

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т.Ф. Горбачева»

Кафедра обогащения полезных ископаемых

Составители
Т. Е. Вахонина
А. В. Яркова

ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ (ДРОБЛЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ)

Методические материалы к лабораторным работам

для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело,
специализации 06 Обогащение полезных ископаемых,
всех форм обучения

Рекомендовано учебно-методической комиссией
специальности 21.05.04 Горное дело,
специализации 06 Обогащение полезных ископаемых,
в качестве электронного издания
для использования в образовательном процессе

Кемерово 2025

Рецензент:

Клейн М. С. – доктор технических наук, профессор кафедры обогащения полезных ископаемых

Вахонина Татьяна Евгеньевна

Яркова Анастасия Владимировна

Подготовительные процессы обогащения (дробление, грохочение, измельчение) : методические материалы к лабораторным работам для обучающихся специальности 21.05.04 Горное дело, специализации 06 Обогащение полезных ископаемых, всех форм обучения соединений / Кузбасский государственный технический университет имени Т. Ф. Горбачева ; кафедра обогащения полезных ископаемых ; составители Т. Е. Вахонина, А. В. Яркова. – Кемерово : КузГТУ, 2025. – 1 файл (1267 Кб). – Текст : электронный.

Методические материалы содержат рекомендации по выполнению лабораторных работ, предусмотренных рабочей программой дисциплины.

© Кузбасский государственный
технический университет имени
Т. Ф. Горбачева, 2025

© Вахонина Т. Е., Яркова А. В.,
составление, 2025

ВВЕДЕНИЕ

Лабораторные работы по дисциплине «Подготовительные процессы обогащения (дробление, грохочение, измельчение)» предназначены для получения студентами практических навыков определения гранулометрических характеристик полезных ископаемых, работы с оборудованием для классификации, дробления, измельчения, а также для приобретения определенных навыков ведения исследовательской работы.

Общие требования

Прежде чем приступить к выполнению лабораторных работ, необходимо пройти инструктаж по технике безопасности, ознакомиться с порядком проведения конкретной лабораторной работы и рабочим местом, получить необходимые материалы и лабораторный инвентарь у учебного мастера или инженера. Лабораторная работа выполняется группой студентов, состоящей из 3–4 человек.

По окончании лабораторной работы необходимо убрать свое рабочее место, сдать лабораторный инвентарь и приступить к обработке и оформлению результатов работы. Отчет должен быть представлен преподавателю для проверки каждым студентом на листах формата А4, шрифт Times New Roman, размер – 14 пт, интервал полуторный, параметры страницы – верхнее 1,5 см; нижнее 2 см, слева 3 см, справа 1 см, вставка номера страницы, размером 10 пт, справа в верхнем углу листа. Отчет по лабораторной работе включает в себя: номер, название и цель работы, краткое описание теоретических положений, содержание и порядок проведения работы, оформление результатов и вывод. Образец титульного листа приведен в Приложении 1. Студент, не представивший отчет о выполненной лабораторной работе, не допускается к выполнению последующей.

Защита отчетов производится в виде устного опроса.

Студент полностью завершил лабораторный практикум, если выполнил лабораторные работы, предусмотренные рабочей программой, представил все отчеты, объяснил полученные результаты и ответил на вопросы преподавателя.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРУПНОСТИ ПОЛЕЗНЫХ ИСКОПАЕМЫХ

Обрабатываемое на обогатительной фабрике минеральное сырье (руда, горная масса) и получаемые из него продукты представляют собой сыпучие материалы с различными по размеру кусками (частицами или зернами). Размер кусков можно определить различными методами. Для эффективного обогащения полезного ископаемого и использования продуктов его переработки необходимо разделение материала по крупности. Под этим процессом понимают разделение твердой фракции на два или более продукта. Распределение зерен по классам крупности характеризует гранулометрический состав исходного сырья и продуктов обогащения. По гранулометрическому составу сыпучего материала оценивают количественное распределение составляющих его частиц по линейным размерам.

Лабораторная работа № 1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ СРЕДНЕГО РАЗМЕРА КУСКОВ РУДЫ МЕТОДОМ НЕПОСРЕДСТВЕННОГО ИЗМЕРЕНИЯ

Цель работы: практическое знакомство с определением среднего размера кусков руды.

Теоретические положения

При дроблении, измельчении и грохочении приходится иметь дело с рыхлыми смесями зерен минералов различного размера – от максимальных кусков, измеряемых сотнями миллиметров, до мельчайших частиц величиной в несколько микрометров. Большинство частиц в смеси имеют неправильную форму, и их величина может быть охарактеризована несколькими размерами. Это создает определенные трудности и вносит условности при определении крупности руды. Для практических целей желательно характеризовать величину отдельного куска одним размером, который условно называют средним диаметром (d). Диаметр кусков сферической формы принимают диаметр шара. Для кусков кубической формы за диаметр принимают длину ребра куба. Для кусков неправильной формы диаметр зависит от величин, измеряемых по трем взаимно перпендикулярным направлениям: l

– длины, b – ширины и h – высоты параллелепипеда, в который вписывается измеряемый кусок. На практике для определения среднего диаметра куса используют либо три размера, либо некоторые из них [1]:

$$d = b \text{ – ширину параллелепипеда;} \quad (1.1)$$

$$d = \frac{l+b}{2} \text{ – среднее арифметическое из двух измерений;} \quad (1.2)$$

$$d = \frac{l+b+h}{3} \text{ – среднее арифметическое из трех измерений;} \quad (1.3)$$

$$d = \sqrt{l \cdot b} \text{ – среднее геометрическое из длины и ширины;} \quad (1.4)$$

$$d = \sqrt[3]{lbh} \text{ – среднее геометрическое из длины, ширины и высоты, что соответствует ребру куба равновеликого параллелепипеда, в который вписывается данное зерно;} \quad (1.5)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h}{3}} \text{ – ребро куба, равновеликого параллелепипеда по поверхности;} \quad (1.6)$$

$$d = \sqrt[3]{\frac{3 \cdot l \cdot b \cdot h}{l \cdot b + l \cdot h + b \cdot h}} \text{ – ребро куба, эквивалентного параллелепипеда по удельной поверхности (среднее гармоническое)} \quad (1.7)$$

Формулу для вычисления среднего диаметра выбирают в зависимости от способа измерений и целей, для которых подсчитывают диаметр куса. Так, с помощью сит получают один размер куса, т. е. применима формула (1.1). Формулы (1.2) и (1.4) используются при определении двух размеров, например, под микроскопом. Для крупных кусков определяют все три размера и применяют формулы (1.3), (1.5), (1.6) и (1.7). Перечисленные способы используют для определения диаметров отдельных кусков. При грохочении для массовых определений размера зерен руды за их диаметр принимают размер наименьшего квадратного отверстия сита, через которое это зерно может пройти.

Оборудование и материалы: куски руды, штангенциркуль, линейка, микрокалькулятор.

Порядок выполнения работы

Для определения среднего диаметра куса из массы руды отбирают 3 образца и измеряют их по трем взаимно перпендикулярным направлениям. Затем по этим данным вычисляют средний диаметр каждого куса по формулам (1.3), (1.5) – (1.7). Результаты замеров и вычислений заносят в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Результаты измерений и расчетов среднего диаметра зерен руды

| Номер образца | Размеры, мм | | | Значение среднего диаметра (мм) по формулам | | | |
|---------------|-------------|-----|-----|---|-----|-----|-----|
| | l | b | h | 1.3 | 1.5 | 1.6 | 1.7 |
| 1–3 | | | | | | | |

Обработка и оформление результатов

1. Необходимо произвести замеры образцов материала и результаты занести в таблицу
2. Произвести расчет среднего диаметра по предложенным формулам
3. Сделать вывод по выполненной работе.

Контрольные вопросы

1. Перечислить методы определения гранулометрического состава сыпучих материалов.
2. Дать определение среднему диаметру зерна и перечислить способы его нахождения.
3. Дать характеристику основным понятиям: класс крупности, выход класса крупности, размер максимального куска, шкала грохочения или классификации, модуль шкалы классификации.

Лабораторная работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА РУДЫ МЕТОДОМ СИТОВОГО АНАЛИЗА

Цель работы: освоить методику ситового анализа, научиться строить характеристики крупности и описывать их математически.

Теоретические положения

Гранулометрический состав – это количественная характеристика угля по линейным размерам кусков (т. е. по крупности) в сыпучей массе. Для определения гранулометрического состава применяют ситовый, седиментационный, микроскопический методы и метод непосредственного измерения. Контроль процессов дробления, грохочения и измельчения осуществляется путем

определения гранулометрического состава руды с помощью ситового анализа. Для этого от руды по действующему стандарту отбирают часть ее, называемую пробой, и подвергают расसेву на ситах с постепенно уменьшающимися размерами отверстий. В результате получают несколько продуктов – классов крупности, в которых размер частиц ограничен размерами отверстий двух смежных сит.

Последовательный ряд значений величин отверстий сит (от больших к меньшим), применяемых при грохочении, называется шкалой грохочения или классификации.

Модулем шкалы классификации называется отношение размеров отверстий предыдущих сит к размеру отверстий последующих.

Оборудование и материалы: исходная руда, емкости для проб, весы технические с разновесами, набор сит, механический встряхиватель, делитель металлический, лопатки, лист для разделки проб, щетка.

Порядок выполнения работы

Для отбора пробы предварительно производится перемешивание руды по методу кольца и конуса на листе, установленном на лабораторном столе. Руда сначала рассыпается в виде кольца, затем формируют в конус, ссыпая руду небольшими порциями в центр кольца. Затем конус разравнивают в диск равномерной толщины и разделяют с помощью делителя на четыре равных сектора. В пробу отбирают руду из двух противоположно лежащих сектора, взвешивают с точностью до 0,1 г. Записывают массу пробы.

Составляют набор сит с последовательно уменьшающимися отверстиями, начиная с самого крупного (наверху). Нижнее сито вставляют в поддон. Проба высыпается на верхнее сито. Крышка закрывается. Набор сит устанавливают в механический встряхиватель и рассевают в течение 5 минут. Окончание рассева контролируют следующим путем: берут последнее сито из набора и просеивают материал на сите вручную. Если за 1 минуту контрольного рассева через сито проходит менее 1 % его остатка на сите, то рассев считается законченным. По истечении времени рассева аппарат отключают, снимают набор сит, пересыпают каждый класс крупности на отдельный лист бумаги. Затем опре-

деляют массу каждого класса на технических весах с точностью до 0,1 г. Результаты взвешивания записывают в таблицу, столбец 2.

Определяют суммарную массу полученных классов. Если она отличается от массы исходной навески не более чем на 2 %, то результаты опыта обрабатываются. Сумма масс навесок всех классов принимается за 100 %. Если расхождение больше 2 %, опыт переделывается.

По результатам взвешивания каждого класса определяют их выход с точностью до 0,1 % (столбец 3, табл. 2.1):

$$\gamma_i = Q_i \cdot 100 / Q_{\text{исх}}, \quad (2.1)$$

где γ_i – выход класса, %; Q_i – масса класса, г; $Q_{\text{исх}}$ – масса исходной пробы, г.

Подсчитывают сумму выходов и корректируют до 100 % за счет классов с наибольшим выходом. Результаты заносятся в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Результаты ситового анализа руды

| Крупность класса, мм | Масса класса Q_i , г | Выход класса $\gamma_{i\text{,}}$ % | Суммарная характеристика | | | |
|----------------------|------------------------|-------------------------------------|--------------------------|----------------------|---------------|----------------------|
| | | | по «плюсу» | | по «минусу» | |
| | | | Крупность, мм | Суммарный выход, % ↓ | Крупность, мм | Суммарный выход, % ↑ |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| | | | | | | |
| Всего | | 100 | | | | |

Значения, рассчитанные по формуле (2.1), представляют частный выход или выход отдельных классов, т.е. это масса одного класса, между двумя смежными ситами, выраженная в процентах от общей массы, анализируемой пробы. Для наглядности и удобства пользования гранулометрический состав руды изображают графически в виде кривых характеристик крупности. Строится частная характеристика крупности в прямоугольной системе координат. По оси абсцисс откладывают размер отверстий сит, применявшихся при ситовом анализе, а по оси ординат – выходы соответствующих классов в процентах. Ординаты, определяющие выходы отдельных классов, строят либо на меньшем,

либо на большем из диаметров, ограничивающих данный класс. Можно использовать для построения абсциссу, соответствующую среднему арифметическому двух крайних диаметров. Точки соединяют прямыми линиями.

Далее по выходам отдельных классов необходимо построить график, который в статистике называют столбиковой диаграммой. Она состоит из прямоугольников, высота которых является выходом класса, а основание – интервалом крупности классов.

Таким образом, на одном рисунке получим три графика и одну диаграмму, представляющие собой частные характеристики крупности.

Затем определяют суммарный выход по «плюсу» (т.е. выход классов крупнее отверстий данного сита) и суммарный выход по минусу (т.е. выход классов мельче отверстий данного сита) и заносят в столбцы 5 и 7 (стрелками \downarrow и \uparrow показан порядок заполнения соответствующих столбцов).

Суммарные характеристики крупности строят в прямоугольных координатах: суммарный выход (по оси ординат) – диаметр отверстий сит (по оси абсцисс). По результатам, представленным в табл. 2.1, строят графики зависимости $y = f(d)$ по «плюсу» и по «минусу». Контролем правильности построения характеристики крупности являются их граничные точки и точка пересечения, при условии построения в одной системе координат. Характеристика крупности по «плюсу» должна пересекать ось ординат в точке, соответствующей 100 %, а ось абсцисс в точке, соответствующей крупности максимальных кусков. Характеристика крупности по «минусу» должна выходить из начала координат, а ордината, соответствующая максимальной крупности, равна 100 %. Кривые крупности по «плюсу» и по «минусу» должны пересекаться в точке, соответствующей суммарному выходу, равному 50 %.

При построении суммарных характеристик в широком диапазоне крупности зерен отрезки на оси абсцисс в области мелких классов получают весьма малого размера, что затрудняет построение и использование характеристик. В этом случае суммарные характеристики крупности строят в системе координат с полулогарифмической или логарифмической шкалами. Полулога-

рифмическую суммарную характеристику крупности строят в системе координат $(\log x; y)$, где $x = d$ – размер отверстий сита; y – суммарный выход классов.

В полулогарифмической системе координат расстояние между соседними значениями величин отверстий сит на оси абсцисс в области мелких классов увеличивается, а в области крупных – уменьшается, что позволяет точнее отсчитать выходы мелких классов при обычном размере графика.

Логарифмическую суммарную характеристику крупности необходимо строить в системе координат $(\log x; \log y)$, где $x = d$ – размер отверстий сит; y – суммарный выход классов. Данная характеристика позволяет в некоторых случаях установить закономерности распределения в материале зерен по крупности. Следует иметь в виду, что $\log 0 = -\infty$, поэтому кривая крупности не пересекается с осью ординат. Логарифмическая характеристика строится по данным таблицы 2.2.

Таблица 2.2

Данные для построения логарифмической
суммарной характеристики крупности

| Крупность класса, мм | $\log x$ | Суммарный выход по «минусу», % | $\log y$ |
|-------------------------|----------|-----------------------------------|----------|
| | | | |
| | | | |

Если логарифмическая суммарная характеристика по «минусу» прямолинейна, то для такого материала гранулометрический состав можно представить уравнением прямой линии в логарифмических координатах:

$$\log y = k \cdot \log x + \log A, \quad (2.2)$$

где y – суммарный выход классов мельче отверстий сита (по «минусу»); k – коэффициент, равный тангенсу угла наклона прямой; x – размер отверстий сита; A – отрезок, отсекаемый прямой на оси ординат.

Переходя к антилогарифмам, получаем уравнение Годена–Андреева [1, 2]:

$$y = A \cdot x^k. \quad (2.3)$$

Величина показателя k определяет степень изгиба кривой характеристики по «плюсу». Она будет при $k > 1$ – выпуклой, при $k < 1$ – вогнутой, при $k = 1$ – прямой. Следовательно, по величине показателя k можно судить о преобладании в материале крупных или мелких зерен.

Величина параметра A при данном показателе k зависит от диаметра максимального куска x_{\max} . Тогда из уравнения (2.3) при $x = x_{\max}$, $y = 100$ %:

$$A = 100/x_{\max}^k. \quad (2.4)$$

Значение показателя k находят следующим образом. На логарифмической характеристике выбирают две точки, соответствующие двум наиболее удаленным диаметрам кусков, и определяют показатель k как тангенс угла наклона прямой:

$$k = (\log y_2 - \log y_1)/(\log x_2 - \log x_1). \quad (2.5)$$

Параметр A определяют подстановкой значения k в уравнение (2.4). Для определения средневзвешенного диаметра смеси ($D_{\text{ср}}$) с учетом гранулометрической характеристики (по частным выходам, γ_i), полученной в результате ситового анализа, можно использовать выражение [1]:

$$D_{\text{ср}} = \frac{\sum_1^n \gamma_i d_i}{\sum_1^n \gamma_i} \quad (2.6)$$

$$D_{\text{ср}} = \frac{\gamma_1 d_1 + \gamma_2 d_2 + \dots + \gamma_n d_n}{\gamma_1 + \gamma_2 + \dots + \gamma_n} \quad (2.7)$$

где $\gamma_1 \dots \gamma_n$ – выход классов, %; $d_1 \dots d_n$ – среднеарифметические диаметры соответствующих классов, мм.

Обработка и оформление результатов

1. По результатам заполнения и расчета таблицы 2.1 построить частные и суммарные характеристики крупности в простых и логарифмических координатах.

2. Пользуясь графиком, определить выходы любых других промежуточных классов, отсутствующих по результатам ситового анализа (значения классов крупности задает преподаватель).

3. Найти численные значения всех коэффициентов в уравнении характеристики крупности для исследуемого сыпучего материала (формулы 2.4–2.5) и записать уравнение (формула 2.3).

4. Определить расчетное значение средневзвешенного диаметра исследуемой смеси зерен (формула 2.6–2.7).

5. Сделать вывод по работе, в котором должна содержаться информация:

- о распределении в материале крупных кусков и мелких зерен по характеру кривой по «плюсу» (выпуклая, вогнутая, прямолинейная);
- анализ полученного уравнения.

Контрольные вопросы

1. *Дать определение непрерывному, разовому и мокрому рассевам.*
2. *Изложить методику проведения ситового анализа.*
3. *Что понимают под характеристиками крупности сыпучего материала? Дать определение частной и суммарной характеристикам крупности.*
4. *Назначение и область применения уравнений Годена–Андреева, Розина–Раммлера.*
5. *Физический смысл коэффициентов в уравнении Годена–Андреева.*

ГРОХОЧЕНИЕ

Грохочение – процесс разделения сыпучих материалов на классы крупности путем просеивания через одно или несколько сит, или классификация материала на просеивающих поверхностях.

Зерна (куски) материала, размер которых больше размера отверстий сита, остаются при просеивании на сите, а зерна меньших размеров проваливаются через отверстия.

Материал, поступающий на грохочение, называется *исходным продуктом*, остающийся на сите – *надрешетным (верхним) продуктом*, проваливающийся через отверстия сита – *подрешетным (нижним) продуктом*.

При последовательном просеивании материала на n ситах получают $(n + 1)$ продуктов. В этом случае один из продуктов предыдущего просеивания служит исходным материалом для последующего просеивания.

Последовательный ряд абсолютных значений величин отверстий сит (от больших к меньшим), применяемых при грохочении, называется *шкалой грохочения или классификации*.

Модуль шкалы классификации – постоянное отношение размера отверстий предыдущих сит к размеру отверстий последующих. Например, для шкалы классификации 100; 50; 25; 12,5; 6,25 мм модуль равен 2.

Размер d наибольших зерен (кусков) подрешетного продукта, также, как и размер наименьших кусков надрешетного продукта, условно принимают равным величине отверстий сита, через которое производится просеивание материала, т. е. $d = l$. Соответственно обозначают: подрешетный продукт $-l$ (минус l) или $-d$ (минус d); надрешетный продукт $+l$ (плюс l) или $+d$ (плюс d).

Материал, прошедший через сито с отверстиями l_1 и оставшийся на сите с отверстиями l_2 , причем $l_2 < l_1$ называется *классом*. Крупность класса обозначают следующими тремя способами: $-l_1 + l_2$ (минус l_1 , плюс l_2) или $-d_1 + d_2$; $l_1 - l_2$ или $d_1 - d_2$; $l_2 - l_1$ или $d_2 - d_1$. Например, класс $-25 + 10$ мм, класс $20 - 10$ мм, класс $10 - 25$ мм. Из приведенных способов обозначения крупности классов наиболее широко применяют первый и третий, обязательный для применения при грохочении углей.

Операции грохочения широко применяют на обогатительных фабриках и сортировках, в промышленности строительных материалов, химической и многих других отраслях промышленности.

По технологическому назначению различают четыре вида операций грохочения:

– *вспомогательное грохочение*, применяемое в схемах дробления исходного материала, в том числе *предварительное* (перед дробилкой), *контрольное*, или *поверочное* (после дробилки), и *совмещенное*, когда обе операции соединяют в одну;

– *подготовительное грохочение* – для отсева материала на несколько классов крупности, предназначенных для последующей раздельной обработки;

– *самостоятельное грохочение* – для выделения классов, представляющих собой готовые, отправляемые потребителю продукты (сорта); эту операцию также называют механической сортировкой;

– *обезвоживающее грохочение* (обесшламливание на грохотах) – для удаления основной массы воды, содержащейся в руде после ее промывки, или для отделения суспензии от конечных продуктов.

Лабораторная работа № 3

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ПЛОСКОГО КАЧАЮЩЕГОСЯ ГРОХОТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО КОНСТРУКТИВНЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цель работы: ознакомиться с конструкцией плоского качающегося грохота, определить его конструктивные и технологические характеристики.

Теоретические положения

Устройство, предназначенное для реализации процесса грохочения, называется грохотом. По принципу действия грохоты различных типов аналогичны: просеивание мелких классов через отверстия происходит при движении, подвергаемого грохочению, материала по просеивающей поверхности. Перемещение материала осуществляется под действием силы тяжести (гравитационное перемещение), вибраций сита (вибрационное перемещение), а также струи жидкости (гидравлическое перемещение). Различие между грохотами состоит, главным образом, в способе перемещения просеиваемого материала, который, в свою очередь, зависит от конструкции грохота.

Грохоты характеризуются следующими главными особенностями:

– характером движения просеивающей поверхности или способом перемещения материала;

- геометрической формой просеивающей поверхности и конструкцией ее элементов;
- расположением просеивающей поверхности относительно горизонтальной плоскости.

Основным показателем, характеризующим процесс грохочения, является эффективность грохочения, зависящая от ряда факторов. К ним относятся: насыпная плотность, геометрическая форма и относительный размер зерен, влажность материала, гранулометрический состав, форма отверстий просеивающей поверхности, размер поверхности грохочения, высота слоя материала, угол наклона просеивающей поверхности, скорость движения зерен по просеивающей поверхности, питание грохота, амплитуда и частота колебаний короба.

По условиям работы грохота операции грохочения подразделяют на несколько видов соответственно крупности наибольших кусков в исходном питании и размерам отверстий просеивающих поверхностей. В зависимости от этих условий различают крупное, среднее, мелкое, тонкое и особо тонкое грохочение.

Конструкция просеивающей поверхности зависит от технологического назначения и условий его работы.

Оборудование и материалы: плоский качающийся грохот, линейка, штангенциркуль, тахометр, угломер.

Порядок выполнения работы

1. Ознакомиться с лабораторной установкой (рис. 3.1). Начертить схему грохота и составить спецификацию основных узлов и деталей.
2. Определить тип просеивающей поверхности.
3. Определить размеры просеивающей поверхности и вычислить ее площадь.
4. Определить размеры отверстий и их шаг.
5. Начертить эскиз просеивающей поверхности с обозначением всех размеров (рис. 3.2).
6. Определить коэффициент живого сечения просеивающей поверхности.

Коэффициент живого сечения L представляет собой отношение площади, занятой отверстиями, ко всей площади поверхности, выраженное в процентах.

В нашем случае при расчете живого сечения просеивающей поверхности определяют количество отверстий (n) и их общую площадь на части просеивающей поверхности грохота. Например, выбирают размер площади 100 мм × 100 мм.

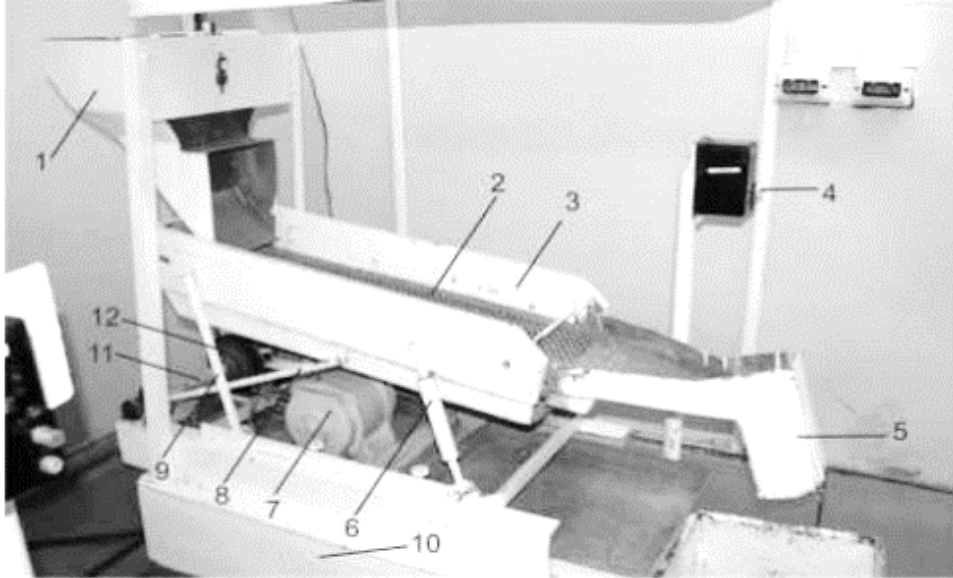


Рис. 3.1. Плоский качающийся грохот: 1 – загрузочный бункер; 2 – просеивающая поверхность; 3 – короб грохота; 4 – пускатель; 5 – разгрузочный желоб; 6 – винтовой регулятор угла наклона; 7 – электродвигатель; 8 – жесткая кинематическая передача; 9 – стойка; 10 – фундамент; 11 – горизонтальный вал с эксцентриками; 12 – шкив привода клиноременной передачи

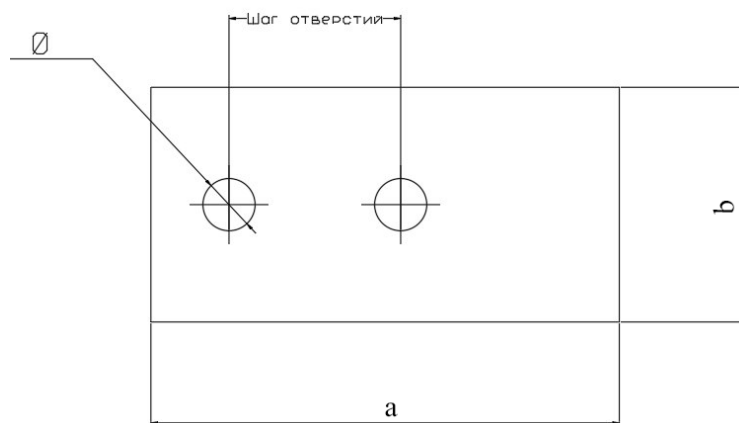


Рис. 3.2. Эскиз просеивающей поверхности

7. Найти размер квадратной ячейки эквивалентной, круглому отверстию просеивающей поверхности грохота.

Пересчет на квадратные ячейки производится в соответствии с принципом С. Е. Андреева, исходя из условия приближи-

тельной эквивалентности площадей круга ($F_1 = \pi \cdot d^2/4$) и квадрата со стороной a ($F_1 = a^2$), т. е.:

$$\pi \cdot d^2/4 = a^2 \quad (3.1)$$

откуда

$$a = 0,88 \cdot d \quad (3.2)$$

8. Определить число качаний грохота при помощи тахометра.

9. Вычислить амплитуду качаний грохота.

Для этого необходимо измерить диаметры приводного вала (CD) и эксцентриковой втулки (AB), нарисовать их эскиз (рис. 3.3) с обозначением всех размеров и определить численное значение эксцентриситета (смещение осей O_1O_2).

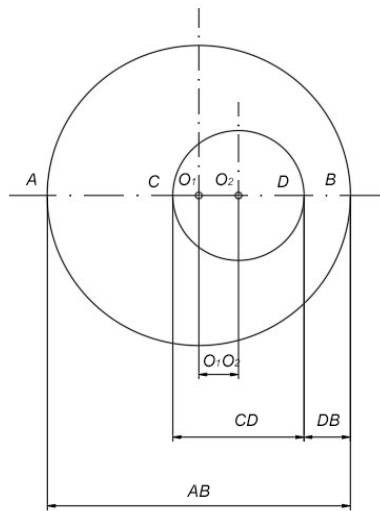


Рис. 3.3. Эскиз приводного вала и эксцентриковой втулки

10. Найти пределы изменения угла наклона короба грохота при помощи угломера.

11. Определить теоретическую скорость перемещения материала по сити плоского качающегося грохота:

$$\vartheta = 0,21 f \cdot n \cdot r \cdot \sin \alpha, \quad (3.3)$$

где ϑ – скорость перемещения материала по сити, м/с; f – коэффициент трения материала по сити (0,3–0,45); n – число качаний грохота в минуту; r – эксцентриситет, м; α – угол наклона опор к вертикали, град.

12. Отобрать три куса руды максимального размера. Определить на практике среднюю скорость движения материала по сити при минимальном и максимальном углах наклона просеивающей поверхности грохота.

13. Определить теоретическую производительность грохота.

Производительность плоского качающегося грохота, определяют по формуле

$$Q = 3600 \cdot B \cdot h \cdot \vartheta \cdot k \cdot \rho, \text{ т/ч}, \quad (3.4)$$

где B – ширина сита грохота, м; h – высота слоя материала на сите, м (высоту слоя материала на грохоте принимают равной размеру максимального куска исходного материала); ϑ – скорость перемещения материала по ситам, м/с; ρ – плотность материала в монолите (для руды средней твердости $\delta = 2,7 \text{ т/м}^3$); k – коэффициент разрыхления материала на сите (0,4–0,6).

Обработка и оформление результатов

Необходимо провести все измерения и расчеты согласно пунктам 1–13. Составить техническую характеристику грохота в виде табл. 3.1.

Таблица 3.1

Техническая характеристика грохота

| Размеры отверстий сита грохота, мм | Коэффициент живого сечения сита, % | Пределы угла наклона короба, град. | Площадь просеивающей поверхности, мм ² | Амплитуда колебаний короба, мм | Теоретическая производительность грохота, т/ч |
|------------------------------------|------------------------------------|------------------------------------|---|--------------------------------|---|
| | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Назвать виды операций грохочения при обогащении полезных ископаемых?
2. Перечислить виды просеивающей поверхности грохотов. Назвать области их применения.
3. Дать определение коэффициенту живого сечения просеивающей поверхности грохота.
4. Перечислить факторы, определяющие износ сит.
5. Дать определение «трудным», «затрудняющим» и «легким» зернам.
6. Дать определение эффективности грохочения.
7. Назовите факторы, влияющие на эффективность процесса грохочения.

Лабораторная работа № 4

ВЫБОР И РАСЧЕТ ВИБРАЦИОННЫХ ГРОХОТОВ

Цель работы: обучение выбору и расчету грохотов.

Теоретические положения

При проектировании обогатительных фабрик размеры грохотов выбирают по ориентировочным усредненным показателям их производительности.

В основу расчета принимают производительность грохота по исходному материалу или подрешетному продукту в кубических метрах в час на 1 м^2 площади сита при данном размере отверстий. Конкретные условия грохочения учитываются введением ряда коэффициентов, зависящих от характеристики крупности исходного материала, эффективности грохочения, формы зерен, способа грохочения (сухое и мокрое) и других условий.

Обычно расчет грохотов проводят для определения необходимой площади F просеивающей поверхности по заданной производительности Q технологического процесса при необходимой эффективности грохочения E . После определения необходимой площади F просеивающей поверхности по каталожным данным и конструктивным параметрам подбирают марку грохота.

Зачастую необходимо проводить расчет уже имеющегося грохота. В этом случае по заданной просеивающей поверхности F имеющегося грохота определяют его производительность Q .

Выбор и расчет односитных вибрационных грохотов

Для грохочения руды перед дробилкой среднего дробления применяют инерционные наклонные грохоты и грохоты самобалансные, так как они более надежны в эксплуатации в тяжелых условиях работы. В основу расчета этих типов грохотов положены практические данные усредненной производительности q по исходному материалу на единицу площади грохочения (площадь сита) при данном размере отверстия сита (Приложение 2).

Конкретные условия грохочения учитываются поправочными коэффициентами. Массовая производительность грохота по исходному материалу определяется по формуле

$$Q = F \cdot q \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p, \quad (4.1)$$

где F – рабочая площадь сита, м^2 ; Q – количество материала, поступающего на грохот, т/ч ; q – удельная производительность грохота, $\text{м}^3/\text{ч}$; δ – насыпная плотность грохотимого материала, т/м^3 ; k, l, m, n, o, p – поправочные коэффициенты, определяемые из данных, приведенных в приложении 3.

Для уточнения расчета можно дополнительно ввести поправку к удельной производительности на коэффициент живого сечения, на форму отверстий рабочей поверхности и на направление вращения приводного вала [1, 2].

Поправка на живое сечение L для руд $K_{\text{ж.с.}} = L/50$; для легких материалов с насыпной плотностью менее $0,8 \text{ т/м}^3$ $K_{\text{ж.с.}} = L/60$. Если в целях повышения эффективности грохочения принято обратное направление вращения приводного вала (против наклона грохота), то следует уменьшить производительность и скорость подачи, введя коэффициент направления $K_{\text{напр}} = 0,9$.

Существует два способа расчета вибрационных и гирационных грохотов. Первый, когда рассчитывается необходимая общая площадь грохочения F и по ней определяется число грохотов n выбранного размера с известной рабочей площадью сита f для обеспечения заданной производительности.

Из формулы 4.2 имеем, что общая площадь грохочения для заданной производительности определяется по уравнению

$$F = \frac{Q}{q \cdot \delta \cdot k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p}. \quad (4.2)$$

Если размер отверстия сита имеет промежуточное значение, то удельную производительность определяют интерполяцией:

$$q = q_1 + \frac{q_2 - q_1}{d_2 - d_1} (d_{\text{расч}} - d_1), \quad (4.3)$$

где q – удельная производительность, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$, соответствующая расчетному значению размера отверстия просеивающей поверхности; d_1 и d_2 – ближайшее меньшее и большее значения размера отверстий сита; q_1 и q_2 – соответствующие значения удельной производительности; $d_{\text{расч}}$ – размер отверстия просеивающей поверхности, принятой в проекте.

По каталожным таблицам подбирают подходящий условиям грохот и рабочую площадь просеивающей поверхности.

Количество грохотов n для второй стадии дробления определяют из отношения площадей:

$$n = F/f, \quad (4.4)$$

где f – площадь просеивающей поверхности выбранного грохота, м^2 .

При втором способе расчета по формуле 2 вычисляют производительность грохота Q выбранного размера и по ней определяют число грохотов для обеспечения заданной производительности:

$$n = Q_{\text{исх}}/Q. \quad (4.5)$$

Предпочтительнее первый вариант расчета.

Производительность двухситных вибрационных грохотов рассчитывается по верхнему и нижнему ситам. Эффективная рабочая площадь нижнего сита принимается равной $0,7F$ ввиду неполного использования его, так как питание на сито поступает не только в начале сита, но и по всей его длине.

Оборудование и материалы: каталоги оборудования, калькулятор, миллиметровка, линейка.

Порядок выполнения работы

1. Рассчитать необходимую площадь просеивающей поверхности односитного грохота (согласно варианта), подобрать марку грохота по каталожным данным и определить число грохотов заданного типоразмера для обеспечения требуемой производительности. Необходимые данные для расчета приведены в приложении 3 и 4.

Порядок расчета следующий:

1.1. По приложению 2 находим удельную производительность односитного грохота q .

1.2. По предложенным данным (приложение 3) построить суммарную характеристику по «+» для определения значений коэффициентов для сита с размером отверстий α_1 и заданных условий грохочения (рис. 4.1).

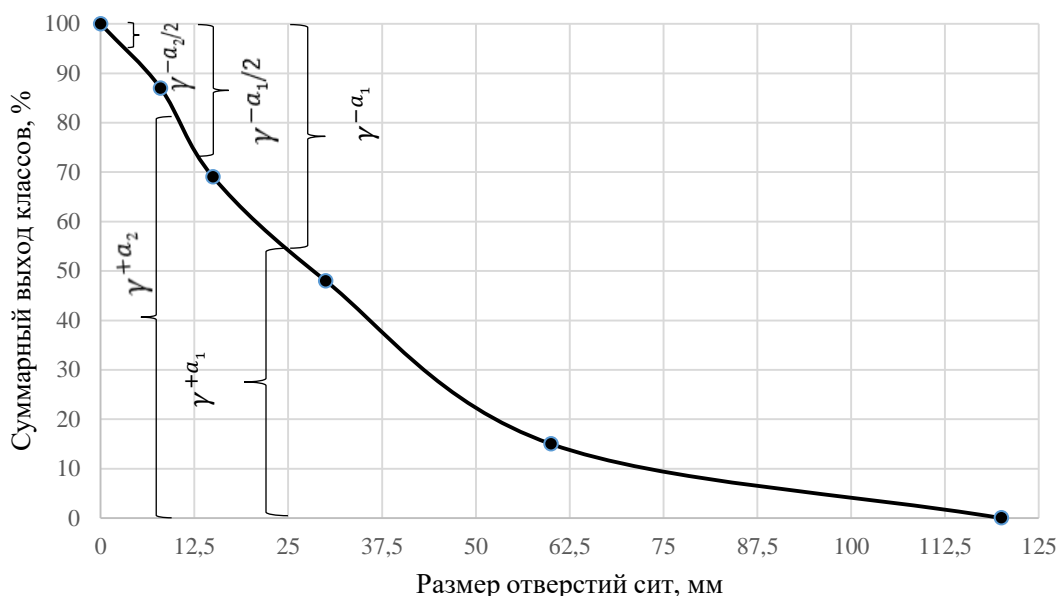


Рис. 4.1. Суммарная характеристика крупности по «плюсу» (для расчета грохота)

По величине $\gamma^{-a_1/2}$ определяем значение коэффициента k , а по величине γ^{+a_1} по приложению 3 определяем значение коэффициента l .

1.3. По формуле 4.3 рассчитать необходимую площадь просеивающей поверхности односитного грохота, подобрать марку грохота по каталожным данным и определить число грохотов заданного типоразмера для обеспечения требуемой производительности (приложение 4) по формуле 4.5.

1.4. Проверяем выбранный грохот по производительности, для этого по формуле 4.2. определяем расчетное значение Q , при этом f – площадь просеивающей поверхности выбранного грохота берем из каталожных данных. Число грохотов рассчитываем по формуле 4.6. Полученное значение n округляем до целого числа.

2. Согласно варианту рассчитать необходимую площадь просеивающей поверхности двухситного грохота, подобрать марку грохота по каталожным данным и определить число грохотов заданного типоразмера для обеспечения требуемой производительности. Необходимые данные для расчета приведены в Приложении 5.

Порядок расчета следующий:

2.1. Рассчитывают общую необходимую площадь грохочения и число грохотов выбранного размера по верхнему сити (для верхнего сита берем α_1 , а для нижнего α_2). По приложению 2 находим удельную производительность грохота q по верхнему сити.

По построенной суммарной кривой гранулометрического состава по плюсу (рис 4.1) определяют в исходном питании долю частиц крупностью менее половины размера отверстия сита (откладываем на графике $\alpha_1/2$) и выход избыточных частиц (откладываем на кривой α_1). По приложению 3 находим коэффициенты m и n , а также остальные. Рассчитывают площадь верхнего сита:

$$F_{\text{верх}} = \frac{Q_{\text{исх}}}{q \cdot \delta \cdot (k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p)_{\text{верх}}} \quad (4.6)$$

Число грохотов рассчитывают по формуле

$$n_{\text{верх}} = \frac{F_{\text{верх}}}{f} \quad (4.7)$$

2.2. После этого определяют общую площадь грохочения и число грохотов выбранного размера по нижнему сити, учитывая, что на нижнее сито поступает не весь исходный материал, а только нижний продукт верхнего сита с другой характеристикой крупности. Кроме того, он распределяется по всей поверхности нижнего сита, а поступает не только в начале его, как это имеет место на верхнем сите. Выход материала, поступающего на нижнее сито, учитывая эффективность грохочения по классу α_1 , составит

$$\gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_1} = \frac{\gamma^{-\alpha_1} \cdot E_{\text{верх}}}{100}, \quad (4.8)$$

$$\gamma^{-\alpha_1} = 100 - \gamma^{+\alpha_1}. \quad (4.9)$$

Эффективность грохочения по классу $-\alpha_2$ и $-\alpha_2/2$ на верхнем сите можно принять равной 100%, тогда содержание классов $+\alpha_2$ и $-\alpha_2/2$ по отношению к поступающему на нижнее сито материалу составит

$$\gamma_{\text{исх}}^{+\alpha_2} = \frac{\gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_1} - \gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_2}}{\gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_1}} \cdot 100; \quad (4.10)$$

$$\gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_2/2} = \frac{\gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_2/2}}{\gamma_{\text{исх}}^{-\alpha_1}} \cdot 100, \quad (4.11)$$

где $\gamma_{исх}^{-\alpha_1}$, $\gamma_{исх}^{+\alpha_2}$ и $\gamma_{исх}^{-\alpha_2/2}$ – содержание классов $-\alpha_1$, $+\alpha_2$ и $-\alpha_2/2$ в исходном материале, поступающем на грохот (на верхнее сито), доли единицы, значение этих величин находят по характеристике крупности исходного материала; α_1 и α_2 – размеры отверстий соответственно верхнего и нижнего сита, мм.

По полученным значениям $\gamma_{исх}^{+\alpha_2}$ и $\gamma_{исх}^{-\alpha_2/2}$ определяем по приложению 3 коэффициенты k и l .

2.3. Рассчитываем эффективную рабочую площадь нижнего сита:

$$F_H = \frac{Q_{исх} \cdot \gamma_{исх}^{-\alpha_1}}{q \cdot \delta \cdot (k \cdot l \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p)_H}, \quad (4.12)$$

По приложению 2 находим удельную производительность грохота q для нижнего сита с размером α_2 .

Для определения расчетной площади нижнего сита эффективную рабочую площадь следует увеличить с учетом коэффициента 0,7. Таким образом, расчетная площадь нижнего сита составит:

$$F = F_H / 0,7. \quad (4.13)$$

Грохот выбирается по наибольшей площади сита.

Считаем число грохотов:

$$n_H = \frac{F}{f} = \frac{F_H}{0,7 f}. \quad (4.14)$$

2.4. Вычисляют производительность грохота Q выбранного размера и по ней определяют число грохотов для обеспечения заданной производительности:

$$Q_B = F \cdot q_B \cdot \delta \cdot k_B \cdot l_B \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p; \quad (4.15)$$

$$n_B = Q_{исх} / Q_B; \quad (4.16)$$

$$Q_H = F \cdot q_H \cdot \delta \cdot k_H \cdot l_H \cdot m \cdot n \cdot o \cdot p; \quad (4.17)$$

$$n_H = Q_{исх} \cdot \gamma_{исх}^{-\alpha_1} / Q_H. \quad (4.18)$$

2.5. После проведенного расчета по обоим ситам (верхнему и нижнему) к установке принимают большее число грохотов.

Следует помнить, что число грохотов определяется по количеству нижнего продукта верхнего сита, а не производительности операции грохочения по исходному материалу.

Во второй стадии дробления желательно иметь по одному грохоту на дробилку, это облегчает конструктивное решение узла «грохот-дробилка». Если количество грохотов получится больше числа дробилок, можно принять два грохота на дробилку или уменьшить эффективность грохочения и вновь произвести перерасчет грохотов.

Обработка и оформление результатов

Необходимо провести все измерения и расчеты согласно пунктам 1–2 сначала для односитного грохота, а затем для двухситного. Сделать выводы по работе.

Контрольные вопросы

1. *Как определяется необходимая площадь просеивающей поверхности?*
2. *Как подбирается марка грохота?*
3. *Как рассчитывается производительность грохота?*
4. *Как определяются коэффициенты при расчете производительности или площади грохота?*

ДРОБЛЕНИЕ

Дроблением называется процесс уменьшения размеров кусков полезных ископаемых путем разрушения их действием внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления, связывающие между собой частицы твердого вещества. Сущность процесса дробления заключается в разъединении зерен различных минералов, содержащихся в полезном ископаемом, тесно переплетенных и сросшихся между собой. Чем полнее раскрываются минералы при дроблении, тем успешнее последующее обогащение полезного ископаемого. Для дробления применяют дробилки.

Процесс дробления может быть подготовительными операциями (например, на обогатительных фабриках перед обогащением полезного ископаемого) или иметь самостоятельное значение (дробление угля перед коксованием и т. д.).

Дробимый материал отличается большим разнообразием, как по прочности, так и по размеру кусков. Требования, предъяв-

ляемые к дробленому продукту, также разнообразны. Поэтому имеется большое количество конструкций дробильных машин, вызванное стремлением приспособить дробильные машины к свойствам дробимого материала и требованиям, предъявляемым к продукту дробления. Однако, несмотря на разнообразие конструкций дробилок, количество методов или способов разрушения материала (т. е. видов разрушающей силы на куски дробимого материала) весьма невелико. Основными из них являются: раздавливание, раскалывание, удар, частично истирание, излом, срезывание. Кроме того, можно применять комбинацию из двух или более методов. Довольно часто раскалыванию и раздавливанию сопутствует излом.

Для характеристики прочностных свойств горных пород существует общий показатель (коэффициент) крепости, разработанный проф. М. М. Протоджяконовым. По шкале, им разработанной, все горные породы делятся на 10 категорий, характеризующихся коэффициентом крепости от 0,3 для самых слабых, плавучих грунтов до 20 для наиболее прочных кварцитов и базальтов.

Крупность зерен, до которой надо дробить исходный материал перед обогащением, определяется размером вкрапленности полезных минералов и процессом, принятым для обогащения данного ископаемого. Эта крупность устанавливается опытным путем при исследовании обогатимости каждого полезного ископаемого.

Обычно используют сухой способ дробления. В тех случаях, когда горная масса содержит глину, применяют мокрое дробление.

При дроблении не следует допускать переизмельчения материала, так как это ухудшает результаты обогащения и удорожает процесс. Необходимо соблюдать принцип «не дробить ничего лишнего».

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ЩЕКОВОЙ ДРОБИЛКИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Цель работы: ознакомиться с конструкцией щековой дробилки, определить ее конструктивные и технологические характеристики.

Теоретические положения

Щековые дробилки чаще всего применяют для крупного дробления твердых и средней твердости полезных ископаемых. Степень дробления в щековых дробилках $i = 3 \div 5$. В дробилках материал раздавливается между двумя щеками, из которых одна неподвижная, а другая подвижная – качающаяся.

Щековые дробилки разделяются на два основных типа: с простым ЩДП (рис. 5.1) и сложным ЩДС (рис. 5.2) движением щеки.

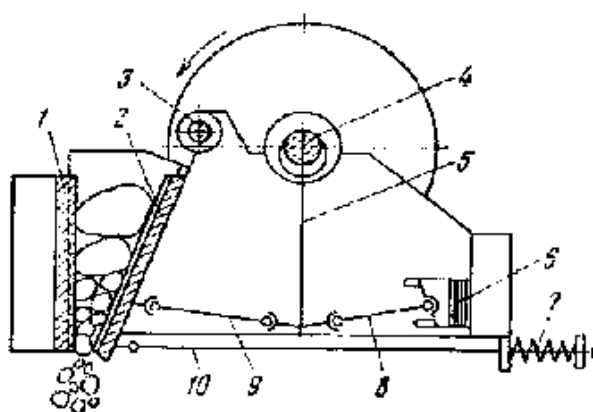


Рис 5.1. Щековая дробилка с простым движением щеки:

1 – неподвижная щека; 2 – подвижная щека; 3 – ось подвеса подвижной щеки; 4 – эксцентриковый вал; 5 – шатун; 6 – механизм изменения ширины выпускной щели; 7 – пружина, оттягивающая щеку при обратном ходе; 8, 9 – распорные плиты; 10 – штанга

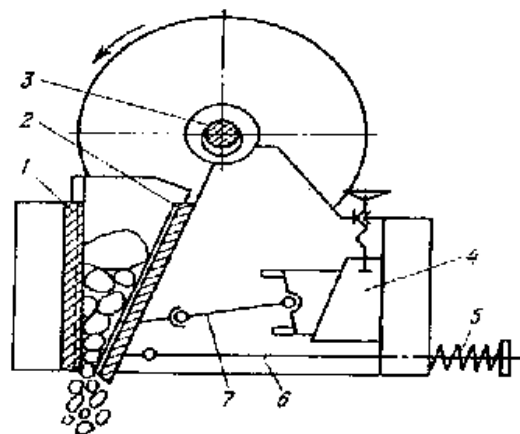


Рис 5.2. Щековая дробилка со сложным движением щеки:

1 – неподвижная щека; 2 – подвижная щека; 3 – эксцентриковый вал; 4 – механизм изменения ширины выпускной щели; 5 – пружина, оттягивающая щеку при обратном ходе; 6 – штанга; 7 – распорная плита

Оборудование и материалы: щековая дробилка, тахометр, линейка, пластилин.

Порядок выполнения работы

1. После ознакомления с конструкцией дробилки определить ее тип. 2. Начертить принципиальную схему дробилки, включив основные детали и узлы дробилки, составить спецификацию.

3. Ознакомиться со способом регулировки разгрузочной щели дробилки.

4. Начертить схему движения щеки при вращении приводного вала с указанием положений, в которых ширина загрузочного (B) и разгрузочного (b) отверстий будут иметь максимальные и минимальные значения. Установить какая часть оборота приводного вала будет соответствовать рабочему или холостому ходу дробилки при перемещении $A \rightarrow B$, $B \rightarrow \Gamma$, $\Gamma \rightarrow A$ и дополнить схему (рис. 5.3).

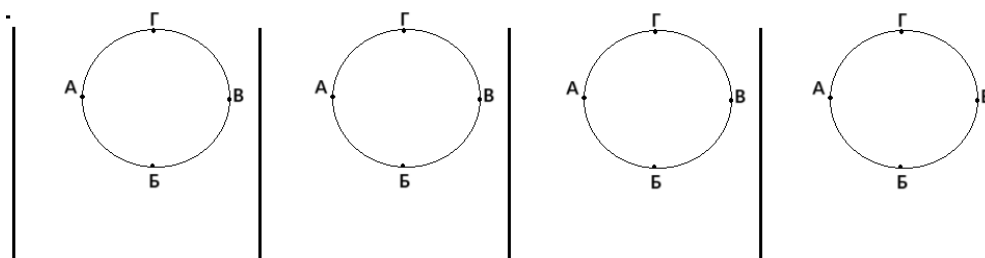


Рис. 5.3. Схема движения щеки при вращении приводного вала

5. Определить размеры приемного отверстия дробилки: длину, ширину, высоту.

6. Размер выпускной щели (разгрузочного отверстия) задает преподаватель. Ширину разгрузочного отверстия можно установить путем замера толщины куска пластины, пропущенного через дробилку. Ход щеки S определяют, как разность значений максимального b_{\max} и минимального b_{\min} размеров щели при двух крайних положениях щеки:

$$S = b_{\max} - b_{\min}. \quad (5.1)$$

Проверить полученное значение, учитывая, что ход щеки пропорционален ширине приемного отверстия [4]:

$$S = 0,054B. \quad (5.2)$$

7. Начертить схему для определения угла захвата (используя учебную литературу). Определить его значение из выражения:

$$a = \arctg \left[\frac{B - b_{\min}}{H} \right], \quad (5.3)$$

где a – угол захвата, град; B – ширина загрузочного отверстия, см; H – высота рабочей камеры, см; b_{\min} – минимальный размер разгрузочной щели, см.

8. Определить практическую степень дробления. Для этого отбирают три максимальных по крупности куса руды и пропускают через дробилку (ширина разгрузочной щели задается пре-подавателем).

Для определения размера кусков вычисляют средний диаметр до дробления и после, для этого измеряют величины по трем взаимно перпендикулярным направлениям: l – длины, b – ширины и h – высоты параллелепипеда, в который вписывается измеряемый кусок. Результаты измерений заносят в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Результаты измерений и расчетов среднего диаметра зерен руды

| Размер щели, мм | Номер образца | Размер зерна, мм | | | | | | | | Степень дробления i |
|-----------------|---------------|------------------|-----|-----|-----|-----------------|-----|-----|-----|-----------------------|
| | | до дробления | | | | после дробления | | | | |
| | | A | B | C | D | a | b | c | d | |
| | 1 | | | | | | | | | |
| | 2 | | | | | | | | | |
| | 3 | | | | | | | | | |
| | | $D_{\max} =$ | | | | $d_{\max} =$ | | | | |

Максимальный размер зерен до и после дробления определяют по формуле

$$d = \frac{l+b+h}{3}. \quad (5.4)$$

9. Определить теоретическую степень дробления, учитывая, что $D_{\max} = 0,85B$ и $b_{\max} = 0,8d_{\max}$:

$$i = D_{\max}/d_{\max}. \quad (5.5)$$

10. Измерить при помощи тахометра число оборотов вала дробилки и определить число качаний в минуту подвижной щеки. Если это невозможно по каким-либо причинам, определить теоретическое число качаний щеки из выражения [1, 2]:

$$n = \frac{182,6}{\sqrt{B}}, \quad (5.6)$$

где n – число качаний в минуту подвижной щеки, об/мин; B – ширина приемного отверстия, м.

11. Производительность щековой дробилки определяют по эмпирической формуле:

$$Q \approx 0,1L \cdot b_{\max}, \quad (5.7)$$

где Q – производительность дробилки, т/ч; L – длина загрузочного отверстия, см; b_{\max} – заданная максимальная ширина выходной щели, см.

Обработка и оформление результатов

Необходимо провести все измерения и расчеты согласно пунктам 1–11 сначала для щековой дробилки с простым движением щеки, затем для щековой дробилки со сложным движением щеки. Все найденные характеристики каждой дробилки сводят в табл. 5.2 соответственно.

Таблица 5.2

Техническая характеристика щековой дробилки

| Тип дробилки | Размер загрузочного отверстия $B \times L$, мм | Размер разгрузочного отверстия, мм | | H , мм | S , мм | n , об/мин | | Q , т/ч |
|--------------|---|------------------------------------|------------|----------|----------|---------------|--------------|-----------|
| | | b_{\min} | b_{\max} | | | теоретическое | практическое | |
| | | | | | | | | |

Контрольные вопросы

1. Дать определение процессам дробления и измельчения.
2. Назначение операций дробления.
3. Перечислить основные способы разрушения материала при дроблении.
4. Дать определение степени дробления или измельчения.
5. Перечислить законы дробления. Назвать область применения каждого закона.
6. Дать определение углу захвата щековых дробилок.
7. Для чего предназначена футеровка камеры дробления?
8. Назвать особенности футеровки щековых дробилок.
9. Назвать способы предохранения щековых дробилок от поломок.
10. Изложить порядок запуска и остановки щековых дробилок.

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ВАЛКОВОЙ ДРОБИЛКИ

Цель работы: ознакомиться с конструкцией валковой дробилки, определить ее конструктивные и технологические характеристики.

Теоретические положения

Валковые дробилки непрерывного действия работают в основном по принципу раздавливания и раскалывания материала, находящегося в рабочем пространстве между вращающимися гладкими, рифлеными или зубчатыми валками. Эти дробилки не переизмельчают материал.

Для крупного и среднего дробления применяют зубчатые дробилки. Для среднего и мелкого дробления применяют дробилки с гладкими или рифлеными валками (рис. 6.1). Степень дробления 3–6, иногда до 10. Валковые дробилки отличаются простотой конструкции, надежностью работы, удобством обслуживания и ремонта. К недостаткам относятся низкая производительность, быстрый и неравномерный износ футеровки валков.

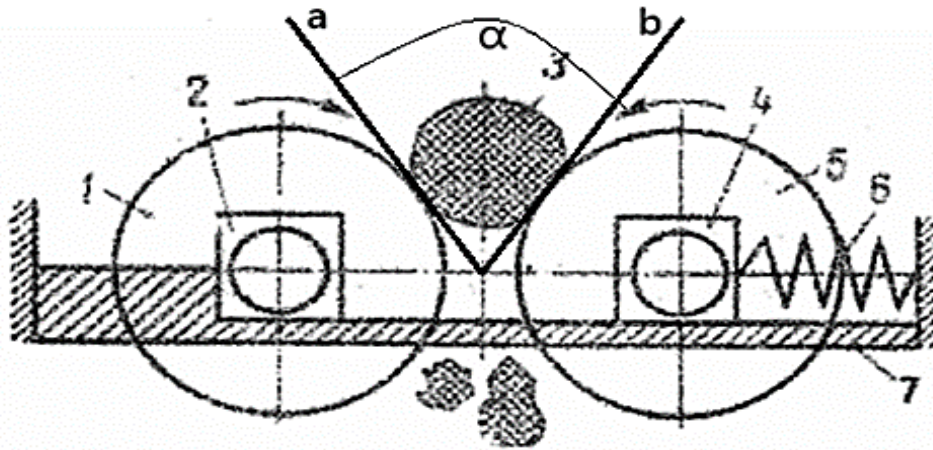


Рис. 6.1. Двухвалковая дробилка с гладкими валками ДВГ $D \times L$:
 1, 5 – гладкие валки; 2, 4 – подшипники; 3 – дробимый материал;
 6 – пружина; 7 – направляющие рамы; a, b – касательные, проведенные
 к точкам соприкосновения поверхности валков с дробимым материалом;
 α – угол, образованный касательными a, b

Оборудование и материалы: валковая дробилка с гладкими валками, линейка, штангенциркуль.

Порядок выполнения работы

1. После ознакомления с конструкцией валковой дробилки начертить принципиальную схему машины с указанием размеров и спецификацией основных частей.

2. Определить фактическое число оборотов каждого валка с помощью тахометра или предельное число оборотов валков (n , об/мин) по формуле проф. Л. Б. Левенсона:

$$n = 616 \sqrt{\frac{f}{\delta \cdot d \cdot D}}, \quad (6.1)$$

где δ – плотность материала в монолите, т/м³ (для руды средней твердости $\delta = 2,7$ т/м³); f – коэффициент трения между рудой и футеровкой валков (0,2÷0,3); d – диаметр максимального куса исходной руды, см; D – диаметр валка, см.

При выборе валковых дробилок с гладкими валками считают, что диаметр валка должен быть больше диаметра максимального куса в 20 раз [1].

4. Отношение между диаметром валков и диаметром максимального куса руды можно определить из выражения

$$2r = [2R(1 - \cos \alpha) + s] / \cos \alpha, \quad (6.2)$$

где s – расстояние между валками, см; α – угол захвата валковой дробилки, град.

При сдвинутых вплотную валках формула (6.2) примет вид

$$2r = [2R(1 - \cos \alpha)] / \cos \alpha. \quad (6.3)$$

Произвести необходимые преобразования формулы (6.2) для определения угла захвата α .

5. Окружную скорость гладких валков (ϑ , м/с) определяют по формуле

$$\vartheta = \frac{\pi \cdot D \cdot n}{60}, \quad (6.4)$$

где D – диаметр валка, м; n – частота вращения валков, об/мин.

Действующие практические рекомендациям для валков диаметром меньше 1000 мм: $v < 5$ м/с [4].

6. Теоретическая производительность валковой дробилки Q , т/ч, определить по формуле [5]

$$Q = 60\pi \cdot n \cdot D \cdot L \cdot s \cdot \mu \cdot \delta, \quad (6.5)$$

где μ – коэффициент разрыхления руды (0,24–0,40); δ – насыпная плотность руды, 1,6 т/м³; L – длина валков, м; D – диаметр вал-

ков, м; n – частота вращения валков, об/мин; s – ширина щели между валками, м. При расчете производительности по формуле (6.5) установленную ширину щели между валками увеличивают на 20–30 %, учитывая неизбежное их раздвигание.

Обработка и оформление результатов

Необходимо провести все измерения и расчеты согласно пунктам 1–6, а также выполнить эскизы с проставлением размеров и спецификации. Все найденные характеристики валковой дробилки сводятся в табл. 6.1.

Таблица 6.1

Техническая характеристика валковой дробилки

| Диаметр валка, мм | Длина валка, мм | Теоретическая частота вращения валков, об/мин | Производительность, т/ч |
|-------------------------|--------------------|---|----------------------------|
| | | | |

Контрольные вопросы

1. Виды валковых дробилок, применяемых для дробления руды.
2. Назвать область применения валковых дробилок.
3. Способы разрушения материала в валковых дробилках различного типа.
4. Перечислить преимущества и недостатки валковых дробилок.
5. Дать определение углу захвата валковых дробилок.

ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ

Измельчением называются процессы уменьшения размеров кусков полезных ископаемых путем разрушения их действием внешних сил, преодолевающих внутренние силы сцепления, связывающие между собой частицы твердого вещества. Сущность процессов измельчения заключается в разъединении зерен различных минералов, содержащихся в полезном ископаемом, тесно переплетенных и сросшихся между собой. Чем полнее раскрываются минералы при дроблении, тем успешнее последующее обогащение полезного ископаемого. Принципиального различия между процессами измельчения и дробления нет – для измельчения применяют мельницы, а для дробления – дробилки.

Процессы измельчения могут быть подготовительными операциями (например, на обогатительных фабриках перед обогащением полезного ископаемого) или иметь самостоятельное значение (измельчение угля перед пылевидным его сжиганием и т. д.).

Крупность зерен, до которой надо измельчать исходный материал перед обогащением, определяется размером вкрапленности полезных минералов и процессом, принятым для обогащения данного ископаемого. Эта крупность устанавливается опытным путем при исследовании обогатимости каждого полезного ископаемого.

Измельчение производят в большинстве случаев мокрым способом. Сухое измельчение применяют лишь тогда, когда добавка воды нежелательна: приготовление пылевидного топлива, если продукт измельчения подвергается сухому обогащению и др.

Лабораторная работа № 7 **ИЗУЧЕНИЕ КОНСТРУКЦИИ ШАРОВОЙ МЕЛЬНИЦЫ**

Цель работы: изучить конструкцию шаровой мельницы и определить ее конструктивные характеристики.

Теоретические положения

На обогатительных фабриках и в рудоподготовительных отделениях металлургических предприятий применяются вращающиеся барабанные мельницы. Вращающиеся барабанные мельницы представляют собой пустотелый барабан, закрытый торцевыми крышками, заполненный определенным количеством измельчающих тел и вращающийся вокруг горизонтальной оси. При вращении барабана измельчающие тела благодаря трению увлекаются внутренней поверхностью барабана и поднимаются на некоторую высоту, затем свободно падают или перекатываются вниз. При этом измельчение частиц материала происходит ударом падающих измельчающих тел, истиранием и раздавливанием частиц между телами. Разгрузка измельченного материала производится либо через центральное отверстие в разгрузочной крышке, либо через решетку со щелевидными или круглыми отверстиями, либо через отверстия на конце цилиндрической части барабана.

В зависимости от формы барабана различают мельницы цилиндрические и цилиндроконические. Первые, в свою очередь, классифицируются на три типа: короткие, длинные и трубные. К коротким мельницам относятся такие, у которых длина барабана меньше или равна его диаметру; к длинным – у которых длина барабана больше одного, но меньше трех его диаметров; к трубным – мельницы с длиной барабана больше трех его диаметров.

В зависимости от вида измельчающей среды различают мельницы шаровые, стержневые, галечные, рудно-галечные, самоизмельчения и полусамомельчения.

Оборудование: лабораторная шаровая мельница.

Порядок выполнения работы

1. Начертить принципиальную схему мельницы и составить спецификацию основных узлов и деталей, описать принцип действия (согласно варианту).

2. Определить критическую скорость вращения барабана шаровой мельницы, массу дробящей нагрузки по данным табл. 7.1 (вариант задается преподавателем).

Таблица 7.1

Исходные данные для расчета

| Вариант | Тип мельницы | Размеры мельницы $D \times L$ | n , об/мин | φ , % | V_m , м ³ | q , т/(ч·м ³) | $Q_{шт}$, т/ч | Содержание расчетного класса – 0,074 мм | |
|---------|--------------|-------------------------------|--------------|---------------|------------------------|-----------------------------|----------------|---|----------------------------|
| | | | | | | | | в исходном $\beta_{и}$ | в измельченном $\beta_{к}$ |
| 1 | МШЦ | 900×1800 | 40,0 | 30 | 0,9 | 0,9 | 198 | 5 | 60 |
| 2 | МШР | 2100×3000 | 24,4 | 35 | 8,8 | 0,98 | 315 | 7 | 65 |
| 3 | МШР | 3600×5000 | 45,0 | 40 | 18,1 | 1,05 | 358 | 6 | 63 |
| 4 | МСЦ | 3600×5500 | 13,7 | 35 | 49 | 1,3 | 400 | 5 | 60 |
| 5 | МГР | 5500×7500 | 13,6 | 60 | 57 | 1,45 | 450 | 8 | 54 |
| 6 | МШЦ | 3600×5500 | 18,1 | 35 | 48 | 1,15 | 363,3 | 10 | 60 |
| 7 | МГР | 4000×7500 | 17,4 | 55 | 51 | 1,36 | 425 | 8 | 60 |

3. Критическая частота вращения барабана определяется по формуле

$$n_{кр} = \frac{30}{\sqrt{R}}, \quad (7.1)$$

где $n_{кр}$ – критическая частота вращения барабана, об/мин; R – внутренний радиус барабана мельницы при снятой футеровки, м.
где n – частота вращения барабана, об/мин.

4. Определить какую долю (Ψ) от критической скорости составляет частота вращения барабана, n :

$$\Psi = \frac{n}{n_{кр}}. \quad (7.2)$$

5. Определить массу дробящей нагрузки, согласно варианту:

$$M_{ш.н.} = 3,61 \cdot \varphi \cdot D^2 \cdot L; \quad (7.3)$$

$$M_{с.н.} = 4,9 \cdot \varphi \cdot D^2 \cdot L; \quad (7.4)$$

$$M_{г.н.} = 1,53 \cdot \varphi \cdot D^2 \cdot L, \quad (7.5)$$

где $M_{ш.н.}$, $M_{с.н.}$, $M_{г.н.}$ – масса шаровой, стержневой, галечной нагрузок, т; φ – степень заполнения дробящими телами (шарами, стержнями или галькой) объема мельницы, доли единицы; D – внутренний диаметр барабана мельницы при снятой футеровке, м; L – длина барабана мельницы, м.

6. Определить производительность мельниц Q_m и их число n_m :

$$Q_m = \frac{q \cdot V_m}{\beta_k - \beta_{и}}, \quad (7.6)$$

$$n_m = \frac{k \cdot Q_{шт}}{Q_m} \quad (7.7)$$

где V_m – объем барабана мельницы, м³; q – удельная производительность мельницы по расчетному классу, т/(ч·м³); $\beta_{и}$ и β_k – содержание расчетного класса крупности в исходном и измельченном продуктах, доли ед.

Контрольные вопросы

1. По каким параметрам производят классификацию барабанных мельниц?
2. В чем заключается назначение футеровки барабанных мельниц (цапф, торцевых крышек, цилиндрической части)?
3. Представить принципиальную схему шаровой мельницы с центральной разгрузкой, мельницы с разгрузкой через решетку и стержневой мельницы. В чем заключается различие между ними?
4. Какая частота вращения барабана мельницы называется критической? Перечислить скоростные режимы работы мельниц.

5. Изложить преимущества и недостатки процесса самоизмельчения.
6. Перечислить преимущества и недостатки сухого измельчения руды.
7. Требования, предъявляемые к мелющим телам.

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Андреев, С. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учебник для вузов / С. Е. Андреев, В. М. Зверевич, В. А. Перов. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1980. – 415 с.
2. Перов, В. А. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учеб. пособие для вузов / В. А. Перов, С. Е. Андреев, Л. Ф. Биленко. – 4-е изд. перераб. и доп. – Москва : Недра, 1990. – 301 с.
3. Серго, Е. Е. Дробление, измельчение и грохочение полезных ископаемых : учебник для вузов. – Москва : Недра, 1985. – 285 с.
4. Справочник по обогащению руд. Подготовительные процессы / под ред. О. С. Богданова, В. А. Олевского. – 3-е изд., перераб. и доп. – Москва : Недра, 1982. – 366 с.
5. ГОСТ 2093-82. Топливо твердое. Ситовый метод определения гранулометрического состава. Введ. 01.01.1983. – Москва : Издательство стандартов, 1982, переиздание: ИПК Издательство стандартов, 2001. – 20 с. – Текст : непосредственный.

Приложение 1

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра обогащения полезных ископаемых

Лабораторная работа № _____
(Название лабораторной работы)

по дисциплине
**ПОДГОТОВИТЕЛЬНЫЕ ПРОЦЕССЫ ОБОГАЩЕНИЯ
(ДРОБЛЕНИЕ, ГРОХОЧЕНИЕ, ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ)**

Выполнил: студент гр.
ФИО _____
Преподаватель:
ФИО _____

Кемерово _____

Приложение 2

Удельная производительность вибрационных грохотов q
на 1 м^2 поверхности сита размером отверстий l

| Размер отверстий сита l , мм | Средняя производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$ | Размер отверстий сита l , мм | Средняя производительность, $\text{м}^3/\text{ч}$ |
|--------------------------------|---|--------------------------------|---|
| 0,16 | 1,9 | 13 | 22 |
| 0,2 | 2,2 | 16 | 24,5 |
| 0,3 | 2,5 | 20 | 28 |
| 0,4 | 2,8 | 25 | 31 |
| 0,5 | 3,0 | 30 | 33,5 |
| 0,6 | 3,2 | 40 | 37 |
| 0,8 | 3,5 | 50 | 42 |
| 1 | 4,0 | 60 | 46 |
| 2 | 5,5 | 70 | 50 |
| 3 | 7,5 | 80 | 55 |
| 5 | 11 | 100 | 63 |
| 6 | 13 | 150 | 90 |
| 10 | 19 | 200 | 110 |

Приложение 3

Поправочные коэффициенты к формуле 4.1 для расчета грохотов

| | | | | | | | | | | |
|---|---------------------------------------|------|--------------------|------|---------------|------|--|------|-------|------|
| Содержание в исходном материале зерен размером менее половины размера отверстий сита, % | 0 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Коэффициент <i>k</i> | 0,4 | 0,5 | 0,6 | 0,8 | 1,0 | 1,2 | 1,4 | 1,6 | 1,8 | 2,0 |
| Содержание в исходном материале зерен размером более размера отверстий сита, % | 10 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 |
| Коэффициент <i>l</i> | 0,94 | 0,97 | 1,00 | 1,03 | 1,09 | 1,18 | 1,32 | 1,55 | 2,00 | 3,36 |
| Эффективность грохочения, % | 40 | 50 | 60 | 70 | 80 | 90 | 92 | 94 | – | – |
| Коэффициент <i>m</i> | 2,3 | 2,1 | 1,9 | 1,65 | 1,35 | 1,0 | 0,9 | 0,8 | – | – |
| Форма зерен (кроме угля) | дробленый материал, угловатая, ровный | | | | | | округленная (например, морская галька) | | уголь | |
| Коэффициент <i>n</i> | 1,0 | | | | | | 1,25 | | 1,5 | |
| Влажность материала | для отверстий сита менее 25 мм | | | | | | для отверстий сита более 25 мм | | | |
| | сухой | | влажный | | комкующийся | | в зависимости от влажности | | | |
| Коэффициент <i>o</i> | 1,0 | | 0,75–0,85 | | 0,2–0,6 | | 0,9–1,0 | | | |
| Грохочение сухое или мокрое | для отверстий сита менее 25 мм | | | | | | для отверстий сита более 25 мм | | | |
| | сухое | | мокрое с орошением | | | | любое | | | |
| Коэффициент <i>p</i> | 1,0 | | 1,25–1,40 | | | | 1,0 | | | |
| Угол наклона грохота к горизонту, % * | 6 | 8 | 10 | 12 | 14 | 15 | 16 | 18 | 22 | 30 |
| K _α | 0,29 | 0,39 | 0,5 | 0,61 | 0,73 | 0,8 | 0,86 | 1,0 | 1,37 | 2 |
| Форма отверстий сита* | квадратные | | круглые | | прямоугольные | | | | | |
| | | | | | 2:1 | | 3:1 | | 4:1 | |
| K _l | 1 | | 0,8 | | 1,15 | | 1,20 | | 1,25 | |

*для уточнения расчета можно ввести поправки на дополнительные коэффициенты.

Приложение 4

Характеристика крупности исходного материала

| Вариант | Крупность класса, мм | | | | |
|---------|-------------------------|-------------------------|------------------------|-----------------------|----------------------|
| | выход класса, % | | | | |
| 1 | $\frac{-120 + 60}{15}$ | $\frac{-60 + 30}{33}$ | $\frac{-30 + 15}{21}$ | $\frac{-15 + 8}{18}$ | $\frac{-8 + 0}{13}$ |
| 2 | $\frac{-300 + 150}{10}$ | $\frac{-150 + 75}{25}$ | $\frac{-75 + 40}{18}$ | $\frac{-40 + 20}{32}$ | $\frac{-20 + 0}{15}$ |
| 3 | $\frac{-100 + 50}{10}$ | $\frac{-50 + 25}{25}$ | $\frac{-25 + 12}{20}$ | $\frac{-12 + 6}{30}$ | $\frac{-6 + 0}{20}$ |
| 4 | $\frac{-100 + 60}{10}$ | $\frac{-60 + 40}{18}$ | $\frac{-40 + 20}{15}$ | $\frac{-20 + 10}{20}$ | $\frac{-10 + 0}{37}$ |
| 5 | $\frac{-120 + 60}{15}$ | $\frac{-60 + 30}{10}$ | $\frac{-30 + 15}{25}$ | $\frac{-15 + 8}{35}$ | $\frac{-8 + 0}{15}$ |
| 6 | $\frac{-150 + 100}{5}$ | $\frac{-100 + 50}{15}$ | $\frac{-50 + 25}{20}$ | $\frac{-25 + 12}{25}$ | $\frac{-12 + 0}{35}$ |
| 7 | $\frac{-250 + 125}{25}$ | $\frac{-125 + 60}{20}$ | $\frac{-60 + 30}{10}$ | $\frac{-30 + 15}{20}$ | $\frac{-15 + 0}{25}$ |
| 8 | $\frac{-300 + 150}{20}$ | $\frac{-150 + 75}{23}$ | $\frac{-75 + 30}{27}$ | $\frac{-30 + 15}{12}$ | $\frac{-15 + 0}{18}$ |
| 9 | $\frac{-400 + 200}{13}$ | $\frac{-200 + 100}{12}$ | $\frac{-100 + 50}{20}$ | $\frac{-50 + 25}{25}$ | $\frac{-25 + 0}{30}$ |
| 10 | $\frac{-300 + 150}{10}$ | $\frac{-150 + 75}{18}$ | $\frac{-75 + 30}{22}$ | $\frac{-30 + 15}{30}$ | $\frac{-15 + 0}{20}$ |

Приложение 5

Исходные данные для расчета односитного грохота

| Вариант | $Q_{\text{исх}},$ т/ч | $\delta, \text{т/м}^3$ | $\alpha, \text{мм}$ | $f, \text{м}^2$ | Условия грохочения | | | | Тип грохота |
|---------|--------------------------|------------------------|---------------------|-----------------|--------------------|---------------------|---------------------|----------------|---------------|
| | | | | | $E, \%$ | Форма зерен | Влажность материала | Вид грохочения | |
| 1 | 350 | 1,1 | 25 | 4,5 | 80 | уголь | влажный | мокрое | самобалансный |
| 2 | 400 | 1,1 | 50 | 8,0 | 85 | уголь | влажный | мокрое | инерционный |
| 3 | 400 | 1,6 | 15 | 4,5 | 90 | дробленный материал | сухой | сухое | самобалансный |
| 4 | 500 | 1,1 | 25 | 10,0 | 90 | уголь | сухой | сухое | самобалансный |
| 5 | 600 | 1,6 | 25 | 8,0 | 75 | дробленный материал | влажный | мокрое | самобалансный |
| 6 | 700 | 1,8 | 10 | 7,875 | 90 | дробленный материал | сухой | сухое | самобалансный |
| 7 | 750 | 1,1 | 12 | 6,125 | 70 | уголь | сухой | сухое | инерционный |
| 8 | 800 | 1,1 | 12 | 6,125 | 75 | уголь | влажный | сухое | инерционный |
| 9 | 800 | 1,6 | 75 | 4,5 | 80 | дробленный материал | сухой | сухое | инерционный |
| 10 | 1000 | 1,7 | 20 | 6,125 | 95 | дробленный материал | влажный | сухое | инерционный |

Приложение 6

Исходные данные для расчета двухситного грохота

| Вариант | $Q_{\text{исх}}, \text{ Т/ч}$ | $\delta, \text{ Т/м}^3$ | Размер от- верстий си- та, мм | | $f, \text{ м}^2$ | Условия грохочения | | | | | Тип грохота |
|---------|-------------------------------|-------------------------|-------------------------------------|------------|------------------|--------------------------------|---------|------------------------|------------------------|---------------------|---------------|
| | | | α_1 | α_2 | | Эффективность грохочения, % | | Форма зерен | Влажность материала | Вид грохо- чения | |
| | | | | | | верхнего | нижнего | | | | |
| 1 | 350 | 1,1 | 25 | 12 | 3,125 | 90 | 90 | уголь | влажный | сухое | инерционный |
| 2 | 400 | 1,6 | 40 | 16 | 3,125 | 85 | 90 | дробленный материал | сухой | сухое | инерционный |
| 3 | 400 | 1,7 | 25 | 5 | 3, 75 | 90 | 85 | дробленный материал | сухой | сухое | самобалансный |
| 4 | 450 | 1,1 | 50 | 20 | 3,125 | 85 | 80 | уголь | сухой | сухое | инерционный |
| 5 | 500 | 1,1 | 13 | 6 | 6,625 | 80 | 80 | уголь | сухой | сухое | инерционный |
| 6 | 500 | 1,8 | 30 | 10 | 7,5 | 90 | 90 | дробленный материал | сухой | сухое | самобалансный |
| 7 | 600 | 1,1 | 100 | 25 | 6,125 | 75 | 70 | уголь | сухой | сухое | инерционный |
| 8 | 750 | 1,6 | 13 | 6 | 10 | 80 | 85 | дробленный материал | сухой | сухое | самобалансный |
| 9 | 800 | 1,1 | 30 | 12 | 6,125 | 95 | 90 | уголь | влажный | мокрое | инерционный |
| 10 | 1000 | 1,6 | 16 | 2 | 10 | 75 | 75 | дробленный материал | сухой | сухое | самобалансный |