – высота дробящего конуса, м

Количество материала, проходящее через пространство между двумя конусами на рис. 5 является объемной величиной производительности. Для вычисления объема пространства, находящегося между дробящим и внешним конусом необходимо из объема внешнего конуса V_2 вычесть объем дробящего конуса V_1 [12, 13].

$$V = V_2 - V_1, \quad (5)$$

Объем внешнего конуса V_2 исходя из рис. 5 будет равен:

$$V_2 = \frac{1}{3} \pi H [(R+b)^2 + (R+b)(R_1+b) + (R_1+b)^2], \quad (6)$$

где R – радиус нижнего основания дробящего конуса, м; $R+b$ – радиус нижнего основания внешнего неподвижного конуса, м; R_1 – радиус верхнего основания дробящего конуса, м; R_1+b – радиус верхнего основания внешнего неподвижного конуса, м; H – высота дробящего конуса, м.

Объем дробящего конуса V_1 исходя из рис. 7 будет равен:

$$V_1 = \frac{1}{3} \pi H [R^2 + RR_1 + R_1^2], \quad (7)$$

где R – радиус нижнего основания дробящего конуса, м; R_1 – радиус верхнего основания дробящего конуса, м.

Объем пространства, находящегося между дробящим и внешним конусом будет равен:

$$V = \left(\frac{1}{3} \pi H [(R+b)^2 + (R+b)(R_1+b) + (R_1+b)^2] \right) - \left(\frac{1}{3} \pi H [R^2 + RR_1 + R_1^2] \right), \quad (8)$$

$$V = \pi H R b \left[2 + \frac{b}{R} + \frac{X_1}{R} \cos \alpha \right], \quad (9)$$

Производительность конусной дробилки определяется как количество материала, пройденное через камеру дробления, находящуюся

между дробящим и внешним конусом, за единицу времени. Тогда:

$$Q = \frac{V}{t} = \pi \cdot H \cdot R \cdot b \cdot \omega \cdot \cos \alpha \frac{dx}{dt}, \quad (10)$$

После дифференцирования выражений и преобразований получим формулу для определения производительности конусной дробилки:

$$Q = 2\pi^2 \frac{g}{\omega} H b \cos(\alpha) (\sin \alpha - \mu \cos \alpha) \rho, \quad (11)$$

где ρ – плотность материала, подаваемого в камеру дробления, кг/м³; ω – частота вращения, об/мин; b – ширина выпускной щели, м.

В среде Maple были построены трехмерные графики, отображающие зависимость изменения производительности конусной дробилки от частоты вращения конуса и ширины выпускной щели в конусной дробилке с консольным валом и конусной дробилке с разработанным эксцентриковым узлом. На рисунке 6 представлен график изменения производительности в конусной дробилке с консольным валом.

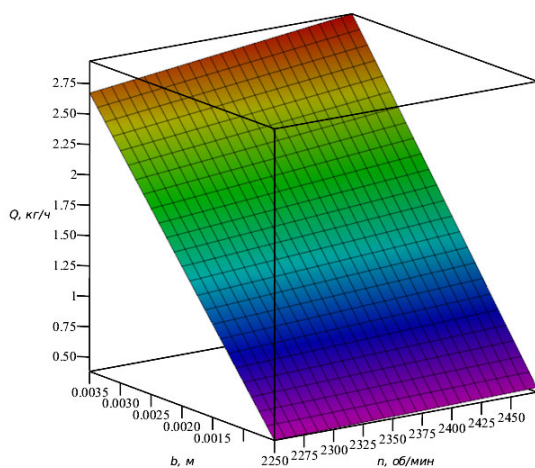


Рис. 6. График изменения производительности конусной дробилки от ширины выпускной щели и частоты вращения конуса в конусной дробилке с консольным валом

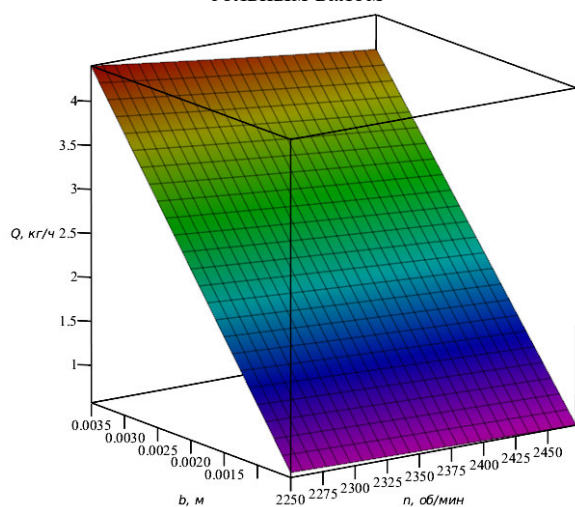


Рис. 7. График изменения производительности конусной дробилки от ширины выпускной щели и частоты вращения конуса в конусной дробилке с усовершенствованной конструкцией эксцентрикового узла

На рисунке 7 представлен график изменения производительности в конусной дробилке с усовершенствованной конструкцией эксцентрикового узла.

По рисунку 6 и 7 видно, что при минимальной частоте вращения 2250 об/мин, а также при максимальной ширине выпускной щели, равной 3,5 мм производительность конусной дробилки с усовершенствованной конструкцией эксцентрикового узла составляет 4,3 кг/ч, что в 1,7 раза больше при тех же значениях частоты вращения и ширины выпускной щели, что в конусной дробилке с консольным валом. За счет возможности конусной дробилки работать при сниженных оборотах снижается энергопотребление, шум и вибрации при работе, а также появляется возможность запуска конусной дробилки в загруженном состоянии, что значительно сокращает время простоя оборудования на производстве [14,15].

Выводы

В ходе проведения исследования зависимости эффективности работы конусной дробилки от конструкции эксцентрикового узла было доказано, что разработанная конструкция с двумя опорными и двумя регулировочными дисками, которые расположены на вертикальной стойке и соединены с помощью цилиндрического синхронизатора, позволяет обеспечить процесс дробления на сниженных оборотах вращения приводного вала. По графику 6 и 7 было установлено, что при минимальной частоте вращения 2250 об/мин и максимальном открытии ширины выпускной щели на 3,5 мм производительность конусной дробилки составляет 4,3 кг/ч, т.е. в 1,7 раз больше, чем в конусной дробилке с консольным валом. Текущие результаты показывают эффективность работы конусной дробилки с усовершенствованной конструкцией эксцентрикового узла.

В ходе данного исследования была рассмотрена существующая конструкция конусной дробилки с консольным валом. Основными ее недостатками являются: высокое энергопотребление, низкая производительность, невозможность запуска в загруженном состоянии, низкая надежность конструкции вследствие износа трущихся механизмов, а также высокий уровень шума. В разработанной конструкции эксцентрикового узла все текущие недостатки были исключены за счет применения опорных и регулировочных дисков, расположенных с эксцентриситетом относительно центральной оси данных дисков. В основной части работы представлены схемы усовершенствованной конструкции эксцентрикового узла, а также три основных положения регулировочного диска относительно опорного. В

теоретическом исследовании представлен математический аппарат по расчету производительности с учетом применения разработанной конструкции эксцентрика. По результатам исследования представлены графические зависимости основных параметров, влияющих на производительность. Цель исследования, которая заключалась в повышении производительности работы конусной дробилки за счет применения новой конструкции эксцентрика, достигнута. Использование разработанной и запатентованной конструкции эксцентрикового узла на промышленных предприятиях позволит увеличить объем производства, сократить финансовые затраты на электроэнергию, снизить время простоя оборудования на производстве, а также снизить уровень шума и вибраций, возникающих при работе конусной дробилки.

Источник финансирования. Работа выполнена в рамках реализации федеральной программы поддержки университетов «Приоритет 2030» с использованием оборудования на базе Центра высоких технологий БГТУ им. В.Г. Шухова.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Хопунов Э.А. Рудоподготовка и развитие процессов переработки минерального сырья // Современные научные исследования и инновации. 2019. № 9 (101). С. 4.
2. Устинов И.Д., Шулюяков А.Д. Производство кубовидного щебня - инновационный этап развития промышленности строительных материалов // Строительные материалы. 2017. № 5. С. 66–68.
3. Калянов А.Е., Чернухин С.А., Великанов В.С. К вопросу повышения эффективности работы конусной дробилки за счет применения объемного гидропривода // Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2023. № 2. С. 127–136. DOI: 10.18503/1995-2732-2023-21-2-127-136.
4. Нефедов А.В., Самылин Р.А., Чиченев Н.А. Повышение производительности конусной дробилки КМД-2200 ПАО «Гайский ГОК» // Сталь. 2023. № 4. С. 28–31.
5. Лагунова Ю.А., Калянов А.Е., Жилинков А.А., Разбитнов С.Л., Буялич Г.Д. Предложения по повышению эффективности эксплуатации конусных дробилок на щебеночных карьерах // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 6 (176). С. 54–64. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-6-54-64.
6. Загородний Н.А., Головкин М.В. Исследование основных факторов, влияющих на технико-эксплуатационные характеристики конусной дробилки // Сборник трудов третьей международной научно-практической конференции «Инженерно-техническое образование и наука». Новороссийск: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2023. С. 11–12.
7. Пат. № RU 220 142 U1 Российская Федерация, МПК В02С 2/00, В02С 19/16. Конусная дробилка / Головкин М.В., Бондарь А.С., Загородний Н.А., Савенкова А.Ю.; заявитель и патентообладатель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова» № 2023116839; заявл. 27.06.2023; опубл. 29.08.2023, Бюл. №25. 14 с.
8. Загородний Н.А., Головкин М.В. Исследование воздействия технологических параметров конусной дробилки на процесс дробления щебня // Мир транспорта и технологических машин. 2024. № 4-1 (87). С. 65–72. DOI: 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-65-72.
9. Смирнов В.А., Захаров М.Ю., Бочков В.С. Анализ методов увеличения износостойкости футеровок конусных дробилок и автоматизированный контроль их состояния // Сборник трудов второй всероссийской научно-практической конференции «Цифровая трансформация в горной промышленности и машиностроении». Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2023. С. 37–42.
10. Белов Н.В., Бородин М.Б., Зотов В.В., Лагунова Ю.А. Исследование динамики работы гидромеханического предохранительного устройства в приводе конусной дробилки // Горное оборудование и электромеханика. 2024. № 6 (176). С. 3–14. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-6-3-14.
11. Смирнов В.А., Захаров М.Ю., Бочков В.С. Технология автоматизированного управления конусной дробилкой // Сборник трудов научно-практической конференции «Уральская горная школа-регионам». Екатеринбург: Изд-во УГТУ, 2023. С. 710–711.
12. Сергеев Ю.С., Платов С.И., Гузев В.И., Сергеев С.В. Применение виброприводов с модулирующими свойствами в дробилках хрупких материалов для управления фракционным составом дисперсной фазы // Вестник магнитогорского государственного технического университета им. Г.И. Носова. 2023. № 4. С. 164–175. DOI: 10.18503/1995-2732-2023-21-4-164-175.
13. Чуйков В.Е., Коновалов В.В., Донцова М.В., Петрова С.С. Обоснование направления совершенствования конструкций дробилок зерна // Известия самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. № 3. С. 45–55. DOI: 10.55471/19973225_2023_8_3_45.

14. Бойко П.Ф., Титиевский Е.М., Тимирязев В.А., Мнацаканян В.У., Хостикоев М.З. Обеспечение долговечности броней дробилок путем применения новых технологий их изготовления и диагностирования износа // Оборудование и технологии для нефтегазового комплекса. 2019. № 5 (113). С. 42–47. DOI: 10.33285/1999-6934-2019-5(113)-42-47.

15. Журавлев А.Г., Черепанов В.А., Чендырев М.А., Глебов И.А., Семенкин А.В. Научно-техническое сопровождение при разработке регламентов на техническое обслуживание и ремонт дробилок // Проблемы недропользования. 2020. № 2(25). С. 50–59. DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.050.

Информация об авторах

Загородний Николай Александрович, кандидат технических наук, доцент, заведующий кафедрой эксплуатации и организации движения автотранспорта. E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru. Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Головкин Михаил Валерьевич, аспирант кафедры механического оборудования. E-mail: mixail.golovkin.1997@mail.ru. Белгородский Государственный Технологический Университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Россия, г. Белгород, ул. Костюкова, 46.

Поступила 04.04.2025 г.

© Загородний Н.А., Головкин М.В., 2025

Zagorodniy N.A., *Golovkin M.V.

Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

**E-mail: mixail.golovkin.1997@mail.ru*

INCREASING THE EFFICIENCY OF A CONE CRUSHER BY OPTIMIZING THE DESIGN OF THE ECCENTRIC UNIT

Abstract. This article studies the influence of the design features of the eccentric unit on the performance of a cone crusher, the purpose of which is to increase the productivity of the cone crusher by changing the design of the eccentric unit of the cone crusher. The object of study in this article is the existing designs of the eccentric unit, the limitations of their functionality. The article presents an analysis of the design features of the eccentric unit of a cone crusher with a cantilever shaft and its disadvantages. Based on the analysis, a prototype of an improved design of the eccentric unit was developed, which allows for increased productivity and reduced energy consumption of the cone crusher due to the use of support and adjusting disks. The rotation speed of the crushing cone is adjusted by turning the adjusting disk at a certain angle. The main design schemes of the developed eccentric unit, its model, operating principle and advantages are presented. In the course of theoretical studies, the dependence of the influence of the cone rotation speed on the performance of the cone crusher was established. To ensure efficient operation of the cone crusher with the improved design of the eccentric unit, it is necessary to rotate the adjustment disk by 90 degrees and ensure maximum throughput of the outlet. The use of this invention will increase production volumes and reduce energy costs by reducing the rotation frequency of the cone. The results of this study allow us to conclude that it is necessary to use the developed design of the eccentric unit in the production of industrial materials.

Keywords: cone crusher, productivity, eccentric unit, eccentricity, support disk, adjusting disk.

REFERENCES

1. Hopunov E.A. Ore preparation and development of mineral raw material processing processes [Rudopodgotovka i razvitie processov pererabotki mineral'nogo syr'ya]. Sovremennye nauchnye issledovaniya i innovacii. 2019. No. 9 (101). Pp. 4–14. (rus)

2. Ustinov I.D., Shuloyakov A.D. Production of Cubiform Crushed Stone is an Innovative Stage of Development of Building Materials Industry [Proizvodstvo kubovidnogo shchebnya - innovacionnyj

etap razvitiya promyshlennosti stroitel'nyh materialov]. Stroitel'nye Materialy. 2017. No. 5. Pp. 66–68. (rus)

3. Kalyanov A.E., Chernukhin S.A., Velikanov V.S. Increasing Performance Efficiency of a Cone Crusher by Using a Fluid Power Drive. Vestnik of Nosov Magnitogorsk State Technical University. 2023. vol. 21. No. 2, Pp. 127–136. DOI: 10.18503/19952732-2023-21-2-127-136 (rus)

4. Nefedov A.V., Samylin R.A., Chechenov N.A. Increasing the productivity of the KMD-2200 cone crusher at «Gaisky GOK» [Povyshenie proizvoditel'nosti konusnoj drobilki KMD-2200 PAO «Gajskij GOK»]. Stal'. 2023. No. 4. Pp. 28–31. (rus)

5. Lagunova Yu. A., Kalyanov A. E., Zhilinkov A. A., Razbitnov S.L., Buyalich G.D. Suggestions to improve the efficiency of operation of cone crushers in crushed stone quarries [Predlozheniya po povysheniyu effektivnosti ekspluatatsii konusnyh drobilok na shchebenochnykh kar'erakh]. Mining Equipment and Electromechanics. 2024. No. 6(176). Pp. 54–64. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-654-64 (rus)
6. Zagorodniy N.A., Golovkin M.V. Study of the main factors influencing the technical and operational characteristics of a cone crusher [Issledovanie osnovnykh faktorov, vliyayushchih na tekhniko-ekspluatatsionnye harakteristiki konusnoj drobilki]. Sbornik trudov tret'ej mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Inzhenerno-tekhnicheskoe obrazovanie i nauka». Novorossiysk. BG TU named after V.G. Shukhov. 2023. Pp. 11–12. (rus)
7. Golovkin M.V., Bondar A.S., Zagorodniy N.A., Savenkova A.Yu. Cone crusher. Patent RF, no. RU 220 142 U1, 2023.
8. Zagorodniy N.A., Golovkin M.V. Research of the influence of technological parameters of a cone crusher on the process of crushed stone [Issledovanie vozdeystviya tekhnologicheskikh parametrov konusnoj drobilki na process drobleniya shchebnya]. Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin. 2024. No. 4-1 (87). Pp. 65–72. DOI: 10.33979/2073-7432-2024-4-1(87)-65-72 (rus)
9. Smirnov V.A., Zakharov M.Yu., Bochkov V.S. Analysis of methods for increasing wear resistance of cone crusher linings and automated monitoring of their condition [Analiz metodov uvelicheniya iznosostoykosti futerovok konusnyh drobilok i avtomatizirovannyj kontrol' ih sostoyaniya]. Sbornik trudov vtoroj vserossiyskoj nauchno-prakticheskoy konferencii «Cifrovaya transformatsiya v gornoj promyshlennosti i mashinostroenii». Yekaterinburg. UGGU. 2023. Pp. 37–42. (rus)
10. Belov N.V., Borodina M.B., Zotov V.V., Lagunova Yu.A. Study of the dynamics of the hydro-mechanical safety device in the drive of a cone crusher [Issledovanie dinamiki raboty gidromekhanicheskogo predokhranitel'nogo ustrojstva v privode konusnoj drobilki]. Mining Equipment and Electromechanics. 2024. No. 6(176). Pp. 3–14. DOI: 10.26730/1816-4528-2024-6-3-14 (rus)
11. Smirnov V.A., Zakharov M.Yu., Bochkov V.S. Cone Crusher Automated Control Technology [Tekhnologiya avtomatizirovannogo upravleniya konusnoj drobilkoj]. Sbornik trudov nauchno-prakticheskoy konferencii «Ural'skaya gornaya shkola-regionam». Ekaterinburg. UGGU. 2023. Pp. 710–711. (rus)
12. Sergeev Yu.S., Platov S.I., Guzeev V.I., Sergeev S.V. Application of Vibration Drives with Modulating Properties in Crushers of Brittle Materials to Control the Fractional Composition of the Dispersed Phase [Primenenie vibroprivodov s moduliruyushchimi svoystvami v drobilkah hrupkikh materialov dlya upravleniya frakcionnym sostavom dispersnoj fazy]. Vestnik Magnitogorskogo Gosudarstvennogo Tekhnicheskogo Universiteta im. G.I. Nosova. 2023. Vol. 21, No. 4, Pp. 164–175. DOI: 10.18503/1995-2732-2023-21-4-164-175 (rus)
13. Chuikov, V.E., Kononov, V.V., Dontsova, M.V., Petrova, S.S. Justification of the improving direction design of grain crushers [Obosnovanie napravleniya sovershenstvovaniya konstrukcij drobilok zerna]. Bulletin Samara State Agricultural Academy. 2023. No. 3. Pp. 45–55. DOI: 10.55170/19973225_2023_8_3_45 (rus)
14. Boyko P.F., Titievsky E.M., Timiryazev V.A., Mnatsakanyan V.U., Khostikoev M.Z. Ensuring the durability of crusher armor by using new technologies for their manufacture and wear diagnostics [Obespechenie dolgovechnosti bronej drobilok putem primeneniya novykh tekhnologij ih izgotovleniya i diagnostirovaniya iznosa]. Oborudovanie i tekhnologii dlya neftegazovogo kompleksa. 2019. No. 5 (113). Pp. 42–47. DOI: 10.33285/1999-6934-2019-5(113)-42-47 (rus)
15. Zhuravlev A.G., Cherepanov V.A., Chendyrev M.A., Glebov I.A., Seminkin A.V. Scientific and technical support in the development of regulations for the maintenance and repair of crushers [Nauchno-tekhnicheskoe soprovozhdenie pri razrabotke reglamentov na tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont drobilok]. Problemy nedropol'zovaniya. 2020. No. 2 (25). Pp. 50–59. DOI: 10.25635/2313-1586.2020.02.050 (rus)

Information about the authors

Zagorodniy, Nikolay A. PhD, Assistant professor, Head of the Department of Operation and Organization of Motor Transport Traffic. E-mail: n.zagorodnij@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Golovkin, Mikhail V. Postgraduate student of the Department of Mechanical Equipment. E-mail: mixail.golovkin.1997@mail.ru. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. Russia, 308012, Belgorod, st. Kostyukova, 46.

Information about the authors

Shbani, Ali Postgraduate student. E-mail: ali.shbani951@gmail.com. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Russia, 195251, Saint Petersburg, Politekhnikeskaya st., 29, building B.

Alwan, Hassan M. PhD, Assistant professor. и. E-mail: hassan.m.alwan@uotechnology.edu.iq. Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University. Russia, 195251, Saint Petersburg, Politekhnikeskaya st., 29, building B.

Received 04.04.2025

Для цитирования:

Загородний Н.А., Головкин М.В. Повышение эффективности работы конусной дробилки за счет оптимизации конструкции эксцентрикового узла // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2025. № 9. С. 71–80. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-9-71-80

For citation:

Zagorodniy N.A., Golovkin M.V. Increasing the efficiency of a cone crusher by optimizing the design of the eccentric unit. Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov. 2025. No. 9. Pp. 71–80. DOI: 10.34031/2071-7318-2025-10-9-71-80