

ГУЛЬЧЕЕВ АЛЕКСАНДР ЕВГЕНЬЕВИЧ

**Совершенствование процесса измельчения механических частиц в среде
жидкостей и газов**

6N0713 “Транспорт, транспортная техника и технология”

Автореферат

**Диссертация на соискание академической степени
магистра технических наук**

**Республика Казахстан
г. Усть-Каменогорск, 2011**

Работа выполнена в Восточно-Казахстанском Государственном
Техническом Университете

Научный руководитель:

кандидат технических наук
доцент **Гурьянов Г.А.**

Официальные оппоненты:

магистр технических наук
Сембина Ш.К.

Защита состоится 25 июня 2011г. в Восточно-Казахстанском
Государственном Техническом Университете им. Д. Серикбаева по адресу:
г.Усть-Каменогорск, ул.Серикбаева, главный корпус, ауд. Г-Л-206 в 9⁰⁰ часов.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Восточно-
Казахстанского Государственного Технического Университета им. Д.
Серикбаева

Ученый секретарь
диссертационного совета

Д.Е. Елемес

Актуальность работы. На сегодняшний день, строительная промышленность выходит на такой уровень, когда старые методы подготовки строительных материалов перестают удовлетворять ее нуждам. Требования к прочности, надежности и долговечности строительных объектов возрастают до такой степени, что становится необходимым внедрение новых материалов, и способов их приготовления. А также качественное изменение технологий изготовления уже применяемых материалов. К примеру, от 30 до 60% цементных зерен имеют размеры более 60 мкм! В то же время при наборе прочности цементного камня основную роль играют частицы размером не более 40 мкм. Более крупные частицы начинают гидратировать значительно позже и практически не участвуют в первоначальном наборе прочности. Следовательно Сверхтонкое измельчение исходного сырья является залогом того что оно (сырье) лучше переработается во время технологического процесса, а сверхтонкое измельчение готового продукта делает его гораздо более реагентоспособным что в свою очередь значительно улучшит качество выпускаемых изделий.

Однако Длительное хранение пылевидных материалов, а также их транспортировка способствуют слипанию частиц. Как следствие эффект изначального помола может быть сведен к нулю. В таком случае может помочь активация реагирующих компонентов путем их сверхтонкого измельчения непосредственно перед приготовлением рабочей смеси. Этот способ позволяет повысить контактную поверхность активного вещества, при этом сняв оксидную пленку, образующуюся при длительном контакте материалов с кислородом воздуха.

В этой связи актуальной является проблема создания машин способных обеспечивать измельчение, с получением выходного материала крупностью от 10 до 15 микрон и менее, и одновременно обладающих достаточной производительностью для того чтобы обеспечивать нужды промышленности. Кроме того из-за кратковременности эффекта активации, и наличия явлений слипаемости частиц возникает необходимость приготавливать материал непосредственно на рабочей площадке, а значит такого рода машины должны иметь габариты и массу позволяющую делать их мобильными.

Одним из решений этой проблемы может быть использование в проектируемых измельчительных машинах явления удара – в качестве основного измельчающего действия.

Цель работы.

Повышение эффективности сверхтонкого измельчения механических частиц в среде жидкостей и газов, увеличение дисперсности частиц.

Задачи исследований:

1. Анализ существующих способов и агрегатов для измельчения материалов с целью выявления их достоинств и недостатков. Выбор эффективного способа измельчения и его обоснование
2. Исследование и анализ основных процессов, протекающих в рабочей камере измельчителя ударного действия.
3. Разработка механико-математической модели рабочего процесса измельчения материала в рабочей камере измельчителя ударного действия.
4. Разработка предложений по совершенствованию рабочего процесса и конструкции измельчителя ударного действия.
5. Разработка методики расчета основных параметров и рекомендаций по созданию конструкции, и подбору рациональных режимов работы измельчителя ударного действия.
6. Проектирование опытного образца измельчителя ударного действия.

Это определило тему данной диссертационной работы, характер, структуру и объем исследований. В результате проведенной работы даны рекомендации по созданию измельчителей ударного действия, и спроектирована конструкция измельчителя ударного действия.

Объект исследования. Для исследования принято измельчающее оборудование ударного действия.

Методы исследования. Литературно-патентные исследования, теоретические исследования (анализ, синтез, абстрагирование, аналогия), в т.ч. с использованием ЭВМ).

Научная новизна работы:

1. Рассмотрен инновационный подход к процессу разрушения твердых тел ударом, основанный на свойствах деформации материалов.
2. Проведено теоретическое исследование процессов протекающих в рабочей камере измельчителя ударного действия.
3. Разработана механико-математическая модель процесса разрушения твердых частиц ударом. Данные, описывающие протекание процесса измельчения материала, полученные в ходе работы, согласуются с результатами статистических и экспериментальных, исследований данного вопроса, что указывает на правильность теоретических зависимостей представленных в диссертации.
4. Создана методика расчета основных параметров измельчителей ударного действия. Методика предназначена для инженеров и разработчиков, занимающихся созданием агрегатов ударного измельчения.
5. На основании полученной методики разработана опытная конструкция измельчителя ударного действия.
6. Проведено сравнение характеристик существующей мельницы, с характеристиками аналогичного образца, полученными при помощи теоретической методики разработанной в рамках исследований предусмотренных этой диссертацией. Сравнительный анализ показал что отклонения между характеристиками существующей мельницы и данными полученными расчетным путем, находятся в приемлемых пределах.
7. Выработаны рекомендации по созданию измельчителей ударного действия.

На защиту выносятся:

1. Результаты теоретических исследований процесса разрушения материалов при ударе; механико-математическая модель процесса разрушения твердых частиц ударом, методы совершенствования конструкции измельчителей ударного действия.
2. Методика расчета основных параметров измельчителей ударного действия.

3. Усовершенствование конструкции измельчителя ударного действия.

Практическая полезность заключается

1. В разработке механико-математической модели процесса разрушения твердых частиц ударом.
2. Создании методики расчета основных параметров измельчителей ударного действия. Методика предназначена для инженеров и разработчиков, занимающихся созданием агрегатов ударного измельчения.
3. В разработке опытной конструкции измельчителя ударного действия на основании полученной методики.
4. В выработке рекомендаций по созданию измельчителей ударного действия.

Личный вклад автора заключается в постановке цели, формулировке задач и выборе методов исследования, установлении зависимостей определяющих процесс разрушения частицы при различных видах ударных воздействий, факторов влияющих на протекание процесса ударного измельчения, получение уравнения описывающего степень разрушения твердой частицы при ударе, создании конструкции измельчителя ударного действия, защищенной авторским свидетельством.

Апробация. Основные положения диссертационной работы были обсуждены, на: IX Республиканской научно-технической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, (22 – 24 апреля 2009г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ); X Республиканской научно-технической конференции студентов, аспирантов, и молодых ученых (22-23 апреля 2010г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ); Международном симпозиуме «Наноматериалы для защиты промышленных и подземных конструкций» и XI Международной конференции «Физика твердого тела» (ФТТ-XI), 9 – 12 июня 2010 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ; XI Республиканской научно-технической конференции студентов, аспирантов, и молодых ученых (21-22 апреля 2011г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ).

Публикации. По результатам выполненного исследования опубликовано 5 печатных работы, подана заявка на изобретение № 2010/0744.1 от 04.06.2010, получено заключение о выдаче инновационного патента на изобретение № 026925 от 18.11.2010.

Данная работа содержит: страниц - 108, таблиц – 7, рисунков, схем, графиков -22, формул –68, библиография – 35 наименований.

Основное содержание работы

Во введении обоснована актуальность исследования, приведены цель и задачи исследования. Дана общая характеристика диссертации.

Первая глава посвящена обзору существующих методов измельчения и выбору из них наиболее целесообразного.

Был проведен анализ существующих методов измельчения, а также измельчающих машин различных конструкций. В ходе анализа были выявлены достоинства и недостатки каждого метода измельчения.

На основании результатов сравнительного анализа было выявлено что наибольший потенциал для совершенствования имеет ударный метод измельчения. Данный метод был взят за основу дальнейших исследований в рамках данной диссертационной работы.

Вторая глава посвящена исследованию процессов, протекающих в измельчителе ударного действия.

Были рассмотрены возможные варианты взаимодействия частицы материала с рабочим органом измельчителя и вероятные сценарии разрушения частицы. Были рассмотрены следующие варианты разрушения частиц.

Разрушение частиц смятием при ударе. Разрушение в результате превышения предела прочности материала частицы на сжатие, в зоне контакта частицы и рабочего органа. Взаимодействие частицы и рабочего органа при данном варианте разрушения показано на рисунке 1.

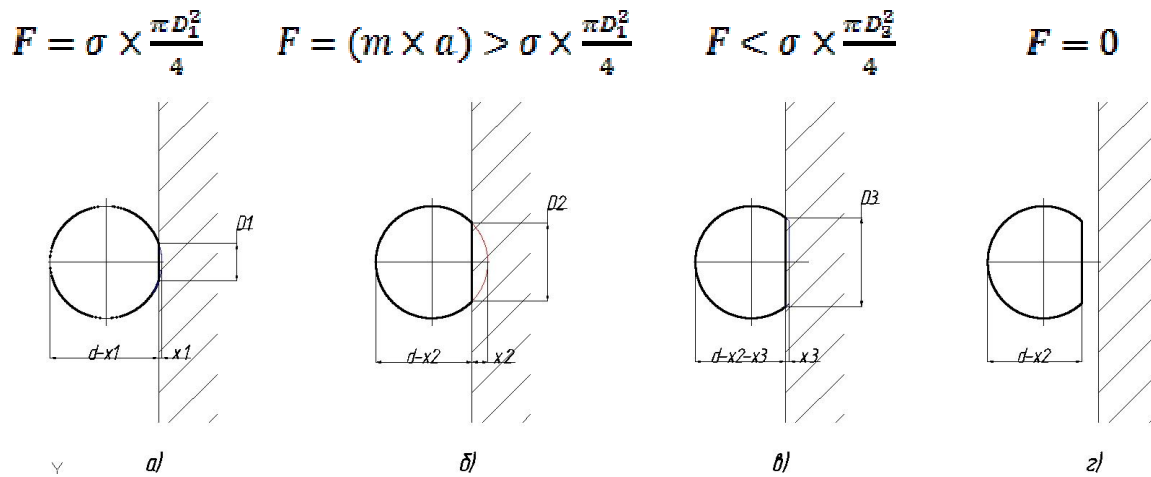


Рисунок. 1

Разрушения частиц материала раскалыванием. В случае если измельчаемый материал имеет повышенную твердость и низкую ударную вязкость, возможен вариант разрушения, при котором частица не сминается в зоне контакта с рабочим органом, а раскалывается под действием моментов сил инерции от масс полушарий частицы, относительно точки контакта с рабочим органом. Возникает только при условии, что диаметр площадки смятия в точке контакта частицы и рабочего органа меньше чем расстояние от центра частицы до центров тяжести ее полушарий. Вероятность возникновения такого варианта разрушения довольно велика при дроблении крупных частиц, и стремиться к нулю при помоле частиц размером меньше миллиметра. Взаимодействие частицы и рабочего органа при данном варианте разрушения показано на рисунке 2.

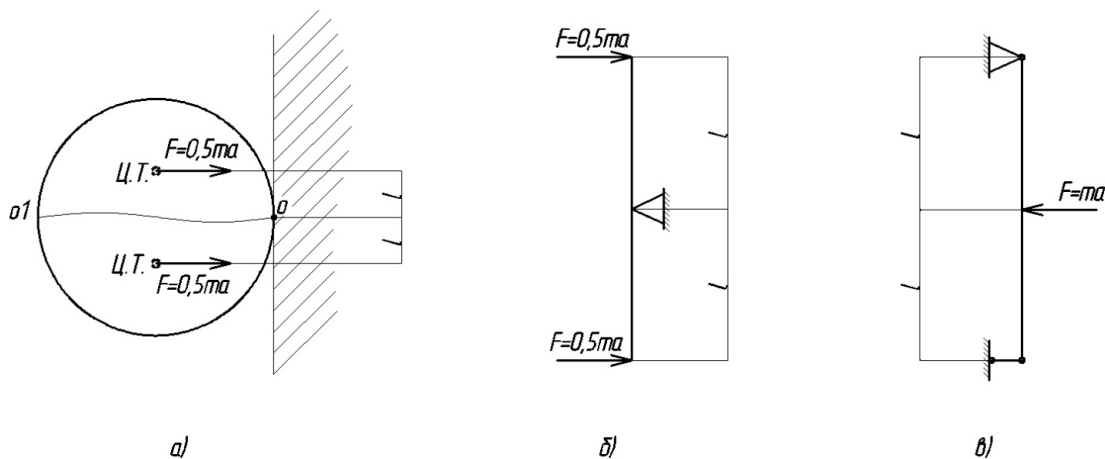


Рисунок. 2

Разрушения частиц материала срезом. Данный вариант предполагает срез частицы относительно одной режущей кромки, за счет высокой относительной скорости частицы и рабочего органа. В результате исследования данного варианта разрушения было выявлено что он возможен лишь при измельчении крупных кусков материала.

Разрушение частиц материала от действия центробежных сил. Предполагает касательное взаимодействие частицы и рабочего органа с возникновением мгновенного центра скоростей на поверхности частицы, с последующим приданием ей вращательного движения вокруг точки близкой к собственному центру тяжести частицы. Сценарий разрушения, обладающий большим потенциалом. В результате исследований было выявлено что скорость в мгновенном центре скоростей необходимая для разрушения частицы зависит лишь от плотности материала частицы и предела прочности при растяжении, кроме того данная скорость постоянна вне зависимости от диаметра частицы. Из этого следует что доведя скорость рабочего органа до необходимой величины, в случае развития этого сценария разрушения, будут разрушаться все частицы, каких бы размеров они не были.

Однако развитие данного сценария разрушения в современных измельчителях затруднено, так как скорости рабочих органов необходимые для этого должны достигать 300-400м/с в зависимости от материала. Взаимодействие частицы и рабочего органа при данном варианте разрушения показано на рисунке 3.

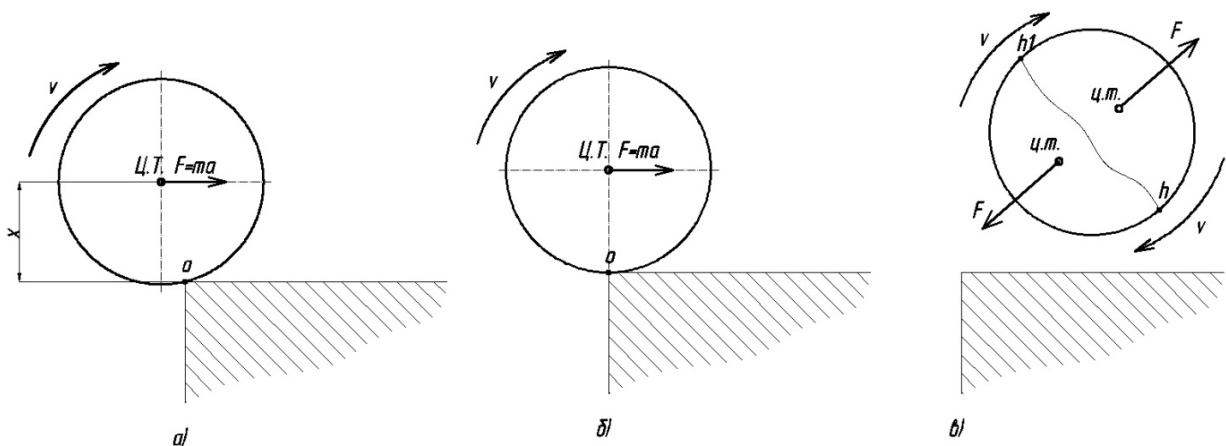


Рисунок 3

В результате анализа возможных вариантов разрушения частицы, для дальнейшего исследования был выбран вариант разрушения смятием, как наиболее вероятный.

Кроме анализа возможных вариантов разрушения частицы, в рамках главы был рассмотрен вопрос о количестве воздействий получаемых частицей материала за время ее нахождения в зоне помола. Согласно принципу наихудших условий, для дальнейшего исследования было принято допущение что каждая частица получает одно воздействие на каждой ступени измельчения.

Третья глава посвящена разработке механико-математической модели рабочего процесса измельчителя ударного действия. В качестве основного сценария разрушения частиц было принято разрушение частиц смятием. В результате исследований проведенных в рамках этой главы была получена формула (1), которая описывает закон изменения глубины разрушения частицы при ударе, с учетом прочности частицы, ее диаметра, массы, а также скорости сближения частицы и рабочего органа.

С помощью этой формулы можно прогнозировать изменение размеров частиц при измельчении конкретного материала, с заданием конкретных условий процесса помола. Кроме того с помощью этой формулы, можно рассчитать количество воздействий на частицу, необходимое для ее измельчения до заданных размеров.

$$l = \sqrt{\frac{mv^2}{2\pi D\sigma}} = v \sqrt{\frac{m}{2\pi D\sigma}} \quad (1)$$

где l -глубина деформации частицы, м;

m - масса частицы, кг;

v - скорость сближения рабочего органа и частицы, м/с;

D - диаметр частицы, м;

σ - предел прочности на сжатие материала частицы, Па;

Четвертая глава посвящена разработке методики расчета основных параметров измельчителя.

На основании исследований проведенных в главах 2 и 3 была создана методика расчета, с помощью которой можно определить основные параметры измельчителей, такие как производительность, тонкость помола, мощность привода.

Расчет основных параметров измельчителя производится в следующем порядке:

1. Определение количества необходимых воздействий на частицу, при заданной скорости рабочего органа, крупности исходного материала, и требуемой крупности готового продукта.
2. Принятие количества ступеней измельчения, исходя из полученного значения количества необходимых воздействий, и конструктивных особенностей конкретного измельчителя.
3. Определение количества необходимых проходов материала через агрегат, до полного измельчения до требуемой крупности, на основании необходимого количества воздействий, количества ступеней измельчения, и количества воздействий на каждой из ступеней.
4. Расчет допустимой скорости прохождения материала через измельчитель.
5. Определение объема смеси материал-носитель проходящей через измельчитель за час, с учетом площади проходного сечения измельчителя, и допустимой скорости потока смеси.
6. Определение производительности измельчителя по материалу, исходя из часового расхода смеси, концентрации материала и необходимого количества проходов.
7. Определение мощности силовой установки измельчителя.
8. Определение удельного энергопотребления на единицу готовой продукции.

Пятая глава посвящена разработке опытного образца измельчителя ударного действия.

Описан измельчитель ударного действия разработанный согласно методике описанной в главе 4. Устройство измельчителя показано на рисунке 4. Произведен расчет основных параметров измельчителя, а также расчет его элементов на прочность.

Измельчитель имеет 2 контура помола, внутренний и внешний. Распределение материала по контурам осуществляется за счет сепарационных конусов установленных в колпаке 1. Измельчитель работает следующим образом: предварительно разделенный по крупности материал пневмотранспортом направляется во впускные патрубки измельчителя, причем материал меньшей крупности направляется в контур большего диаметра где энергия рабочих органов больше а значит и интенсивность измельчения выше, а более крупный материал попадает во внутренний контур, где энергия рабочих органов ниже.

Материал попадает в рабочие камеры измельчителя, где вращается ротор набранный из дисков 11, 12, и 13. Измельчение происходит за счет ударов бил 8 ротора которые отбрасывают частицы материала на неподвижные била статора и била закрепленные в корпусе. После измельчения материал отбрасывается центробежными силами к стенкам выпускного коллектора 3 и под действием разряжения создаваемого вакуумным насосом выносятся через выпускной патрубок.

Особенностью данной конструкции является то что в ней нет корпусных обечаек и броневых листов. Корпус, статор и ротор выполнены наборными из дисков с выборками по типу «ласточкин хвост», в которые вкладываются легкосменные била 8. Такая конструкция позволяет свободно варьировать количество ступеней измельчения добиваясь при этом получения необходимой выходной крупности материала за один проход через установку.

На конструкцию измельчителя подана заявка на изобретение № 2010/0744.1 от 04.06.2010, получено заключение о выдаче инновационного патента на изобретение № 026925 от 18.11.2010.

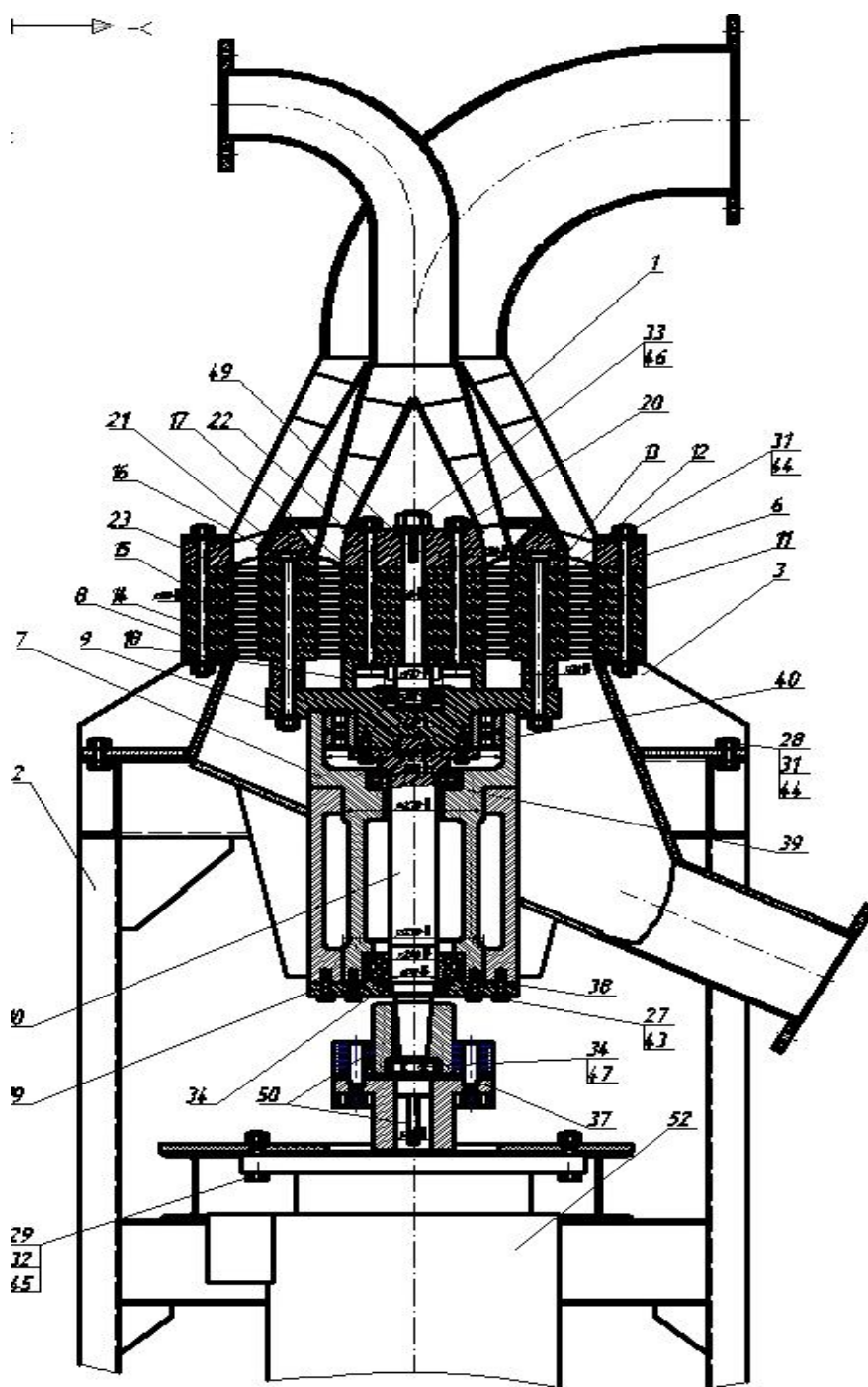


Рисунок 4 Измельчитель двухконтурный

Также был произведен расчет зависимости крупности частиц материала, от количества воздействий рабочего органа. Для расчетов был принят материал с плотностью 2630 кг/м^3 , и пределом прочности 100 МПа . Скорости рабочего органа измельчителя приняты: $100, 200, 300, 400$ и 500 м/с . Результаты расчета приведены в графике, изображенном на рисунке 5.

По результатам проведенных исследований было определено удельное энергопотребление измельчителей ударного действия, выраженное в

количестве затраченной энергии на единицу массы измельченного проукта, при росте скорости рабочего органа изменяется не значительно, и даже несколько понижается по мере возрастания скорости. Что свидетельствует о повышении эффективности процесса измельчения, с ростом скорости рабочего органа измельчителя.

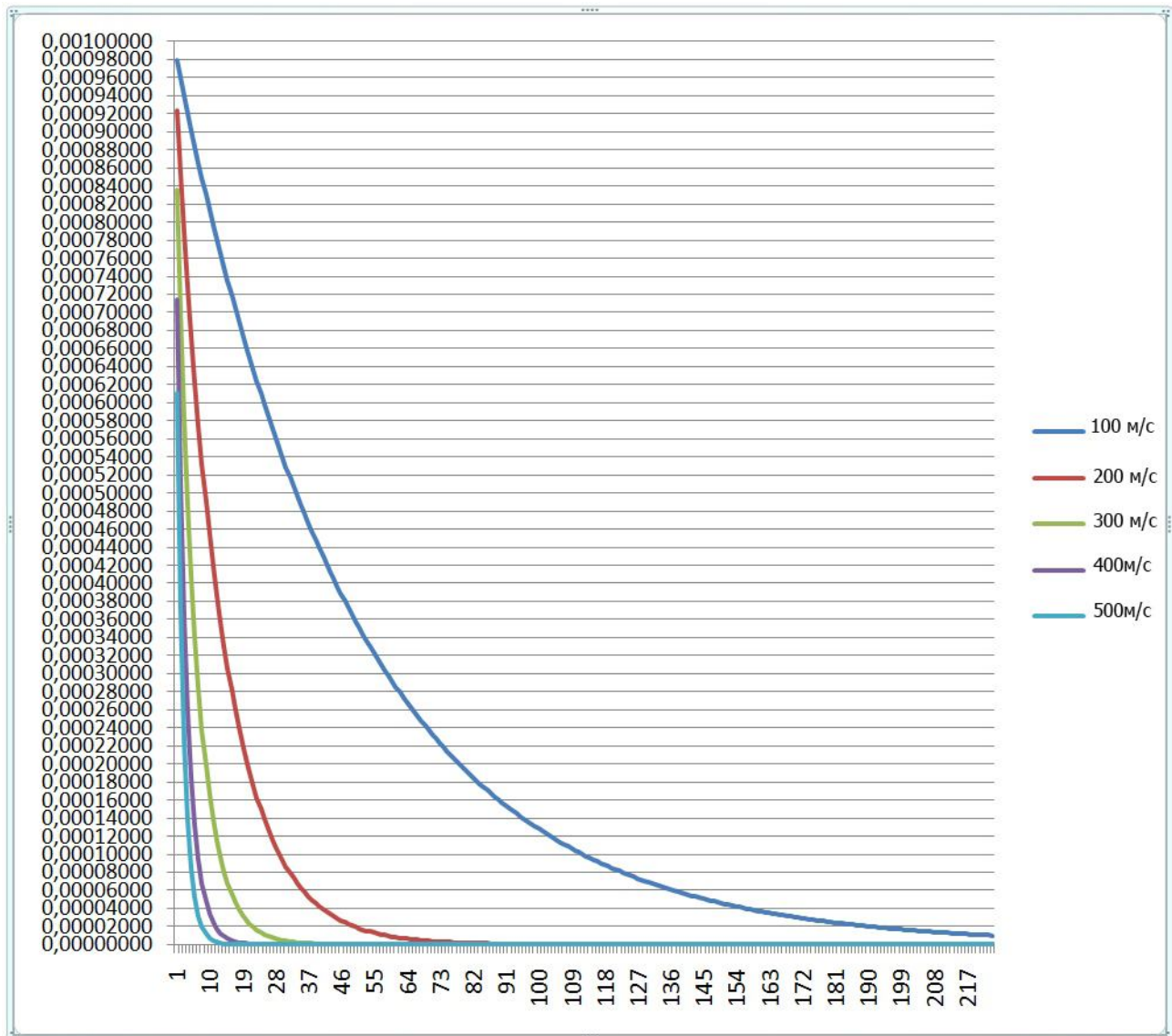


Рисунок 5

Для оценки степени точности разработанной методики расчета представленной в главе 3, было проведено сравнение характеристик существующей мельницы РВМ-22 «ФЛАТТОР» произведенной НПО «Новые Технологии» г.Санкт-Петербург и данных полученных теоретическим

расчетом, по методике выведенной в рамках данной диссертации. Исходные данные (диаметр ротора, количество бил ротора, толщина и длина рабочей части бил, входная и выходная крупность материала, частота вращения ротора) приняты идентичными данным мельницы РВМ-22 «ФЛАТТОР».

Сравнительные данные сведены в таблицу 1

Таблица 1

| Измельчитель | D ротора м | V м/с | n об/мин | Zc | L м ³ /ч | L кг/ч | N кВт | Q кВтч/т |
|------------------------------|---------------|----------|-------------|----|------------------------|-----------|----------|-------------|
| Мельница РВМ-22 «ФЛАТТОР» | 0,208 | 163,28 | 7500 | 1 | 0,038 | 100 | 22 | 220 |
| Теоретические расчеты | 0,208 | 163,28 | 7500 | 1 | 0,025 | 66,012 | 34,41 | 521,3 |

В шестой главе приводятся рекомендации по созданию измельчителей ударного действия.

В процессе проектирования, расчета и создания измельчителей ударного действия могут возникать разного рода вопросы, связанные с влиянием различных факторов, на процесс измельчения. В этой главе были приведены рекомендации которые позволят упростить процесс создания агрегатов ударного помола, а также облегчить понимание сути процессов протекающих в помольной камере измельчителей ударного действия.

Заключение.

1. В ходе работы был рассмотрен инновационный подход к процессу разрушения твердых тел ударом, основанный на свойствах деформации материалов.
2. Было проведено теоретическое исследование процессов протекающих в рабочей камере измельчителя ударного действия.
3. Разработана механико-математическая модель процесса разрушения твердых частиц ударом. Данные, описывающие протекание процесса измельчения материала, полученные в ходе работы, согласуются с результатами статистических и экспериментальных, исследований

данного вопроса, что указывает на правильность теоретических зависимостей представленных в диссертации.

4. Создана методика расчета основных параметров измельчителей ударного действия. Методика предназначена для инженеров и разработчиков, занимающихся созданием агрегатов ударного измельчения.
5. На основании полученной методики разработана опытная конструкция измельчителя ударного действия.
6. Проведено сравнение характеристик существующей мельницы, с характеристиками аналогичного образца, полученными при помощи теоретической методики разработанной в рамках исследований предусмотренных этой диссертацией. Сравнительный анализ показал что отклонения между характеристиками существующей мельницы и данными полученными расчетным путем, находятся в приемлемых пределах.
7. Выработаны рекомендации по созданию измельчителей ударного действия.

Список работ опубликованных по теме диссертации

1. Гульчеев А.Е. Гурьянов Г.А. Инновационный подход к процессу тонкого измельчения материалов и конструкция турбинной мельницы для его осуществления // Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана: Материалы IX Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 22 – 24 апреля 2009 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2009. - Ч. II.– 260 с. С. 41 – 43.
2. Гульчеев А.Е Анализ процесса сверхтонкого измельчения механических частиц с позиции выбора наилучшего разрушающего воздействия // Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана: Материалы X Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых

- ученых, 22, 23 апреля 2010 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. - Ч. II.– 294 с. С. 61 – 62.
3. Гульчеев А.Е. Гурьянов Г.А. Некоторые теоретические предпосылки для расчета разрушения твердых частиц ударом // Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана: Материалы X Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 22, 23 апреля 2010 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. - Ч. II.– 294 с. С. 63 – 64.
 4. Гульчеев А.Е. Механико-математическая модель процесса разрушения частиц при ударном воздействии // Материалы Международного симпозиума «Наноматериалы для защиты промышленных и подземных конструкций» и XI Международной конференции «Физика твердого тела» (ФТТ-XI), 9 – 12 июня 2010 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ,
 5. Гульчеев А.Е. Гурьянов Г.А. Анализ и оценка эффективности дополнительных воздействий при разрушении твердых частиц ударом // Творчество молодых – инновационному развитию Казахстана: Материалы XI Респ. науч.-техн. конф. студентов, магистрантов, аспирантов и молодых ученых, 21, 22 апреля 2011 г. – Усть-Каменогорск: ВКГТУ, 2010. - Ч. III.– 206 с. С. 56 – 57.

Андатпа

Гульчеев Александр Евгеньевич

**Сұйықтардың және газдардың ортасында механикалық бөлшектерінің
ұсақтау үрдісінің толық жетілуі**

Жұмыс барысында жабдықтардың түр өзгерту қасиеттерінде негізделген, соққымен қатты денелердің қирау үрдісіне инновациялық үйлесім қарастырылған болатын.

Екпін әрекетті ұсақтағыштың жұмыс камерасында, ағымдағы процестердің теориялық зерттеуі өткізілген болатын.

Соққымен қатты денелерді қирату үрдісінің механик-математикалық үлгісі өңделген. Жабдықтардың ұсақтау үрдісінің ағымын бейнелеген, жұмыс барысында алынған деректер, берілген сұрақтың статистикалық және эксперименталдық зерттеулердің нәтижесімен келісіледі, бұл диссертацияда ұсынылған теориялық тәуелділіктердің дұрыстығына сілтейді.

Екпін әрекетті ұсақтағыштардың негізгі параметрлерінің есептеу әдістемесі жасалған. Бұл әдістеме, соққымен ұсақтайтын агрегаттарын жасап шығарумен айналысатын инженерлер мен өңдеушілер үшін арналған.

Алынған әдістеме негізінде екпін әрекетті ұсақтағыштың тәжірибелі құрылымы өңделген.

Бар диірменнің мінездемелерін, осы диссертацияда ескерілген зерттеулер төңірегінде өңделген теориялық әдістемелердің көмегімен алынған ұқсас үлгілі мінездемелерімен салыстырмасы өткізілген. Салыстырма талдауы мыналарды көрсетті, бар диірменнің мінездемелері мен есептеу жолымен алынған деректер арасындағы ауытқулар, қолайлы шектерінде болуда.

Екпін әрекетті ұсақтағыштарды жасау бойынша кепілдемелер жасап шығарылды.

Диссертация Шығыс-Қазақстан Мемлекеттік Техникалық Университетінде орындалған.

Диссертация орыс тілінде жазылған.

SUMMARY

Gulcheev Aleksander Yevgenyevich

Improvement of Mechanical Parts Breaking Process in Fluids and Gases

Medium

In the process of work I have studied the innovative approach to the process of crushing solid bodies by a stroke based on material deformation properties.

Theoretical studying of the processes going on in the working chamber of shock action crushing machine has been done.

Mechanical-and mathematical model of solid particles crushing process by a stroke has been developed. The data describing the crushing materials process got in the process of work conform to the results of the statistic and experimental studying of the given issue. This shows the correctness of the theoretical dependences presented in the dissertation.

The methodology of calculating basic parameters of stroke action crushing machines have been created.

On the basis of the obtained methodology a pilot design of stroke action crushing machines has been developed.

I have compared the characteristics of the existing mill with the characteristics of an analogous sample got with the help of theoretical methodology worked out within the network of the research foreseen by this dissertation. The comparative analysis has shown that the deviations between the characteristics of the existing mill and the data obtained by calculating are within the admissible range.

The recommendations for design of stroke action crushing machines have been developed.

The Dissertation has been completed at D. Serikbaev East Kazakhstan State Technical University.

The Dissertation has been written in the Russian language.