

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ  
ФЕДЕРАЦИИ  
ФЕДЕРАЛЬНОЕ АГЕНТСТВО ПО ОБРАЗОВАНИЮ  
Государственное образовательное учреждение высшего  
профессионального образования  
«Оренбургский государственный университет»

Кафедра технологии строительных материалов и изделий

А.А.МАКАЕВА

# ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ТЕХНОЛОГИИ СТРОИТЕЛЬНЫХ ИЗДЕЛИЙ

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ  
К ЛАБОРАТОРНЫМ РАБОТАМ

Рекомендовано к изданию Редакционно-издательским советом  
«Оренбургский государственный университет»  
государственного образовательного учреждения  
высшего профессионального образования

Оренбург 2009

**УДК 691:18(07)**

**ББК 38.3**

**М 15**

**Рецензент**

**кандидат педагогических наук Т.И.Шевцова**

**Макаева А.А.**

**М 15**

**Процессы и аппараты технологии строительных изделий:  
методические указания к лабораторным  
работам /А.А.Макаева - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2009.-23 с.**

В методических указаниях объединены 4 лабораторные работы по разделу «Механические процессы и аппараты». Каждая работа включает теоретическое изложение материала, описание методики проведения опытов и контрольные вопросы для самоподготовки.

Методические указания предназначены для выполнения лабораторных работ по дисциплине "Процессы и аппараты технологии строительных изделий" для студентов специальностей 270106.

М  $\frac{1603110000}{6Л9 - 01}$

**ББК 38.3**

© Макаева А.А., 2009

© ГОУ ОГУ, 2009

## Содержание

Введение.....	4
1 Расчёт щековой дробилки.....	5
2 Изучение процесса дробления строительных материалов.....	11
3 Влияние поверхностно – активных веществ на процесс помола песка.....	17
4 Исследование процесса смешения твердых сыпучих материалов.....	20
Приложение А Таблица А.1 - Предел прочности при сжатии $\sigma_{сж}$ некоторых строительных материалов.....	23

## Введение

Лабораторные работы наряду с практическими знаниями и курсовой работой проводятся с целью закрепления теоретических знаний по важной для будущего инженера-технолога-строителя дисциплине «Процессы и аппараты технологии строительных изделий».

При производстве строительных материалов механические процессы применяются наиболее широко и они занимают одно из первых мест как по объему, так и по энергоемкости в общей технологии изготовления изделий. Способы и некоторые особенности механической переработки сырья и материалов (измельчение, классификация, смешение) в значительной мере зависят от состава, свойств и структуры перерабатываемого материала.

Лабораторные работы носят исследовательский характер. Каждая из них представляет собой самостоятельные исследования, результаты которого могут быть применены в лабораторных работах смежных дисциплин: «Механическое оборудование предприятий строительных изделий», «Вязущие вещества», «Технология заполнителей бетона».

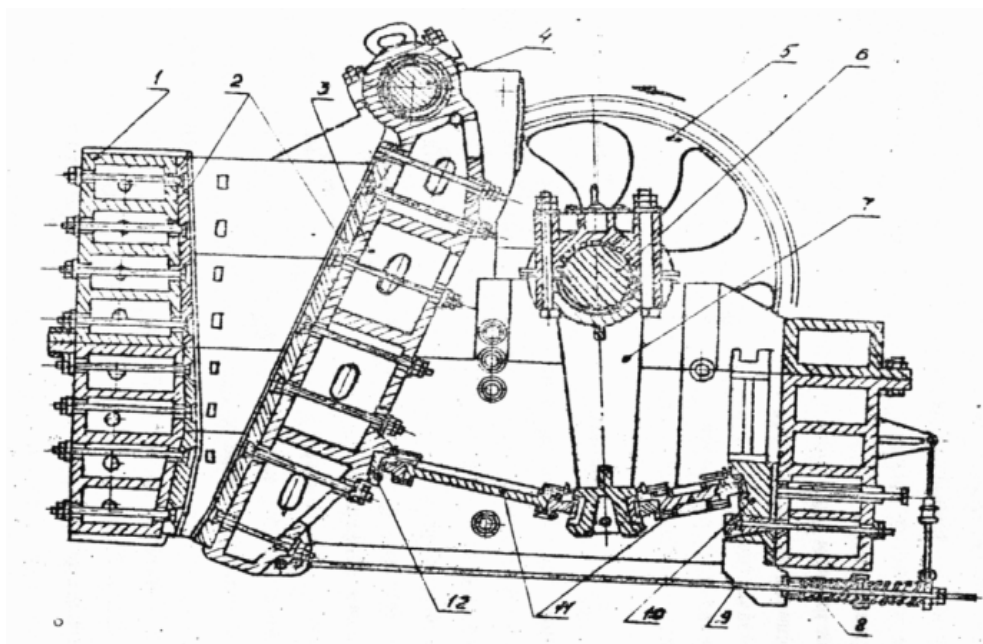
# 1 Расчёт щековой дробилки

Цель работы: ознакомиться с устройством щековых дробилок с различным ходом щеки и с методикой их расчёта.

## 1.1 Общие положения

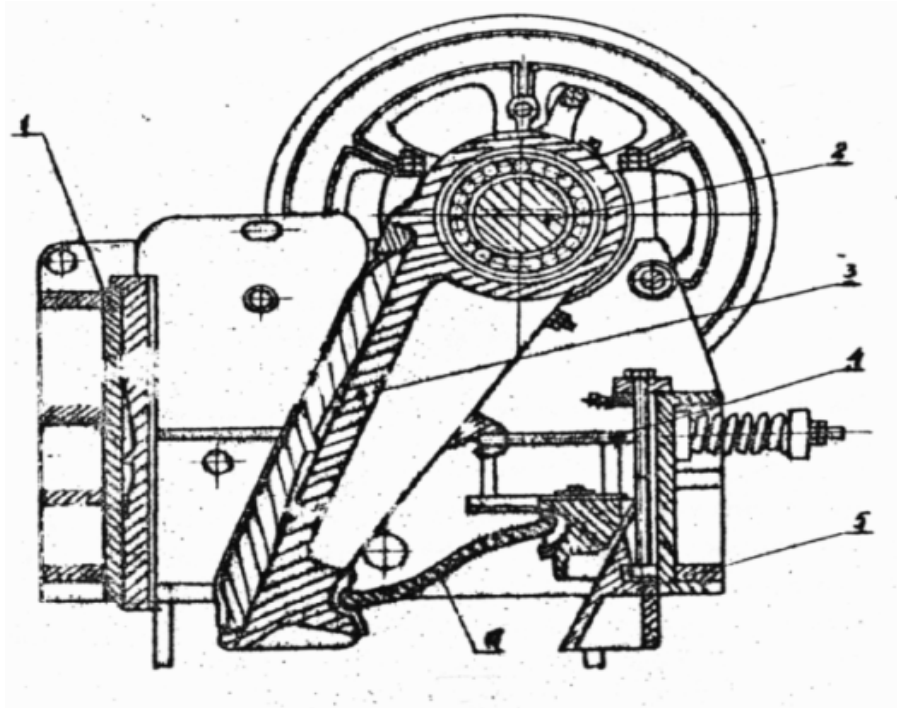
Широкое распространение в промышленности строительных материалов, в основном для первичной переработки нерудных материалов, получили щековые дробилки (рисунок 1.1 и рисунок 1.2). В них материал раздробливается под действием раздавливания, раскалывания и частичного истирания между двумя щеками при их периодическом сближении.

Главным параметром дробилки является произведение ширины загрузочной щели  $B$  и длины загрузочной щели  $L$ . В зависимости от величины главного параметра  $B \times L$  в мм щековые дробилки, выпускаемые в нашей стране, составляют следующий размерный ряд: 160x250, 250x400, 250x900, 400x600, 400x900, 900x1200, 1200x1500, 1500x2100 мм.



1- листы станины; 2 - броневые плиты; 3 - подвижная щека; 4- ось;  
5 – маховик; 6 – эксцентриковый вал; 7 – шатун; 8 – пружина; 9 – тяга;  
10 – регулировочное устройство; 11 – распорные плиты; 12 – вкладыши.

Рисунок 1.1 - Щековая дробилка с простым движением щеки



1- станины; 2 – эксцентриковый вал; 3 – дробящие плиты; 4 – замыкающее устройство; 5 – регулировочное устройство; 6 – распорные плиты.

Рисунок 1.2 - Щековая дробилка со сложным движением щеки

## 1.2 Методика расчёта щековой дробилки

Дробление в щековых дробилках возможно только в том случае, когда угол между подвижной и неподвижной щеками (угол захвата) не превышает определенной величины.

Угол захвата может быть определен (рисунок 1.3) в зависимости от угла трения измельчаемого материала  $\varphi$  о поверхность щек или от величины коэффициента трения  $f$  по формуле:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{2f}{1 - f^2}, \quad (1.1)$$

где  $\alpha$  - угол захвата, градус;

$\varphi$  - угол трения, градус;

$f$  - коэффициент трения скольжения дробимого материала по поверхности дробящих плит; Для расчета следует принять  $f = 0,3$ .

Для практических расчетов угол захвата рекомендуется принимать:

$$\alpha_{\text{пр.}} = (0,4 \div 0,7) * \alpha \quad \text{градус} \quad (1.2)$$

При увеличении степени дробления материала необходимо уменьшить ширину разгрузочной цели, однако надо помнить о том, чтобы угол захвата был не выше указанных пределов.

Число оборотов эксцентрикового вала  $n$  щековой дробилки рекомендуется определять по формуле:

$$n = (60 \div 63) \sqrt{\frac{tg \alpha}{S}} \text{ об/с,} \quad (1.3)$$

где  $S$ - ход подвижной щеки на уровне разгрузочной щели, мм.

Ввиду торможения материала при выпадении за счет сил трения о щеки число оборотов эксцентрикового вала рекомендуется брать на 5 - 10 % меньше теоретического.

При расчете числа оборотов эксцентрикового вала щековой дробилки можно использовать эмпирические зависимости, предложенные ВНИИСтройдормашем, учитывающие силы трения материала о дробящие плиты.

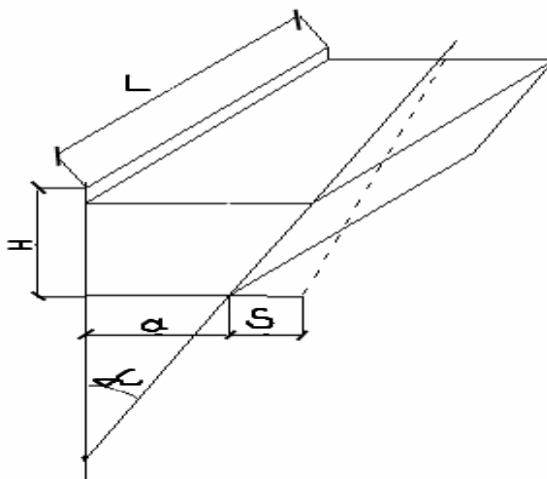


Рисунок 1.3 - Схема к расчету основных параметров щековой дробилки

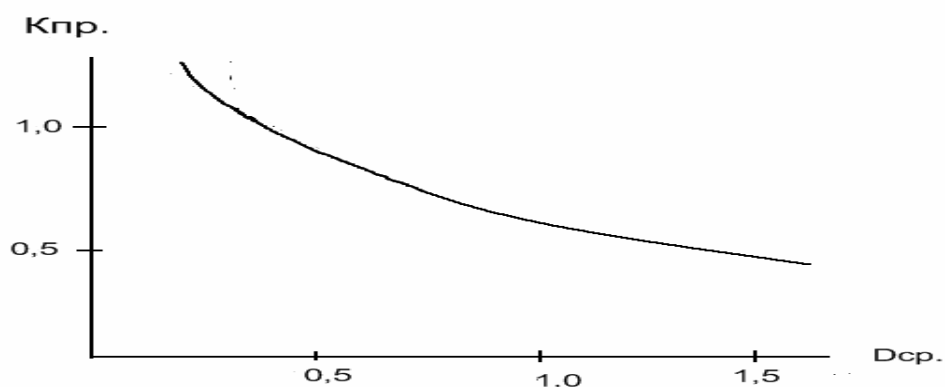


Рисунок 1.4 - График зависимости коэффициента пропорциональности  $k_{пр}$  от размеров кусков материала  $D_{ср}$ , поступающих в дробилку

Для дробилок с шириной загрузочной щели 600 мм и менее:

$$n = 17 * b^{-0.3} \text{ об/с,} \quad (1.4)$$

где  $b$  - ширина разгрузочной щели, м.

Для дробилок с шириной разгрузочной щели 900 мм и более:

$$n = 18 * b^{-0.3} \text{ об/с} \quad (1.5)$$

Ширина разгрузочной щели может быть определена по формуле:

$$b = a + S \text{ м,} \quad (1.6)$$

где  $a$  - минимальным размер разгрузочной щели, мм;

$S$  - ход подвижной щеки внизу камеры дробления, мм.

Основные конструктивные параметры камеры дробления щековой дробилки (рисунок 1.3) рекомендуется определять из следующих выражений:

$$B = (1,15 \div 1,2) \cdot D_{\max} \text{ м,} \quad (1.7)$$

$$L = (1,5 \div 3,5) \cdot B \text{ м,} \quad (1.8)$$

$$H = \frac{B - a}{\operatorname{tg} \alpha} = (2,0 \div 2,4) \cdot B \text{ м,} \quad (1.9)$$

$$a = \frac{2d_{\text{ср}} - S}{2} \text{ м,} \quad (1.10)$$

где  $B$  - ширина загрузочной щели, м;

$D_{\max}$  - размер наибольшего куска материала до дробления, м;

$L$  - длина загрузочной щели, м;

$H$  - высота неподвижной щеки, м;

$d_{\text{ср}}$  - средний размер кусков материала после дробления, мм.

Величину хода подвижной щеки внизу камеры дробления следует определять по формулам ВНИИСтройдормаша:

для дробилок с простым движением щеки;

$$S_n = 8 + 0,26b \text{ ,м} \quad (1.11)$$

для дробилок со сложным движением щеки;

$$S_n = 7 + 0,1b \text{ ,м} \quad (1.12)$$

где  $S_n$  - величина хода подвижной щеки внизу камеры дробления, м;

$b$  - ширина разгрузочной щели, м.



Величину хода подвижной щеки сверху камеры дробления можно определить по следующим эмпирическим зависимостям:

- для дробилок с простым движением щеки:

$$S_b = (0,01 \div 0,03) \cdot B, \text{ м} \quad (1.13)$$

и для дробилок со сложным движением щеки:

$$S_b = (0,06 \div 0,08) \cdot B, \text{ м} \quad (1.14)$$

где  $B$  - ширина загрузочной щели, м.

Производительность щековой дробилки  $Q$  рекомендуется определять по формуле Б.В. Клушанцева;

$$Q = \frac{2 \cdot k \cdot S_{cp} \cdot c \cdot L \cdot b \cdot n}{\text{tg} \alpha} \cdot \text{tg} 19^\circ, \text{ м}^3/\text{с} \quad (1.15)$$

где  $Q$  - производительность щековой дробилки,  $\text{м}^3/\text{с}$ :

$k$ - коэффициент, учитывающий размер дробилки и зависящий от величины загрузочной щели. Для дробилок с размером загрузочной щели от 250x400 до 600x900 мм рекомендуется принимать  $k = 1$ ; для дробилок 900x1200 мм  $k = 1,25$ ; для дробилок 1200x1500 мм  $k = 1,35$ ; для дробилок 1500x2100 мм  $k = 1,5$ ;

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

$L$  – длина загрузочной щели, м;

$b$ -наибольшая величина загрузочной щели, м;

$n$  - частота вращения эксцентрикового вала, об/с;

$\alpha$ - угол захвата, градус;

$S_{cp}$ - средняя величина хода подвижной щеки, м.

$$S_{cp} = \frac{S_b + S_n}{2} \text{ м} \quad (1.16)$$

При дроблении строительных материалов в щековых дробилках нагрузка на электродвигатель не является постоянной и зависит от усилия дробления, которое при рабочем ходе достигает максимальной величины, а при холостом ходе равно нулю.

Мощность привода щековой дробилки рекомендуется определять по формуле, профессора М.Л. Сапожникова:

$$N = \frac{k_{np} \cdot k_d \cdot \sigma_{сж}^2 \cdot \pi \cdot L \cdot n}{12 \cdot E \cdot \eta} (D_{cp}^2 - d_{cp}^2), \text{ Вт} \quad (1.17)$$

где  $k_{np}$ - коэффициент пропорциональности, учитывающий

удельную прочность материала в зависимости от его размеров. Принимается по графику (см. рисунок 1.4);

$\sigma_{сж}$  - предел прочности разрушаемого материала на сжатие, Н/м<sup>2</sup>. Предел прочности при сжатии некоторых строительных материалов приводится в приложении А;

$L$  - длина камеры, дробления, м;

$n$  – число оборотов эксцентрикового вала, об/с;

$E$  - модуль упругости разрушаемого материала, Н/м<sup>2</sup>.

Для расчета можно принять  $E=6,9 \cdot 10^{10}$  Н/м<sup>2</sup>;

$\eta$  - к.п.д; привода. Рекомендуется принимать  $\eta = 0,65 \div 0,85$ ;

$D_{ср}$  - средний размер куска материала до измельчения, м;

$d_{ср}$  - средний размер куска материала после измельчения, м;

$k_g$  – поправочный коэффициент, учитывающий использование полной длины камеры дробления.

$$k_{\partial} = \frac{m \cdot D_{ср}}{L} \quad (1.18)$$

где  $m$  - число кусков материала, которые фактически могут уложиться по длине камеры дробления.

### Контрольные вопросы

1. В чем принципиальное отличие дробилок с простым и сложным движением щеки?
2. Объясните параметры, входящие в формулу, по которой определяется производительность щековой дробилки.
3. Объясните параметры, входящие в формулу, по которой определяется мощность щековой дробилки.
4. Как выбирается значение коэффициента  $k_{гр}$ ?
5. От чего зависит число оборотов эксцентрикового вала?

## 2 Изучение процесса дробления строительных материалов

Цель работы: ознакомиться с устройством и работой лабораторной щековой дробилки и процессом дробления; определить степень дробления измельчаемого материала.

### 2.1 Основы теории

Процесс разрушения (деформирования) твёрдых тел под действием внешних сил (например, механических, тепловых и др.) называется **измельчением**. В работе рассматривается измельчение только как механическое разрушение тел. Разрушение тел происходит, как правило, по дефектным местам. В зависимости от крупности конечного продукта в промышленности строительных материалов различают следующие виды измельчения:

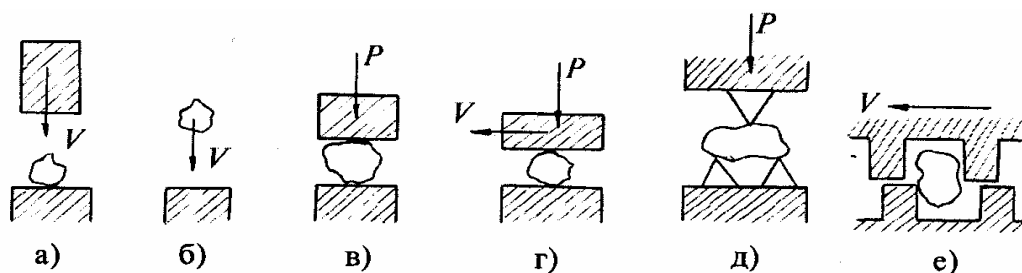
Дробление	↗	крупное	100...350	} Размер куска, (мм)
	→	среднее	40...100	
	↘	мелкое	5 ... 40	

Помол	↗	грубый	5...0,1	} Размер зёрен, (мм)
	→	тонкий	0,1...0,05	
	↘	сверхтонкий	<0,05	

Основными способами измельчения являются удар, раздавливание, истирание, резание, разламывание. В каждой измельчающей машине реализуются, как правило, все способы измельчения, но главную роль играет тот, для которого она создана.

При ударе (рисунок 2.1 а, б) под действием динамических нагрузок в теле возникают динамические напряжения, приводящие к его разрушению. Различают свободный и стесненный удары. При стесненном ударе (рисунок 2.1 а) тело разрушается между двумя рабочими органами измельчителя, при свободном (рисунок 2.1 б) — в результате столкновения с рабочим органом или другим измельчаемым телом. Измельчение ударом имеет ме-

сто в роторных и молотковых дробилках, молотковых и струйных мельницах, дезинтеграторах, а также частично в барабанных мельницах.



а — стесненный удар, б — свободный удар, в — раздавливание, г — истирание, д — раскалывание, е — резание

Рисунок 2.1 - Способы измельчения твердых тел

При раздавливании (рисунок 2.1 в) под действием статической нагрузки определяющими являются напряжения сжатия. В чистом виде раздавливание реализуется только в щековых дробилках. В ряде других типов измельчителей оно сопровождается истиранием.

При истирании (рисунок 2.1 г) разрушение происходит главным образом от напряжений сдвига. Истирание в комбинации с раздавливанием — один из наиболее экономичных способов измельчения и используется в среднеходных (валковых и шаровых) мельницах, бегунах, валковых и конусных дробилках.

При раскалывании (рисунок 2.1 д) в теле возникают в основном изгибающие напряжения. Этот способ используется, например, в дискозубых дробилках, предназначенных для измельчения достаточно крупных вязких глинистых материалов.

Резание (рисунок 2.1 е), при котором в теле возникают напряжения сдвига, используется в измельчителях для пластичных материалов типа резины, а также древесных отходов, бумаги, тряпок и т.п.

Перечисленные способы являются общими как для дробления, так и для помола и в большинстве случаев присутствуют в сочетании. Например, в щековых дробилках материал измельчается раздавливанием, раскалыванием и частичным истиранием в пространстве между щеками при их периодическом сближении.

Измельчение характеризуется степенью измельчения (дробления)  $i$ , которая определяется отношением средних размеров материала до и после измельчения (формула (2.1)):

$$i = \frac{D_{cp}}{d_{cp}} \quad (2.1)$$

На практике часто используется среднеарифметический по весу частиц средний диаметр (формула (2.2)):

$$d_{cp} = \frac{\sum a_i \cdot d_i}{\sum a_i}, \quad (2.2)$$

или в развёрнутом виде (формула (2.3)):

$$d_{cp} = \frac{a_1 d_1 + a_2 d_2 + \dots + a_n d_n}{a_1 + a_2 + \dots + a_n} \quad (2.3)$$

где  $a_i$  – частные остатки на ситах, %;

$d_i$  – диаметр, принимаемый за средний для данной узкой фракции,

мм.

Можно пользоваться среднегармоническим диаметром по весовому выходу (формула (2.4)):

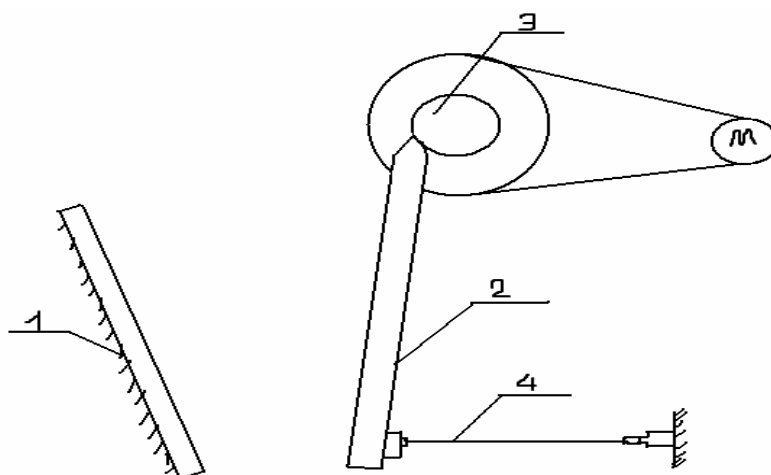
$$d_{cp} = \frac{a_1 + a_2 + \dots + a_n}{\frac{a_1}{d_1} + \frac{a_2}{d_2} + \dots + \frac{a_n}{d_n}} \quad (2.4)$$

Метод среднеарифметического расчёта может быть использован только для узких классов крупности. При переходе к более широким классам и при расчёте  $d_{cp}$  для всего продукта следует пользоваться среднегармоническим.

Величина степени измельчения ( $i$ ) достигает 1000 и определяется физико-механическими свойствами, размером материала и конструкцией машины. Степень дробления в современных дробилках не превышает 30...40.

## 2.2 Описание установки и приборов

В лабораторной работе для дробления материала используется щековая дробилка со сложным движением щеки (рисунок 2.2). Материал поступает в полость между подвижной щекой 1 и неподвижной 2. Подвижная щека закреплена на эксцентриковом приводном валу 3, нижним концом опирается на распорную плиту 4 и при работе траектории движения её точек представляют собой геометрические фигуры – эллипсы (совершается поступательное и вращательное движение). (Более подробно с видами дробилок и их устройством студенты знакомятся при изучении дисциплины «Механическое оборудование предприятий строительных изделий»).



1 - неподвижная щека, 2 – подвижная щека, 3 - эксцентриковый приводной вал, 4 - распорная плита

Рисунок 2.2 – Схема щековой дробилки

В работе используется набор сит, регламентируемых ГОСТ 6613 - 86. Каждое сито характеризуется номинальным размером стороны ячейки в свету или количеством отверстий на  $\text{см}^2$  поверхности сита. Размер ячейки сита является номером сита.

С правилами взвешивания студенты знакомы по предыдущим лабораторным работам.

## 2.3 Методика проведения работы

### 2.3.1 Работу выполняют две бригады.

2.3.2 Взвешивают по 3 кг различных испытываемых материалов различной прочности.

2.3.3 Определяют средний размер кусков исходных материалов посредством отсева. По окончании отсева взвешивают частные остатки материала в граммах и выражают в процентах от исходной массы навески (формула 2.5):

$$a_i = \frac{m_i}{\Sigma m} 100\% , \quad (2.5)$$

где  $m_i$  – масса частного остатка на  $i$ -ом сите, г;

$\Sigma m$  – суммарная масса просеянной пробы, г.

Средний размер материала определяют по формулам (2.3) и (2.4).

2.3.4 Производят дробление материала и определяют средний диаметр материала после процесса дробления (формулы (2.3), (2.4)).

2.3.5 Определяют степень измельчения.

## 2.4 Обработка результатов

2.4.1 Полученные результаты заносят в таблицу 1.1

Таблица 2.1 – Сводная таблица результатов эксперимента

№ сита	Материал: _____								
	до дробления				после дробления				i
	част.ост. г.	част.ост. %	$D_{\text{ср. арф.}} \text{ мм}$	$D_{\text{ср. гарм.}} \text{ мм}$	част.ост. г.	част.ост. %	$D_{\text{ср. арф.}} \text{ мм}$	$D_{\text{ср. гарм.}} \text{ мм}$	
20									
10									
5									
2.5									
1.25									
063									
0315									
016									
под-дон									

Примечание -

$D_{\text{ср.арф.}}$  ;  $d_{\text{ср.арф.}}$  – среднеарифметический диаметр до и после дробления;

$D_{\text{ср.гарм.}}$  ;  $d_{\text{ср.гарм.}}$  – среднегармонический диаметр до и после дробления.

2.4.2 Делают заключение о влиянии механических свойств материала на степень измельчения.

## **2.5 Контрольные вопросы**

- 1 Что называется измельчением?
- 2 Какие виды измельчения Вы знаете?
- 3 Назовите способы измельчения.
- 4 Какие аппараты служат для дробления материалов. Объяснить принцип их работы.
- 5 Как оценить зерновой состав полидисперсных материалов?
- 6 Какие свойства материалов оказывают наибольшее влияние на процесс дробления?



### **3 Влияние поверхностно – активных веществ на процесс помола песка**

Цель работы: исследование влияния интенсификаторов на кинетику процесса помола песка.

#### **3.1 Основы теории**

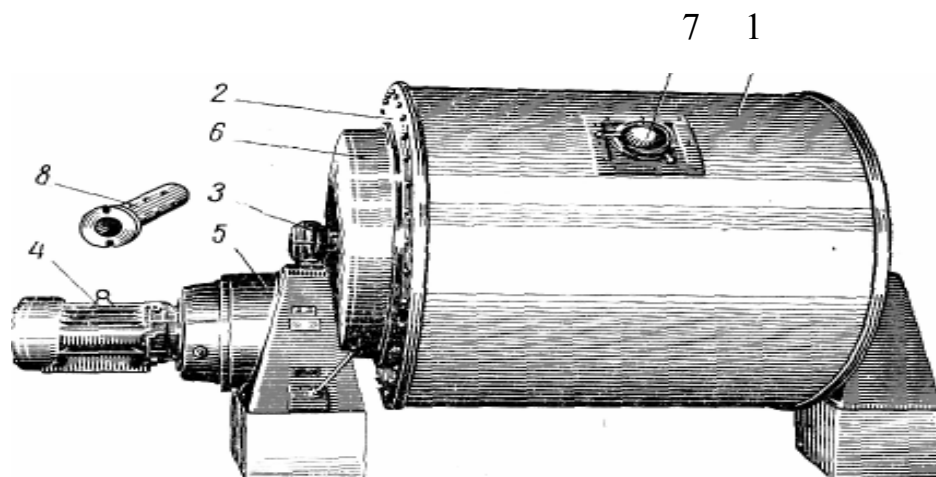
Тонкое измельчение – один из наиболее энергоёмких процессов при производстве вяжущих материалов: на него затрачивают около 60 % всей расходуемой на производство цемента электроэнергии. Для активизации процесса тонкого измельчения применяются интенсификаторы помола. Разрушение твёрдого материала можно интенсифицировать, добавляя поверхностно- активные вещества (ПАВ) в количестве 0,015...0,03 % от массы размалываемого материала. При введении в мельницу таких добавок, как каменный уголь, лигнин, триэтаноламин, ССБ измельчение материала происходит интенсивнее и производительность мельницы повышается. Для каждого материала существуют наиболее активные ПАВ: для кварца –  $AlCl_3$ ,  $NaCl$ ,  $MgCl_2$  и нафтенное мыло; для карбонатных пород – щелочные электролиты; для глинистых пород – хлористый натрий.

Эффект понижения прочности твердых тел под влиянием адсорбции на их поверхности активных веществ был обнаружен в 1928 году академиком П.А.Ребиндером. При деформации твердого тела в его поверхностном слое развиваются клиновидные микротрещины, которые после снятия нагрузки способны смыкаться. Адсорбированные ПАВ заполняют микротрещины и препятствуют их смыканию. Как было установлено Б.В.Дерягиным, пленки жидкости, находясь в микротрещинах, оказывают на них расклинивающее действие и способствуют их расширению. Введение ПАВ препятствует агрегированию (плотному слипанию) частиц между собой, а также налипанию материала на мелющие тела. Эффективность интенсификаторов помола должна быть не менее 10 % по сравнению с измельчением материала без добавок.

#### **3.2 Описание установок и приборов**

Помол песка осуществляется в лабораторной двухкамерной шаровой мельнице периодического действия.

Схема шаровой мельницы представлена на рисунке 3.1



1 – сварной барабан; 2 – чугунные или стальные днища с цапфами; 3 – подшипник; 4 - электродвигатель; 5 –редуктор; 6 – кожух; 7 – крышка люка; 8 - стакан с отверстиями, для разгрузки мельницы.

Рисунок 3.1 - Общий вид шаровой мельницы периодического действия

Мельница периодического действия представляет собой сварной барабан, закрытый с обеих сторон чугунными или стальными днищами с цапфами, которыми мельница опирается на подшипники. Барабан внутри футерован кремневыми камнями, фарфоровыми плитами или плитами из высокоглиноземистых или циркониевых материалов. Мелющие тела (шары и цельпесы) изготовляют из тех же материалов или применяют кремневую гальку.

Для определения удельной поверхности отобранных проб используется прибор ПМЦ- 500. (Устройство и принцип работы этих аппаратов подробно описаны в предыдущей лабораторной работе).

### 3.3 Методика проведения работы

3.3.1. Взвешивают две порции (по 3 кг) высушенного до постоянного веса песка, прошедшего через сито 1.25. Засыпают их в различные камеры шаровой мельницы.

3.3.2. Отвешивают порошок ПАВ 0,03 % от массы песка в пересчете на сухое вещество и делают его водный раствор (содержание воды не должно превышать 1% от массы измельчаемого материала). Полученный раствор ПАВ распыляют в одну из камер мельницы.

3.3.3. Включают шаровую мельницу. Через 30 минут берут по две пробы песка (50...100 г) из каждой камеры мельницы. Продолжают процесс помола. Ещё через 30 минут повторяют отбор проб.

3.3.4. Все отобранные пробы подвергают анализу, используя прибор ПМЦ-500 .

### 3.4 Обработка опытных данных

3.4.1. Полученные результаты заносят в таблицу 3.1.

Таблица 3.1 - Свободная таблица результатов эксперимента

Материал	Время помола мин	Навеска порошка, г.	Высота слоя, см.	Тем-ра воздуха °С	Время прохождения, с	$\sqrt{T}$	M	Удельн.поверх., см <sup>2</sup> /г	
								единичн	средняя
Песок без ПАВ	30								
	60								
Песок с ПАВ	30								
	60								

3.4.2. Оценить эффективность введения интенсификатора.

### 3.5 Контрольные вопросы

1. Какие интенсификаторы помола Вы знаете?
2. В чём заключается сущность «эффекта Ребиндера»?
3. Какое влияние оказывает среда на процесс тонкого измельчения?
4. Опишите механизм действия ПАВ на кинетику помола.

## 4 Исследование процесса смешения твердых сыпучих материалов

Цель работы: практическое знакомство с устройством и работой смесителя; исследование процесса смешения сыпучих компонентов и расчет показателей смешения.

### 4.1 Основы теории

В промышленности строительных материалов смешение компонентов является одним из основных переделов. Важной задачей этого технологического передела является получение однородной смеси компонентов, т.е. гомогенизация составляющих смеси. При прочих равных условиях хорошая гомогенизация смеси определяет качество получаемого изделия.

Смешение – это процесс образования однородных систем путем приведения в тесное соприкосновение сыпучих тел, жидкостей или газов. Оно может быть осуществлено механическим, гидравлическим, пневматическим и другими способами. Наиболее распространен механический способ и применяемые при этом машины называются смесителями.

Смесь называется идеальной, если в любой ее точке к каждой частичке одного из компонентов примыкают частицы другого компонента в количествах, определяемых заданным соотношением. В реальных условиях идеального расположения частиц не наблюдается.

Качество смешения характеризуется следующими статистическими оценками: коэффициентом неоднородности (вариации) и стандартным отклонением.

Коэффициент неоднородности  $v_c$ :

$$v_c = \frac{\sigma}{\bar{C}} \cdot 100 = \frac{100}{\bar{C}} \cdot \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (C_i - \bar{C})^2}{n-1}}, \quad (4.1)$$

где  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение концентрации ключевого компонента в пробах, %;

$\bar{C}$  – среднеарифметическое значение концентрации ключевого компонента в пробах, %;

$C_i$  – значение концентрации ключевого компонента в  $i$ -ой пробе;

$n$  – число анализируемых проб.

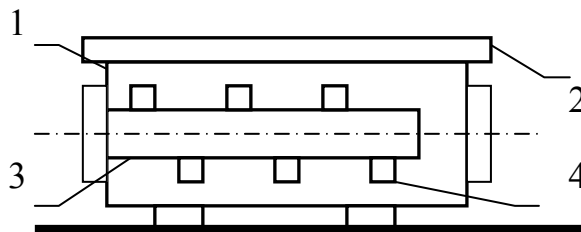
Стандартное отклонение ( $D_v$ ) может быть найдено по формуле:

$$D_v = \sqrt{\frac{\sum (C_i - \bar{C})^2}{n \cdot \bar{C}}} \quad (4.2)$$

Для идеальных смесей  $\nu_C=0$ . Если коэффициент неоднородности 6...8 % – смешение удовлетворительно, при  $\nu_C=4...6$  % – смешение хорошее, а при  $\nu_C < 1$  – очень хорошее.

## 4.2 Описание установок и приборов

Смешение сухих сыпучих материалов производится в лабораторном одновальном шнековом смесителе периодического действия (рисунок 4.1).



1 - корыто, 2 - крышка, 3 – вал, 4 - перемешивающие лопатки.

Рисунок 4.1 - Схема смесителя

Смеситель состоит из горизонтально расположенного корыта 1, крышки 2, вала 3 по длине которого укреплены перемешивающие лопатки 4.

В работе используются наборы сит, весы.

## 4.3 Методика проведения работы

4.3.1 Для исследования процесса смешения используют песок фракций 0.16 – 1.25 и 1.25 – 5.0 мм. Количество составляющих задается по бригадам по таблице 4.1

Таблица 4.1 - Состав компонентов смеси

Бригада	Количество компонентов, г		Общая масса, г
	0.16 – 1.25	1.25 – 5.0	
1	1000	1000	2000
2	800	900	1700
3	700	800	1500
4	1000	700	1700

4.3.2 Перемешивание производят в течение 15 минут. Через каждые 6 минут берут 3 пробы по 300 г. Каждую пробу анализируют на содержание всех составляющих посредством ситового анализа. После анализа пробу возвращают в смеситель.

4.3.3 Рассчитывают  $\nu_C$ ,  $D_v$  для определения времени перемешивания. Результаты заносят в таблицу 4.2.

4.3.4 Оценивают показатели степени равномерности распределения материалов в зависимости от продолжительности перемешивания и массы загружаемого материала.

4.3.5 Строят графики зависимости статистических показателей равномерности перемешивания от продолжительности смешения.

#### 4.4 Обработка опытных данных

4.4.1 Результаты исследования процесса смешения материалов вносят в таблицу 4.2.

Таблица 4.2 - Сводная таблица результатов эксперимента

Продолжительность смешения, мин.	Содержание компонентов, %		$\nu_C$	$D_v$
	0.16 – 1.25	1.25 – 5.0		

4.4.2 Сделать выводы и определить наиболее оптимальные условия перемешивания.

#### 4.5 Контрольные вопросы

1 Что такое гомогенизация? Какими способами она может быть осуществлена?

2 Что такое идеальные и реальные смеси?

3 Как оценивается равномерность распределения компонентов в смеси?

4 Какие типы смесительных устройств вы знаете?

## Приложение А

(справочное)

Таблица А 1 - Предел прочности при сжатии  $\sigma_{сж}$  некоторых строительных материалов

Материал	$\sigma_{сж}$ , МН/м <sup>2</sup>
Гранит	100 - 250
Андезит	80 - 240
Базальт	100 - 500
Габбро	200 - 350
Диабаз	до 450
Известняк - ракушечник	0,4 - 5,0
Известняк средней плотности	40 - 100
Особо плотный известняк	200 - 350
Кварцит	до 400
Кварц	80 - 200
Мрамор	55 - 300
Мергель плотный	50 - 100
Пемза	2 - 3
Полевой шпат	120 - 170
Песчаники	50 - 100