

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева

Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

УДК 621.926.2

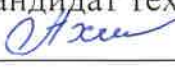
На правах рукописи

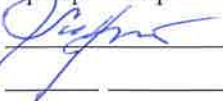
Әбләзім Нұрбол Сұлтанханұлы

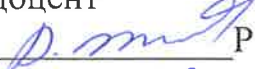
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ


На соискание академической степени магистра

Название диссертации	Разработка инновации в конструкцию машин для измельчения твердого камня и обоснование основных параметров
Направление подготовки	6M071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Научный руководитель
кандидат технических наук
 Ш. Д. Ахметова
_____ 2019 г.

Рецензент
Доктор технических наук,
профессор
 М.С. Кульгильдинов
_____ 2019 г.

Нормоконтроль
кандидат технических наук,
доцент
 Р. А. Козбагаров
31 05 _____ 2019 г.

ДОПУЩЕН К ЗАЩИТЕ
Заведующий кафедрой
Транспортная техника
доктор технических наук,
профессор
 С. А. Машеков
03 06 _____ 2019 г.

Алматы 2019

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РЕСПУБЛИКИ КАЗАХСТАН

Казахский национальный исследовательский технический университет
имени К.И. Сатпаева


Институт промышленной инженерии имени А.Буркитбаева

Кафедра «Транспортная техника»

6M071300 – Транспорт, транспортная техника и технологии

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой
«Транспортная техника»
доктор технических наук,
профессор

 С. А. Машеков
25 февраля 2019 г.

ЗАДАНИЕ

на выполнение магистерской диссертации

Магистранту *Әбләзім Нұрбол Сұлтанханұлы*

Тема: *Разработка инновации в конструкцию машин для измельчения
твердого камня и обоснование основных параметров*

Утверждена приказом Ректора Университета № 1767-м от “25” февраля
2019 г.

Срок сдачи законченной диссертации “31” мая 2019 г.

Исходные данные к магистерской диссертации: *Материалы инженерного
расчета с применением патентного анализа и САЕ компьютерной модели
механизма конусной дробилки*

Перечень подлежащих разработке в магистерской диссертации вопросов или
краткое содержание диссертации:

- а) Сбор и анализ информации по машинам для измельчения твердых камней*
- б) Патентный поиск и конструктивный анализ конструкций конусных дробилок*
- в) Расчеты и результаты исследования*
- г) Компьютерное моделирование основных агрегатов конусной дробилки*
- д) Заключение*
- е) Список использованной литературы*

Перечень графического материала (с точным указанием обязательных чертежей): *Презентация диссертации на _____ слайдах*

Рекомендуемая основная литература:

1. Макаров А. В. Исследование процесса разрушения горных пород дробильными машинами и разработка методов совершенствования их конструкций. Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры, 2004, Томск.

2. Борщев В.Я. Оборудование, для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского государственного Технического Университета, 2004.

3. Ю. А. Девяткин, к.т.н., Л.Е. Гневанова, Математическое моделирование процесса дробления горных пород как основа проектирования конусных дробилок и прогнозирование их технологических показателей.

4. Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. Киев: Наукова думка, 1976.

5. Клейс И.Р., Ууэмыйс Х.Х. Износостойкость элементов измельчителей ударного действия. М.: Машиностроение, 1986. 1

6. Горынин Г.Л. Моделирование динамических процессов в измельчителях центробежно-ударного встречного действия //Седьмые академические чтения РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения. Белгород, 2001.

ГРАФИК

подготовки магистерской диссертации

Наименование разделов, перечень разрабатываемых вопросов	Сроки представления научному руководителю	Примечание
Сбор материала по конусным дробилкам	11.03.2019 г.	
Сбор и обзор патентной информации. Выбор перспективной конструкции по патентам	19.04.2019 г.	
Расчеты и результаты исследования	22.04.2019 г.	
Компьютерное моделирование механизма конусной дробилки	29.04.2019 г.	

Подписи

консультантов и нормоконтролера на законченную магистерскую диссертацию с указанием относящихся к ним разделов диссертации

Наименование Разделов	Консультанты, И.О.Ф. (уч.степень,звание)	Дата подписания	Подпись
Сбор материала по конусным дробилкам	Ш. Д. Ахметова, к.т.н.	11.03.19	<i>Ахм</i>
Сбор и обзор патентной информации. Выбор перспективной конструкции по патентам	Ш. Д. Ахметова, к.т.н.	15.04.19	<i>Ахм</i>
Расчетная часть, Расчет нагрузок, действующих на элементы дробилок, Расчет силовых воздействии в рабочих поверхностях ШРУСа	Ш. Д. Ахметова, к.т.н.	22.04.19	<i>Ахм</i>
Методика проведения экспериментальных исследований, создание математической модели	Ш. Д. Ахметова, к.т.н.	24.05.19	<i>Ахм</i>
Нормоконтроль	Р. А. Козбагаров к.т.н.	31.05.19г	<i>Р. м</i>

Научный руководитель *Ахм* Ш. Д. Ахметова

Задание принял к исполнению обучающийся *Шиб* Н.С. Эблэзім

Дата

“ 26 ” февраль 2019 г.

АННОТАЦИЯ

Процессы измельчения материалов широко применяются в горнодобывающей и химической промышленности. Темпы развития вышеуказанных и других смежных отраслей промышленности требуют совершенствования конструкций оборудования для измельчения, повышения его надежности и работоспособности. Кроме того, остро стоит проблема снижения себестоимости продукции, повышения ее качества и увеличения рентабельности производства. Данная проблема может быть решена путем широкого внедрения новой техники и повышения эффективности использования действующего оборудования.

Необходимая интенсификация процесса измельчения может быть достигнута только на основе глубоких знаний как принципа действия и конструкции соответствующего оборудования, так и особенностей его эксплуатации.

В данной работе рассматриваются конусные дробилки для измельчения твердых горных пород, проведены теоретические исследования путем применения патентного анализа, математической статистики и моделирования, инженерного расчета с применением САЕ компьютерной модели рабочей части конусной дробилки.

Полученные расчеты параметров конусной дробилки могут служить методической базой для совершенствования общей теории расчета разрушения горных пород.

АҢДАТПА

Материалдарды ұсақтау процесі тау-кен және химия өнеркәсібінде кеңінен қолданылады. Жоғарыда аталған және басқа да ұқсас салалардың даму қарқыны ұсақтауға арналған машиналар құрылысын жетілдіруді, оның сенімділігін және тиімділігін арттыруды талап етеді. Қазіргі уақытта өндіріс құнын төмендету, машина сапасын арттыру және өндірістің рентабельділігін арттыру секілді мәселелер туындауда. Бұл мәселелерді машиналарға жаңа технологияны кеңінен енгізу және қолданыстағы жабдықтарды пайдалану тиімділігін арттыру арқылы шешуге болады.

Ұсақтау процесінің қажетті деңгейде жұмыс істеуіне тек тиісті жабдықтың құрылысы мен оның жұмыс сипаттамалары туралы терең білім негізінде ғана қол жеткізуге болады.

Бұл жұмыста отандық және шетелдік патенттерді қарастыру арқылы теориялық зерттеулер, математикалық есептеулер жүргізілді. Заманауи есептеу машиналарын қолдана отырып компьютерлік модельдеу арқылы статикалық анализдер жасалынды. САЕ инженерлік есептегішін қолдана отырып конусты ұсақтағыштың жұмысшы бөлшектерінің компьютерлік моделі жасалынды.

Конусты ұсақтағыш параметрлерінен алынған есептерді тау жыныстарын ұсақтауды есептеуге және де оның жалпы теориясын жетілдіруге қажетті әдіснамалық негіз ретінде қолдана аламыз.

ANNOTATION

The processes of crushing materials are widely used in the mining and chemical industries. The pace of development of the above and other related industries require improving the design of equipment for grinding, increasing its reliability and efficiency. In addition, there is an acute problem of reducing the cost of production, improving its quality and increasing the profitability of production. This problem can be solved by the widespread introduction of new technology and increase the efficiency of the use of existing equipment.

The necessary intensification of the grinding process can be achieved only on the basis of in-depth knowledge of both the principle of operation and the design of the corresponding equipment, and the characteristics of its operation.

This paper considered cone crushers for grinding hard rocks, carried out theoretical studies by applying patent, strength analysis, mathematical statistics and modeling, methods for calculating distributed forces of resistance to the movement of crusher nodes, engineering calculations using the CAE computer model of the working part of a cone crusher.

The obtained calculations of the parameters of a cone crusher can serve as a methodological basis for improving the general theory of calculating the destruction of rocks.

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Проблема дробления твердых материалов и, прежде всего минерального сырья в виде горных пород различного состава и прочности, является насущной на протяжении всей истории человечества. Измельченные материалы лежат в основе всей строительной промышленности, дорожного строительства, горной промышленности. На дробление горных пород используются огромные энергетические ресурсы. Известно, что ежегодно, начиная с 1980-х годов, из недр Земли извлекается около 20 млрд.т. минерального сырья и десятки миллиардов тонн пустой породы. Вся эта горная масса в той или иной степени подлежит измельчению, дроблению на обогатительных фабриках, в строительной индустрии, на что расходуются десятки ГВт часов энергии. Все, что связано с совершенствованием процессов дробления, с созданием высокопроизводительных и малоэнергоёмких дробильных машин относится к проблеме государственной значимости. Актуальными являются практически все научные и технические решения в этом направлении [1].

Процессы измельчения материалов широко применяются в химической промышленности. Темпы развития химической и других смежных отраслей промышленности требуют совершенствования конструкций оборудования для измельчения, повышения его надежности и работоспособности. Кроме того, остро стоит проблема снижения себестоимости продукции, повышения ее качества и увеличения рентабельности производства. Данная проблема может быть решена путем широкого внедрения новой техники и повышения эффективности использования действующего оборудования.

Необходимая интенсификация процесса измельчения может быть достигнута только на основе глубоких знаний как принципа действия и конструкции соответствующего оборудования, так и особенностей его эксплуатации [2].

В условиях реформирования экономики и создания рынка технологического оборудования одной из важнейших проблем является повышение технического уровня создаваемого оборудования и эффективности его использования.

Процессы дробления и дезинтеграции горных пород, являющиеся основными технологическими операциями при рудоподготовке и переработке нерудных материалов, характеризуются значительными энергетическими и материальными затратами, что обусловливается, главным образом, низкой эффективностью функционирования измельчительного оборудования.

На современном этапе развития техники и технологии рудоподготовки одним из способов снижения эксплуатационных затрат является перенос большей части работы по разрушению горной породы в дробильный передел при форсировании скоростных и силовых режимов работы оборудования.

Снижение крупности конечного продукта дробильного передела

обеспечивает повышение производительности мельниц, уменьшение удельных энергозатрат и расхода шаров и футеровок при измельчении.

Совершенствование и модернизацию технологических линий дробления необходимо производить на основе комплексных технических решений, обеспечивающих дезинтеграцию горных пород с конкретными физико-механическими свойствами до требуемой крупности при заданной производительности.

В связи с этим тема исследования, направленная на выявление взаимосвязей между конструктивными и режимными параметрами конусных дробилок мелкого дробления с учетом физико-механических и технологических свойств перерабатываемой горной породы и особенностей рабочих процессов, является актуальной научной задачей и соответствует потребностям развития производственной базы горно-обогатительных и дробильно-сортировочных предприятий.

Цель: Повышение долговечности работы и снижение энергозатрат узлов конусной дробилки путем разработки инновации в конструкцию машин для измельчения твердого камня.

Научная новизна: В использовании шарнира равных угловых скоростей который позволяет передать огромные моменты и одновременно делать движения кружение-качение (гирационное движение).

Задачи исследования:

- 1 Сбор и анализ информации по машинам для измельчения твердого камня.
- 2 Патентный поиск и конструктивный анализ по конусным дробилкам.
- 3 Параметрический анализ.
- 4 Компьютерное моделирование и компьютерные расчеты конусной дробилки с использованием современных САЕ программ.

1 Обоснование выбранной конструкции

1.1 Машины для измельчения материалов

Измельчением называют процесс разрушения кусков твердого материала при критических внутренних напряжениях, создаваемых в результате какого-либо нагружения и превышающих соответствующий предел прочности. Напряжения в материале могут создаваться механическим нагружением, температурными воздействиями, ультразвуковыми колебаниями и др. Наибольшее применение в современном производстве имеют механические способы измельчения.

Измельчение горных пород осуществляют механическим, физическим и химическим путем. Механический способ наиболее распространен, в результате него материал разрушается в машине под воздействием рабочего органа. Нагрузки на материал могут действовать от раздавливания, истирания, излома удара и раскалывания. При раздавливании материал сжимается между двумя плоскими дробящими органами, при ударе - материал сталкивается с дробящим органом, при раскалывании - материал сжимается между расположенными друг напротив друга острыми гранями дробящих органов, при разламывании - материал сжимается между расположенными в шахматном порядке острыми гранями дробящих органов, при истирании происходит трение разрушаемого материала о дробящий орган. В реальных условиях эти нагрузки действуют на материал в различных сочетаниях. Механическим способом материалы измельчаются в дробилках и мельницах - это зависит от размеров исходного материала.

Измельчение делят на дробление и помол, а машины, применяемые для этих целей, называются дробилками и мельницами. В зависимости от размеров частиц продукта различают следующие виды измельчения: дробление крупное ($d_k = 100 \dots 350$ мм), среднее ($d_k = 40 \dots 100$ мм), мелкое ($d_k = 5 \dots 40$ мм), помол грубый ($d_k = 0,1 \dots 5$ мм), средний $d_k = (0,05 \dots 0,1$ мм), тонкий ($d_k = 0,001 \dots 0,05$ мм), сверхтонкий ($d_k < 0,001$ мм).

С целью обеспечения эффективности измельчение материала от исходной до конечной крупности осуществляется, как правило, в несколько приемов, с последовательным переходом от крупного дробления к более мелкому и к помолу с поэтапным разделением материала по классам. Следовательно, процесс измельчения целесообразно осуществлять последовательно на нескольких измельчителях. Каждый отдельный измельчитель выполняет часть общего процесса, называемую стадией измельчения.

Несмотря на многообразие типов и видов машин для измельчения материалов существуют общие требования, которым должны удовлетворять эти машины: простота конструкции, удобство и безопасность ее обслуживания; минимальное количество изнашивающихся деталей, конструкция которых и конструкция крепления обеспечивали бы их легкую замену; предохранительные устройства, которые при превышении

допустимых нагрузок разрушались бы (распорные плиты, болты и т. д). или деформировались (пружины), защищая от поломок более сложные и дорогостоящие узлы; обеспечивать выполнение санитарно-гигиенических норм по шуму, вибрации и запыленности воздуха.

Энергозатраты, нагрузки на элементы измельчителей и качество продукта зависят от прочности, хрупкости, твердости, упругости, абразивности и плотности твердых материалов. Прочность - свойство твердого материала сопротивляться разрушению при возникновении внутренних напряжений, появляющихся в результате какого-либо нагружения.

1.2 Классификация машин для измельчения материалов

В зависимости от назначения и принципа действия в машинах для измельчения могут использоваться различные виды нагрузок: раздавливание (сжатие куска), излом (изгиб), раскалывание (эквивалентно растяжению), истирание и удар (Рисунок 1.1).

Как правило, перечисленные виды силовых нагрузок в процессе измельчения действуют одновременно, например, раздавливание и истирание, удар и истирание и др. Необходимость в различных видах нагрузок, а также в различных по принципу действия конструкциях и размерах машин вызвана многообразием свойств и размеров измельчаемых материалов и различными требованиями к крупности исходного материала и готового продукта.

По способу воздействия на измельчаемый материал различают дробилки, разрушающие материал сжатием (щековые, конусные и валковые дробилки) и ударом (роторные и молотковые дробилки).

В щековых дробилках измельчение материала происходит, в основном, раздавливанием в камере между щеками при периодическом их сближении. При отходе подвижной щеки от неподвижной измельченный материал выпадает из дробилки. Одновременно при сжатии кусков имеет место их относительное перемещение, вследствие чего куски истираются. При рифленых рабочих поверхностях щек измельчение кусков материала может сопровождаться также раскалыванием и изломом.

В конусных дробилках разрушение материала происходит раздавливанием, изломом и истиранием при обкатывании подвижного конуса внутри неподвижного. При этом происходит периодическое сближение и отход от рабочих поверхностей конусов, в принципе, как в щековых дробилках.

В валковых дробилках материал измельчается в сужающемся пространстве между вращающимися навстречу друг другу валками путем раздавливания. При использовании рифленых и зубчатых валков материал измельчается также раскалыванием и изломом.

В роторных и молотковых дробилках ударного действия измельчение материала происходит за счет удара по кускам вращающихся бил или молотков, а также соударения отброшенных кусков с отражательными элементами

машин.

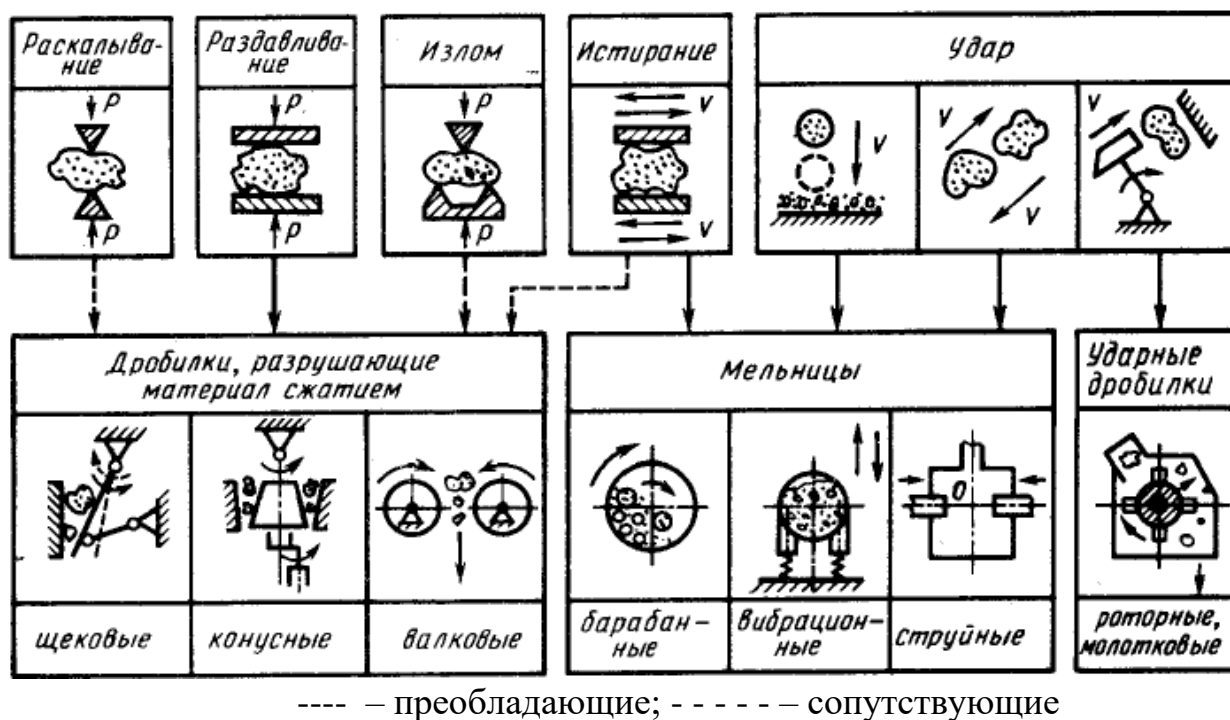


Рисунок 1.1 - Способы механического разрушения материалов, реализуемые в дробилках и мельницах

В шаровых барабанных мельницах материал измельчается во вращающемся барабане путем удара мелющих тел, падающих с некоторой высоты. Кроме того, при относительном движении мелющих тел и частиц материала происходит истирание последних.

В вибрационных мельницах измельчение материала осуществляется в барабане, заполненном мелющими телами, ударом и истиранием при высокочастотных колебаниях корпуса.

В струйных мельницах измельчение материала происходит истиранием при соударении частиц между собою и со стенками рабочей камеры при хаотическом движении частиц в газовом потоке высокой турбулентности.

Машины для измельчения делят на дробилки и мельницы.

По конструктивным признакам различают дробилки: щековые, валковые, конусные, ударного действия (роторные и молотковые).

Пальцевые измельчители и бегуны занимают промежуточное положение между дробилками и мельницами, так как их можно применять как для мелкого дробления, так и для крупного помола.

Мельницы делят на барабанные (тихоходные), роликовые, маятниковые, кольцевые и другие (среднеходные), молотковые, вертикальные, шахтные (ударные), вибрационные и струйные.

2 Обзор и анализ конструкций конусной дробилки

Конусные дробилки используют во всех стадиях дробления при переработке самых разнообразных материалов как по крупности дробимого материала, так и по разнообразию физико-механических свойств. В этих машинах материал разрушается в камере, образованной наружным неподвижным и внутренним подвижным усеченными конусами. По технологическому назначению их делят на дробилки: крупного дробления (ККД), обеспечивающие степень измельчения $i = 5 \dots 8$; среднего (КСД) и мелкого (КМД) дробления (степень измельчения i до $20 \dots 50$). В химической промышленности, в основном, используют дробилки КСД и КМД.

Главным параметром дробилок ККД является ширина приемного отверстия - расстояние между образующими боковых поверхностей конусов в зоне загрузки. Отечественной промышленностью выпускаются дробилки типа ККД с шириной приемного отверстия 500, 900, 1200 и 1500 мм. Основным параметром дробилок типов КСД и КМД является диаметр нижнего основания подвижного конуса, который может быть равен 600, 900, 1200, 1750 и 2200 мм. По конструктивному признаку - способу опирания вала дробящего конуса - различают дробилки с подвешенным валом, опорным пестом и с консольным валом (Рисунок 1.2). Последнюю конструкцию используют в машинах КСД и КМД.

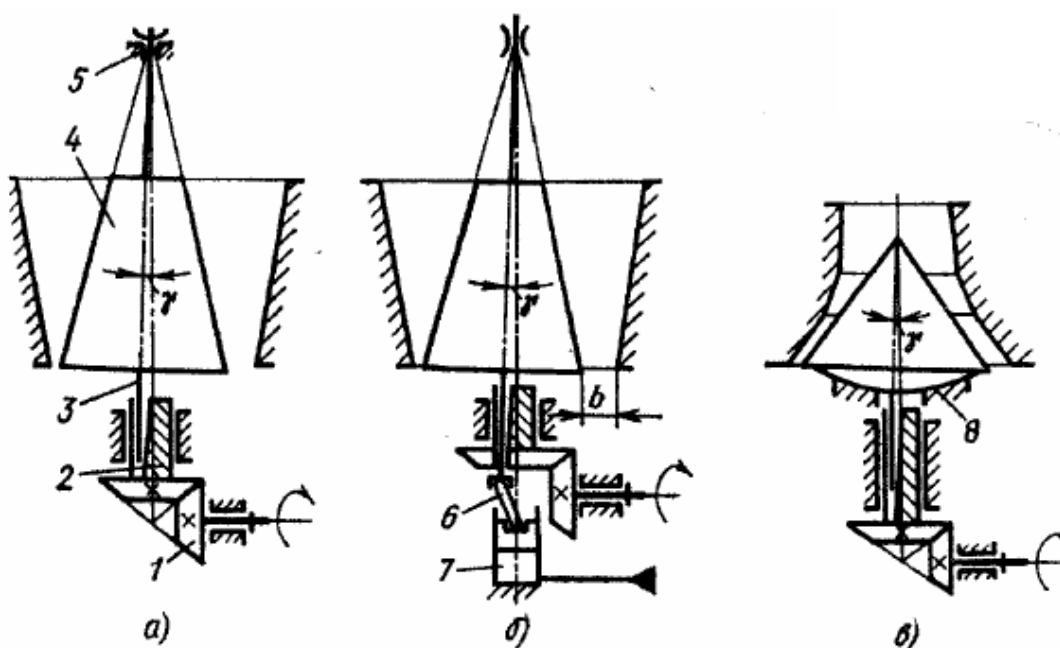


Рисунок 2.1 - Схемы конусных дробилок

Конусная дробилка - сложный механизм. Даже можно сказать, что конусная дробилка самая сложная из повсеместно используемых и активно внедряемых конструкций дробилки. Но на то есть причина - мелкое и среднее дробление прочных материалов наиболее эффективно и экономично

можно осуществить только на ней. И чем сложнее механизм, тем больше возможностей его эволюции, изменения, улучшения.

Сейчас на рынке существуют и активно борются за право называться лучшими две конструкции конусных дробилок: с фиксированной щелью и с плавающим конусом.

Давая такие обозначения, мы подразумеваем следующие конструктивные особенности (отличия), чтобы не называть компаний и типов (являющиеся торговыми марками).

Дробилка с плавающим конусом - это конструкция дробилки, при которой несущий конус совершает не только качания, но и находится на гидравлической опоре, осуществляющей перемещение несущего конуса вертикально, неподвижный конус при этом крепится к неподвижным же частям корпуса и не участвует в регулировке щели, которая осуществляется изменением положения несущего конуса на гидравлической опоре, и эта же система осуществляет и пропуск недробимого материала, и опорожнение камеры дробления за счет опускания несущего конуса (сравливание давления масла гидропневматической системой).

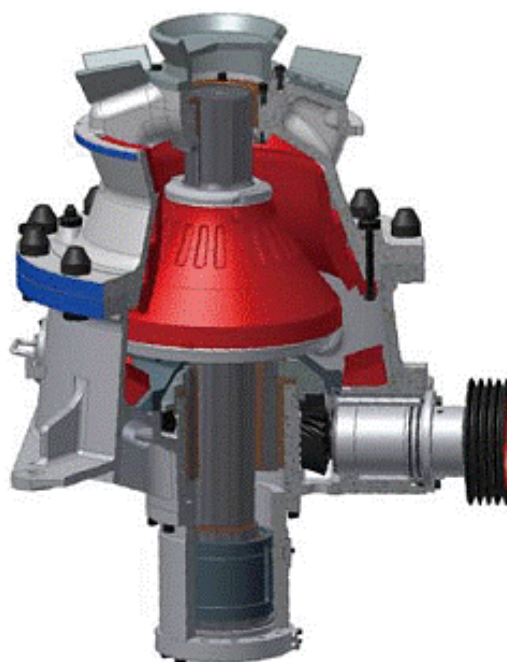


Рисунок 2.2 - Конусная дробилка с плавающим конусом (с гидравлическим подпором конуса)

Преимущества:

- принимает больший кусок при меньшей возможной ширине щели (конструктивно подвижный конус длиннее и вся камера дробления выше, что позволяет принять более крупный кусок на входе и получить тот же диапазон регулировки щели, и таким образом сократить количество стадий дробления);

- простая калибровка состояния конусов (износа) и установки значения щели;
- быстрая регулировка щели, в том числе под нагрузкой;
- проще конструкция дробилки и гидропневматической системы, так как только один контур гидравлики, а значит дешевле;
- один контур гидравлики - лучше приспособлено для зимних экстремальных условий;
- быстрее срабатывает на недробимый материал (один мощный гидроцилиндр с близко расположенным аккумулятором, сила тяжести и материал в камере помогают перемещению);
- заменяемый эксцентрик - позволяет подбирать технологический режим дробления (влияющий на ход конуса, который наряду с шириной щели определяет степень сокращения, распределение по крупности при дроблении и форму дробленого материала).

Недостатки:

- самопроизвольное кратковременное увеличение щели (балансировка настройки по давлению системы защиты от недробимого материала и не срабатывания в целях работы под завалом с максимальной нагрузкой приводит к ситуации с плавающим конусом в режиме максимальной нагрузки и работе с прочными породами, ложное срабатывание);
- так как неподвижный конус статичен (и не поворачивается для регулировки щели как в выше описанной конструкции), то может вследствие особенностей загрузки материала или дефекта поверхности выедать канавку в неподвижном конусе, приводящую к некоторому закруплению части материала при дроблении и снижению ресурса неподвижного конуса.

Дробилка с фиксированной щелью - это конструкция дробилки, при которой несущий конус совершает качания (но не имеет вертикального перемещения), а положение неподвижного конуса регулируется перемещением части корпуса вертикально по винтовой поверхности (то есть с вращением этой части корпуса) с фиксацией положения, таким образом регулируется ширина щели, пропуск недробимого материала производится за счет оперативного поднятия части корпуса с неподвижным конусом, которое осуществляется пружинами (устаревшая конструкция) или гидропневматической системой, освобождение камеры дробления осуществляется постепенным полным открытием камеры (выворачиванием регулируемой части корпуса по винтовой поверхности) или той-же гидропневматической системой.

Недостатки:

- гидропневматическая система сложнее (много гидравлических цилиндров для подъема верхней части дробилки, гидравлический привод для регулировки щели) - дороже;
- системе защиты от недробимого препятствует в работе большой вес части дробилки, которую необходимо поднять против силы тяжести (система требует мощных гидроцилиндров);

- регулировка щели только без нагрузки.

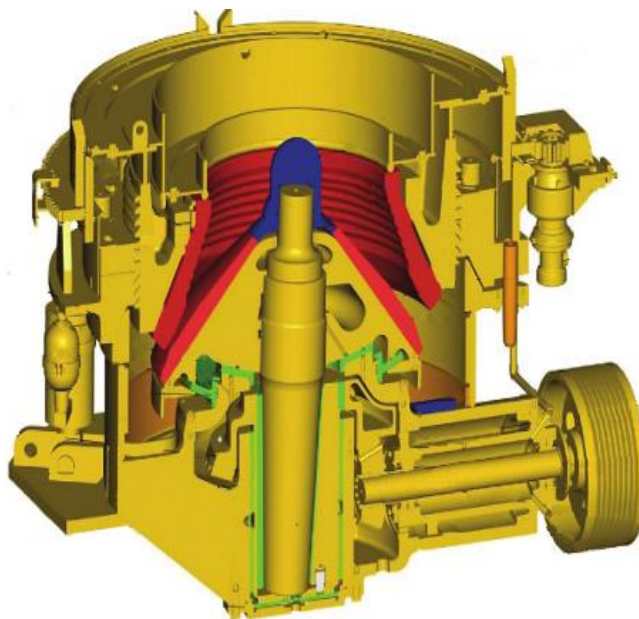


Рисунок 2.3 - Конусная дробилка с фиксированной щелью

Преимущества:

- классическая конструкция дробилки;
- фиксированная щель;
- больше степень сокращения при длительной наработке на максимальных режимах работы (прикладывается большее давление конусов на материал с фиксированной щелью без ложного срабатывания системы пропуска недробимого материала, происходящего у плавающего конуса и сопровождающегося закрупнением материала, ростом циклической нагрузки, снижением производительности по готовому);
- лучшая реализация дробления в слое за счет фиксированной щели и большего развиваемого давления в камере ;
- большой пропуск недробимого (меньшее конструктивное ограничение хода для пропуска недробимого).

Обе конструкции дробилок широко распространены и применяются в разных сферах: и горно-обогатительной, и производстве строительных материалов. У использования того или иного решения есть приверженцы и противники одновременно. Будущее покажет, победит ли какая-то одна конструкция, а может родиться новая, но однозначно, что от этого технологического соперничества в процессе улучшений выигрывает конечный пользователь.

В дробилках с подвешенным валом вал 3 дробящего конуса 4 в верхней точке, совпадающей с точкой пересечения осей конусов, подвешен к опоре 5, воспринимающей осевую и радиальную нагрузки.

Нижний конец вала размещен в эксцентрикe 2, опоры которого также

воспринимают радиальную нагрузку дробящего конуса. Вращение эксцентрика осуществляется через коническую зубчатую передачу 1

В дробилке с опорным пестом осевая нагрузка дробящего конуса с пяты вала передается на пест 6 и далее на плунжер гидроцилиндра 7, который уравнивается давлением жидкости. За счет этого обеспечивается возможность оперативного регулирования ширины b выходной щели.

В дробилках с консольным валом дробящий конус имеет более полую форму. В этих машинах осевая нагрузка воспринимается сферической пятой 8, а радиальная – опорой эксцентрика.

Производительность конусных дробилок (при сопоставимых параметрах) выше, чем у щековых. Это объясняется тем, что в щековых дробилках площадь выходного отверстия при перемещении щеки изменяется, а в конусных она постоянная и изменяется лишь положение подвижного конуса в камере дробления. Перекачивание дробящего конуса также способствует лучшему заполнению камеры дробления и захвату кусков.

Рассмотрим конструкции дробилок на примере конусной дробилки мелкого дробления КМД (Рисунок 1.5). Дробилка состоит из станины 4 с опорным кольцом 6 и предохранительными пружинами 5, эксцентрика 1, установленного в центральном стакане станины на четырех дисковом подпятнике 2. Через конические зубчатые колеса эксцентрик связан с приводным валом 16, расположенным в горизонтальном патрубке станины 4. С коническим отверстием эксцентрика 1 сопряжен конический хвостовик вала 13 дробящего конуса, опирающегося на сферический подпятник опорной чаши 3.

Рабочая камера дробилки образуется наружной поверхностью дробящего конуса, футерованного броней 15 из высокомарганцовистой стали, и внутренней поверхностью неподвижной брони 14 регулирующего кольца, сопрягающегося упорной резьбой с опорным кольцом 6. Для обеспечения правильной работы резьбы под нагрузкой осевой люфт в резьбе выбирается при подтягивании регулирующего кольца колонками 12 с клиньями. Они опираются на кожух 7, установленный на опорном кольце 6.

В верхней части дробилки имеется герметичное загрузочное устройство 9, установленное на четырех стойках 11 и станине 4. Исходный материал поступает в приемную коробку 10 загрузочного устройства и через патрубок сыпается на распределительную плиту 8 дробящего конуса.

При вращении эксцентрика дробящему конусу сообщается гирационное движение. Благодаря качанию распределительной плиты, обеспечивается равномерная по окружности загрузка рабочего пространства. В результате при сближении конусов материал дробится, а при их расхождении выгружается.

Характерной особенностью дробилок КСД и КМД является наличие в камере дробления параллельной зоны, т.е. участка, на котором зазор между образующими конусов постоянен. Тем самым обеспечивается получение однородного продукта, близкого по размерам к зазору.

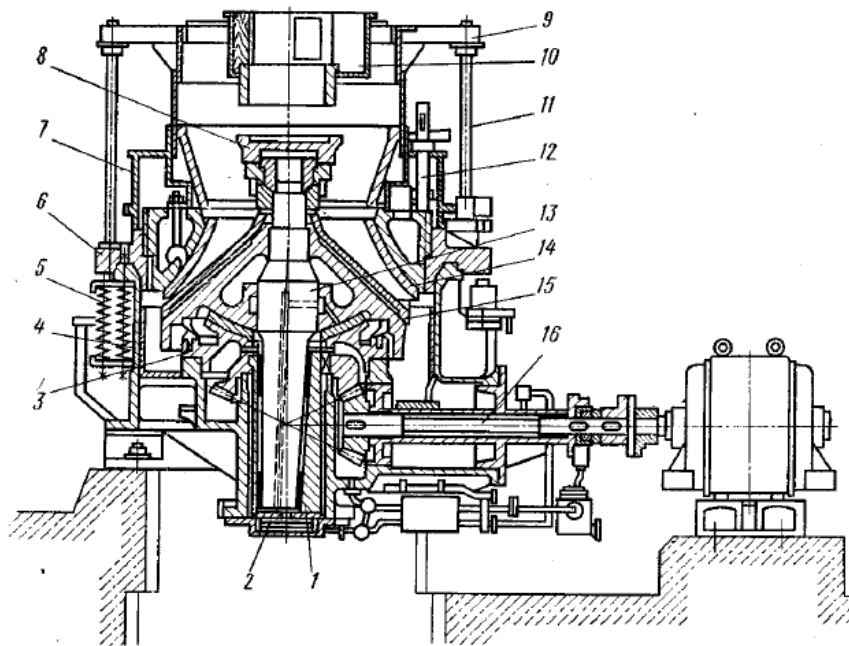


Рисунок 2.4 - Дробилка КМД с консольным валом

На рисунке (Рисунок 2.4) показана в продольном разрезе конструктивная схема конусной эксцентриковой дробилки, которая содержит корпус 1 с наружным конусом 2 и сферической опорой 3 для внутреннего конуса 4, имеющего вал 5, на котором с помощью подшипника 6 размещен приводной эксцентрик 7, установленный свободно внутри подшипниковой втулки 8 на ее сферической пяте 9. Втулка 8 смонтирована в корпусе 1 с помощью радиального подшипника 10 и упорного подшипника 11. На упомянутой втулке 8 жестко закреплена зубчатая шестерня 12, которая входит в зацепление с другой шестерней 13, соединенной через эластичную муфту 14 с электродвигателем 15. Вал 16 шестерни 13 размещен в подшипниках 17 корпуса 1. Втулка 8 соединена с эксцентриком 7 посредством компенсационной вращающейся кулисы 18, которая совместно со втулкой 8 и эксцентриком 7 образует кривошипно-шатунный механизм. Для свободного перемещения в радиальном направлении эксцентрика 7 внутри втулки 8 минимальный зазор 19 между их поверхностями в горизонтальной плоскости принимается, по крайней мере, в 1,5 раза большим, чем максимальный разгрузочный зазор 20 между конусами 2 и 4. Внутри эксцентрика 7 установлены сменные грузы 21. Наружный конус 2 сопряжен с корпусом 1 с помощью резьбы 22. Корпус 1 установлен на опору с помощью упругих амортизаторов 23.

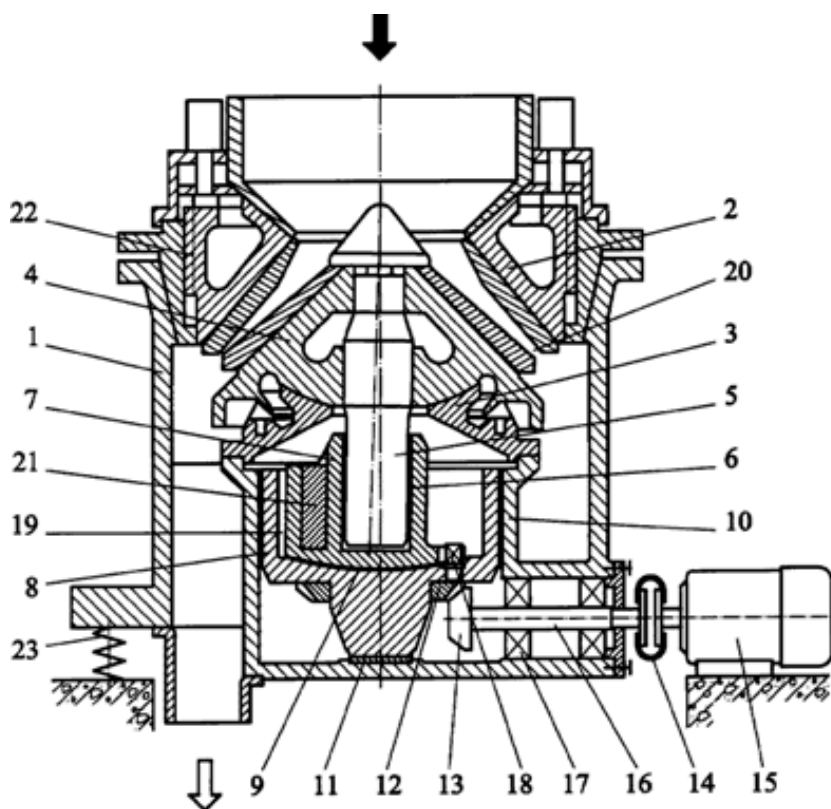
Дробилка работает следующим образом:

Сначала дробилку загружают материалом самотеком из бункера, обеспечивая давление его на входе в дробящую камеру не менее $0,7 \text{ т/м}^2$, затем включают дробилку. Эксцентрик 7 получает вращение от электродвигателя через муфту 14, шестерни 12 и 13, втулку 8 и кулису 18.

При вращении эксцентрика 7 развивается центробежная сила, заставляющая внутренний конус 4 совершать гирационные движения на сферической опоре 3, обкатываясь по слою дробимого материала и деформируя его на величину, пропорциональную величине центробежной силы эксцентрика 7 и внутреннего конуса 4.

Таким образом, в зоне максимального сближения конусов образуется слой, соответствующий установленной дробящей силе и сопротивлению слоя материала.

Величина отклонения корпуса 2 от оси дробилки зависит от момента инерции корпуса 1: чем больше его масса и момент инерции, тем больше деформация слоя материала. Соответственно, чем больше масса неуравновешенной части эксцентрика 7, то есть чем больше его статический момент, тем больше центробежная сила, амплитуда внутреннего конуса 4, деформация слоя материала и степень дробления.



1-корпус дробилки, 2-наружный конус, 3-сферическая опора, 4-внутренний конус, 5-вал конуса, 6-вал с грузом, 7-эксцентрик, 8-втулка, 9-сферическая пята, 10-радиальный подшипник, 11-упорный подшипник, 12-ведомая зубчатая шестерня, 13-ведущая шестерня, 14-эластичная муфта, 15-электродвигатель, 16-ведущий вал, 17-подшипник, 18-компенсационный вращающаяся кулиса, 19-зазор, 20-загрузочный зазор, 21-грузы, 22-резьбы, 23-упругие амортизаторы.

Рисунок 2.5 - Конусная эксцентриковая дробилка

2.1 Литературно-патентный поиск

2.1.1 № 2169616 В02С2/0

Авторы патента: Злобин М.Н.

«Конусная дробилка»

Изобретение предназначено для дробления и измельчения рудного и нерудного сырья. В конусной дробилке к нижнему кольцеобразному поясу снизу прикреплена кольцеобразная гребенка с радиально расположенными зубьями, направленными в сторону дробящего конуса, вал которого установлен в эксцентриковом стакане. К дробящему конусу снизу прикреплена аналогичная гребенка с зубьями, ориентированными в противоположном направлении. Гребенки размещены непосредственно друг над другом. Зубья гребенок могут быть выполнены в поперечном сечении треугольными и наклонены вниз. Сквозные отверстия в футеровках выполнены с наклоном в сторону рабочей зоны дробилки. Изобретение позволяет повысить степень и избирательность дробления и качество подготовки поверхности частиц полезного компонента.

Изобретение относится к области горнорудной промышленности, в частности к дроблению и измельчению различных материалов, и может быть использовано при дроблении и измельчении рудного и нерудного сырья.

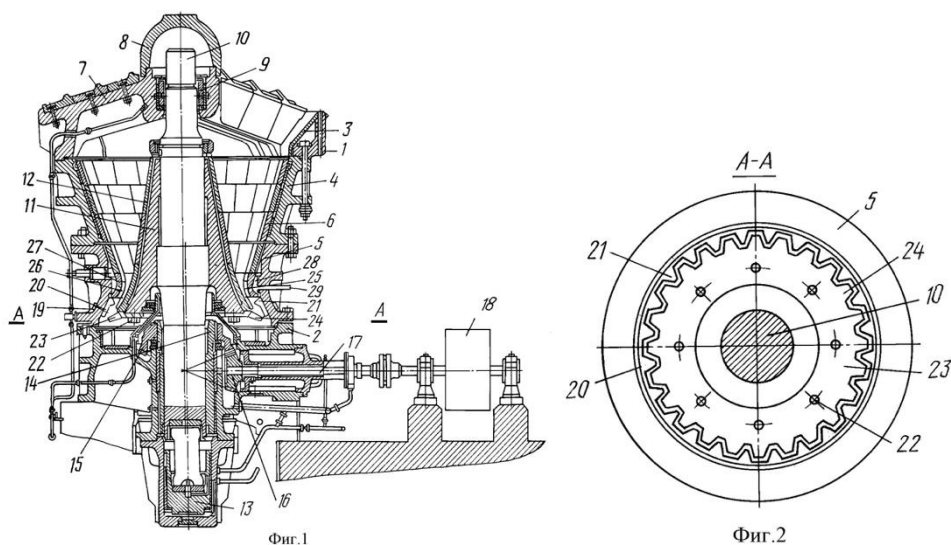


Рисунок 2.6 - Конусная дробилка

Известна конусная дробилка, включающая корпус, состоящий из нескольких соединенных со станиной и между собой конусообразных поясов с футеровками, приемную воронку, отлитую заодно с траверсой, в центральной части которой помещен колпак, прикрывающий подвесной подшипник главного вала, на который наглухо насажен дробящий конус с футеровкой, нижний конец вала вставлен в эксцентриковый стакан, к которому на шпонке прикреплен коническая шестерня, находящаяся в зацеплении с малой ше-

стерней, закрепленной на горизонтальном валу со шкивом клиноременной передачи.

Недостатком дробилки является то, что она не имеет конструктивных элементов для обеспечения высокой степени и избирательности дробления и способна разрушить минеральные зерна полезного компонента наряду со вмещающими породами, что особенно недопустимо при дроблении таких руд, как кимберлитовые руды и руды, содержащие полудрагоценные и драгоценные камни, с целью раскрытия алмазов и ценных кристаллов. К недостаткам дробилки можно также отнести сложность регулировки выходной щели дробилки.

2.1.2 № RU 2236293 B02C2/02

Авторы: Митрофанов Е.С.(RU), Зимин А.В.(RU), Шульц П.П.(RU)

«Конусная инерционная дробилка»

Изобретение предназначено для дробления различных материалов. Конусная инерционная дробилка, содержащая корпус, внутренний дробящий орган, включающий вал и конус, камеру дробления, образованную корпусом дробилки и размещенным внутри корпуса дробящим органом, сферическую опору внутреннего дробящего органа, дебаланс, смонтированный на хвостовике вала дробящего органа и привод дебаланса, при этом на валу дробящего органа выполнена сферическая поверхность, на которой с возможностью перемещения по ней смонтирован конус внутреннего дробящего органа, причем центр сферической поверхности размещен на вертикальной оси дробящего органа таким образом, что точка пересечения перпендикуляра, опущенного из центра сферической поверхности, с образующей камеры дробления корпуса дробилки находится в зоне камеры дробления. Изобретение позволяет повысить эффективность дробления. 3 ил.

Изобретение относится к устройствам для дробления различных материалов и может быть использовано в горно-металлургической, строительной и других отраслях промышленности.

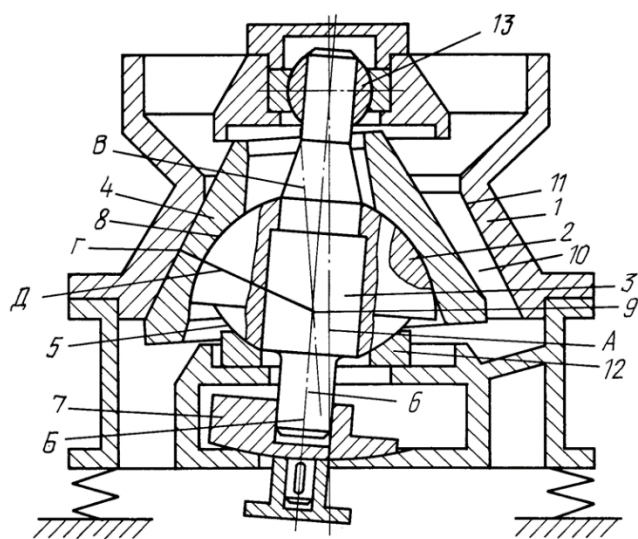
При работе устройства дробящий конус обкатывается по корпусу, причем контакт обеспечивается по всей линии образующих камеры дробления, что повышает степень сокращения материала, т.е. эффективность дробления.

Недостатком этого устройства является сложность конструкции устройства, заключающегося в наличии второго дебалансного узла и промежуточного вала, соединяющего дебалансы, а также размещение верхнего дебаланса в зоне загрузки материала, что создает неудобства в обслуживании устройства.

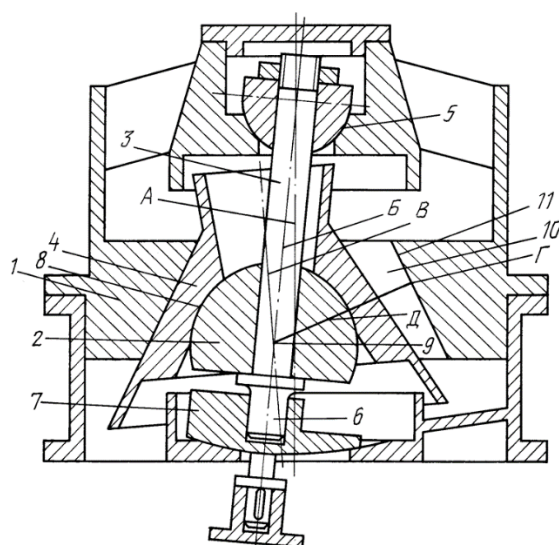
2.1.3 № RU 2419488 B02C 2/00

Авторы: Зарогатский Леонид Петрович (RU), Пирогова Ольга Александровна (RU), Сафронов Андрей Николаевич (RU)

«Вибрационная конусная дробилка»



Фиг. 2



Фиг. 3

Рисунок 2.7 - Конусная инерционная дробилка

Изобретение относится к конусным дробилкам мелкого дробления и может быть наиболее широко использовано в строительной и горнорудной промышленности.

Конусные эксцентриковые дробилки имеют степень дробления 5. За 130 лет их существования эту степень увеличить не удалось, поэтому по-прежнему 20% всей вырабатываемой электроэнергии расходуется на процессы дробления и измельчения.

Стержневые и шаровые барабанные мельницы, имеющие КПД 0,1%, поглощают 95% энергозатрат на эти процессы. Попытки интенсифицировать процессы дробления в эксцентриковых дробилках не удалось из-за кинематического характера привода дробящего конуса.

Создание конусных вибрационных дробилок, имеющих степень дробления до 20, позволило заменить стадию мелкого дробления и стадию стерж-

невых мельниц одной дробилкой.

Задачей настоящего изобретения является упрощение монтажа и демонтажа приводного дебалансного вибратора. Другой задачей является повышение надежности работы дробилки.

Формула изобретения

Вибрационная конусная дробилка, содержащая установленный на опору через упругие амортизаторы корпус с наружным дробящим конусом и сферической опорой для внутреннего дробящего конуса с валом, на котором с помощью подшипника смонтирован дебалансный вибратор, имеющий упорный подшипник, подвешенный к валу с помощью стержня, снабженного фиксатором вертикального положения, отличающаяся тем, что фиксатор стержня выполнен в виде радиально размещенных относительно стержня плунжеров с гидропластовым приводом.

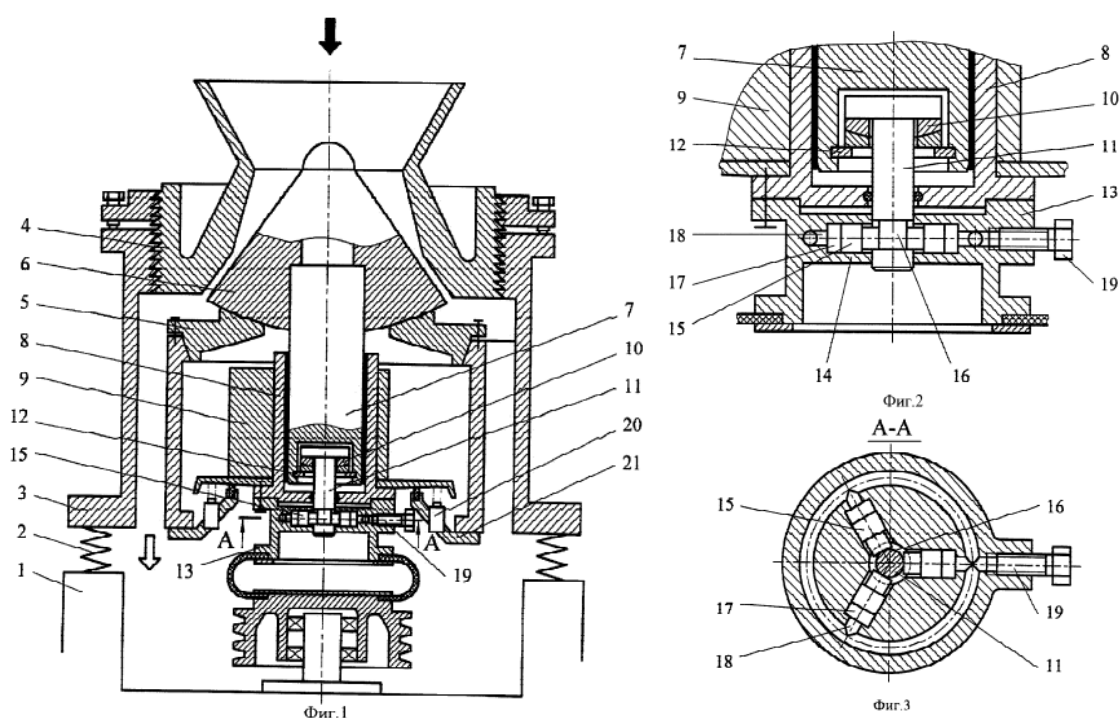


Рисунок 2.8 - Вибрационная конусная дробилка

2.1.4 RU 2451552 B02C2/00

Авторы: Аликин Александр Валерьевич (RU), Эйсмонт Дмитрий Николаевич (RU)

«Конусная инерционная дробилка»

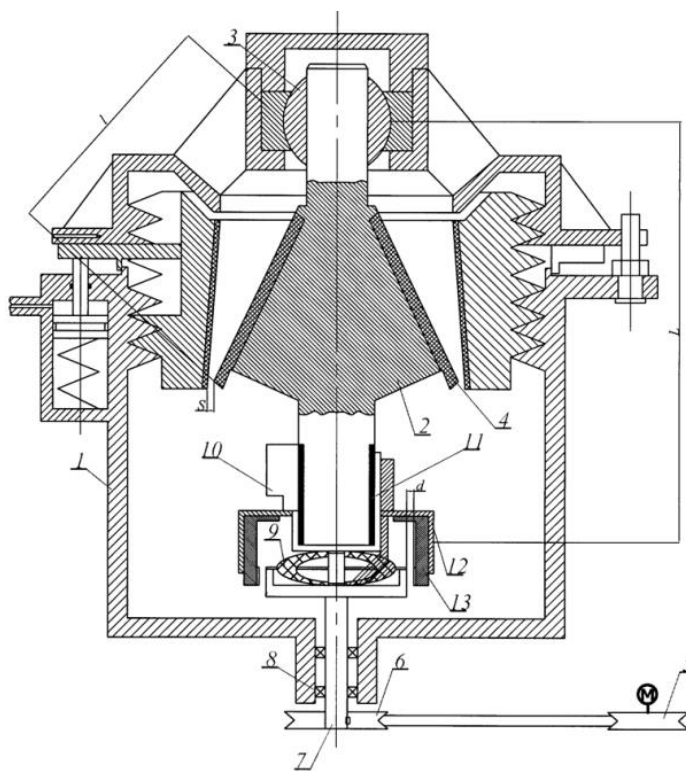
Изобретение относится к горнорудной промышленности. Конусная инерционная дробилка включает корпус с наружным конусом (1) и сферической опорой (3) для внутреннего конуса (2). Внутренний конус (2) снабжен ограничителем амплитуды (12). Дебалансный вибратор (10) размещен с помощью подшипника (11) на приводном валу (7), который соединен трансмиссией с электродвигателем (5).

Ограничитель амплитуды (12) выполнен в виде цилиндрической ступени на корпусе подшипника дебалансного вибратора (10), в которой закреплена эксцентриковая втулка (13), обрешиненная изнутри и установленная с возможностью регулирования радиального зазора d между внутренней поверхностью втулки (13) и муфтой трансмиссии (9). Изобретение обеспечивает регулируемое ограничение перемещения подвижного конуса.

Недостатком данного устройства является то, что возникают ударные нагрузки при соприкосновении втулок во время ограничения амплитуды отклонения конуса, а также во время переходных режимов (разгон, выбег), потому что вращающаяся с большой окружной скоростью конусная втулка прижимается к неподвижному в момент касания кольцу с точечным контактом, т.к. ось конуса дробящего, совершая нутацию при работе дробилки, отклоняется от ее оси.

Формула изобретения:

Конусная инерционная дробилка, включающая корпус с наружным конусом и сферической опорой для внутреннего конуса, внутренний конус, снабженный ограничителем амплитуды, дебалансный вибратор, размещенный с помощью подшипника на приводном валу, соединенным трансмиссией с электродвигателем, отличающаяся тем, что ограничитель амплитуды выполнен в виде цилиндрической ступени на корпусе подшипника дебалансного вибратора, в которой закреплена эксцентриковая втулка, обрешиненная изнутри и установленная с возможностью регулирования радиального зазора d между внутренней поверхностью втулки и муфтой трансмиссии.



Фиг.1

Рисунок 2.9 - Конусная инерционная дробилка

2.2 Выбор аналогов и выбор прототипа

Для определения новизны объекта выявляют необходимые аналоги, т.е. известные технические решения, близкие к исследуемому по назначению и достигаемому эффекту.

В качестве аналога выбираем изобретение схожего по конструкции с исследуемым техническим решением.

EP 2554269 A1 Конусная дробилка

Конусная дробилка содержит наружное дробление оболочку (22) и внутреннюю дробящую оболочку (28), образующую (30), наружную раздавливающую оболочку (22) поддерживается на верхнем каркасном элементе (14) в резьбовое соединение с нижним каркасным элементом (16), причем упомянутое резьбовое зацепление (19) обоснование вертикального положения наружной дробильной оболочки (22) относительно нижнего каркасного элемента (16), чтобы разрешить регулировку ширины дробящего зазора (30), верхний каркасный элемент (14) снабжен кольцевым зубчатым колесом (44) для поворота верхней рамы (14) в упомянутом резьбовом зацеплении (19), шестерню кольцо (44) соединено с верхним элементом рамы

(14) в вращательно закрепленном и вертикально скользящий, конусная дробилка (10), содержащая зажимную (68) для вертикального зажима шестерни (44) между верхним зажимным элементом (66) и нижним зажимной элемент (60).

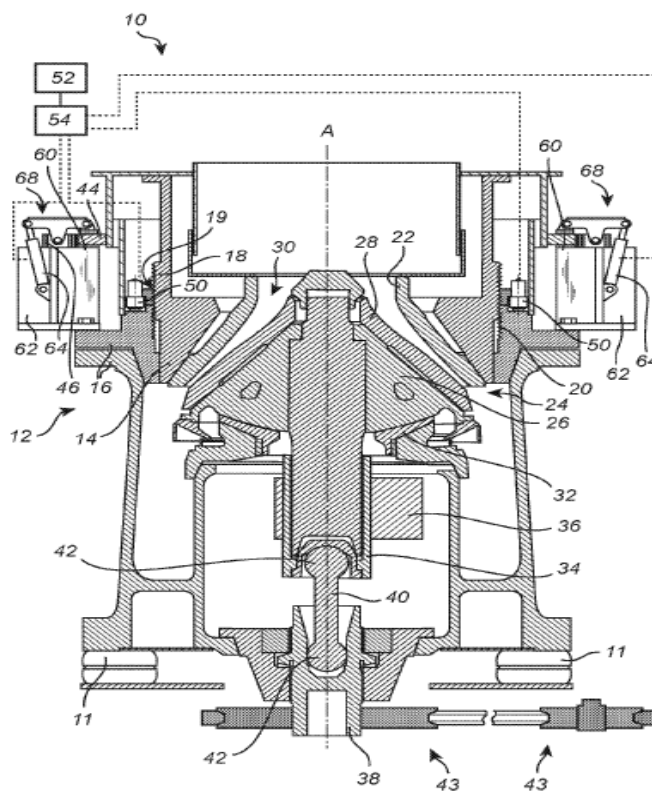


Рисунок 2.10 - Конусная дробилка

RU 2451552 C1 Конусная инерционная дробилка

Изобретение относится к горнорудной промышленности. Конусная инерционная дробилка включает корпус с наружным конусом (1) и сферической опорой (3) для внутреннего конуса (2). Внутренний конус (2) снабжен ограничителем амплитуды (12). Дебалансный вибратор (10) размещен с помощью подшипника (11) на приводном валу (7), который соединен трансмиссией с электродвигателем (5). Ограничитель амплитуды (12) выполнен в виде цилиндрической ступени на корпусе подшипника дебалансного вибратора (10), в которой закреплена эксцентриковая втулка (13), обрешиненная изнутри и установленная с возможностью регулирования радиального зазора d между внутренней поверхностью втулки (13) и муфтой трансмиссии (9). Изобретение обеспечивает регулируемое ограничение перемещения подвижного конуса. 1 ил. (Рисунок 2.10)

Формула изобретения:

Конусная инерционная дробилка, включающая корпус с наружным конусом и сферической опорой для внутреннего конуса, внутренний конус, снабженный ограничителем амплитуды, дебалансный вибратор, размещенный с помощью подшипника на приводном валу, соединенным трансмиссией с электродвигателем, отличающаяся тем, что ограничитель амплитуды выполнен в виде цилиндрической ступени на корпусе подшипника дебалансного вибратора, в которой закреплена эксцентриковая втулка, обрешиненная изнутри и установленная с возможностью регулирования радиального зазора d между внутренней поверхностью втулки и муфтой трансмиссии.

Дробилка содержит корпус с наружным конусом и сферической опорой для внутреннего конуса с валом, размещенным в подшипнике дебалансного вибратора. В корпусе размещен посредством подшипников ограничитель амплитуды внутреннего конуса, выполненный в виде кольца, охватывающего вал, на его резьбовой части с возможностью перемещения и фиксации контргайкой смонтирована втулка. Втулка через окно в корпусе может быть установлена в требуемом положении.

Недостатком данного устройства является то, что возникают ударные нагрузки при соприкосновении втулок во время ограничения амплитуды отклонения конуса, а также во время переходных режимов (разгон, выбег), потому что вращающаяся с большой окружной скоростью конусная втулка прижимается к неподвижному в момент касания кольцу с точечным контактом, т.к. ось конуса дробящего, совершая нутацию при работе дробилки, отклоняется от ее оси.

РФ 2058818 конусная инерционная дробилка

Изобретение относится к дробильному и измельчительному оборудованию, в частности к конусным инерционным дробилкам, и может быть использовано для технологических процессов, где требуется высокая степень дробления.

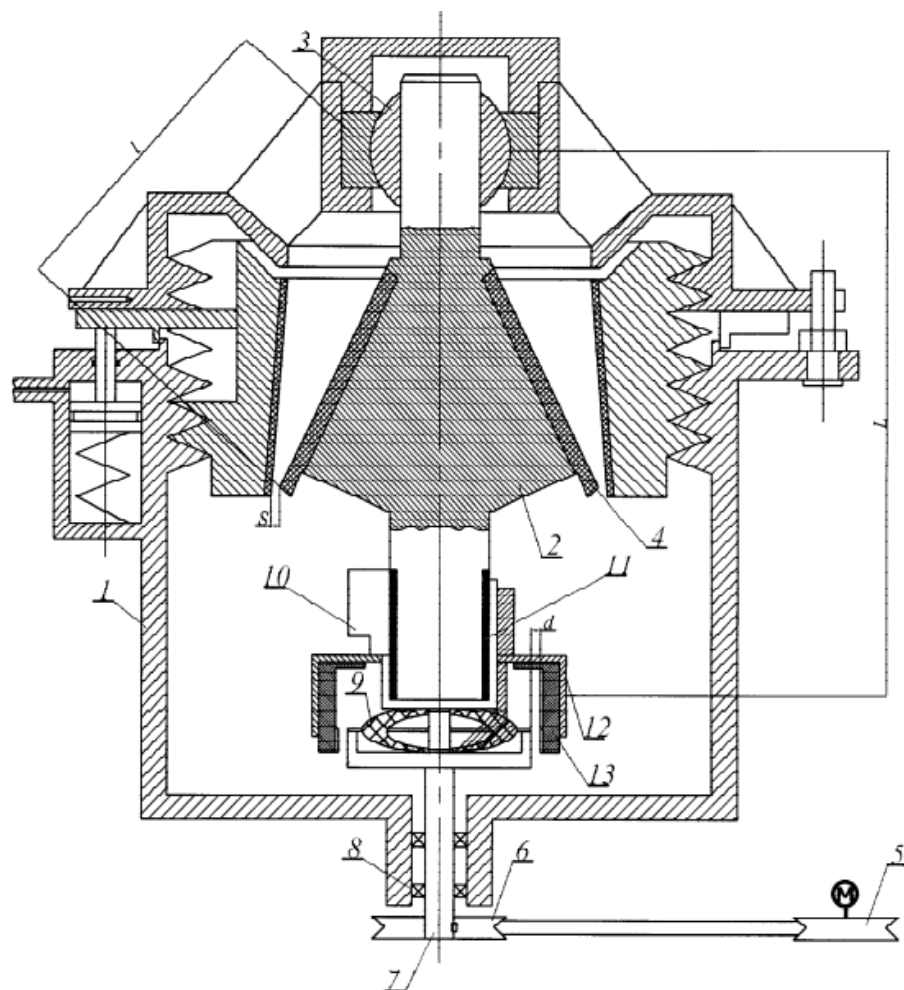


Рисунок 2.11 - Конусная инерционная дробилка

Сущность изобретения: дробилка содержит корпус 2 с наружным конусом 3 и сферической опорой 4 для внутреннего конуса 5 с дебалансом 6, находящимся в зацеплении с противодебалансом 7, на котором при помощи шпонок зафиксировано ограничительное кольцо 9, часть которого между шпонками выполнено с конусообразным зазором, в котором установлен фиксирующий элемент. На валу 12 противодебаланса 7 закреплен шкив 13, соединенный клиновым ремнем 14 с электродвигателем 15. Наличие конусообразного фиксирующего элемента позволяет фиксировать ограничитель 9 в любом месте по высоте противодебаланса 7 и тем самым обеспечивает возможность установки радиального зазора любой величины, т. е. плавную регулировку амплитуды качания дробящего конуса.

Для определения прототипа заявленного объекта изобретения мы проводим анализ отобранных при поиске аналогов и выявляем признаки каждого из них, сходные с признаками заявляемого объекта изобретения.

№ RU 2283697 B02C2/04

Автор: Белоцерковский Константин Евсеевич (RU)

«Способ дробления в конусной эксцентриковой дробилке»

Изобретение предназначено для среднего и мелкого дробления. Способ дробления в конусной эксцентриковой дробилке включает установку размера разгрузочной щели между дробящими конусами, пуск дробилки, загрузку дробящей камеры исходным материалом, его дробление, определение крупности продукта дробления и корректировку размера разгрузочной щели до получения требуемой крупности продукта, при этом сначала размер разгрузочной щели устанавливают равным нулю, затем загружают дробящую камеру исходным материалом и осуществляют пуск дробилки, после чего увеличивают размер разгрузочной щели до достижения требуемой производительности дробилки, а требуемую крупность продукта дробления получают путем регулировки частоты вращения приводного эксцентрика. Изобретение позволяет повысить степень дробления при повышенной производительности и пониженных удельных энергозатратах.

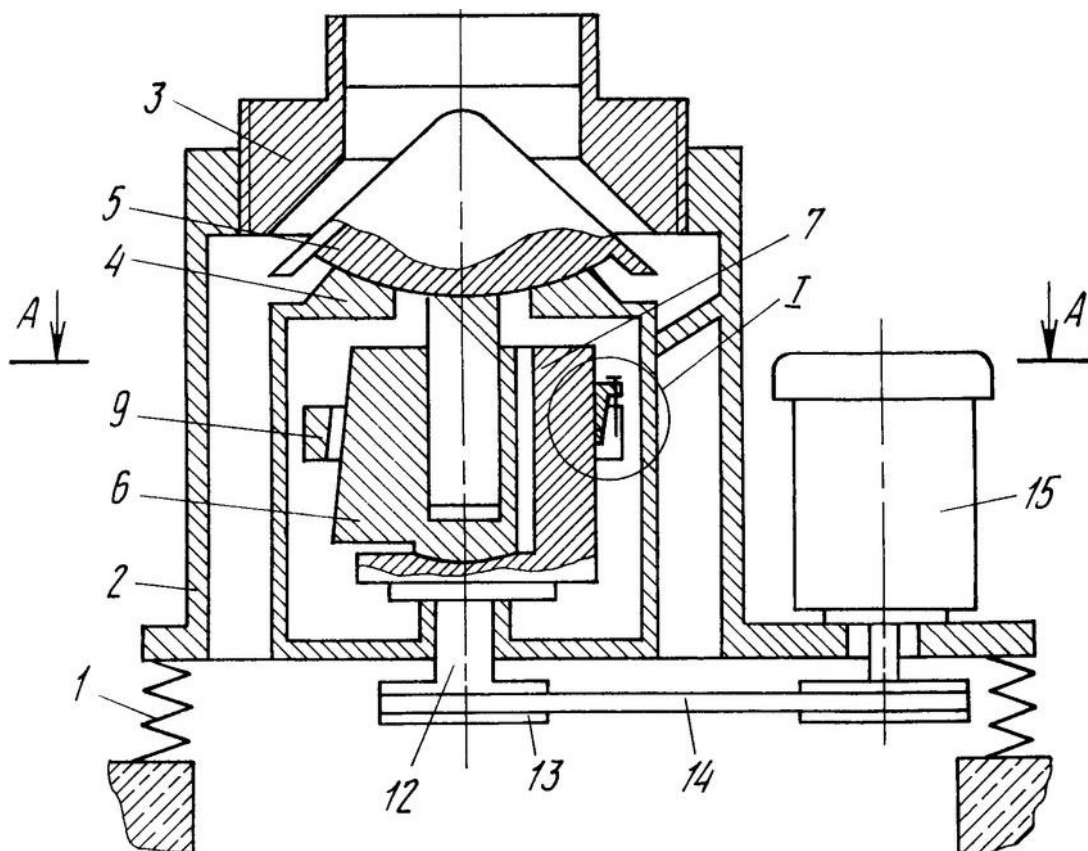


Рисунок 2.12 - Конусная инерционная дробилка

Изобретение относится к строительной и горной технике, а именно к средствам для дробления полезных ископаемых.

Целью предлагаемого способа является сокращение стадий дробления и измельчения путем объединения, по крайней мере, двух из них в одном агрегате за счет повышения степени дробления.

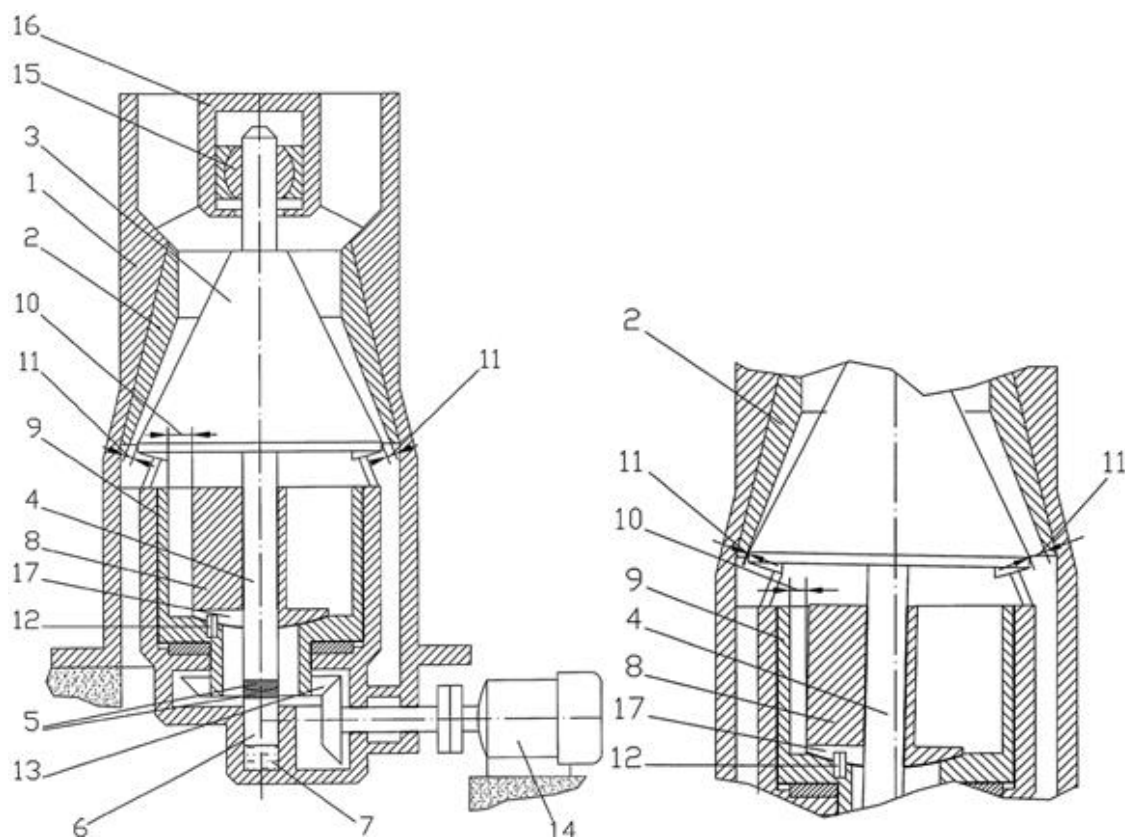


Рисунок 2.13 - Конусная эксцентриковая дробилка

Задачей способа является организация такой последовательности операций и введение новых операций, которые обеспечивают высокую степень дробления при повышенной производительности и пониженных удельных энергозатратах.

Формула изобретения:

Способ дробления в конусной эксцентриковой дробилке, включающий установку размера разгрузочной щели между дробящими конусами, пуск дробилки, загрузку дробящей камеры исходным материалом, его дробление, определение крупности продукта дробления и корректировку размера разгрузочной щели до получения требуемой крупности продукта, отличающийся тем, что сначала размер разгрузочной щели устанавливают равным нулю, затем загружают дробящую камеру исходным материалом и осуществляют пуск дробилки, после чего увеличивают размер разгрузочной щели до достижения требуемой производительности дробилки, а требуемую крупность продукта дробления получают путем регулировки частоты вращения приводного эксцентрика.

2.3 Новое техническое решение

Целью предлагаемого способа является повышение надежности узлов и агрегатов дробилки путем установлении шарнира с равными угловыми

скоростями в уже существующий аналог конусной инерционной дробилки.

Задачей способа является организация такой последовательности операций и введение новых операций, которые обеспечивают высокую степень дробления при повышенной производительности и пониженных удельных энергозатратах.

Поставленная задача решается тем, что в предлагаемом способе, включающем установку шарнира с равными угловыми скоростями между дробящими конусом и силовым агрегатом, пуск дробилки, загрузку дробящей камеры исходным материалом, его дробление, определение крупности продукта дробления и корректировку размера разгрузочной щели до получения требуемой крупности готового продукта, в соответствии с настоящим изобретением сначала размер разгрузочной щели устанавливается равной нулю, затем загружают дробящую камеру исходным материалом, затем осуществляют пуск дробилки, после чего увеличивают размер разгрузочной щели до достижения требуемой производительности, а требуемую крупность готового продукта получают путем регулировки частоты вращения приводного эксцентрика.

Машина для дробления твёрдых материалов посредством раздавливания кусков внутри неподвижной конусообразной чаши конусом, совершающим круговое качение (гирационное движение).

Способ может быть реализован в конусной эксцентриковой дробилке.

Как передать крутящий момент без потерь?

У дробилок с приводом с верхней части конструкции есть масса достоинств, однако такие решения ставят перед конструкторами сложную задачу: как передать крутящий момент на рабочий орган, которые одновременно служат для кручения и качения? Действительно, внутренний конус отклоняется от продольной оси на угол до 20-25°, и обычные способы передачи крутящего момента здесь просто неприемлемы. И даже если приемлемы, то с большими потерями мощности и увеличением энергозатрат.

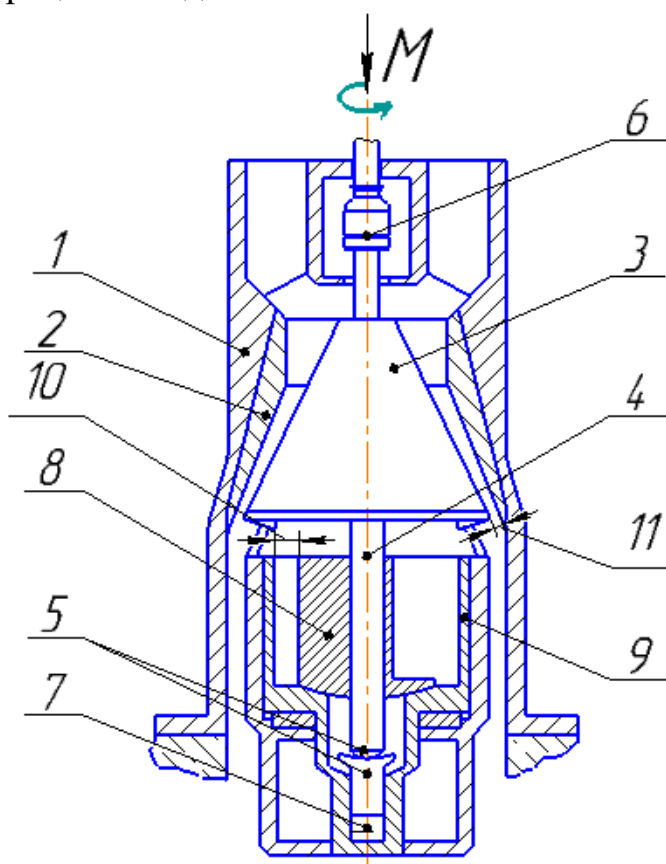
Первое решение, которое пришло мне в голову - обычный карданный шарнир. Однако он, как выяснилось, может нормально работать при углах отклонения не более 12°, при больших углах в карданной передаче теряется мощность, вращение становится неравномерным, появляется вибрация и прочие неприятности.

Поэтому пришлось использовать специальное устройство, которое лишено недостатков кардана, и в 20-х годах прошлого века появился ШРУС - шарнир равных угловых скоростей.

Именно ШРУС стал использоваться для передачи крутящего момента на управляемые колеса в переднеприводных автомобилях. Также ШРУСы находят применение и в заднеприводных машинах, в которых мост жестко закреплен, но подвеска колес независимая.

Используя эти достоинства ШРУСа, мы получаем равномерное вращение с наименьшими потерями мощности. И плюс к этому такая конструкция позволяет качению помимо вращению. Это происходит за счет

эксцентрика установленного на вал. При вращении инерция эксцентрика приводит конус в гирационное движение.



1 - корпус дробилки, 2 - наружный дробящий конус, 3 - внутренний дробящий конус, 4 - вал, 5- сферическая опора (состоящую из пяты и подпятника), 6 - ШРУС, 7 - гидроцилиндр, 8 - эксцентрик, 9 - подшипниковая цилиндрическая втулка, 10 - радиальный зазор, 11 - разгрузочная щель

Рисунок 2.14 - Схематичная конструкция предложенного решения

3 Расчеты и результаты исследования

3.1. Расчет нагрузок, действующих на элементы дробилок

Нагрузки, действующие на элементы конусных дробилок для крупного дробления, рекомендуется определять по мощности электродвигателя.

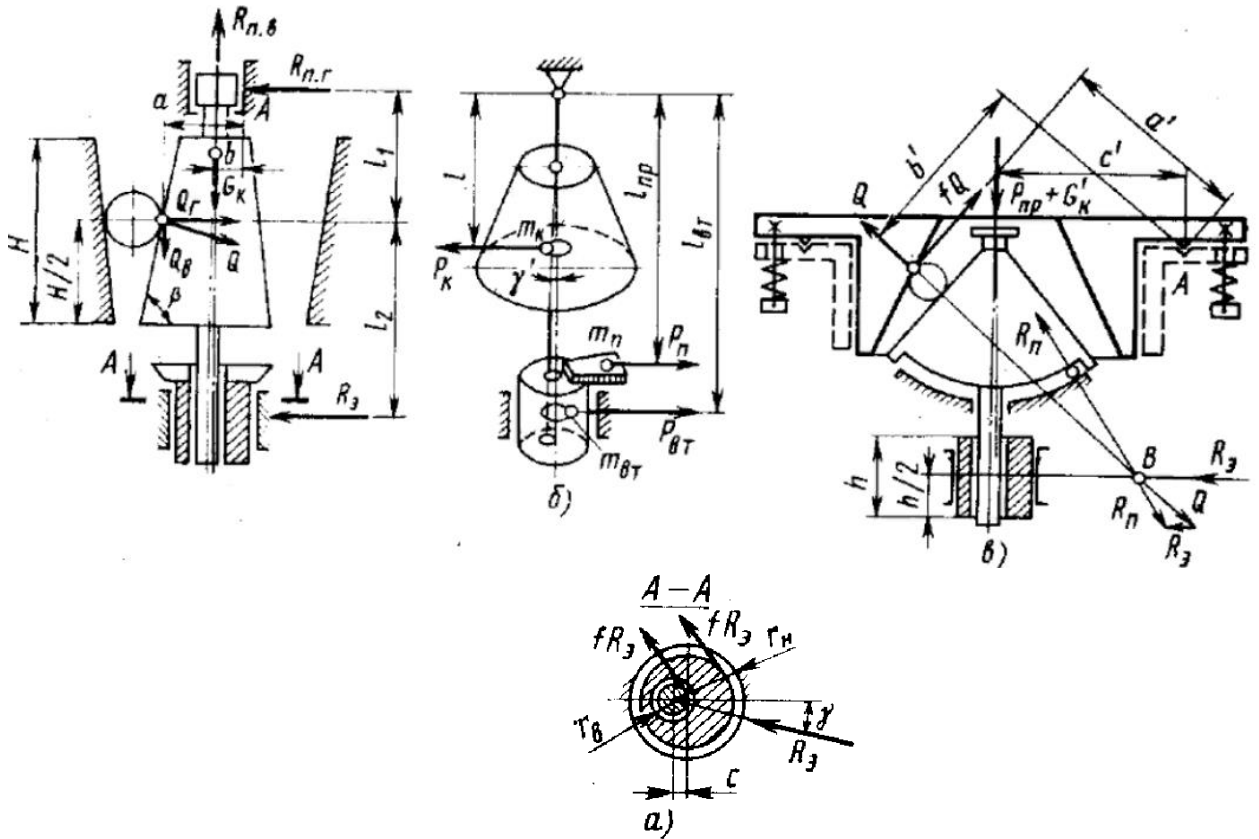


Рисунок 3.1 - Схемы для расчета нагрузок, действующих в конусных дробилках

Пренебрегая потерями на трение в подвеске подвижного конуса, принимаем, что вращающий момент M_b , подводимый к эксцентриковой втулке, уравновешивается моментом M_3 от реакции R_3 и моментом $M_{тр}$ сил трения в подшипниках втулки (Рисунок 3.1, а)

$$M_b = M_3 + M_{тр}. \quad (3.1)$$

Момент, создаваемый силой R_3 ,

$$M_3 = R_3 c \sin \gamma, \quad (3.2)$$

где c - эксцентриситет втулки, м;

γ - угол между линией действия реакции R_3 и следом плоскости

наибольшего эксцентриситета втулки ($\gamma = 25 \dots 30^\circ$).

Момент сил трения на внешней и внутренней поверхности эксцентриковой втулки $M_{тр} = f R_3(r_n + r_b)$, где f - коэффициент трения в подшипниках; r_n и r_b - радиусы наружной поверхности втулки и внутреннего отверстия, м.

Вращающий момент, передаваемый от двигателя на эксцентриковую втулку,

$$M_B = \frac{N\eta}{\omega_B}, \text{ Н}\cdot\text{м}, \quad (3.3)$$

где N - мощность двигателя, Вт;

η - КПД передачи;

ω_B - угловая скорость втулки, рад/с.

Уравнение моментов записывается в виде

$$\frac{N\eta}{\omega_B} = R_3 c \sin\gamma + f R_3(r_n - r_b), \quad (3.4)$$

откуда получают реакцию в эксцентриковом узле

$$R_3 = \frac{\frac{N\eta}{\omega_B}}{[c \sin\gamma + f R_3(r_n - r_b)]}, \text{ Н}. \quad (3.5)$$

Сила дробления Q приложена посередине высоты камеры дробления. Ее вертикальная составляющая

$$Q_v = Q \operatorname{ctg} \beta,$$

где Q_h - горизонтальная составляющая силы Q ;

β - угол наклона образующей конуса к его основанию.

Горизонтальная составляющая силы дробления, вызывающая изгиб вала, определяется из уравнения моментов сил относительно точки А:

$$Q_h = \frac{R_3(I_1 - I_2) - G_k b}{I_2 + a \operatorname{ctg} \beta}, \quad (3.6)$$

где G_k - сила тяжести подвижного конуса, Н.

Боковая реакция в верхней опоре подвижного конуса

$$R_{пг} = R_3 - Q_h, \quad (3.7)$$

Вертикальная нагрузка, которая воспринимается подпятником подвески и создает растягивающие напряжения вала конуса, равна

$$R_{пв} = Q_{в} + G_{к}, \quad (3.8)$$

Нагрузки, действующие на элементы конусных дробилок для среднего и мелкого дробления, определяют следующим образом. Силу дробления Q (Рисунок 3.5, в) можно рассчитать по формуле, предложенной В.А. Олевским

$$Q = 46 \cdot 10^4 F_{\phi} \approx 56 \cdot 10^4 D_{н}^2, \quad (3.9)$$

где F_{ϕ} - площадь боковой поверхности подвижного конуса, m^2 ;

$D_{н}$ - диаметр основания конуса, м.

Сила дробления действует в плоскости, проходящей через ось подвижного конуса и составляющей с плоскостью наибольшего эксцентриситета втулки угол опережения γ . Она вызывает реакции $R_{п}$ сферического подпятника и $R_{э}$ эксцентриковой втулки. При равновесии подвижного конуса линии действия этих сил должны пересекаться в точке В. По значению, направлению действия и точке приложения реакции $R_{э}$ (в середине высоты втулки) графически определяют реакции $R_{э}$ и $R_{п}$.

Согласно методике Уралмашзавода силу дробления рассчитывают, исходя из нормируемой суммарной силы затяжки $R_{пр}$ предохранительных пружин, прижимающих кольцо наружного конуса к станине. Из уравнения моментов относительно точки поворота А кольца получают максимальную силу дробления (при попадании в камеру недробимых предметов):

$$Q = \frac{(P_{пр} + G_{к})c'}{(b' + f a')}, \quad (3.10)$$

где $G_{к}$ - сила тяжести кольца наружного конуса, Н.

При работе конусных дробилок от действия неуравновешенных масс подвижного конуса $m_{к}$ и эксцентриковой втулки $m_{вт}$ (Рисунок 3.1, б) создаются значительные инерционные силы.

Для уравновешивания этих сил с целью снижения нагрузок на детали машин и фундамент на верхнем торце эксцентриковой втулки устанавливают противовес. При вращении подвижного конуса возникает центробежная сила инерции

$$P_{к} = m_{к} \omega_{в}^2 l \gamma', \text{ Н}, \quad (3.11)$$

где $\omega_{в}$ - угловая скорость эксцентриковой втулки, рад/с;

l - расстояние от центра масс до центра качания конуса, м;

γ' - угол отклонения оси конуса, рад.

Сила инерции, возникающая при вращении эксцентриковой втулки,

$$P_{вт} = m_{вт} \omega_{в}^2 r_{э}, \text{ Н}, \quad (3.12)$$

где r_3 - эксцентриситет оси внутренней расточки втулки в середине ее высоты, м.

Условие уравнивания дробилки определяется системой уравнений:

$$\begin{cases} P_K l - P_{BT} l_{BT} - P_{II} l_{II} = 0; \\ P_K - P_{BT} - P_{II} = 0. \end{cases} \quad (3.13)$$

Сила инерции от вращающегося противовеса

$$P_{II} = m_{II} \omega_B^2 r_{II}, \text{ Н}, \quad (3.14)$$

где m_{II} - масса противовеса, кг;

r_{II} - расстояние от оси вращения эксцентриковой втулки до центра масс противовеса, м.

Масса противовеса равна

$$m_{II} = \frac{(m_K l^2 \gamma' - m_{BT} r_3 l_{BT})}{r_{II} - l_{II}}, \quad (3.15)$$

где l_{II} - плечо действия силы инерции (принимают из конструктивных соображений), м [2].

3.2 Расчет силовых воздействии в рабочих поверхностях ШРУС

В конусных дробилках разрушение материала происходит раздавливанием, изломом и истиранием при обкатывании подвижного конуса внутри неподвижного. При этом происходит периодическое сближение и отход от рабочих поверхностей конусов.

В технической литературе представлены различные конструкции шарниров равных угловых скоростей (ШРУС). Расчёт этих узлов на прочность производится разработчиками по существующим традиционным методикам, которые основаны на детерминированном подходе, использующем эмпирические или полуэмпирические зависимости. Возникающие несоответствия между результатами проектных расчётов и эксплуатационными свойствами объектов расчётов устраняются путём введения в расчётные формулы большого числа эмпирических коэффициентов, среди которых превалирует по величине коэффициент запаса прочности.

Этот общий недостаток существующих методик расчётов является следствием слабого учёта реальных условий взаимодействия рабочих элементов и, в частности, случайного характера процессов этих взаимодействий. Отсутствие методики расчёта, адекватно учитывающей

случайный характер процессов, происходящих в проектируемых объектах, особенно в зоне контакта поверхностей их рабочих элементов, приводит к необходимости проведения большого числа дорогостоящих и зачастую бесплодных экспериментов. При разрушении таких механизмов в процессе их эксплуатации причины видят, прежде всего, в неправильной эксплуатации и т.д., а ошибки проектирования не могут быть обнаружены или признаны таковыми, поскольку результаты расчётов полностью соответствуют общепризнанным методикам. Это положение не может удовлетворить требования к современной технике, особенно используемой в потенциально опасных объектах; в механизмах, определяющих безопасность людей; дорогостоящих изделиях.

Один из возможных путей наиболее общего анализа контактных взаимодействий в этих механизмах заключается в следующем.

Пусть имеется механизм, включающий K пар элементов, предназначенных для передачи рабочих сил и моментов. Допустим, что профили рабочих поверхностей этих элементов в некоторой произвольной декартовой системе координат описываются уравнениями:

$$\phi_1(x_1, y_1, z_1) = 0; \quad (3.16)$$

$$\phi_2(x_2, y_2, z_2) = 0. \quad (3.17)$$

Элементы, передающие силовые воздействия, расположены с некоторым шагом, номинальное значение которого равно S . Шаг S имеет погрешности систематического и случайного характера, укладываемые в некоторую величину допуска. Если элементы механизма собраны без предварительного натяга, между их рабочими поверхностями образуются зазоры, имеющие вследствие погрешности шага различную величину в различных парах. Если к рабочему органу этого механизма приложить элементарную внешнюю силу, в одной из пар рабочих элементов возникает в общем случае точечный контакт.

С точки зрения рассмотрения закономерностей передачи силовых воздействий удобно ввести новую систему координат XYZ с центром O в точке первоначального контакта и одну из координатных осей совместить с направлением шага силовых элементов механизма (или с каким-либо другим характерным направлением, например приложения силы и т.п.). Эта ось в зависимости от конструкции механизма может быть прямолинейной, круговой, винтовой и др. Допустим, это будет ось OZ .

Тогда уравнения можно переписать относительно этой координаты в новой системе:

$$z_1 = f_1(x, y); \quad (3.18)$$

$$z_2 = f_2(x, y). \quad (3.19)$$

Имея указанные уравнения, можно найти величины зазоров или натягов между соответствующими точками рабочих поверхностей:

$$h = z_1 - z_2 ; \quad (3.20)$$

$$h = f_1(x, y) - f_2(x, y) = f(x, y) . \quad (3.21)$$

Известно, что величина контактных деформаций зависит от величины действующих на область контакта сил:

$$\alpha_i = \alpha(Q_i), \quad (3.22)$$

где α_i - упругая контактная деформация рабочих поверхностей i -й пары рабочих элементов;

Q_i - часть внешней силы, приходящаяся на i -ю пару.

Очевидно также, что ,

$$Q = \sum_{i=1}^m Q_i, \quad (3.23)$$

где Q - полная величина внешней силы, действующей на все контактирующие пары рабочих элементов;

m - количество пар рабочих элементов, находящихся в контакте в данный момент.

Упругая деформация тел под действием силы Q_i определяется выражением

$$\alpha := C \times Q^{\frac{n}{n+1}} ; \quad (3.24)$$

$$C = \frac{n+1}{n-\lambda} \cdot k(l) \cdot (V_1 - V_2)^{\frac{n}{n+1}} \cdot B^{\frac{n}{n+1}}, \quad (3.25)$$

где α_i - суммарная деформация поверхностей i -й контактной группы под действием приходящейся на неё составляющей Q_i внешней силы Q ;

λ - коэффициент, определяемый из графиков ;

V_1, V_2 - упругие постоянные материалов контактирующих тел.

$$V := \frac{1+\mu^2}{E}, \quad (3.26)$$

где μ – коэффициент Пуассона;

E – модуль упругости;

$k(l)$ - полный эллиптический интеграл 2-го рода.

Согласно (3.23) можем записать:

$$Q = Q_1 \sum_{i=1}^m \left(1 - \frac{h_i}{\alpha_i}\right)^{\frac{n+1}{n}}, \quad (3.27)$$

Из выражения (3.27)

$$Q_1 = \frac{Q}{\sum_{i=1}^m \left(1 - \frac{h_i}{\alpha_i}\right)^{\frac{n+1}{n}}}, \quad (3.28)$$

Математическое ожидание величины h_m :

$$h_m = \sqrt{\frac{\pi}{2}} \sigma; \quad (3.29)$$

$$Mh(\phi) = \frac{k}{\sigma^2} C_{k-1}^{i-1} \int_0^\infty h_m^2 e^{-\frac{h_m^2}{2\sigma^2}(k-i+1)} \cdot (1 - e^{-\frac{h_m^2}{2\sigma^2}})^{i-1} dh_m \quad (3.30)$$

Максимальное контактное напряжение на площадке контакта в i -й группе:

$$\sigma_{k_{max}} = \frac{Q_i \cdot k_n}{\pi \cdot a_i \cdot b_i}, \quad (3.31)$$

$$b_i = \lambda \left(\frac{Q_i (V_1 + V_2)}{B} \right)^{\frac{1}{n+1}}; \quad (3.32)$$

$$a_i = b_i \sqrt{1 - e^2}, \quad (3.33)$$

где e - эксцентриситет площадки контакта;

b_i - большая полуось площадки контакта;

a_i - малая полуось площадки контакта.

С использованием (3.28)-(3.31) выполним расчеты и построим соответствующие им графики для механизма ШРУС.

Математическое ожидание величины зазора в звеньях в зависимости от σ и i (3.28), которые представлены в таблице 3.1:

Таблица 3.1 - Величины зазора в звеньях в зависимости от σ и i

i	$M(h)$		
	$\sigma=0.1$	$\sigma=0.363$	$\sigma=0.5$
1	0.256	0.929	1.279
2	0.08	0.292	0.402
3	0.053	0.193	0.266
4	0.067	0.242	0.333
5	0.166	0.601	0.828
6	1.075	3.902	5.375

Построим график зависимости $Mh(\varphi)$ от i .

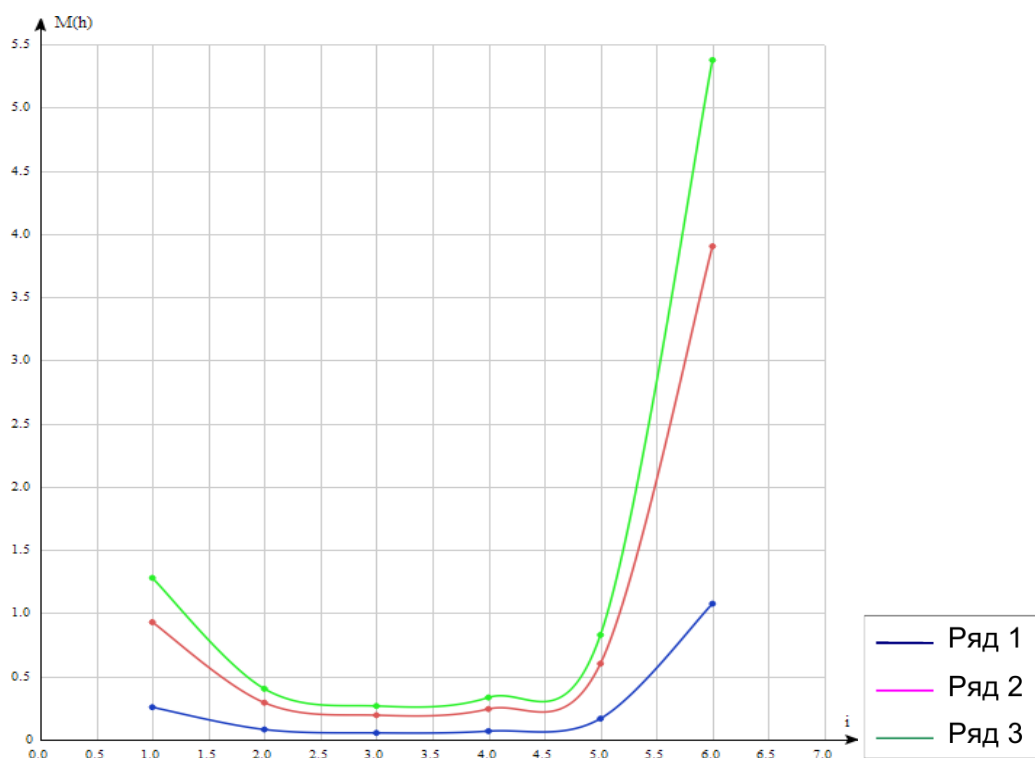


Рисунок 3.2 - График зависимости математического ожидания случайной величины зазора $Mh(\phi)$ от номера контактной пары i

Определим величину Q в зависимости от величины зазора h и от общего числа контактных групп m с использованием (3.28) (Рисунок 3.3):

Таблица 3.2 - Величины зазора в звеньях в зависимости от m и Q

m	Q		
	$h = 0,0256$	$h = 0,0331$	$h = 0,0406$
1	$3,032 \cdot 10^3$	$3,379 \cdot 10^3$	$3,799 \cdot 10^3$
2	$1,516 \cdot 10^3$	$1,69 \cdot 10^3$	$1,9 \cdot 10^3$
3	$1,011 \cdot 10^3$	$1,126 \cdot 10^3$	$1,266 \cdot 10^3$
4	757,938	844,874	949,8
5	606,35	675,899	759,84
6	505,292	563,249	633,2

Из рисунка 3.2 видно, что с увеличением числа контактных групп и уменьшением величины зазора уменьшается величина силы, действующей на первую контактную группу.

Определим максимальное контактное напряжение на площадке контакта в i -й группе (3.31) и построим график зависимости максимального контактного напряжения на площадке контакта в наиболее нагруженной паре σ_{max} , от общего числа силовых групп m и величины зазора h (Рисунок 3.4):

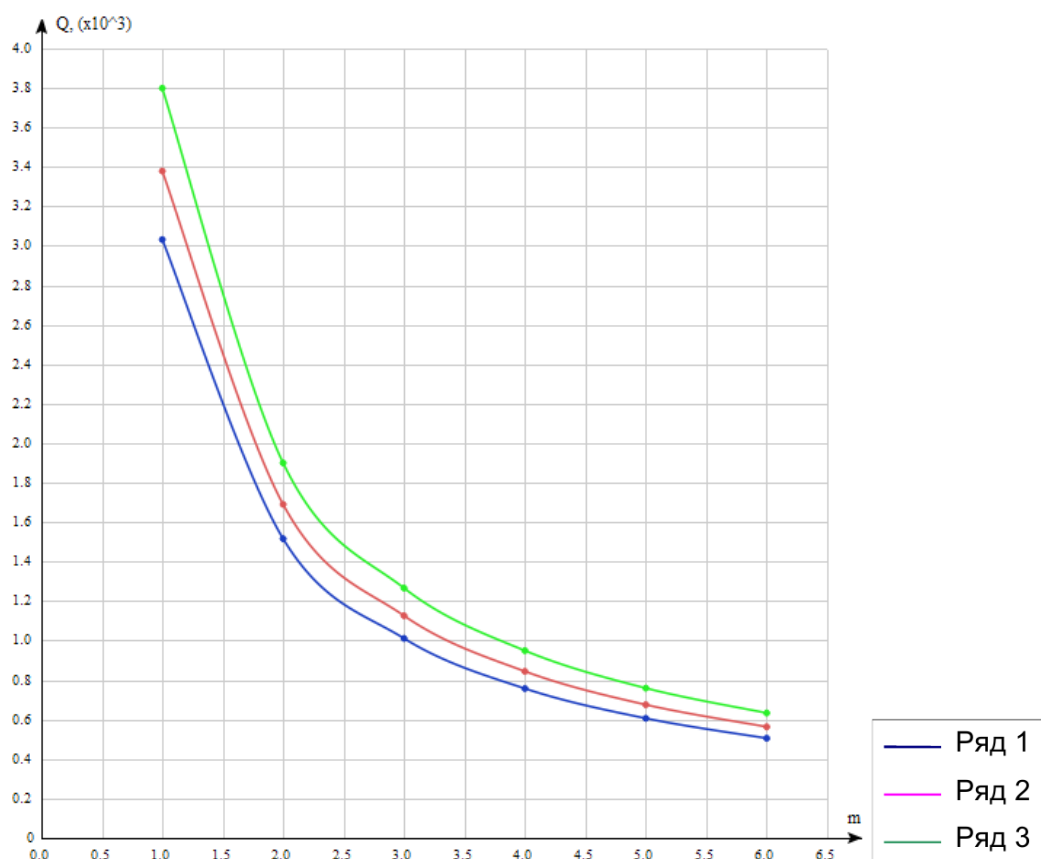


Рисунок 3.3 - График зависимости силы, действующей на первую контактную группу, от общего числа контактных групп и величины зазора

Таблица 3.3 - Величины зазора в звеньях в зависимости от m и σ_{max}

m	σ_{max}		
	$h = 0,0256$	$h = 0,0331$	$h = 0,0406$
1	$9,375 \cdot 10^3$	$8,722 \cdot 10^3$	$8,067 \cdot 10^3$
2	$1,488 \cdot 10^4$	$1,384 \cdot 10^4$	$1,28 \cdot 10^4$
3	$1,95 \cdot 10^4$	$1,815 \cdot 10^4$	$1,678 \cdot 10^4$
4	$2,363 \cdot 10^4$	$2,198 \cdot 10^4$	$2,033 \cdot 10^4$
5	$2,741 \cdot 10^4$	$2,55 \cdot 10^4$	$2,359 \cdot 10^4$
6	$3,096 \cdot 10^4$	$2,88 \cdot 10^4$	$2,663 \cdot 10^4$

Из рисунка 3.3 видно, что с увеличением числа контактных групп и уменьшением величины зазора увеличивается максимальное контактное напряжение в наиболее нагруженной паре.

Из приведенных графиков видно, что с точки зрения обеспечения прочности узла ШРУС и его работоспособности нет необходимости применять более пяти контактных групп, т.е. вводить в конструкцию более пяти шаров и пяти пар силовых элементов.

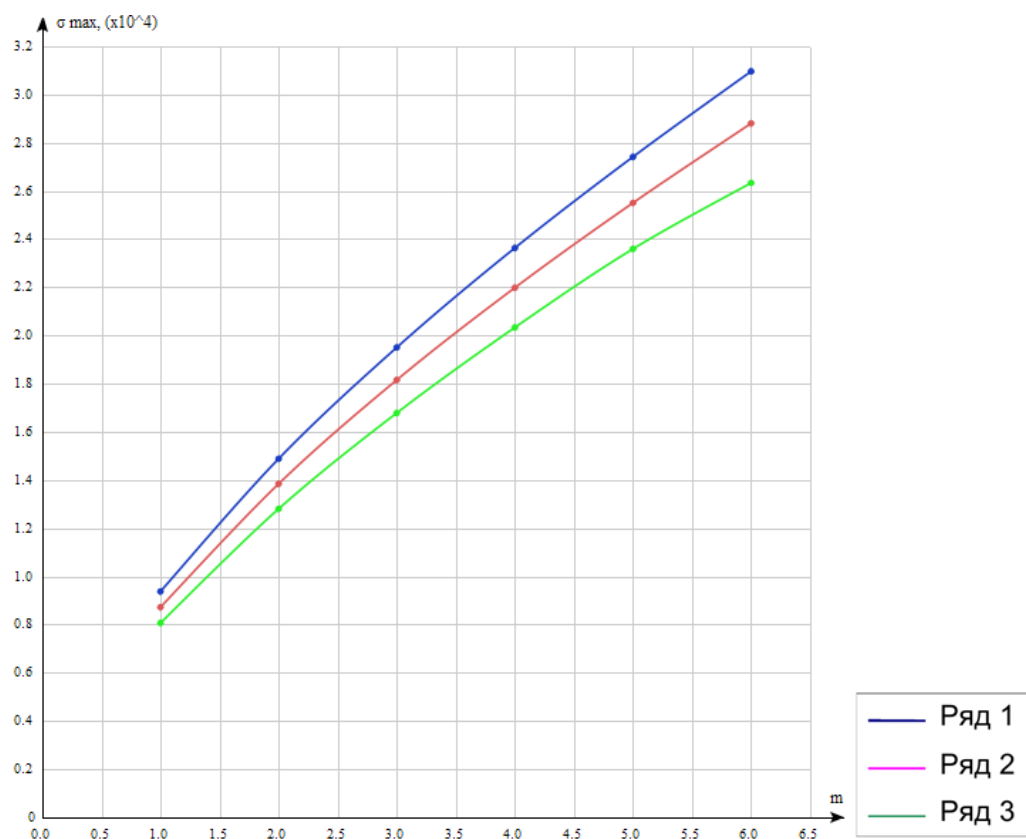


Рисунок 3.4 - График зависимости максимального контактного напряжения на площадке контакта в наиболее нагруженной паре σ от общего числа силовых групп m и величины зазора h

3.3 Математическое моделирование процесса дробления конусной инерционной дробилки

При проектировании конусных эксцентриковых дробилок крупного, редуционного, среднего и мелкого дробления в широко применяются математические модели процесса дробления горных пород для определения силовых, энергетических и технологических характеристик камер дробления с целью оптимизации их геометрических и кинематических параметров.

Так в течение последних лет были успешно решены задачи по сверхтонкому дроблению в открытых и замкнутых циклах, дроблению особо прочных материалов и материалов с низким коэффициентом поверхностного трения; проводились исследования, связанные с получением щебня кубовидной формы. Параллельно с технологическими решались задачи по оптимизации ресурса работы наиболее ответственных узлов и деталей дробилок.

При выборе направления исследования было отдано предпочтение именно математическому моделированию, а не изучению процесса дробления горных пород на физической модели конусной дробилки. Это объясняется тем, что физические модели самой дробилки, выполненные масштабированием реальной конусной дробилки трудоемки по изготовлению, сложны

по организации и по проведению экспериментов, ограничены по возможностям, т.к. не позволяют варьировать исследуемыми параметрами в широком диапазоне.

Однако математическому моделированию предшествовало изучение процесса дробления на физических моделях, характеризующих поведение системы на разных этапах взаимодействия горной породы с рабочим органом (имеются в виду составляющие процесса дробления).

В физике горных пород обычно различают физические и технологические свойства. Общепринятые показатели физических свойств горных пород - кубиковая прочность и дробимость как мера энергоёмкости - не позволяют решать поставленные задачи. Необходима совокупность свойств, характеризующих специфическое поведение горных пород при внешних воздействиях, присущих данному технологическому агрегату, которые относятся к физико-техническим свойствам.

Функции, определяющие эти свойства, мы называем физико-техническими характеристиками. Так, свойство дробимости материала, т.е. способность распадаться на части под воздействием внешней нагрузки, описывается характеристикой дробимости, а свойство прочности - характеристикой прочности, о которых подробнее будет сказано дальше.

Исследования физико-технических свойств горных пород применительно к их дроблению в конусных дробилках с кинематическим ограничением хода рабочего органа проводятся нами с 1965г. За это время исследовано более 60 разновидностей хрупких, твердых горных пород, представляющих собой руды черных, цветных металлов и нерудные строительные материалы. Диапазон крупности разрушаемых образцов-кусков неправильной естественной формы, по толщине куска составил от 10 до 300мм, что соответствует крупности по ширине куска от 15 до 430мм. По результатам исследований создана база данных физико-технических характеристик горных пород.

В конусных дробилках кольцевая камера дробления образована неподвижной бронёй дробильной чаши и подвижной бронёй дробящего конуса. В камере дробления материал разрушается преимущественно сжатием способом «кусок о броню» или способом «кусок о кусок» (в слое), что определяется ее назначением.

При разрушении материала способом «кусок о броню» в зависимости от загрузки и гран состава питания возможно свободное и стесненное (в окружении мелочи) разрушение кусков.

Процесс механического дробления статическим сжатием, когда концентрация внешних нагрузок на поверхности разрушаемого материала определяется её формой, а не формой рабочего органа мы называем раздавливанием. При этом разрушение материала может происходить за один или несколько ходов рабочего органа, что соответствует однократному или многократному нагружению. Первое крупное разрушение исходного куска, к которому мы относим образование сквозной трещины при раздавливании, мы

называем раскалыванием.

Дробимый материал - это твердые, хрупкие горные породы в рыхлом состоянии, представляющие собой смесь кусков разной крупности. Поскольку куски имеют неправильную форму, их геометрические размеры (длина, ширина, толщина) определяются размерами ребер описанного прямоугольного параллелепипеда.

Как уже говорилось, изучение процесса дробления горных пород статическим сжатием производилось на физических моделях, сохраняющих, в основном, физическую природу явления.

При моделировании сложных систем исключительно важно положение о том, что подобие отдельных подсистем обеспечивает подобие всей системы. Это определило наш подход к созданию моделей.

Процесс дробления горных пород в камере дробления при взаимодействии дробимого материала (куска или слоя) с рабочим органом рассматривался по частям: движение, ударные взаимодействия, раздавливание и изучался на моделях, соответствующих этим элементам процесса.

Модели статистических процессов, к каким относятся рассматриваемые процессы взаимодействия горных пород с рабочим органом, содержат случайные компоненты, но изменения их описывается в зависимости от некоторого неслучайного параметра.

В дробильных машинах с кинематическим ограничением хода рабочего органа контролируемым параметром является его перемещение, приводящее к деформации дробимого материала.

Известно, что механизм деформации и разрушения твердых тел существенно связан со структурой материала, которая применительно к горным породам, в основном определяется скрытой трещиноватостью. При этом установлено, что горные породы разрушаются по ранее подготовленным, унаследованным от природы, плоскостям. Поэтому при моделировании процесса дробления необходимо сохранение физической основы материала разрушаемого образца с присущими ему «пороками».

Впервые о необходимости такого рода исследований заявил Р.Румпф на Первом Европейском совещании по измельчению в 1962 г. во Франкфурте на Майне в своем докладе «Об основных физических проблемах при измельчении».

Он отмечал, что для изучения процессов измельчения горных пород «необходимо подвергнуть отдельные частицы случайной формы и величины возможно более определенным внешним воздействиям, которые соответствуют случайным нагрузкам в измельчающей машине...».

Итак, при свободном разрушении сжатием способом «кусок о броню» в качестве модели дробимого материала принят кусок горной породы неправильной естественной формы, определяющей контакт взаимодействия с рабочим органом или другими кусками.

В качестве основной модели разрушения материала «в слое» принято разрушение слоя материала ограниченной относительной высоты в стальной

матрице (отрезок толстостенной трубы).

Ограничение относительной высоты слоя вызвано исключением влияния границ слоя (пристенного эффекта в матрице). Общепризнанной моделью кинематического воздействия рабочего органа на материал в камере дробления при разрушении статическим сжатием является контролируемое сближение пуансонов на вертикальном прессе. Движение и ударное взаимодействие кусков и слоя горной породы исследовались на моделях при их контакте с броней дробящего конуса при скоростях и углах, характерных для взаимодействия дробимого материала с подвижным конусом в дробилках среднего и мелкого дробления.

Первые исследования по разрушению горных пород статическим сжатием, выполненные А. К. Рундквистом в 1954 г. с учетом особенностей взаимодействия дробимого материала с рабочим органом дробильной машины, выявили основную закономерность свободного разрушения горных пород статическим сжатием способом «кусок о броню» - последовательное разрушение куска и его осколков и формирование из их продуктов уплотненного ядра, ограничивающего деформацию куска при раздавливании.

Последующие исследования других авторов ограничились изучением закономерностей первого крупного разрушения куска. Нами проведены исследования дробления кусков статическим сжатием во всем диапазоне разрушающих деформаций. При раздавливании кусков неправильной формы различаются качественно отличные состояния, характеризующиеся деформацией и усилием раскалывания; деформацией и усилием формирования уплотненного ядра; деформацией и усилием окончания формирования уплотненного ядра, которые называются деформацией и усилием прессования. При этом происходит практически неограниченный рост усилия без заметной деформации.

В результате проведенных исследований получены закономерности, отражающие физическую сущность изучаемых процессов разрушения горных пород однократным статическим сжатием способом «кусок о броню» и «в слое»

Обнаружена устойчивая корреляционная связь гран состава продукта дробления и относительной деформации куска или слоя. При этом характеристики относительной крупности продукта не зависят от исходной крупности. Это позволило принять в качестве характеристики дробимости зависимость характеристик относительной крупности продуктов разрушения при однократном сжатии в функции относительной деформации (Рисунок 3.5)

Как указывалось ранее, механическое дробление горных пород статическим сжатием - это случайный процесс, и адекватное описание его возможно лишь моделями со статистическими распределениями параметров. Поэтому при описании процесса дробления использован детерминированно-статистический метод. При определенных геометрических и кинематических параметрах камеры дробления взаимодействие рабочих органов с дробимым материалом описывается детерминированными функциями, параметры кото-

рых определяют статистическую природу этого взаимодействия.

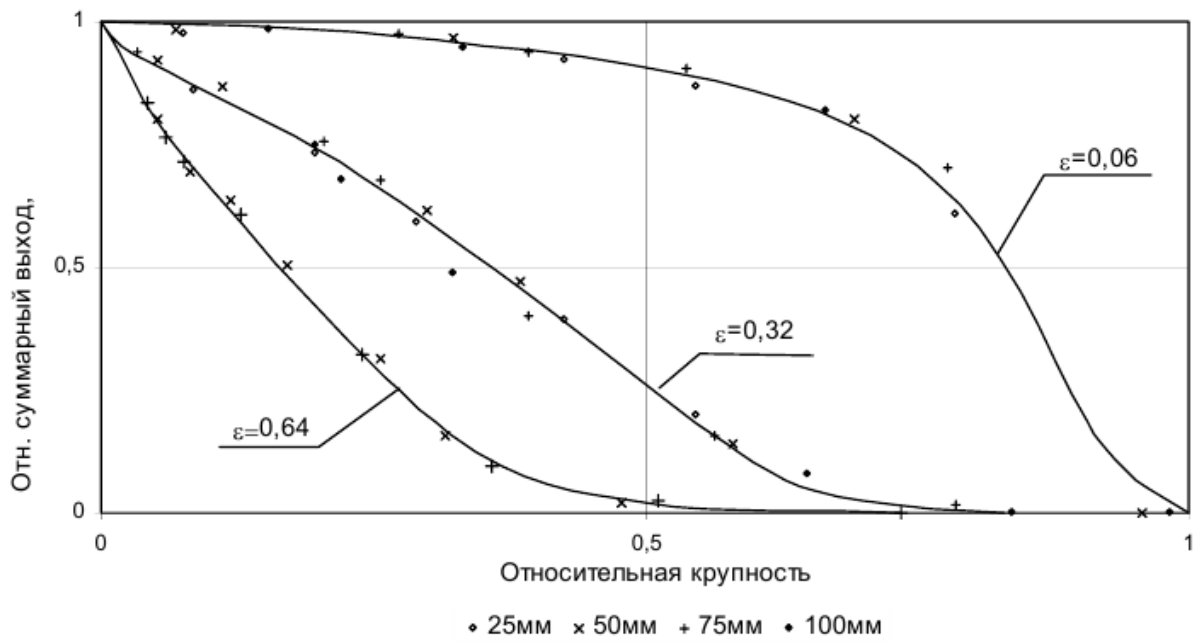


Рисунок 3.5 - Характеристики относительной крупности продуктов свободного разрушения однократным сжатием кусков дегтярской руды

Установлена устойчивая связь усилия сопротивления сжатию с относительной деформацией и исходной крупностью куска или слоя, что позволило принять в качестве характеристики прочности - зависимость усилия сопротивления сжатию в функции относительной деформации и исходной крупности куска или слоя (Рисунок 3.6);

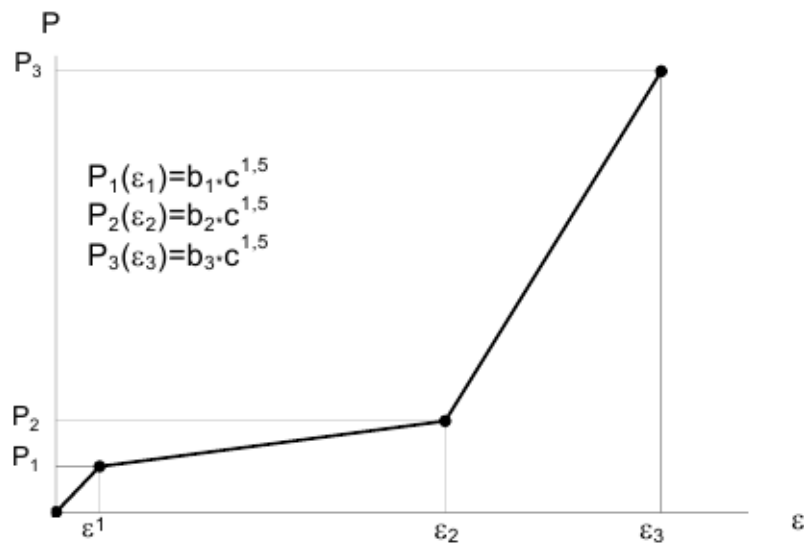


Рисунок 3.6 - Зависимость средних значений усилий сопротивления куска сжатию от относительной деформации при раздавливании

Получены закономерности изменения формы куска (Рисунок 3.7)

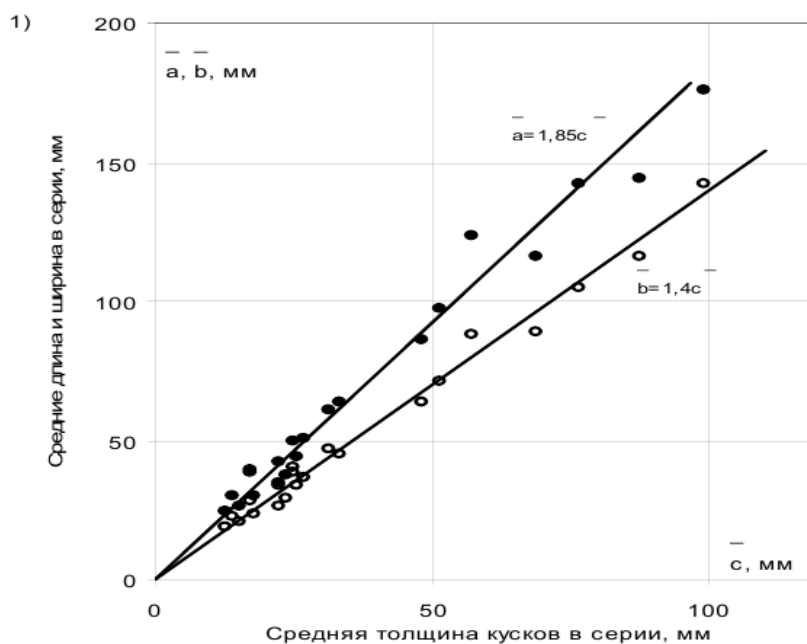


Рисунок 3.7 - Зависимость средних значений длины (a) и ширины (b) куска коршунской руды от его толщины (c)

При ударном взаимодействии горной породы с броней дробящего конуса получены закономерности, описывающие потери нормальной и касательной составляющих скорости центра масс куска от скорости (V) и угла падения (α), формы и от состояния контактных поверхностей. Они качественно хорошо согласуются с теорией косоугольного удара о препятствие круглых твердых тел при сухом трении в частично упругом пластичном контакте, допускающем полное или частичное скольжение (Рисунок 3.8).

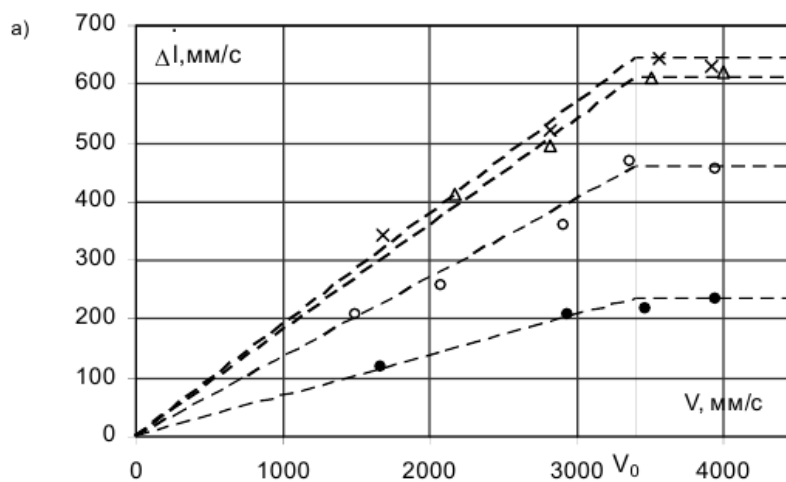


Рисунок 3.8 - Потери составляющих скорости центра масс куска костомукшской руды при ударе основанием о броню конуса из стали

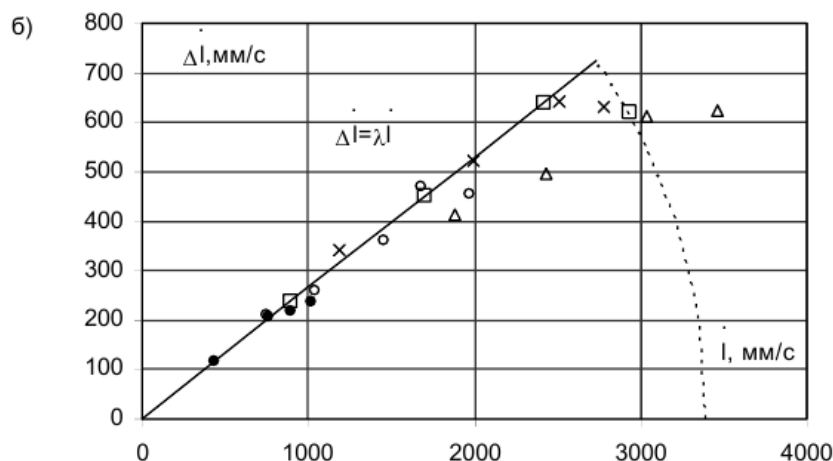


Рисунок 3.9 - Потери составляющих скорости центра масс куска кустомукшской руды при ударе основанием о броню конуса из стали

Закономерности разрушения горных пород при статическом сжатии, полученные в результате многолетних исследований, послужили основой математической модели процесса дробления горной породы в конусных эксцентриковых дробилках.

Основными кинематическими параметрами камеры дробления, определяющими взаимодействие материала с рабочим органом при его движении, смещении и сжатии, является частота вращения эксцентрика и угол нутации, определяющие при принятых геометрических параметрах камеры дробления закон движения его подвижной образующей.

Движение материала в камере дробления рассматривается в вертикальной плоскости под действием сил тяжести с частичной опорой на подвижную броню, совершающую гармонические колебания с частотой, равной частоте качания дробящего конуса, и неподвижную броню по следующим этапам.

1 Равноускоренное движение под действием силы тяжести до встречи с броней конуса или чаши в случае отрыва от брони конуса (полет).

2 Ударное взаимодействие с массивной шероховатой поверхностью с одной из броней (чаши или конуса). При этом потеря нормальной и касательной составляющих относительной скорости материала определяются по соотношениям, полученным аппроксимацией результатов экспериментов.

3 Скольжение по броне конуса или чаши при нулевой нормальной составляющей относительной скорости материала.

4 Остановка и зажатие при одновременном контакте материала с неподвижной и подвижной бронями в фазе закрытия профиля.

В камере дробления смещение куска при свободном движении за цикл качания конуса и, следовательно, место зажатия и предельная разрушающая деформация зависят от его размеров, т.е. имеет место избирательная дробящая способность камеры дробления по отношению к исходной крупности питания.

При расчете гран состава продукта и усилия дробления смесь рыхлых

горных пород, классифицированная по крупности, рассматривается как статистическая совокупность, функцией распределения которой является характеристика крупности смеси «по минусу». В этом случае частные выходы классов рассматриваются как вероятность попадания крупности смеси в заданные интервалы, определенные границами класса.

Аналитическое описание процесса дробления горных пород, представляющее собой последовательное разрушение материала и его продуктов по мере продвижения по камере дробления и классификации на ситах, выполнено с использованием вероятностной аналогии. При этом процесс дробления горной породы представляется в виде многошагового случайного процесса, в котором каждый предшествующий исход может иметь несколько последующих исходов. В качестве случайной величины принят определяющий размер куска и соответствующее ему усилие дробления или содержание i -го класса в продукте его разрушения.

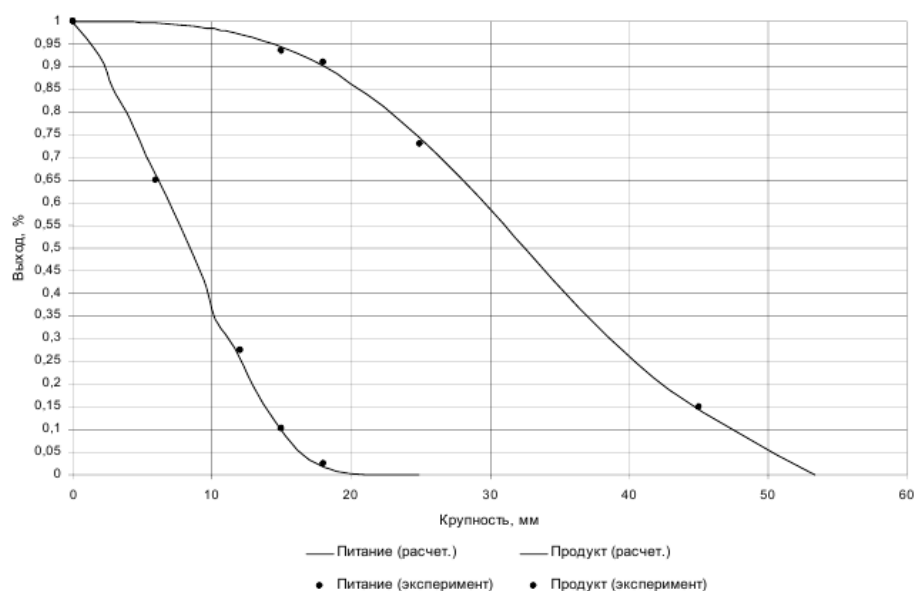
В соответствии с принятым допущением о независимости дробления фракций при разрушении материала способом «кусок о броню» продукт дробления смеси определяется суммой продуктов дробления узких классов с учетом их содержания в исходной смеси. Гран состав продукта разрушения смеси в слое при однократном сжатии может быть определён в зависимости от величины относительной объёмной деформации слоя по характеристикам дробимости слоя горных пород с учётом эффективности разрушения фракции в смеси.

При расчетном определении продуктов дробления классификация крупности производится по толщине куска, тогда как в обогатительной практике они классифицируются по ширине куска. Поэтому в математической модели предусмотрены процедуры машинной классификации крупности при переходе от одного определяющего размера к другому (от толщины к ширине), который осуществляется аналогично расчету гран состава продукта дробления по формуле полной вероятности.

В модели предусмотрен расчет содержания в продукте дробления зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, к которой согласно ГОСТ относятся куски, длина которых в три и более раза превышает толщину. Выход лещадных зерен определяется исходя из экспериментально установленного факта о применимости закона нормального распределения параметров формы куска.

Процесс дробления материала статическим сжатием в слое реализован в модели на основании закономерностей, полученных при моделировании слоя с учетом особенностей движения, смещения, ударного взаимодействия слоя и характера объёмной относительной деформации, однократной или многократной.

Разработанные математические модели процесса дробления горных пород в эксцентриковых конусных дробилках прошли многократную проверку, свидетельствующую не только о качественном, но и о количественном совпадении определяемых технологических параметров (Рисунок 3.9)



$$S_{\text{xx}}=9,2 \text{ мм}, S_{\text{раб.}}=12 \text{ мм}, Q=336 \text{ м}^3/\text{ч}, N=390 \text{ кВт}, N_{\text{расч.}}=393 \text{ кВт}$$

Рисунок 3.10 - Грансостав питания и продукта дробилки КМД-3000 Т2-ДП (технолог. №16, Эрдэнэт)

Подводя итог сказанному, выделим этапы проектирования дробилки предназначенной для решения конкретной технологической задачи.

- 1 Определение физико-технических характеристик горной породы.
- 2 Расчет силовых, энергетических и технологических показателей камеры дробления с варьированием её геометрических параметров.
- 3 Оптимизация геометрических и кинематических параметров камеры дробления по силовым, энергетическим и технологическим критериям.
- 4 Конструктивная разработка узлов машины по определенным силовым и энергетическим параметрам камеры дробления.

Использование математических моделей расчёта процесса дробления материала в конусных дробилках позволяет решать сложные технологические задачи и находить наилучшие конструкторские решения. [3].

3.4 Компьютерное моделирование и компьютерные расчеты конусной дробилки с использованием современных САЕ программ

CAD и САЕ-системы позволяют инженерам обеспечить сквозную цепочку автоматизированного проектирования и технологической подготовки производства новых изделий любой степени сложности. Высокий уровень развития этих программных средств в сочетании с их простотой и доступностью в процессе работы позволяет легко приобщиться к их использованию в повседневной производственной практике широкому кругу инженеров, не обладающих глубокими знаниями в области информационных

технологий. В то же время даже самые «умные» на сегодняшний день компьютерные программы являются всего лишь инструментом в руках человека, а результат работы указанных систем существенно зависит от степени владения предметной областью специалиста, интеллектуальный труд которого и призваны автоматизировать эти программы. Это особенно актуально в отношении современных CAE-систем, где без глубинного понимания исследуемых процессов и овладения методами расчета, заложенным в программе, сегодня просто не обойтись.

Современные программные средства в подавляющем большинстве случаев позволяют полностью или частично отказаться от натурального эксперимента, переводя все в область компьютерного моделирования с привлечением CAE-систем.

В ходе работы было смоделировано рабочий узел конусной инеционной дробилки и проведено статический анализ. Размеры деталей было взято с уже существующего аналога № RU 2283697 который показан в патентном обзоре. Конус внутренний с диаметром в 1335 мм и высотой 1750 мм, его поверхность используется для истирание и дроблении материала. Вал высотой 2250 мм и диаметром 40 мм зафиксирован с нижней части внутреннего конуса. На валу жестко зафиксировано эсцентрик, который позволяет конусу делать гириационное движение. С верхней стороны внутреннего конуса осуществляется передача момента от двигателя через ШРУС.

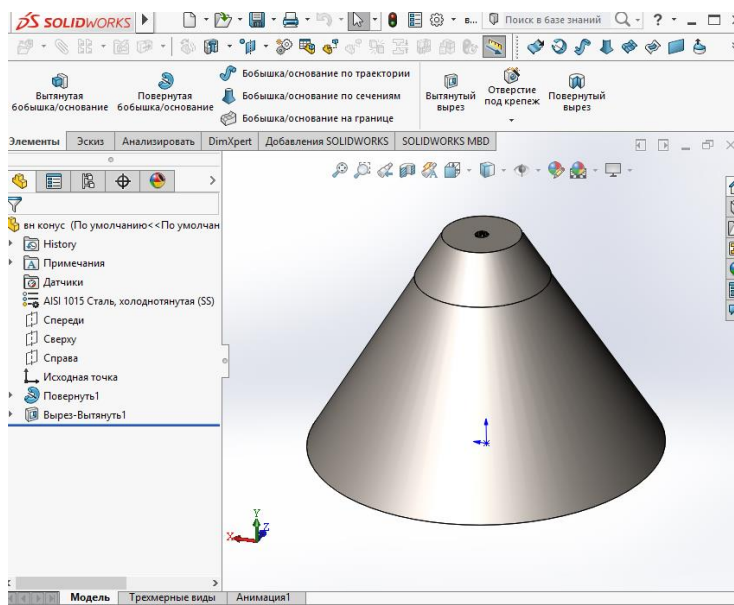


Рисунок 3.10 Создание компьютерной модели внутреннего конуса конусной дробилки

На этом этапе на основании уже формализованных данных создается сама модель. Этот этап можно разделить на две части. Во-первых, записывается сама модель (система уравнений) без конкретизации

числовых значений используемых параметров. Во-вторых, осуществляется расчет и уточнение числовых значений ранее записанной модели.

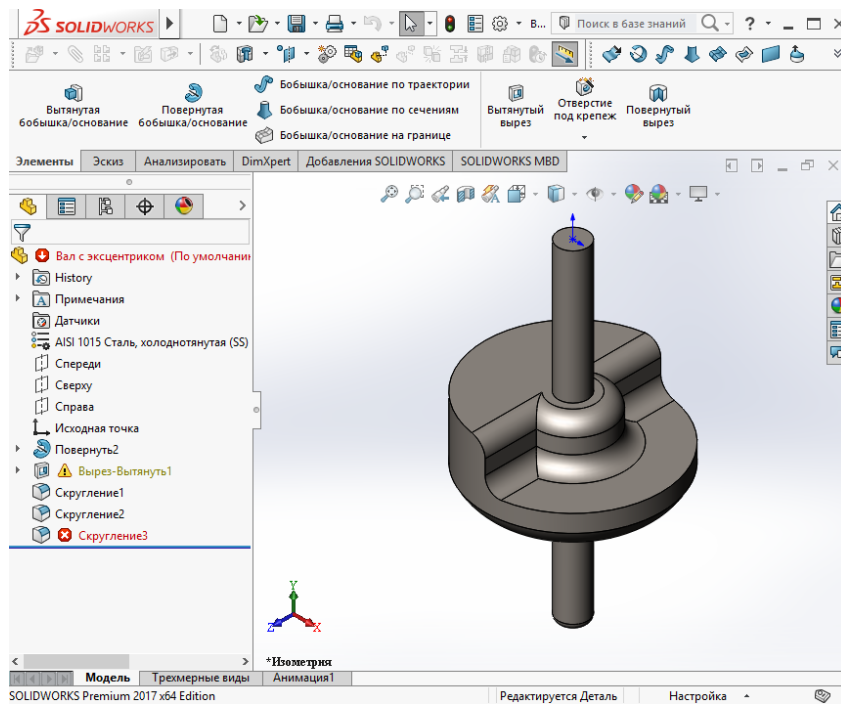


Рисунок 3.11 Создание компьютерной модели вала с эксцентриком конусной дробилки

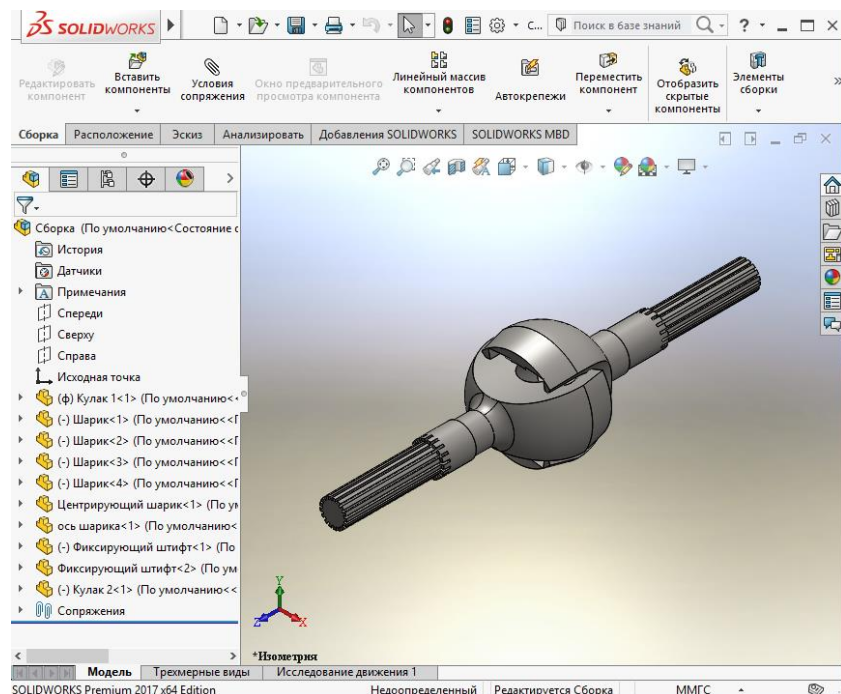


Рисунок 3.12 Создание компьютерной модели ШРУС конусной дробилки

На следующем этапе осуществляется проверка адекватности построенной модели. И выполняется сборка рабочего узла дробилки.

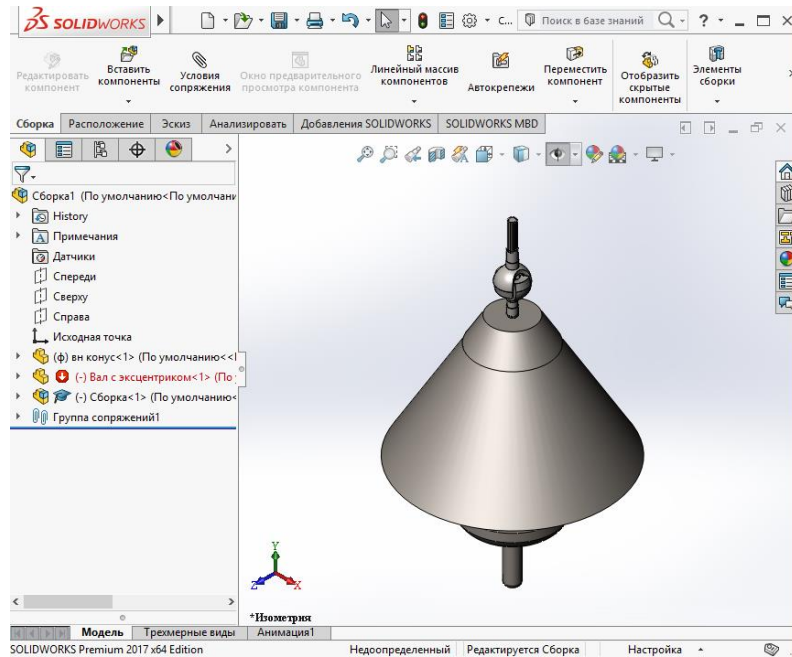


Рисунок 3.12 Создание сборочной модели узла

Для осуществления расчета необходимо помимо граничных условий определить еще дополнительные: задание числа шагов, необходимых для расчета, остановки расчета, выбор метода расчета, необходимых для решения конкретной задачи.

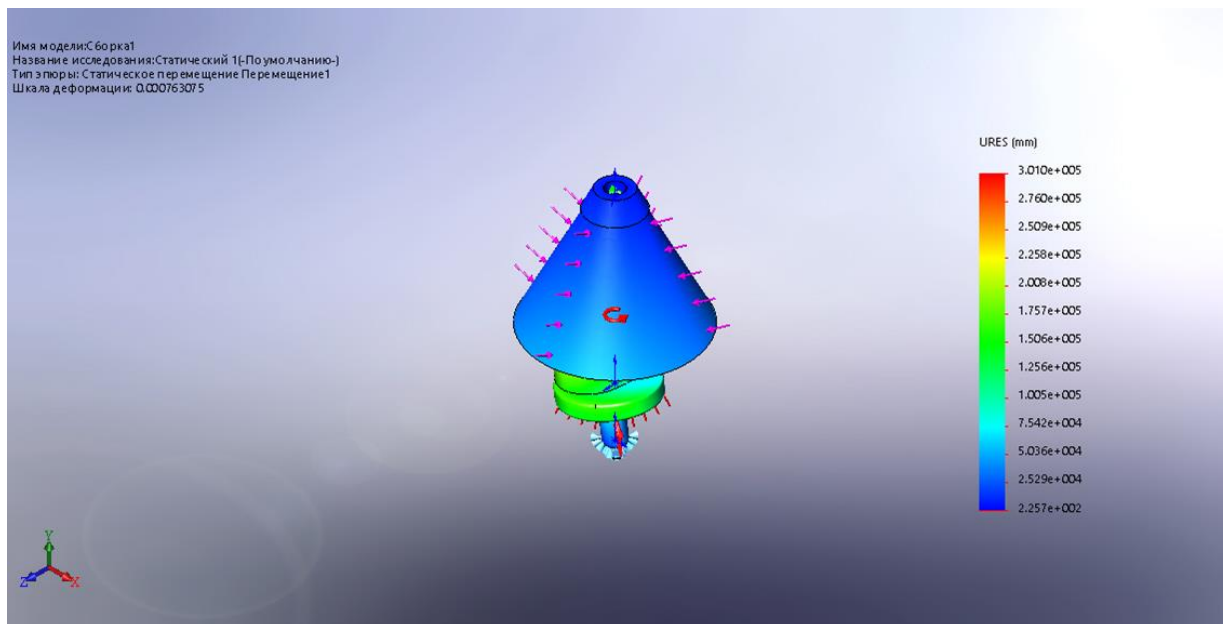


Рисунок 3.13 Статический анализ сборочной модели узла

После завершения задания всех условий и исходных данных осуществляется подготовка данных к расчету. Обычно этот этап включает в

себя создание базы данных, которая содержит всю необходимую для расчета информацию в виде, удобном для быстрой обработки её программой в ходе расчета.

На следующем этапе осуществляется расчет задачи. В ходе расчета, как правило, программа моделирования выводит текущую информацию о состоянии и ошибках, возникающих при расчете.

После завершения расчета для извлечения результатов из файла базы данных обычно используют постпроцессор, который позволяет представить полученную информацию в наглядном и удобном для анализа виде.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Подводя итог по выполненным исследованиям необходимо сделать вывод, что разработка наиболее приемлемой конструкции передачи моментов в конусных дробилках еще не сконструирована, но благодаря сопоставлению патентных изобретений разных стран и методики проведения испытаний с существующими конструкциями было сконструировано конусная дробилка, на которое подача момента осуществляется с помощью шарнира с равными угловыми скоростями.

С целью достижения поставленных задач был проведен патентный поиск и конструктивный анализ по конусным дробилкам.

В данной работе была рассмотрена очень перспективная конструкция передачи моментов на рабочий орган конусной дробилки.

Можно сделать вывод, что конусная дробилка предложенной конструкции будет актуален и рентабелен в производстве. Также по выводам из проекта можно сделать вывод что, КПД и конструктивные свойства полностью соответствует требованиям для конусных дробилок.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

- 1 Макаров А. В. Исследование процесса разрушения горных пород дробильными машинами и разработка методов совершенствования их конструкций. Динамика, прочность машин, приборов и аппаратуры, 2004, Томск, 3 с., 41-44 с.
- 2 Борщев В.Я. Оборудование, для измельчения материалов: дробилки и мельницы: учебное пособие, Тамбов: издательство Тамбовского Государственного Технического Университета, 2004. 3-5с.
- 3 Ю. А. Девяткин, к.т.н., Л.Е. Гневанова, Математическое моделирование процесса дробления горных пород как основа проектирования конусных дробилок и прогнозирование их технологических показателей, 1-14с.
- 4 Жилкин В.П. Производство агломерата, оборудование, автоматизация. Екатеринбург: Уральский центр ПР и рекламы, 2004.- 292 с.
- 5 Левченко О.А., Левченко Э.П., Зинченко А.М. Состояние и основные направления развития технического уровня конструкций одновалковых зубчатых дробилок / Металлургические процессы и оборудование. - 2011. - №1.- С. 24- 29.
- 6 Болтян А.В., Горобец И.А. Теория инженерных исследований.- Севастополь: Вебер, 2001.- 139 с.
- 7 Пилюшенко В.Л., Шкрабак И.В. Методология и организация научного исследования.- Донецк: ДонГАУ, 2001.– 285 с.
- 8 Сидоров В.А., Левченко О.А. Моделирование процесса подачи агломерационного пирога в одновалковую зубчатую дробилку / Сб. науч. тр. Донбасского государственного технического университета. - Алчевск: ДонГТУ, 2008. Вып. 27. - С. 255 - 262.
- 9 Левченко О.А. Повышение эффективности дробления агломерата путем усовершенствования конструктивных параметров одновалковой зубчатой дробилки: Донбасс. Алчевск, 2009. - 176 с.
- 10 Горынин Г.Л. Исследование кинематических характеристик мельницы ударного типа по переработке щебня //Механика процессов и машин: Сб. науч. тр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2000. С. 87-90.
- 11 Горынин Г.Л. Исследование качественных прочностных свойств цилиндрической оболочки под действием локальной нагрузки//Прикладные задачи механики: Сб. науч. тр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 1999.
- 12 Горынин Г.Л. Принцип минимума времени разгона частицы для проектирования профиля ротора измельчителя центробежно-ударного действия//Анализ и синтез механических систем: Сб. науч. тр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001.
- 13 Горынин Г.Л. Расчет критической скорости частиц в измельчителе центробежно-ударного встречного действия //Анализ и синтез механических систем: Сб. науч. тр. Омск: Изд-во ОмГТУ, 2001
- 14 Горынин Г.Л. Моделирование динамических процессов в

измельчителях центробежно-ударного встречного действия //Седьмые академические чтения РААСН «Современные проблемы строительного материаловедения. Белгород, 2001.

15 Гулидов А.И., Фомин В.М. Численное моделирование отскока осесимметричных стержней от твердой преграды//ПМТФ. 1980. №3. С. 126-132.

16 Дробление и сортировка. Информация// Строительные и дорожные машины. 2000. №4.

17 Зенкевич О., Морган К. Конечные элементы и аппроксимация. М.: Мир, 1986.

18 Ельцов М.Ю. Методики расчета кинематических, динамических и энергетических параметров шаровых мельниц на основе математической модели многофазного цикла движения мелющей среды: Автореф. дис. канд. техн. наук.- Белгород: БТИСМ, 1989.

19 Кильчевский Н.А. Теория соударения твердых тел. Киев: Наукова думка, 1969.

20 Кильчевский Н.А. Динамическое контактное сжатие твердых тел. Удар. Киев: Наукова думка, 1976.

21 Клейс И.Р., Ууэмыйс Х.Х. Износостойкость элементов измельчителей ударного действия. М.: Машиностроение, 1986. 1

22 Клушанцев Б.В., Косарев А.Ю, Муйземнек Ю.А. и др. Дробилки. М.: Машиностроение, 1990.

23 Коллинз Дж. Повреждение материалов в конструкциях. Анализ, предсказание, предотвращение. М. Мир, 1984.

РЕЦЕНЗИЯ

на магистерскую диссертацию
(наименование вида работы)

Әбләзім Нұрбол Сұлтанханұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

6M071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии»
(шифр и наименование специальности)

На тему: Разработка инновации в конструкцию машин для измельчения
твердого камня и обоснование основных параметров

Выполнено:

а) пояснительная записка на 57 страницах

ЗАМЕЧАНИЯ К РАБОТЕ

Диссертационная работа Әбләзім Н.С. посвящена исследованию машин для измельчения твердого камня новой конструкции.

Диссертационную работу можно отнести к числу актуальных и имеющих практическое значение.

По рецензируемой работе имеются следующие замечательные замечания:

1. В некоторых местах диссертационной работы имеются грамматические ошибки;
2. Некоторые рисунки не полностью соответствуют ГОСТ-у

Оценка работы

86 баллов (B+) (хорошо)

Достоин присвоение академической степени магистра технических наук по спец. 6M071300 – «Транспорт, транспортная техника и технологии»

Рецензент

заведующий кафедрой «АДТС»
КазАТК им. М. Тынышпаева,
доктор технических наук, профессор
(должность, уч. степень, звание)



(подпись, ФИО)

М.С. Кульгильдинов

«31» мая

2019 г.

ПОДПИСЬ ЗАВЕРЯЮ
Начальник ОУП

Ф. КазНУТУ 706-17. Рецензия



ОТЗЫВ

НАУЧНОГО РУКОВОДИТЕЛЯ

на магистерскую диссертацию
(наименование вида работы)

Әлдізім Нұрбол Сұлтанханұлы
(Ф.И.О. обучающегося)

6M071300 - Транспорти, транспортная техника и технологии
(шифр и наименование специальности)

Тема:

Разработка инновации в конструкции
машин для измельчения твердого камня и
обоснование основных параметров

Магистерская диссертация Әлдізім Н.С. посвящена актуальной проблеме измельчения твердого камня. В ходе работы магистрант выполнил все поставленные перед ним задачи, а именно разработал математическую модель процесса дробления конусной штиральной дробилки.

В процессе выполнения Әлдізім Н.С. проявил хорошую теоретическую подготовку, показал умение применять знания, полученные в процессе обучения.

По объему и содержанию работа отвечает представленным требованиям, Әлдізім Н.С. четко и точно раскрыл тему работы.

Магистерская диссертация получила положительный отзыв и допускается к защите.

Научный руководитель

Ахиса К.Т.Н.

(должность, уч. степень, звание)

М.Д. Ахметова Ф. И.О.

(подпись)

«31» 05 2019 г.

Отчет подобия



Университет:	Satbayev University
Название:	Разработка инновации в конструкцию машин для измельчения твердого камня и обоснование основных параметров
Автор:	Өбләзім Нұрбол Сұлтанханұлы
Координатор:	Нурбол Камзанов
Дата отчета:	2019-05-31 08:53:08
Коэффициент подобия № 1: ?	0,1%
Коэффициент подобия № 2: ?	0,0%
Длина фразы для коэффициента подобия № 2: ?	25
Количество слов:	14 451
Число знаков:	74 093
Адреса пропущенные при проверке:	
Количество завершенных проверок: ?	100



К вашему сведению, некоторые слова в этом документе содержат буквы из других алфавитов. Возможно - это попытка скрыть позаимствованный текст. Документ был проверен путем замещения этих букв латинским эквивалентом. Пожалуйста, уделите особое внимание этим частям отчета. Они выделены соответственно. Количество выделенных слов 61

>>

Самые длинные фрагменты, определенные, как подобные

>>

Документы, содержащие подобные фрагменты: Из домашней базы данных

>>

Документы, содержащие подобные фрагменты: Из внешних баз данных

>>

Документы, содержащие подобные фрагменты: Из интернета

Детали отчета подобия

Фрагменты, найденные в документах базы данных отмечены красным цветом.

Фрагменты, найденные в интернете отмечены в зеленый .

Фрагменты, найденные в базе данных Юридических актов отмечены синим фоном .

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность работы. Проблема дробления твердых материалов и, прежде всего минерального сырья в виде горных пород различного состава и прочности, является насущной на протяжении всей истории человечества. Измельченные материалы лежат в основе всей строительной промышленности, дорожного строительства, горной промышленности. На дробление горных пород используются огромные энергетические ресурсы. Известно, что ежегодно, начиная с 1980-х годов, из недр Земли извлекается около 20 млрд.т. минерального сырья и десятки миллиардов тонн пустой породы. Вся эта горная масса в той или иной степени подлежит измельчению, дроблению на обогатительных фабриках, в строительной индустрии, на что расходуются десятки ГВт часов энергии. Все, что связано с совершенствованием процессов дробления, с созданием высокопроизводительных и малоэнергоёмких дробильных машин относится к проблеме государственной значимости. Актуальными являются практически все