



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов
и строительной керамики»

Методические указания
к практической работе №1 по дисциплине
«Контроль параметров работы
оборудования промышленности
строительных материалов»

**«Контроль параметров
работы щековой дробилки
со сложным движением
щеки»**

Автор
Егорочкина И.О.

Ростов-на-Дону, 2017



Аннотация

Методические указания к практической работе № 1 «Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки» по дисциплине «Контроль параметров работы оборудования промышленности строительных материалов» предназначены для обучающихся по направлению подготовки 08.03.01 «Строительство», профиль «Механическое оборудование и технологические комплексы предприятий строительных материалов, изделий и конструкций».

Автор

к.т.н., доцент
кафедры «ТВВБиСК»
Егорочкина И.О.



Оглавление

Введение	5
1 Общие положения	7
1.1 Классификация дробильно-помольного оборудования	7
1.2 Принцип работы щековых дробилок	9
1.3 Параметры работы щековых дробилок.....	11
2 Практическая часть	14
2.1 Используемые сырьевые материалы	14
2.2 Используемое оборудование и средства измерений	15
2.3 Определение конструктивных параметров рабочей	
камеры.....	15
2.4 Установление зависимости производительности	
щековой дробилки от физико-механических характеристик сырья	
.....	17
2.4 Изучение влияния геометрических параметров ЩДС на	
степень измельчения сырьевого материала	18
2.6 Изучение влияния изменения угла захвата ЩДС на	
степень измельчения материала	19
3 Расчет технологических параметров ЩДС	21
3.1. Определение угла захвата материала в ЩДС	21
3.2 Определение производительности дробилки	24
4 Анализ результатов исследований, выполнение расчетов,	
подготовка и защита отчета по практической работе	29
Список источников литературы	32
Приложение 1 Справочные данные по параметрам	
качества сырья для дробления	33
Приложение 2 Производительность дробилок разных	
типов	34
Приложение 3	35
Приложение 4 Технические характеристики щековых	
дробилок Новокраматорского машиностроительного	
завода.....	36



Приложение 5 Технические характеристики щековых дробилок ОАО «Дробмаш»37

ВВЕДЕНИЕ

Ежегодно в мире дроблению подвергается более 3 млрд. т. минерального сырья и других материалов [1]. Повышение эффективности дезинтеграции руд и других твердых материалов является одной из основных задач развития минерально-сырьевого комплекса.

Дробильно-помольные машины чрезвычайно разнообразны [2].

При производстве заполнителей для бетонов широкое распространение получили щековые дробилки позволяющие уменьшить размер кусков твердого материала от начального до конечного, необходимого для промышленного использования. Промышленностью выпускаются щековые дробилки с простым и сложным движением подвижной щеки. Первые измельчают материал раздавливанием, а вторые – раздавливанием и истиранием при периодическом приближении подвижной щеки к неподвижной.

Щековые дробилки со сложным движением щеки (ЩДС) применяются во многих отраслях промышленности для крупного, среднего и мелкого дробления различных по прочности и хрупкости материалов. Дроблению в них подвергаются: железные руды и руды цветных металлов, уголь, известняки и доломиты, строительные горные породы и т.д. Проектирование ЩДС с оптимальными геометрическими и метрологическими параметрами обеспечивает высокую надежность и долговечность работы данного вида машин.

Геометрическими и метрологическими параметрами кинематической схемы ЩДС являются: высота рабочей камеры, эксцентриситет эксцентрикового вала, длина и толщина основания подвижной щеки, длина и толщина распорной плиты, угол наклона распорной плиты, угол наклона рабочей поверхности подвижной щеки и угол захвата материала.

Техническими показателями работы ЩДС являются: степень дробления материала (фракция, мм), производительность, потребляемая мощность, удельная энергоемкость процесса дробления и силовая загруженность кинематических пар.

ЩДС имеют ряд недостатков – большая вертикальная составляющая хода подвижной щеки, повышенные нагрузки на эксцентриковый вал и другие, ограничивающие изготовление дробилок больших типоразмеров для дробления крупнокусковых фрагментов как природной горной породы, так и фрагментов демонтируемых бетонных конструкций с целью получения вторичных заполните-

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

лей. Проведенные исследования [3], указывают на то, что устранение отмеченных недостатков связано в основном с выбором рациональных геометрических и метрологических параметров работы механизма дробилки.

Цель практической работы – исследовать взаимосвязь между геометрическими параметрами кинематической схемы и показателями работы ЩДС, определить (рассчитать) основные геометрические и метрологические параметры: толщину и длину основания поверхности подвижной щеки, угол наклона рабочей поверхности подвижной щеки, длину и угол наклона распорной плиты, высоту рабочей камеры, угол захвата ЩДС, эксцентриситет эксцентрикового вала, а также обосновать рациональные значения, обеспечивающие повышение эффективности работы данного вида машин.

Выполнение практической работы студентами предполагает:

- изучение методики расчета технических показателей работы ЩДС;
- установление геометрических параметров кинематической схемы современных ЩДС по каталогу [4];
- установление функциональных взаимосвязей между геометрическими параметрами кинематической схемы и техническими показателями работы ЩДС.
- экспериментальное исследование влияния угла наклона распорной плиты на скорость разгрузки материала из рабочей камеры ЩДС;
- обоснование и выбор рациональных значений геометрических параметров кинематической схемы ЩДС;
- оформление расчета, подготовку и защиту отчета по практической работе.

1 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ

1.1 Классификация дробильно-помольного оборудования

Под измельчением понимается последовательный ряд операций, имеющих целью уменьшить размер кусков твердого материала от начального до конечного, необходимого для промышленного использования. Процесс измельчения материалов принято разделять на две стадии: дробление и помол. В свою очередь процессы дробления в зависимости от крупности исходного куска или крупности промежуточного продукта подразделяются на крупное, среднее и мелкое дробление.

Дробильно-помольные машины чрезвычайно разнообразны (рис. 1).

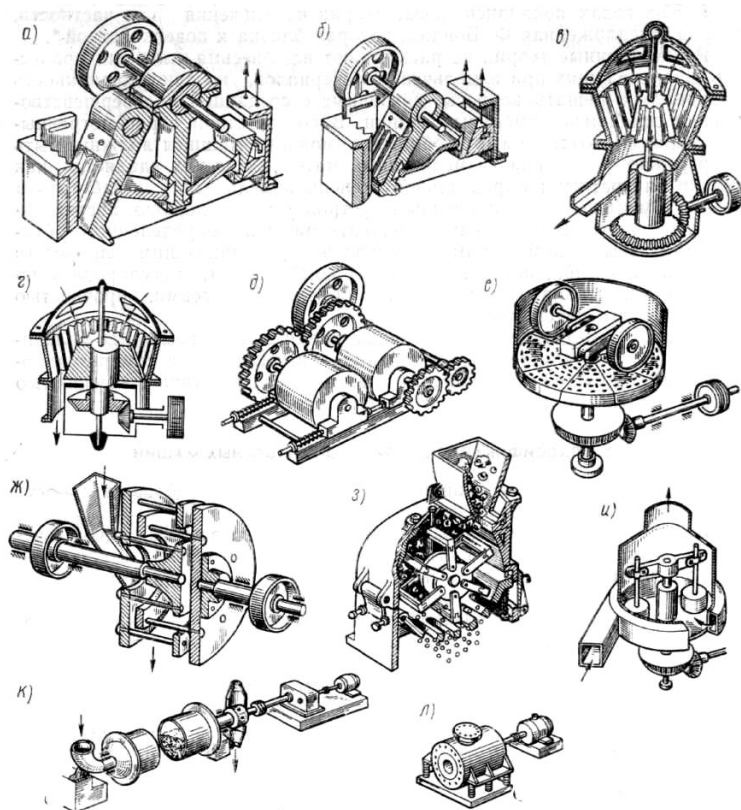


Рисунок 1 – Схемы дробильно-помольных машин

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

Дробильно-помольные машины могут быть классифицированы по принципу действия и конструктивным особенностям:

- *щековые дробилки* с простым (рис. 1, а) и сложным (рис. 1, б) движением подвижной щеки. Первые измельчают материал раздавливанием, а вторые – раздавливанием и истиранием при периодическом приближении подвижной щеки к неподвижной;
- *конусные дробилки* с подвижным валом (рис. 1, в) и с неподвижной осью (рис. 1, г). Эти дробилки измельчают материал раздавливанием при постоянном приближении к неподвижному конусу поверхности подвижного конуса;
- *валковые дробилки* (рис. 1, д) измельчают материал в основном раздавливанием, частично истиранием между двумя вращающимися навстречу друг другу валками с гладкой, рифленой, ребристой или зубчатой поверхностями;
- *бегуны* (рис. 1, е) измельчают материал раздавливанием и истиранием между цилиндрической поверхностью катков и плоской поверхностью чаши;
- *дезинтеграторы* (рис. 1, ж) измельчают материал ударами быстро вращающихся жестко закрепленных молотков – бил;
- *молотковые и роторные дробилки* (рис. 1, з) измельчают материал ударами и частично истиранием быстро вращающихся шарнирно или жестко закрепленных молотков;
- *кольцевые мельницы* (рис. 1, и) измельчают материал раздавливанием и истиранием между криволинейными поверхностями – кольцевой дорожкой и роликами или шарами;
- *барабанные вращающиеся* (рис. 1, к) и *вибрационные* (рис. 1, л) *мельницы* измельчают материал ударами и истиранием свободно падающих мелющих тел, последние поднимаются во вращающемся барабане под действием центробежной силы, а в вибрационных мельницах – в результате вибрации барабана.

Щековые дробилки применяются на различных прочных и хрупких материалах в промышленности по переработке первичной горной породы, производстве строительного камня и щебня, в металлургии на шлаках и, конечно, в лабораторных условиях.

Наиболее надежными и дешевыми в эксплуатации оказались три разновидности щековых дробилок:

- щековая дробилка с простым движением щеки (СМД-111, СМД-117, СМД-118);
- щековая дробилка со сложным движением щеки (СМД-108, СМД-109, СМД-110);
- вибро-щековая дробилка с роликом (дробилка серии «Fritsch» [5]).

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

Широко представлены щековые дробилки стационарного и мобильного исполнения (на гусеничном или колёсном шасси) [6]. Для щековой дробилки стационарного исполнения требуется специальный фундамент.

Так как дробленый материал может содержать большую массу пластин и лещадных зерен (до 50 %), то для задач получения дробленого продукта с высокими требованиями к форме зерен щековые дробилки находят применение только на первой и второй стадиях дробления. Готовый продукт получается на конусных или роторных дробилках (молотковых, ударно-отражательных или центробежно-ударных дробилках).

После дробления материал подлежит разделению на классифицирующем оборудовании по крупностям готовых фракций.

1.2 Принцип работы щековых дробилок

Принцип работы щековой дробилки основан на сжатии рабочими поверхностями (щеками) измельчаемого материала. Разрушение материала происходит за счет деформаций сжатия и сдвига. Крупность дробленого материала определяется зазором между щеками в нижней части (разгрузочной щелью) и физическими свойствами материала.

Принцип работы щековой дробилки показан на рисунке 2.

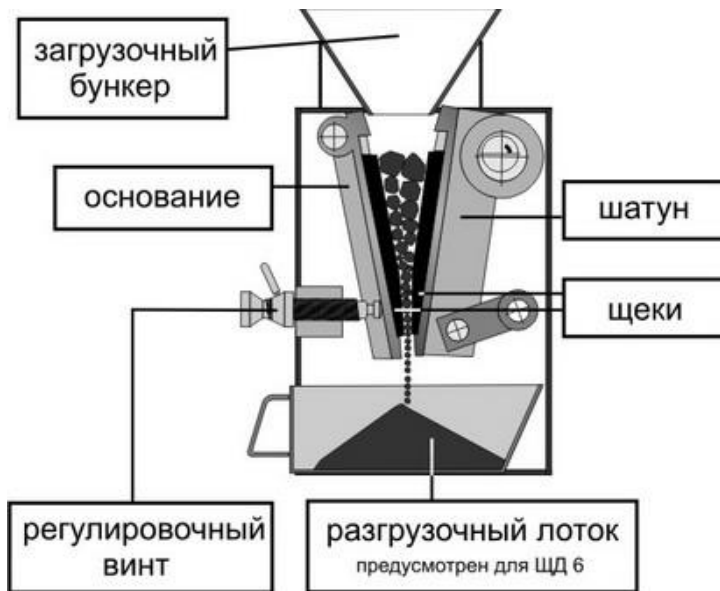


Рисунок 2 – Схема измельчения материала в щековой дробилке

Внутри корпуса расположены две щеки, образующие клинообразную форму камеры дробления, в которой материал под действием силы тяжести и после разрушения продвигается от верхней части, в которую загружаются крупные куски, до выходной (разгрузочной) щели. Неподвижная щека закрепляется на основании, подвижная – на шатуне. Основание подвешено на оси, а его положение в нижней части определяется регулировочным устройством. Винт регулировочного устройства упирается в основание через упор со срезным штифтом, предохраняющим дробилку от поломки при попадании недробимого тела. Крутящий момент от электродвигателя передается через ременную передачу на эксцентриковый вал, на котором смонтирован шатун с подвижной щекой. Материал подается в загрузочный бункер, откуда поступает в рабочее пространство между щеками. Верхняя поверхность щек ребристая, что позволяет увеличить удельное давление на частицы дробимого материала в зоне предварительного дробления. Нижние гладкие поверхности щек образуют параллельную зону – зону доизмельчения, в которой обеспечивается получение продукта требуемой крупности. Продукт дробления собирается во внешнюю емкость, расположенную под зоной разгрузки.

1.3 Параметры работы щековых дробилок

Параметры эффективной работы дробилки – производительность и степень измельчения материала, определяются физико-механическими показателями используемого сырья, основные из которых – механическая прочность, выражаемая пределом прочности при сжатии ($\sigma_{сж}$, кг/м²) и параметр деформативности – модуль упругости (E , кг/м²), значения которого представлены в Приложении 1.

Крупность питания щековых дробилок может достигать 1500 мм. Длительная промышленная эксплуатация дробилок позволяет заранее говорить о крупности дробленого продукта в зависимости от выставленной ширины разгрузочной щели. Нижний край подвижной щеки имеет возможность регулировки положения в горизонтальном направлении (механический привод или гидравлический привод), которое влияет на ширину минимальной щели, определяющую максимальную крупность материала на выходе из дробилки.

Геометрическими и метрологическими параметрами кинематической схемы ЩДС являются: высота рабочей камеры, эксцентриситет эксцентрикового вала, длина и толщина основания подвижной щеки, длина и толщина распорной плиты, угол наклона распорной плиты, угол наклона рабочей поверхности подвижной щеки и угол захвата материала.

Изменяя положение и геометрические параметры подвеса и привода подвижной щеки, регулируют гранулометрический состав измельчаемого материала. Подвижную щеку подвешивают на оси за верхний конец, как показано на рисунке 3 (а, б, в, е), либо за нижний рисунок 3 (г, д). При верхнем подвесе наибольший размах совершает нижний конец подвижной щеки. Ширина щели в процессе работы дробилки изменяется. Гранулометрический состав выходящего через эту щель измельченного материала различен.

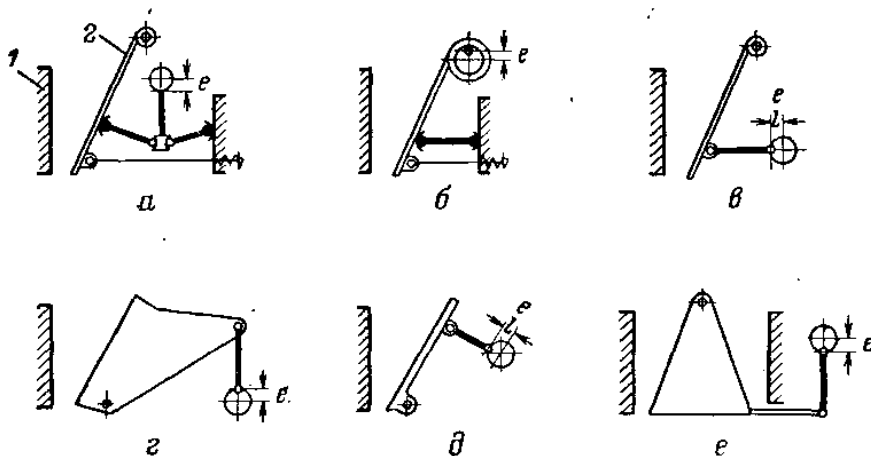


Рисунок 3 – Варианты подвеса и привода подвижной щеки:
 а – верхний подвес и вертикальный шатун; б – верхний подвес на эксцентриковом валу; в – верхний подвес и горизонтальный шатун; г – нижний подвес и вертикальный шатун; е- верхний подвес двусторонней щеки и вертикальный шатун.

При нижнем подвесе наибольшее качание совершает верхний конец подвижной щеки. Нижний конец щеки зафиксирован осью, поэтому ширина выходной щели остается постоянной. Это позволяет получать продукт с более однородным гранулометрическим составом. Однако в результате постоянства ширины выходной щели создаются застойные зоны в нижней части пасти дробилки. Это затрудняет выход измельченного материала, снижает производительность и повышает расход энергии на единицу готового продукта. Поэтому щековые дробилки с нижней опорой подвижной щеки изготовляют небольшой производительности и применяют в основном для исследовательских целей.

Наиболее широкое распространение получили щековые дробилки с вариантами подвеса и приводами подвижной щеки, показанными на рисунке 3(а, б).

Техническими показателями работы ЩДС являются: степень дробления материала (фракция, мм), производительность, потребляемая мощность, удельная энергоемкость процесса дробления и силовая загруженность кинематических пар. При выборе типа дробилки производители ориентируются на



Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

производительность машин и крупность готового продукта дробления (Приложение 2).

Технические показатели работы ЩДС зависят от физико-механических характеристик сырья и геометрических и кинематических параметров дробильного оборудования.

2 ПРАКТИЧЕСКАЯ ЧАСТЬ

2.1 Используемые сырьевые материалы

При выполнении практической работы используется крупнокусковой материал для производства крупного заполнителя для приготовления тяжелых бетонов. Используется природный сырьевой материал – гравий-валун Сочинского карьера, а также сырьевой материал, относящийся к промышленным отходам – бетонный лом крупнокусковой, полученный при демонтаже некондиционных бетонных конструкций и кирпичный бой, бракованная продукция кирпичных заводов.

В зависимости от вида исследуемого сырья, подгруппа студентов делится на 3 бригады.

Характеристики сырьевых материалов представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Сводные данные по характеристикам сырьевых материалов

Вид сырьевого материала	Исходный размер, мм	Плотность в куске, кг/м ³	Марка по прочности	Требуемый размер, мм
Гравий-валун Сочинского карьера	100-110	2450-2500	1000	10-20, 20-40
Бетонный лом	70-100	2420-2450	800	≤ 40
Кирпичный бой	65-125	1200-1400	M150	≤ 40

2.2 Используемые оборудование и средства измерений

Для проведения испытаний и установления зависимости параметров качества обрабатываемого сырья от геометрических и метрологических параметров работы щековой дробилки применяют следующее оборудование и средства измерений:

1) щековая лабораторная дробилка со сложным качанием щеки [7], конструктивная схема и основные технические характеристики которой представлены в Приложении 3.

2) стандартный комплект сит КСИ для определения гранулометрического состава плотного заполнителя по ГОСТ 8269-87;

3) стандартные проволочные кольца-калибры для определения размера зерен крупнее 70 (80) мм в зависимости от крупности щебня (гравия) различного диаметра: 90; 100; 110; 120 мм;

4) металлическая линейка по ГОСТ 427 – 75;

5) рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502-89;

6) штангенциркуль с ценой деления 0,1 мм по ГОСТ 166 – 73;

7) весы по ГОСТ 13882 – 68.

2.3 Определение конструктивных параметров рабочей камеры

Измерения осуществляются стандартизированными средствами измерений в соответствии с требованиями, предъявляемыми к точности линейных измерений геометрических размеров [8].

Щековые дробилки характеризуются шириной и длиной загрузочного отверстия ($B \times L$), в зависимости от которых выпускаются восемь типов дробилок: 160x250; 250x400; 250x900; 400x900; 600x900; 900x1200; 1200x1500; 1500x2100 мм.

Ширина загрузочной щели (B) является важным размером, так как она определяет максимальную крупность питания (D_{max}), которую может принять данная модель щековой дробилки, т.е. ширина загружаемого отверстия (B) должна обеспечить свободный приём кусков максимальной крупности, поэтому должно быть соблюдено условие: $B \geq \frac{D_{max}}{0,85}$.

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

В общем случае, максимальная средняя рекомендуемая крупность питания должна составлять 80% ширины загрузочной щели.

Ширина разгрузочной (выходной) щели (b_1) является важным конструкционным параметром, так как она определяет степень измельчения и производительность дробилки. Ширина разгрузочной щели – наименьшее расстояние между нижними внутренними точками дробящих плит подвижной и неподвижной щек, в момент, когда в процессе работы они приближаются максимально близко друг к другу.

Ширина выходной щели (b_1) определяется условием: $b_1 \geq 2 \cdot d_{\max}$ и связана с максимальной крупностью кусков в готовом продукте (d_{\max}) зависимостью: $d_{\max} = 1,2 \cdot b_1$.

Ширина загрузочного и выгрузочного отверстий дробилки регулируется. Метод, с помощью которого измеряется ширина разгрузочной щели, изменяется в зависимости от профиля дробящих плит щек.

Высота неподвижной щеки определяется условием: $H = 0,84 \cdot d_{\max}$.

Обычно высоту неподвижной щеки принимают $H = (2-2,5) \cdot B$.

Длина загрузочного отверстия (ширина щеки) определяется по формуле:

$$L = \frac{Q}{0,4 \cdot d_{\max} \cdot S \cdot \omega \cdot \mu \cdot \gamma} = \frac{Q}{150 \cdot n \cdot d_{\max} \cdot S \cdot \mu}, \quad (1)$$

где Q – производительность дробилки, $\text{м}^3/\text{ч}$;

ω – количество энергии для дробления 1 т сырья, кВтч/т ;

γ – объемная масса материала, кг/м^3 ;

μ – поправочный коэффициент, $\mu = 0,4$.

Рекомендуемая величина $L = (1,5 - 3,5) \cdot B$.

Степень измельчения дробилки вычисляется по формуле:

$$i = \frac{D_{\max}}{d_{\max}} \approx \frac{B}{b} \quad (2)$$

Все результаты измерений заносятся в таблицу 2. Определяется среднее значение измеряемых параметров как среднеарифметическое по трем замерам.

Таблица 2 –Измерение геометрических параметров ЩДС

Контролируемые геометрические параметры	Обозначение	Численные значения измерений, среднеарифметическое значение			
		n ₁	n ₂	n ₃	n _{ср}
Ширина загрузочного отверстия, мм	B				
Ширина выгрузочного отверстия, мм	b				
Длина загрузочного отверстия, мм	L				
Высота неподвижной щеки, мм	H				
Степень измельчения	i				

2.4 Установление зависимости производительности щековой дробилки от физико-механических характеристик сырья

Производительность работы ЩДС зависят от физико-механических характеристик сырья – механической прочности и плотности породы, показателя деформативности – модуля упругости, влажности. Справочные данные по параметрам качества сырья для дробления представлены в таблице приложения 1. Данные по прочностным характеристикам сырьевых материалов – марка по прочности заполнителей по показателю дробимости, принимаются по результатам лабораторных испытаний, проведенных студентами смежной специальности. Протоколы испытаний сырьевых материалов находятся в испытательной лаборатории кафедры.

Исходный сырьевой материал подвергается дроблению в лабораторной щековой дробилке, технические характеристики которой представлены в таблице Приложения 3. Классификация по фракциям осуществляется в соответствии со стандартной методикой [9]. Результаты исследований фиксируются студентами в таблице 3, строится график зависимости производительности дробилки от прочности измельчаемого материала.

Таблица 3 – Влияние физико-механических (прочностных) характеристик сырья на производительность щековой дробилки

№ бригады	1	2	3
Вид исходного сырья	Гравий-валун	Бетонный лом	Кирпичный бой
Исходная фракция, мм	100-110	70-100	65-125
Степень измельчения, фракция, мм			
Масса полученной партии материала, кг			
Контрольное время измельчения, мин (час)			
Контрольный объем требуемой фракции, (м ³)			
Производительность, Q, м ³ /ч			

2.4 Изучение влияния геометрических параметров ЩДС на степень измельчения сырьевого материала

Каждая бригада студентов экспериментально устанавливает зависимость степени измельчения – фракции требуемого размера измельченного сырья от геометрических параметров ЩДС – угла наклона рабочей поверхности подвижной щеки, длины и угла наклона распорной плиты, которые регулируются и фиксируются в определенном положении. Опытным путем устанавливаются оптимальные геометрические параметры дробящих поверхностей дробилки, результаты фиксируются в таблице 4. Строится график зависимости фракционного размера дробленого материала от угла наклона распорной плиты дробилки.

Таблица 4 – Влияние геометрических параметров ЩДС на степень измельчения сырьевого материала

№ бригады	Угол наклона распорной плиты, град		Степень измельчения, фракция, мм	Масса полученной партии материала, кг
	контрольный	оптимальный		
1				
2				
3				

2.6 Изучение влияния изменения угла захвата ЩДС на степень измельчения материала

Каждая бригада студентов экспериментально устанавливает зависимость степени измельчения (фракции) используемого сырья от геометрических параметров дробилки – высоты рабочей камеры и угла захвата ЩДС. Опытным путем устанавливаются оптимальные геометрические параметры дробящих поверхностей ЩДС, результаты фиксируются в таблицах 5, 6. Строится график зависимости степени измельчения материала от угла захвата ЩДС.

Таблица 5 – Влияние изменения угла захвата ЩДС на степень измельчения материала

№ бригады	Вид исходного сырья	Угол захвата ЩДС		Степень измельчения, фракция, мм	Масса полученной партии материала, кг
		контрольный	оптимальный		
1	Гравий-валун Сочинского карьера				
2	Некондиционный бетонный лом				
3	Кирпичный бой				



Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

Таблица 6 – Влияние изменения угла захвата ЩДС на коэффициент дробления материала

№ бригады	Ширина выходной щели, мм	Угол захвата материала	Максимальная крупность сырьевого материала, D_{max}	Максимальная крупность готового продукта, d_{max}	Коэффициент дробления, $K = D_{max} / d_{max}$
1					
2					
3					

3 РАСЧЕТ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ЩДС

Исходными данными для расчета щековых дробилок являются максимальная крупность кусков в исходном материале D_{max} , требуемая максимальная крупность готового продукта d_{max} , прочность материала и производительность Q .

3.1. Определение угла захвата материала в ЩДС

Углом захвата щековых дробилок называется угол между неподвижной и подвижной щеками. Этот угол при работе дробилки изменяется вследствие качаний подвижной щеки (рис. 4).

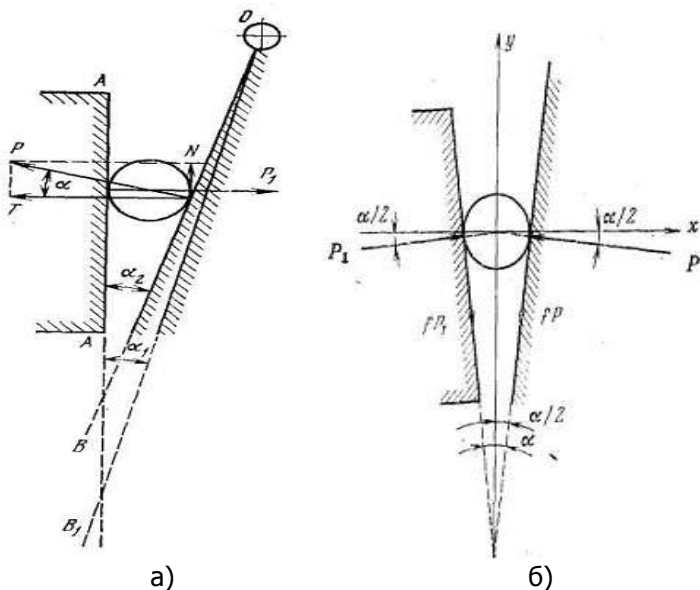


Рисунок 4 – Схема определения угла захвата материала в ЩДС:
 а) угол захвата щековой дробилкой; б) равновесие куска, захваченого между щеками дробилок

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

Раздавливаемый между щеками кусок находится под действием следующих сил:

P – давление подвижной щеки;

P_1 – реакция неподвижной щеки;

fP – сила трения куска по подвижной щеке;

fP_1 – сила трения куска по неподвижной щеке;

f – коэффициент трения скольжения между куском и щеками.

В положении OB , при наибольшем сближении щек, угол α_2 немного больше угла α_1 в положении OB_1 при наибольшем удалении щек. Такими незначительными изменениями величины угла захвата пренебрегают и считают его равным углу при сближенных щеках. Величина угла захвата изменяется при регулировках ширины выходной щели. Уменьшение ширины сопровождается увеличением угла захвата, а увеличение ширины – его уменьшением. Следовательно, при увеличении угла захвата должна увеличиваться степень дробления и уменьшаться производительность дробилки.

Сила тяжести куска, вследствие ее малости в сравнении с силами P и P_1 давления щек, не учитывается. Силу P можно разложить на составляющие: горизонтальную T и направленную вверх вертикальную N . Вертикальная составляющая стремится вытолкнуть дробимый кусок вверх, заставив его скользить вдоль поверхностей щек. Следствием такого выталкивания является возникновение сил трения fP и fP_1 , препятствующих выталкиванию куска.

Вертикальная составляющая определяется равенством: $N = P \cdot \sin \alpha$.

Отсюда следует вывод, что угол захвата α не может превышать некоторого предельного значения. При углах захвата, превышающих этот предел, выталкивающая сила настолько велика, что силы трения куска о поверхности щек становятся недостаточными для удержания его в камере дробления, и он смещается вверх. Дробилка в таких условиях работать не будет.

Предельным углом захвата будет такой угол, при котором выталкивающая сила полностью уравновесится возникающими силами трения. Значение предельного угла захвата, так же, как и значение сил трения, определяется при данном давлении дробящих щек только коэффициентом трения скольжения между кусками дробимого материала и поверхностями щек.

Коэффициент трения скольжения (f) можно выразить через угол трения (φ). Предельный угол захвата равен двойному углу

трения. Угол захвата щековых дробилок всегда должен быть меньше двойного угла $\alpha < 2\varphi$.

Коэффициент трения скольжения камня по железу $f = 0,3$, что соответствует углу трения около 16° . Таким образом, угол захвата α может доходить примерно до 32° . Практически, у щековых дробилок угол захвата не бывает больше 25° . Однако, несмотря на это, при работе дробилок бывают случаи выброса кусков материала вверх. Это объясняется возможностью такого взаимного расположения кусков в рабочем пространстве дробилки, при котором для отдельных кусков угол α будет больше 2φ (рис. 5).

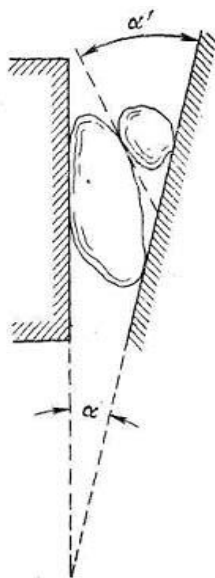


Рисунок 5 – Возможное расположение кусков в щековой дробилке

Величина угла захвата изменяется при регулировках ширины выходной щели. Ширина выходной щели ЩДС устанавливается измерением металлической линейкой трехкратным измерением с точность до $0,1$ мм как среднеарифметическое значение [8]. Уменьшение ширины выходной щели ЩДС сопровождается увеличением угла захвата, а увеличение ширины – его уменьшением. Следовательно, при увеличении угла захвата увеличивается степень дробления и уменьшается

производительность дробилки. Таким образом, изменяя угол захвата ЩДС можно получать материал заданной фракции.

Крупность получаемого материала регулируют, изменяя ширину выходной щели с помощью специальных клиньев и винта, либо заменяя одну из нажимных плит.

3.2 Определение производительности дробилки

Производительность дробилки ЩДС определяется стандартными расчетами [10]. Принимаем объем дробленого продукта, выпадающего за один оборот вала дробилки, работающей с наивыгоднейшей частотой вращения, равным объему призмы $ABCDEFGM$ (Рис. 6).

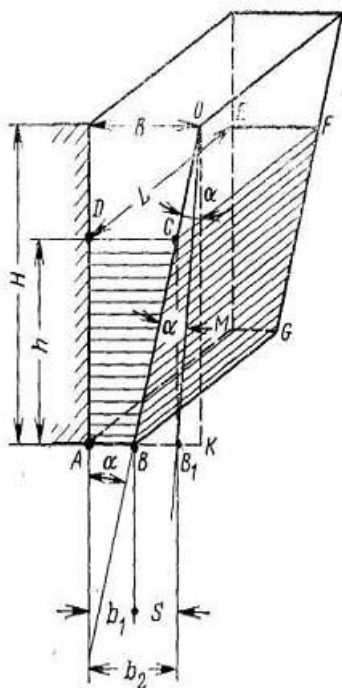


Рисунок 6 – Разгрузка дробленого продукта из щековой дробилки при наивыгоднейшей частоте вращения коленчатого вала

Площадь трапеции $ABCD$ основания призмы (F) определяется по формуле:

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

$$F = \frac{b_1 + b_2}{2} h \quad (3)$$

Если $h = \frac{b_2 - b_1}{\operatorname{tg} a}$, тогда объем призмы (v):

$$v = \frac{(b_2 + b_1)(b_2 - b_1)}{2 \operatorname{tg} a} L, \quad (4)$$

где L – длина камеры дробления, м.
Объемная производительность дробилки (V), м³/ч:

$$V = 60 n v = 60 n \frac{(b_2 + b_1)(b_2 - b_1)}{2 \operatorname{tg} a} L \quad (5)$$

Массовая производительность дробилки:

$$Q = V k \delta = (1479 b_2 \sqrt{B} - 40 B \sqrt{B}) L k \delta, \quad (6)$$

где Q – производительность дробилки, т/ч;
 k – коэффициент разрыхления материала при выходе из дробилки;
 δ – плотность материала, т/м³.

Формула (6) не учитывает влияния на производительность дробилки физических свойств дробимого материала, так как она получена только из геометрических представлений. Несмотря на это, формула позволяет представить себе влияние основных механических факторов, определяющих производительность дробилки. Для расчета производительности щековых дробилок предложено несколько эмпирических формул, составленных исходя из предположения, что производительность дробилок пропорциональна площади разгрузочного отверстия. Из них наиболее известной является формула определения производительности (Q , т/ч) щековых дробилок [10]:

$$Q = 0,1 \cdot L \cdot b_2, \quad (7)$$

где L и b_2 – выражены в сантиметрах.

Практически часть кусков, находящихся в объеме выпадающей призмы ABCDEFGM, могут иметь размеры меньше минимальной ширины разгрузочного отверстия, и разгрузка материала будет происходить не только при отходе, но и при

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

подходе подвижной щеки. Исходя из этого, Голиков Н.С. [11] предложил определять производительность по следующей формуле, т/ч:

$$Q = \frac{K \cdot c \cdot S_{cp} \cdot L \cdot b_2 \cdot n \cdot (B + b_2)}{2B \cdot tg\alpha}, \quad (8)$$

где K – коэффициент учитывающий размер дробилки и зависящий от размеров загрузочного отверстия;

$$K = \frac{1}{60} - \text{для дробилок размером меньше } 250 \times 400 \text{ мм;}$$

$K = \frac{1}{100}$ – для дробилок размером от 250×400 мм до 900×1200 мм;

$$K = \frac{1}{120} - \text{для дробилок размером } 900 \times 1200 \text{ мм и более;}$$

c – коэффициент кинематики, учитывающий характер траектории движения подвижной щеки; $c=1$ для дробилок со сложным движением щеки; $c = 0,84$ для дробилок с простым движением щеки;

n – частота вращения эксцентрикового вала, об/ч;

S_{cp} – средний ход щеки, м, $S_{cp} = 0,5(S_n + S_b)$;

S_n – ход щеки вниз, мм, $S_n = (7 + 1,0 b_2)$;

S_b – ход щеки вверх, мм, $S_b = (0,06 \dots 0,03) \cdot B$,

где $0,03B$ – ход, обеспечивающий максимальную производительность верхней части камеры дробления, мм; $0,06B$ – максимально рекомендуемый ход щеки, мм).

Производительность принимают по средним данным заводов-изготовителей с введением поправки на насыпную плотность дробимого материала [12].

Наши заводы поставляют щековые дробилки с электродвигателем, мощность которого достаточна для дробления очень крепкой породы с пределом прочности на сжатие 25 кН/см^2 при производительности, соответствующей пропускной способности дробилки при заданной выпускной щели. Поэтому дробилка выбирается по размеру максимального куска D_m в исходном материале и по производительности при заданной выпускной щели. Ширина загрузочного отверстия должна быть не менее $1,15-1,20 D_m$. Если выбранный по куску типоразмер дробилки не обеспечивает заданную производительность, то сравнивают варианты установки двух дробилок и одной следующего большего типоразмера. Поскольку установка щековой дробилки связана с установкой тяжелого питателя и сооружением

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

бункера и здания, постольку предпочтение следует отдавать варианту с одной дробилкой.

Зарубежные заводы-изготовители щековых дробилок поставляют один и тот же типоразмер дробилки с электродвигателями разной мощности. В этом случае мощность электродвигателя подбирается с учетом производительности, крупности исходного материала и продукта и крепости руды. Требуемую мощность электродвигателя фирма «Fritsch» рекомендует рассчитывать по закону Бонда [5]. Индекс работы, вычисленный по данным испытаний, измеряется в киловатт-часах на тонну.

Потребная энергия для дробления 1 т (N, кВтч/т) рассчитывается по формуле:

$$\omega N = 0,75 \left(\frac{10\omega\omega_i}{\sqrt{P}} - \frac{10\omega\omega_i}{\sqrt{F}} \right), \quad (9)$$

где ω_i – индекс работы, кВтч/т;

P – крупность продукта, соответствующая сити, через которое проходит 80 % материала (принимается применительно к размеру выпускной щели дробилки), мкм;

F – крупность исходного материала, соответствующая сити, через которое проходят 80 % материала (в расчетах принимается $F = (0,5 \dots 0,67) B$), мкм.

Индекс работы ω_i для некоторых пород представлен в таблице 7.

Порода	Значение	Среднее значение
Известняк	6-18	12
Гранит	9-25	17
Диабаз	11-27	12
Кварцит	6-28	17
Базальт	12-40	25

Весьма мягкие породы имеют индекс работы ниже 9, а крепкие – больше 26.

Потребная мощность электродвигателя ($N_{эд}$, кВт) определяется по формуле:

$$N_{эд} = \omega \cdot Q, \quad (10)$$

где Q – производительность дробилки по питанию, т/ч.

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

По справочным таблицам [4] выбирается ближайший больший по мощности электродвигатель. Если рассчитанная мощность электродвигателя превышает максимальную мощность (заводскую), то дробилка не подходит. Следует или изменить условия дробления, например, увеличить размер выпускной щели и изменить крупность продукта дробилки P , или выбрать дробилку следующего большего типоразмера.

Если неизвестна производительность дробилки, то мощность двигателя приблизительно можно определить по геометрическим размерам зева дробилки по справочным данным [4]:

- для дробилки крупного дробления: $N = 50B \cdot L$, кВт;
 - для дробилки среднего дробления: $N = (67 \div 100)B \cdot L$, кВт;
 - для дробилок мелкого дробления: $N = 167B \cdot L$, кВт,
- где B и L – ширина и длина приёмного отверстия, м.



4 АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЙ, ВЫПОЛНЕНИЕ РАСЧЕТОВ, ПОДГОТОВКА И ЗАЩИТА ОТЧЕТА ПО ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЕ

Каждая бригада оформляет и защищает отчет по проделанной работе.

В результате совместного обсуждения выделяются основные геометрические параметры кинематической схемы, рациональные значения которых определяют эффективность работы оборудования. Представлен фрагмент отчета по результатам измерений, анализа и обработки результатов:

«Для каждой дробилки в зависимости от свойств материала существует наиболее выгодное (оптимальное) число оборотов эксцентрика, размах щеки в сантиметрах и угол захвата материала в градусах. Величина размаха щеки выбирается в зависимости от способности материала раскалываться при сжатии. Если материал твердый и хрупкий, величину хода делают меньше, а при дроблении пород, обладающих способностью частично размалываться (сминаться) при раздавливании или деформироваться, следует принимать максимальный размах щеки. Увеличение угла захвата резко снижает производительность дробилки. Предельный угол захвата для обычных пород 32° ; при большем угле будет недостаточна сила заклинивания материала между щеками и возможен выброс его из зева дробилки. От величины угла захвата зависит отношение ширины загрузочного отверстия к ширине разгрузочной щели, т. е. отношение максимального размера загружаемых в дробилку кусков материала к максимальному размеру раздробленных зерен. Отношение размеров входящих в дробилку и выходящих из нее кусков называется коэффициентом дробления. Для щековых дробилок он не превышает 4 – 6. Так, например, при загрузке в щековую дробилку кусков в поперечнике 200 мм будет получен продукт с максимальным размером кусков $200:4=50$ мм.

Величина загружаемых в дробилку кусков материала не должна превышать 85% наименьшего размера загрузочного отверстия иначе дробилка может забиться. Поэтому при выборе марки дробилки необходимо исходить из наибольшей крупности поступающих с карьера кусков или, наоборот, степень измельчения материала в карьере при его добыче, а также емкость ковша погрузочного экскаватора должны находиться в соответствии с размером зева установленной дробилки. Размер разгрузочной

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

щели дробилки регулируют следующими способами. Между упором и стенкой есть прокладки, изменяя толщину которых, соответственно уменьшают или увеличивают ширину разгрузочной щели. Уменьшить ширину разгрузочной щели можно также, устанавливая прокладки определенной толщины между неподвижной щекой и ее броневой плитой. Изменение размера щели в более широких пределах производят путем установки распорных плит определенной длины. В некоторых, менее мощных дробилках, размер щели регулируют при помощи специального клинового устройства, которым поднимают или опускают сухарь, соответственно увеличивая или уменьшая размер разгрузочной щели.

Производительность щековой дробилки зависит также от влажности дробимого сырья, равномерности подачи материалов в дробилку и величины загружаемых кусков. При среднем и мелком дроблении повышение влажности материала существенно отражается на производительности дробилки. Происходит это потому, что в области, близкой к разгрузочной щели дробилки, материал превращается в комки из-за присутствия влажной пыли, образующейся при дроблении».

Делается общий вывод по результатам практической работы, например:

«Обоснованы рациональные значения геометрических параметров кинематической схемы ЩДС, обеспечивающие увеличение скорости разгрузки материала из рабочей камеры, уменьшение интенсивности процессов истирания, возникающих в рабочей камере и уменьшение нагрузки на эксцентриковый вал, что позволяет повысить производительность, надежность и долговечность увеличить межремонтный срок службы ЩДС». Все результаты измерений и расчетов заносятся в итоговую таблицу 8.

Контроль параметров работы щековой дробилки со сложным движением щеки

Таблица 8 – Результаты измерений и расчетов

Параметр	Значения
Измеряемые величины	
Ширина приемного отверстия B , м	
Длина приемного отверстия L , м	
Высота камеры дробления H , м	
Минимальная ширина выходной щели b_1 , м	
Угол захвата α , град	
Ход щеки вверх камеры дробления S_b , м	
Ход щеки вниз камеры дробления S_n , м	
Средний ход щеки S_{cp} , м	
Максимальная крупность кусков, поступавших на дробление D_{max} , м	
Максимальная крупность кусков в готовом продукте d_{max} , м	
Расчетные параметры	
Частота вращения эксцентрикового вала n , c^{-1}	
Производительность Q , т/ч	
Мощность электродвигателя $N_{эд}$, Вт	

Последовательность выполнения лабораторной работы

1. Ознакомиться с методическими указаниями.
2. Изучить назначение, принцип действия, конструкцию щековой дробилки со сложным движением щеки.
3. Начертить кинематическую схему (с указанием позиций), обратив при этом особое внимание на функциональное назначение каждого из рабочих элементов дробилки.
4. Произвести замеры длины L , м; ширины приемного и выходных отверстий дробилки, м; угла захвата. Результаты занести в таблицы 2-6.
5. По методике, приведенной выше, рассчитать производительность и мощность привода. Результаты занести в таблицу 8.
6. Оформить отчет. Сдать работу.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пешкова Г. Ю. Анализ развития рынка нерудных строительных материалов: основные тенденции и перспективы развития // Вестник Научно-исследовательского центра корпоративного права, управления и венчурного инвестирования Сыктывкарского государственного университета, 2014. № 4. – С. 53-64.
2. Дробильно-сортировочное оборудование. Каталог-справочник. Ч. 1. Дробилки / сост. А.И. Косарев, Д.С. Силенок, А.И. Загудаев. – М.: Машмир, 1992.
3. Потемкин С.А. Совершенствование методов расчета и обоснование рациональных параметров щековых дробилок: автореф. дис. канд. техн. наук. – СПб: ПГГИ, 2000. 16 с.
4. Дробильно-сортировочное оборудование и установки. Каталог справочник / сост. Б.В. Клушанцев, Л.П. Степанов. – М: ЦНИИТЭстроймаш, 1978, -126 с.
5. Каталог оборудования фирмы Fritsch. – 2003.
6. Сайт Агентства строительных новостей.
URL: <http://asninfo.ru/tags/vvod-zhilya>
7. Ильин А.С. Механическое оборудование предприятий строительных материалов: Альбом для курсового и дипломного проектирования / Под ред. В.А. Баумана. – М.: Изд-во МИСИ, 1972. – 57 с.
8. ГОСТ 26433.0-85 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 24 с.
9. ГОСТ 8269.0-97 Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний. – М.: Изд-во стандартов, 1997. – 24 с.
10. Богданов В.С., Катаев Е.Ф., Шарапов Р.Р. Расчет и проектирование дробильного оборудования: Учебное пособие. – Белгород.6 Изд-во БТИСМ, 1990. – 116 с.
11. Голиков Н.С. Обоснование рациональных параметров щековой дробилки со сложным движением щеки: автореф. дис. канд. техн. наук. – М: МГУИЭ, 2010. 16 с.
12. Денегин В.В. К вопросу о производительности щековой дробилки / В.В. Денегин // Горные машины для разработки полезных ископаемых. 2013. -№138. СПб: СПГГИ (ТУ). – С. 29-31.

ПРИЛОЖЕНИЕ 1

СПРАВОЧНЫЕ ДАННЫЕ ПО ПАРАМЕТРАМ КАЧЕСТВА СЫРЬЯ ДЛЯ ДРОБЛЕНИЯ

Горная порода	Плотность породы, ρ , кг/м ³	Предел прочности дробимого материала при сжатии, $\sigma_{сж}$, кг/м ²	Модуль упругости, E , кг/м ²
Известняк мягкий	1400	$5 \cdot 10^6$	$0,42 \cdot 10^{10}$
Известняк прочный	2700	$11 \cdot 10^6$	$0,42 \cdot 10^{10}$
Песчаник желтый	2000	$7 \cdot 10^6$	$0,42 \cdot 10^{10}$
Песчаник серый	2700	$11 \cdot 10^6$	$0,42 \cdot 10^{10}$
Сланец глинистый	1200	$4 \cdot 10^6$	$0,15 \cdot 10^{10}$
Порфир	2700	$21 \cdot 10^6$	$0,70 \cdot 10^{10}$
Диабаз	2700	$22 \cdot 10^6$	$0,72 \cdot 10^{10}$
Базальт	2700	$25 \cdot 10^6$	$0,77 \cdot 10^{10}$
Мрамор	2800	$10 \cdot 10^6$	$0,62 \cdot 10^{10}$
Гранит крупнозернистый	2700	$13 \cdot 10^6$	$0,56 \cdot 10^{10}$
Гранит мелкозернистый	3300	$19 \cdot 10^6$	$0,65 \cdot 10^{10}$

ПРИЛОЖЕНИЕ 2

ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ ДРОБИЛОК РАЗНЫХ ТИПОВ

Тип дробилки	Крупность питания, мм	Крупность готового продукта, мм	Производительность, т/час
Щековая дробилка крупного дробления	650–1100	100–300	300–500
Щековая дробилка среднего дробления	до 400	60–125	20–65
Конусная дробилка крупного дробления	до 1300	350	2000–3000
Конусная дробилка среднего дробления	300–800	100–170	100–500
Конусная дробилка мелкого дробления	30–350	10–55	13–250
Валковая дробилка (гладкие валки)	40–75	2–14	10–85
Валковая дробилка (зубчатые валки)	до 1200	2–14	до 700
Молотковая дробилка	100–300	13–45	6–200
Роторная дробилка	до 600	23–183	150–500

ПРИЛОЖЕНИЕ 3

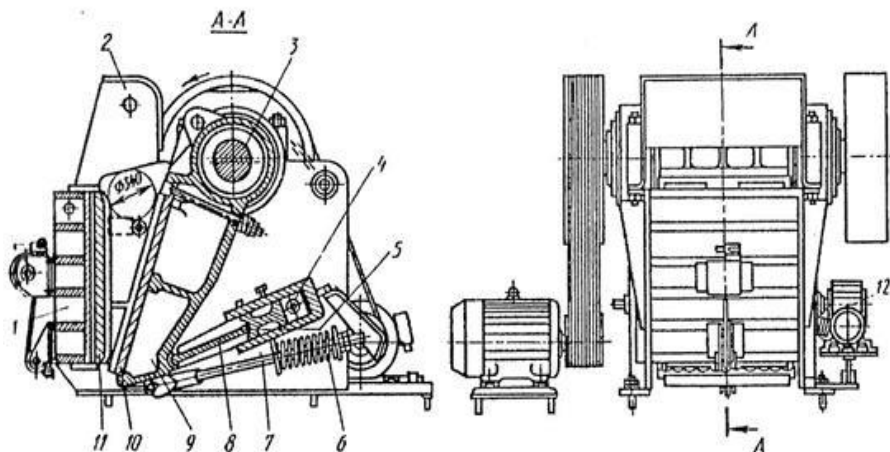


Схема щековой дробилки со сложным движением щеки:

- 1 – станина; 2 – козырёк; 3 – эксцентриковый вал; 4 – механизм регулирования выходной щели; 5 – ползун; 6 – пружина запирающего устройства;
- 7 – тяга запирающего устройства, 8 – распорная плита;
- 9 – сменный сухарь; 10 – подвижная дробящая плита;
- 11 – неподвижная дробящая плита; 12 – привод механизма регулирования выходной щели.

Технические характеристики лабораторной щековой дробилки со сложным движением щеки (тип ЩДС)

Модель: ДРО-572; типоразмер: ЩДС – 1,6х6; завод-изготовитель – Новокраматорский машиностроительный завод, г. Краматорск, Донецкая обл., Украина, 1989 г.	
Максимальный размер куска исходного материала, мм	130
Ширина разгрузочной щели, мм	17-45
Размер приемного отверстия, мм:	
длина	250 ± 20
ширина	400 ± 20
Производительность, м ³ /ч	5-14
Масса дробилки с электродвигателем, т	5,6
Мощность двигателя, кВт	30

ПРИЛОЖЕНИЕ 4

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК НОВОКРАМАТОРСКОГО МАШИНОСТРОИТЕЛЬНОГО ЗАВОДА

Наименование параметра	Значение параметра модели				
	ДЩ – 2,5×9	ДЩ – 4×6	ДЩ – 4×9	ДЩ – 6×9	ДЩГ – 7,5×27
Размер приемного отверстия, мм:					
ширина	250	400	400	600	750
длина	900	600	900	900	2700
Ширина выходной щели, мм	20...60	40...90	40...90	70...130	25...160
Максимальный размер куска материала, мм	210	340	340	500	2500
Производительность, м ³ /ч	10...25	10...25	15...35	35...80	210...280
Частота вращения эксцентрика, об/мин	300	310	300	280	-
Приводной электродвигатель: мощность, кВт, число оборотов, об/мин	45 1000	45 1000	55 1000	75 1500	55 -
Масса дробилки с электродвигателем, т	9,6	9,9	12,6	21,2	38,5

ПРИЛОЖЕНИЕ 5

ТЕХНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЩЕКОВЫХ ДРОБИЛОК ОАО «ДРОБМАШ»

Модель	Типоразмер	Размер куска исходного материала, мм	Ширина разгрузочной щеки, мм	Производительность, м ³ /ч	Мощность двигателя, кВт	Масса, т
ДРО – 572	ЩДС – 1,6x6	130	17–45	5–14	30	5,6
ДРО – 549	ЩДС – 1,6x9	130	17–45	7–20	37	6,6
СМД – 08А	ЩДС – 2,5x9	210	25-60	15-31	45	8,4
ДРО – 603	ЩДС – 4x6	340	40-90	15-33	30	7,0
СМД – 109А	ЩДС – 4x9	340	40-90	15-33	45	10
ДРО – 693	ЩДС – 5x9	425	40-90	23-53	55	12
ДРО – 710 (СМД-110АМ)	ЩДС – 5,5x9	460	55-90	45-70	75	18,4
СМД – 110А	ЩДС – 6x9	500	75-130	58-104	75	18,5
ДРО – 529	ЩДС – 7,5x9	600	160-200	90-160	75	21
ДРО – 609А	ЩДС – 8x10	680	100-180	85-155	132	27,5