



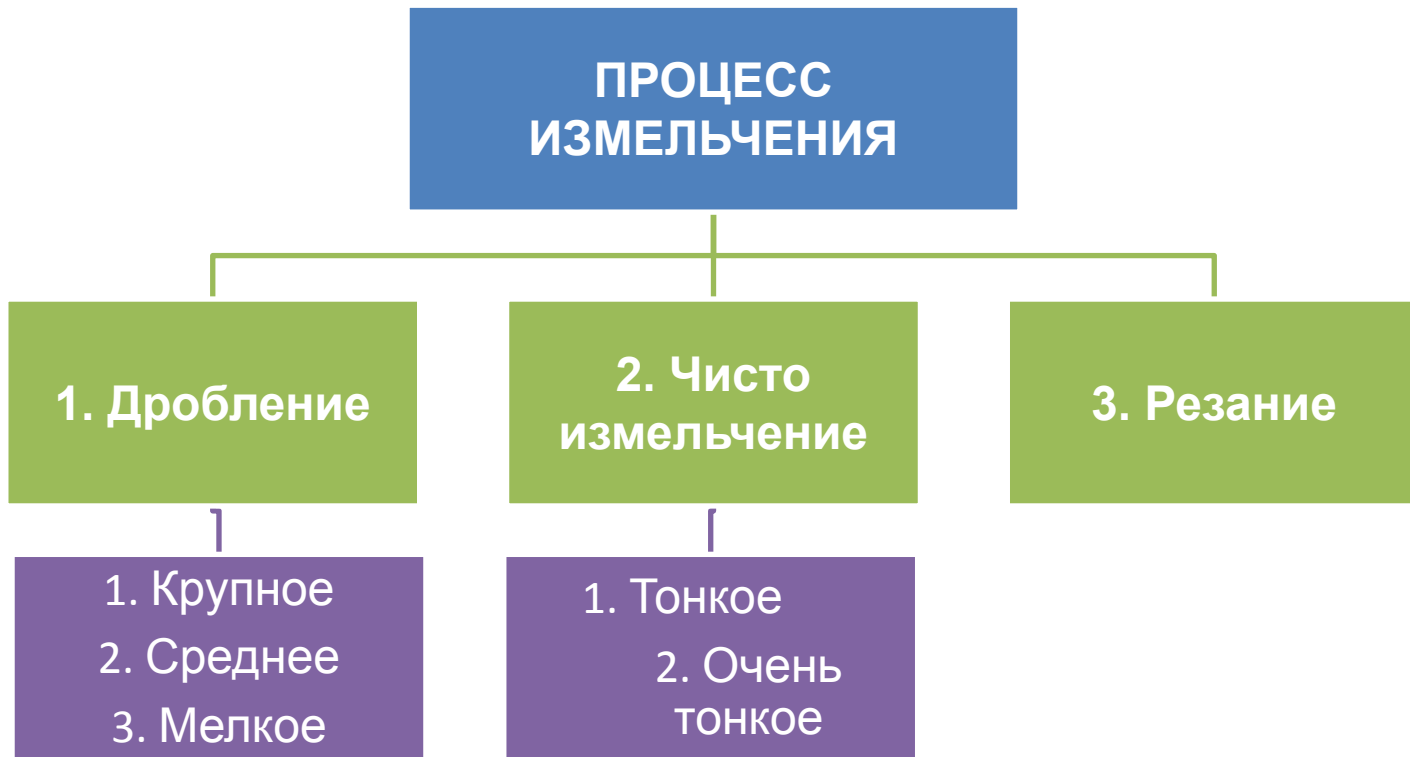
# Лекция 3

- I. Общие сведения. Классификация способов измельчения и измельчающих устройств
  
- II. Устройство, работа и регулировки измельчающих устройств. Элементы теории.**

# I.

**ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ** – процесс увеличения площади и объемов твердых материалов путем раздавливания, раскалывания, истирания, удара и т.д. (т.е. за счет получения более мелких частиц).

Принцип	Схема	Устройство	Принцип	Схема	Устройство
1. Раздавливание		1 – опорная плита; 2 – материал; 3 – нажимная плита; 4 – клинообразный орган;	5. Резание		1 – опорная плита; 2 – материал; 3 – нажимная плита; 4 – клинообразный орган;
2. Раскалывание		5 – опоры; 6 – нож; 7 – пила; 8 – молоток	6. Распиливание		5 – опоры; 6 – нож; 7 – пила; 8 – молоток
3. Разламывание			7. Измельчение ударом		
4. Истирание					



**СТЕПЕНЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ** ( $i$ ) – отношение среднего размера куска материала до измельчения ( $d_n$ ) к среднему размеру куска после измельчения ( $d_k$ ).

$$i = \frac{d_n}{d_k} .$$

# НА ПРАКТИКЕ БОЛЕЕ ТОЧНО СТЕПЕНЬ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ $i$ ОПРЕДЕЛЯЮТ:

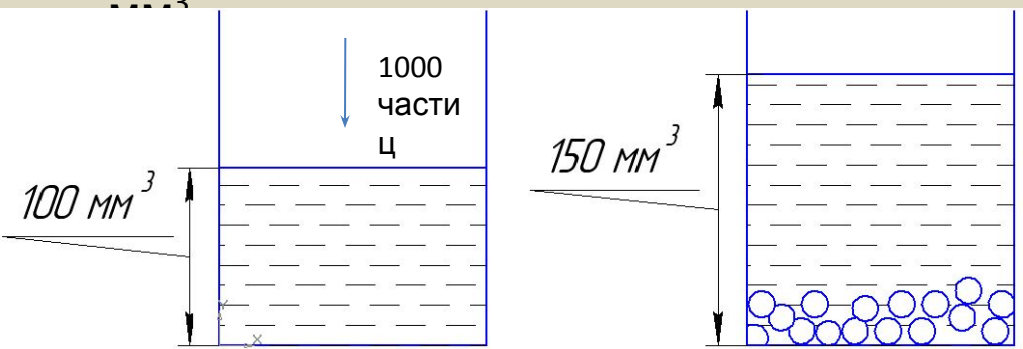
$$i = \frac{D_{\text{экв}}}{d_{\text{н\ddot{o}}}}$$

где  $D_{\text{экв}}$  – эквивалентный размер частиц до измельчения, мм;

$d_{\text{cp}}$  – средний размер частиц после измельчения, мм.

$$D_{\text{экв}} = \sqrt[3]{\frac{6 \cdot V_r}{\pi}}$$

где  $V_r$  – объем одной частицы, мм<sup>3</sup>



до погружения

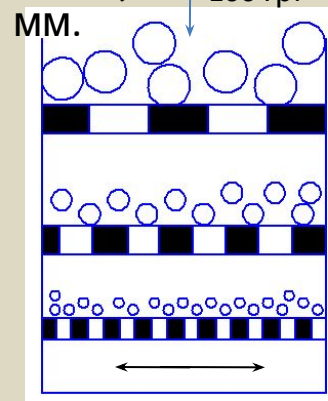
после погружения

$$V_r = \frac{150 - 100}{1000} = 0.05 \text{ мм}^3$$

$$d_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{\sum (P_i \cdot d_i)}{\sum P_i}$$

где  $P_i$  – массовый остаток на  $i$ -том решете, гр;

$d_i$  – размер отверстия  $i$ -того решета, мм.



$$P_1 = 40 \text{ гр}; d_1 = 5 \text{ мм}$$

$$P_2 = 50 \text{ гр}; d_2 = 3 \text{ мм}$$

$$P_3 = 10 \text{ гр}; d_3 = 1 \text{ мм}$$

$$d_{\text{н\ddot{o}}} = \frac{40 \cdot 5 + 50 \cdot 3 + 10 \cdot 1}{100} = 3.6 \text{ мм}$$

**На практике размеры кусков до и после измельчения характеризуются размерами решет (сит), через которые просеивают материал.**

Вид измельчения	Способ измельчения	$d_H$ , мм	$d_K$ , мм
1. Крупное	Сухой	1500...2000	250...25
2. Среднее		250...25	25...5
3. Мелкое		25...5	5...1
4. Тонкое	Мокрый	5...1	1...0,75
5. Очень тонкое (коллоидное)		0,2...0,1	до $1 \cdot 10^{-4}$

# КЛАССИФИКАЦИЯ ИЗМЕЛЬЧАЮЩИХ МАШИН

## ИЗМЕЛЬЧАЮЩИЕ МАШИНЫ

### 1. Дробилки

1. Молотковые
2. Щековые
3. Конусные
4. Ударного действия

### 2. Мельницы

1. Жерновые
2. Вальцовые
3. Бегуны
4. Шаровые
5. Вибрационные
6. Коллоидные

### 3. Резательные машины

1. Дисковые
2. Роторные
3. Струнные
4. Пластинчатые

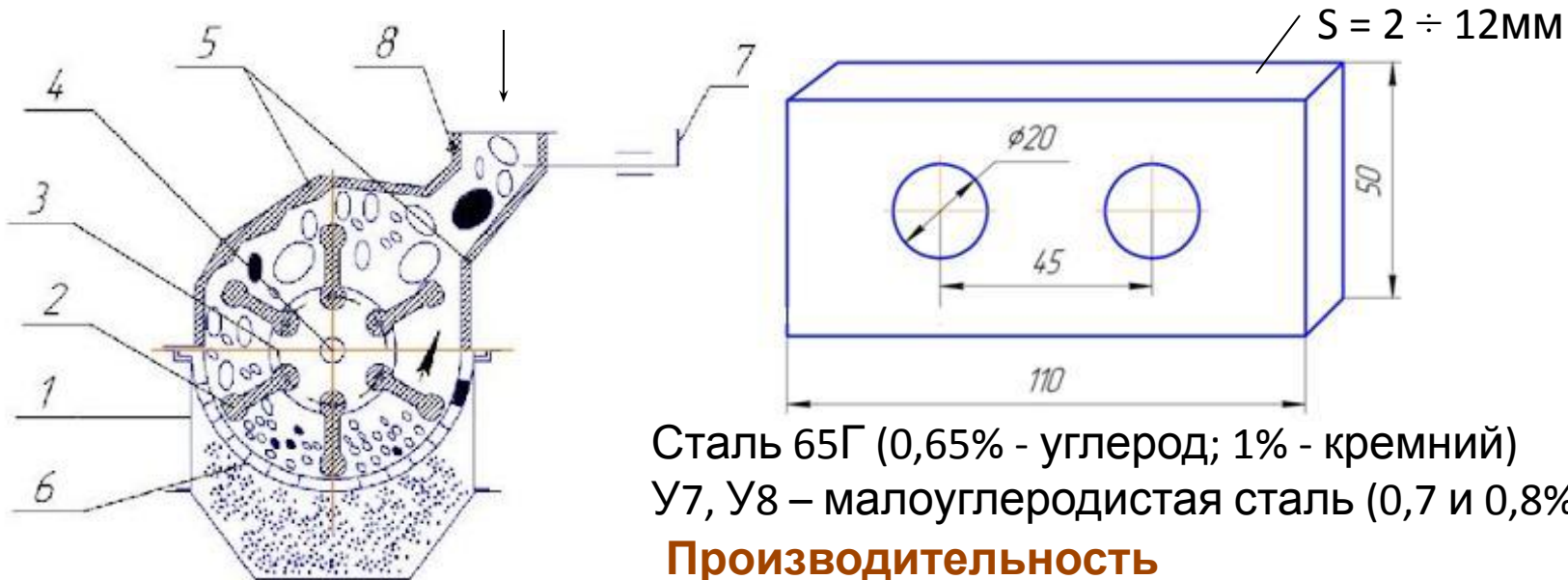
# ТРЕБОВАНИЯ К ИЗМЕЛЬЧАЮЩИМ МАШИНАМ

1. Обеспечение равномерности кусков измельченного материала;
2. Минимум пылеобразования;
3. Быстрое удаление измельченных кусков из рабочей зоны;
4. Равномерная, непрерывная и автоматическая загрузка исходного материала;
5. Возможность плавной регулировки степени измельчения;
6. Минимум расхода энергии на процесс измельчения или единицу материала;
7. Возможность быстрой замены рабочих органов

# ДРОБИЛКИ

**1. Молотковые дробилки** – самые распространенные для зерна (производство комбикормов, производство костной муки, подсушенной травы (травяная мука) и т.д.)

**Принцип измельчения** – многократный удар зерновки (частицы) молотками и о броневую плиту.



- 1 – корпус;
- 2 – дробящий молоток;
- 3 – диск;
- 4 – вал;
- 5 – броневая плита;
- 6 – колосниковая решетка
- 7 – заслонка;
- 8 – загрузочное устройство

Сталь 65Г (0,65% - углерод; 1% - кремний)  
У7, У8 – малоуглеродистая сталь (0,7 и 0,8% - углерод)

**Производительность дробилки:**

$$Q = D^2 \cdot L \cdot \omega \cdot \rho \cdot k, \quad \text{т/ч}$$

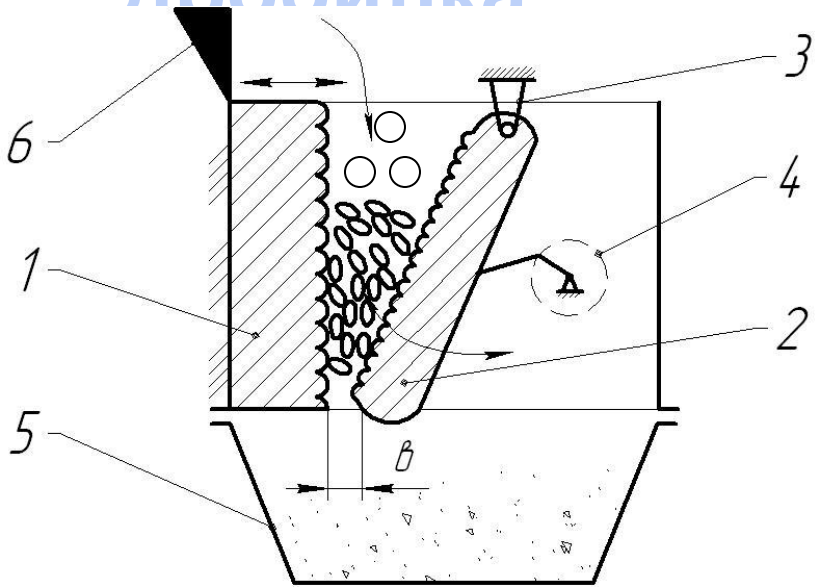
где  $D, L$  – соответственно, диаметр и длина ротора;

$\omega$  – угловая частота вращения молотков;

$\rho$  – плотность материала;



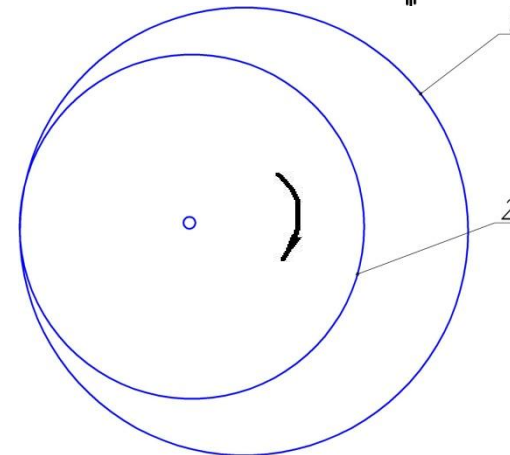
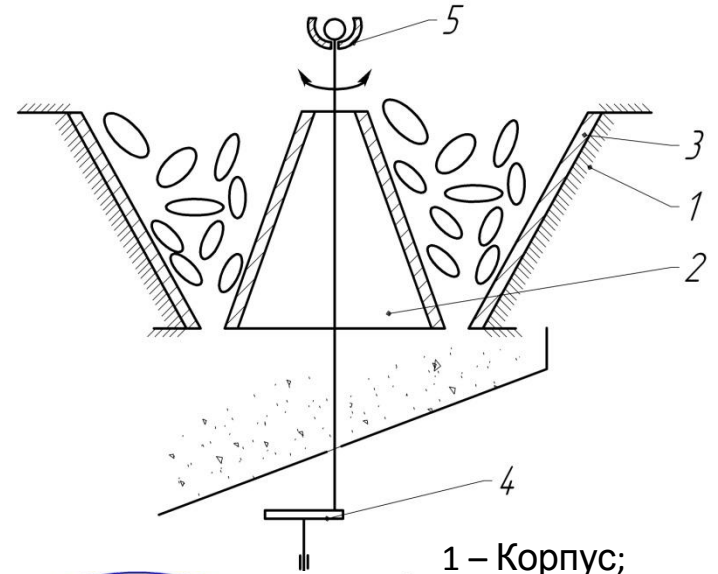
## 2. Щековая пробивка



- 1 – неподвижная щека;
- 2 – подвижная щека;
- 3 – ось подвеса подвижной щеки;
- 4 – механизм привода;
- 5 – емкость для измельченного материала;
- 6 – клин.

$$Q = \mu \cdot d_{cp} \cdot l \cdot b \cdot n \cdot \rho$$

## 3. Конусная (гирационная)

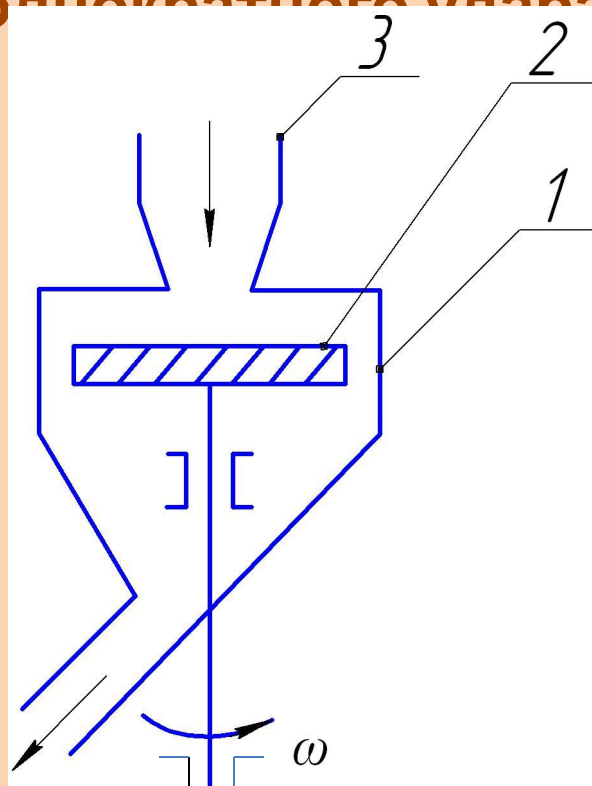


- 1 – корпус;
- 2 – дробящая головка;
- 3 – броневая плита;
- 4 – эксцентрик;
- 5 – шаровая опора.

$$Q = \omega \cdot \mu \cdot b \cdot l \cdot D \cdot \rho$$

## 4. ДИСКОВЫЙ

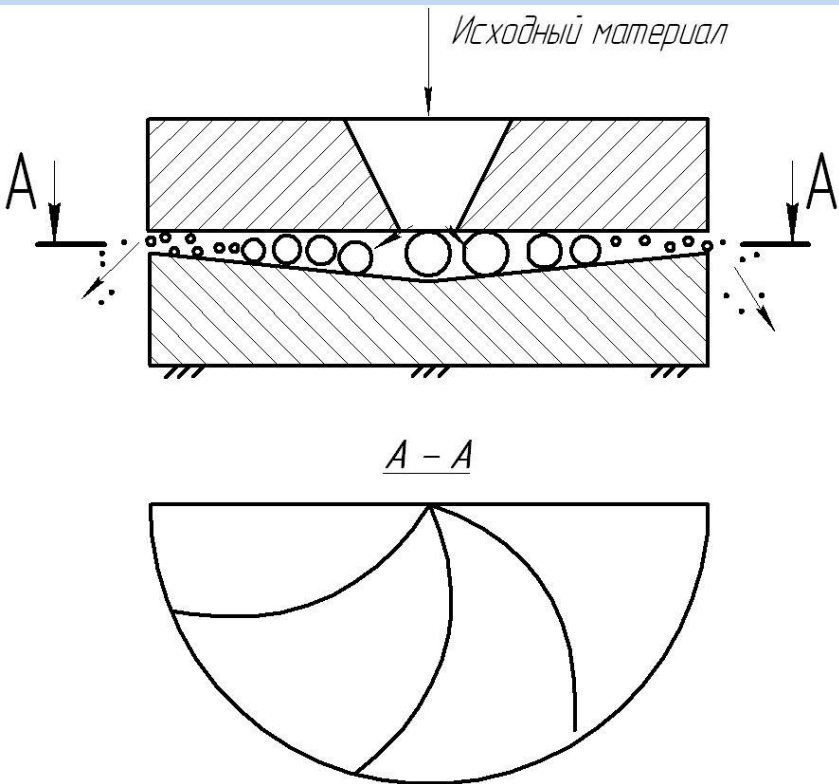
измельчитель - для  
измельчения хрупких  
материалов (овес) за счет  
однократного удара



- 1 – корпус;
- 2 – вращающийся  
диск
- 3 – загрузочный

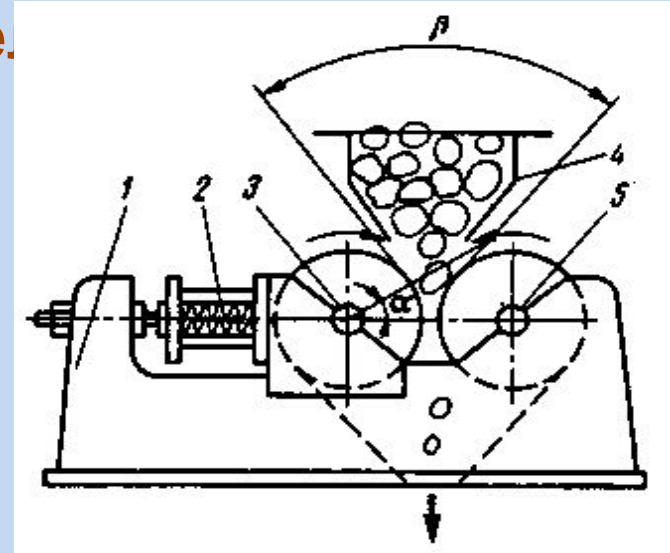
# МЕЛЬНИЦЫ

## 1. Жерновая



- 1 – вращающийся жернов (постав);
- 2- неподвижный жернов (постав)

## 2. Вальцовая (валковая) ме.



- 1 - станина; 2 – пружина; 3 - подвижной валок;
- 4 - бункер; 5 - неподвижный валок

### □ Зазор между вальцами

0,03...1,5мм;

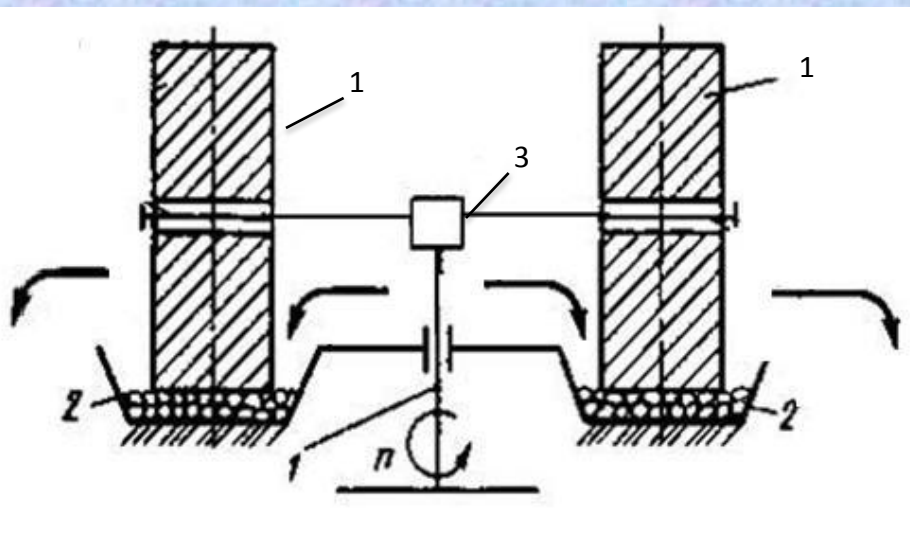
### □ Окружные скорости 5...6 м/с

### □ Отношение окружных скоростей

$$k = V_{\text{б}} / V_{\text{м}} \quad \begin{array}{l} \text{(для дранной - 2,5} \\ \text{для размольной -} \\ \text{1,5)} \end{array}$$

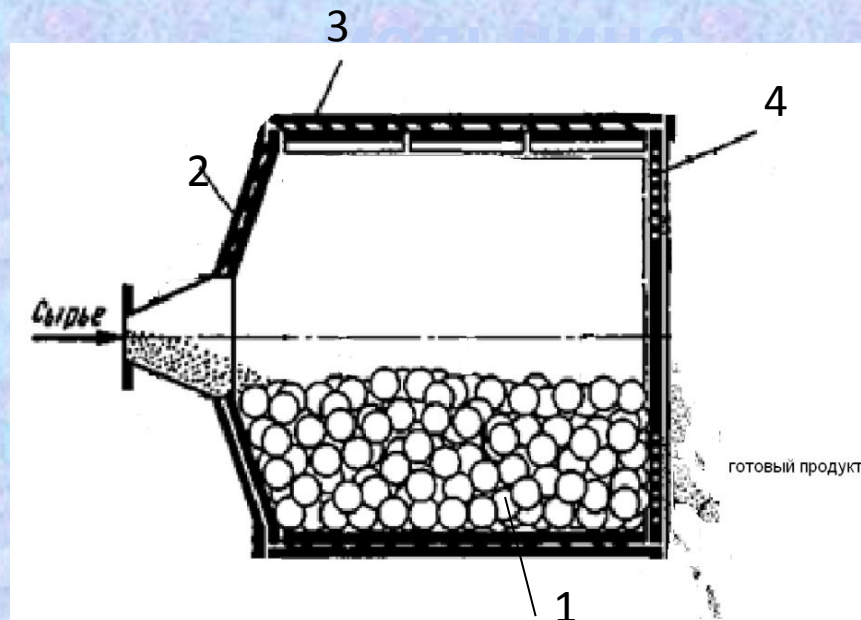
$$Q = \mu \cdot \rho \cdot L \cdot D \cdot \frac{a}{2} \cdot n$$

### 3. Бегуны



- 1 - жернова (поставы);
- 2 - чаша;
- 3 - механизм привода

### 4. Шаровая (стержневая)

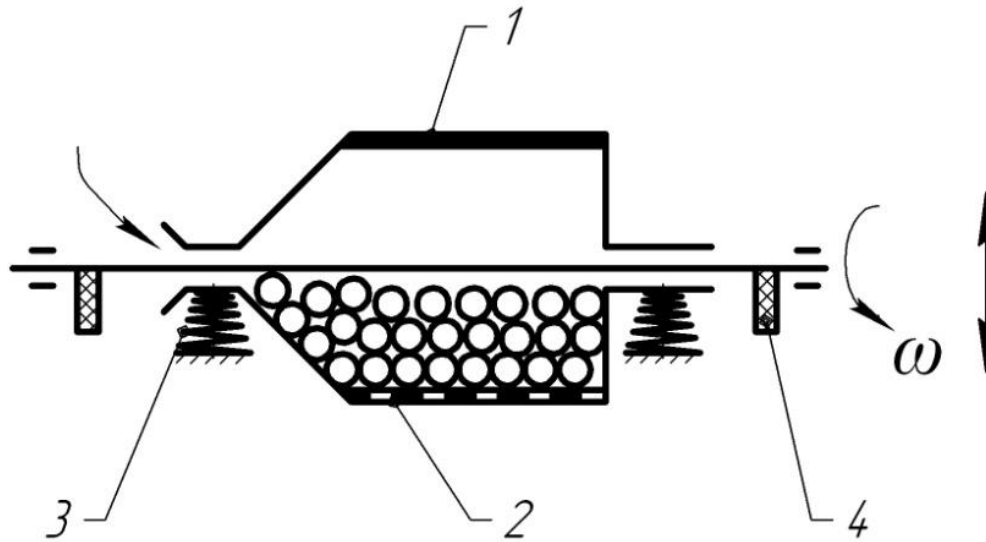


- 1 - рабочие органы (шары)
- 2 - корпус;
- 3 - броневая плита;
- 4 - решетка.

- ✓ Стальные (или фарфоровые) шары имеют диаметр  $\varnothing 35 \dots 175 \text{ мм}$
- ✓ Степень заполнения рабочей камеры -  $0,30 \dots 0,35$

✓  $n_{\text{раб}} \approx 0,75 \cdot n_{\text{пред}}$

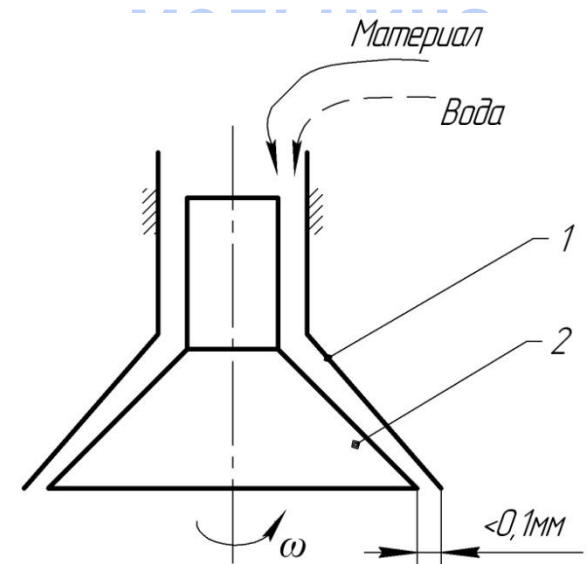
## 5. Вибрационная мельница



1 – Корпус;  
2 – Решетка;  
3 – Подвески;  
4 –  
Дебалансы.

- Частота колебаний  $\omega = 150 \dots 200$   $\text{с}^{-1}$ ;
- Амплитуда колебаний  $a = 2 \dots 4$  мм.

## 6. Коллоидная

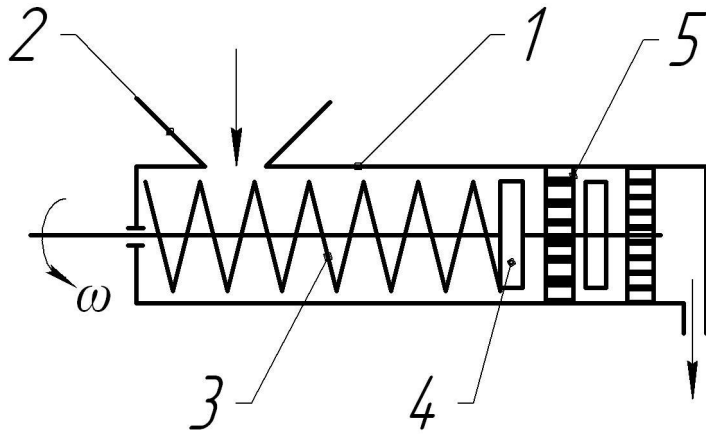


1 – Неподвижный корпус;  
2 – Вращающийся конус.

# РЕЗАТЕЛЬНЫЕ МАШИНЫ

## 1. МЯСОРУБКА

«ВОЛНИК»

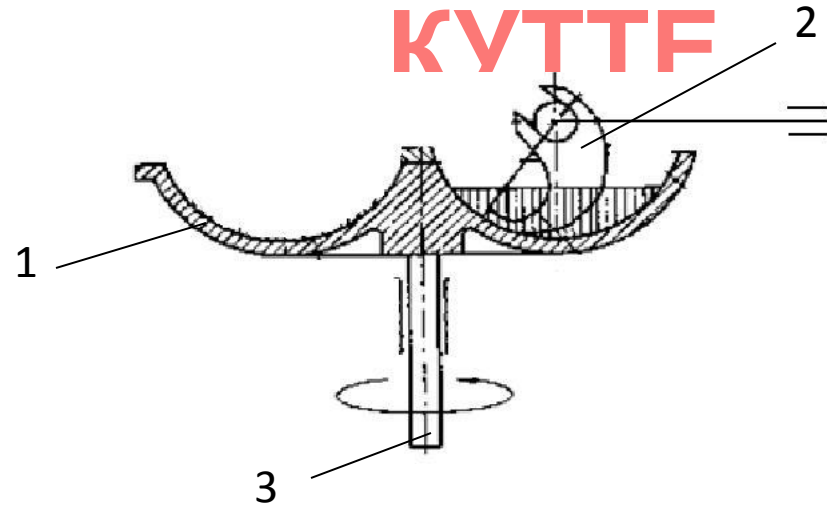


- 1 – корпус;
- 2 – загрузочное устройство;
- 3 – вращающийся шнек;
- 4 – нож;
- 5 – решетка.

**4+5 = режущая пара**

## 2.

**КУТТФ**



- 1 – медленно вращающаяся чаша;
- 2 – быстро вращающиеся серповидные ножи;
- 3 – привод.

# ТЕОРИЯ ДРОБЛЕНИЯ И ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ

Данные процессы связаны с затратами большого количества энергии.

## • Теория ДиИ

- 1. Поверхностная теория
- 2. Объемная теория

*П.Т.* – заключается в том, что работа, необходимая для измельчения, пропорциональна вновь образующимся поверхностям измельчаемого материала.

*О.Т.* – заключается в том, что работа, необходимая для изменению, пропорциональна увеличению объема кусков измельченного материала.

# Уравнение Ребиндера

$$\dot{A} = \dot{A}_V + \dot{A}_S = \hat{e}_1 \cdot \Delta V + \hat{e}_2 \cdot \Delta S, \quad \hat{e}_1 \hat{e}_2$$

где  $A$  – полная работа внешних сил;

$A_V$  – работа, затрачиваемая на деформацию объема разрушаемых кусков;

$A_S$  – работа, затрачиваемая на образование новых поверхностей;

$\kappa_1$  – коэффициент пропорциональности, равный работе деформирования единицы объема разрушаемого тела;

$\Delta V$  – изменение объема разрушаемого тела;

$\kappa_2$  – коэффициент пропорциональности, равный работе на образование единицы новых поверхностей;

$\Delta S$  – приращение вновь образованных поверхностей



1. В случае **крупного измельчения** (малая степень измельчения) можно пренебречь работой, затрачиваемой на образования новых поверхностей ( $A_g$ ) и учитывая, что  $\Delta V \approx D^3$  получим

$$A = k_1 \cdot \Delta V = k_1' \cdot D^3$$

где  $D$  – характерный размер куска, мм

2. В случае **мелкого измельчения** (большая степень измельчения) можно пренебречь работой, затрачиваемой на деформирование объемов кусков ( $A_v$ ) и учитывая, что  $\Delta S \approx D^2$  получим

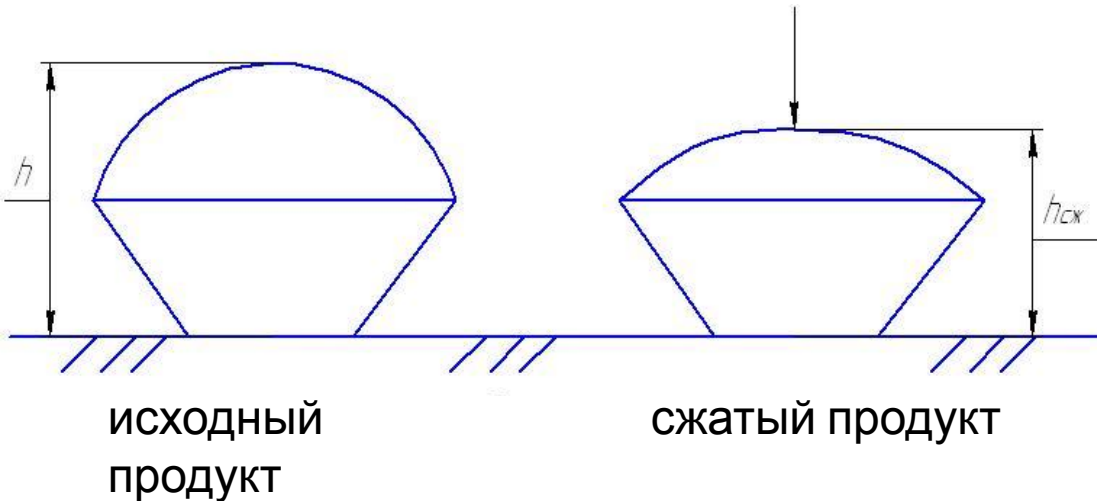
$$A = k_2 \cdot \Delta S = k_2' \cdot D^2$$

3. **Промежуточный случай**

$$\dot{A} = k_3 \sqrt{D^3 \cdot D^2} = k_3 \cdot D^{2.5}$$

# РАБОТА НА РЕЗАНИЕ -

состоит из двух последовательных стадий:  
сначала лезвие ножа сжимает материал, а затем  
перерезает его (Уравнение В. П. Горячкина)



$$A = A_{сж} + A_{п}, \text{ Дж}$$

где  $A_{сж}$  — работа, затрачиваемая на сжатие продукта, Дж;  
 $A_{п}$  — полезная работа резания, Дж.

$$A_{сж} = \mathcal{E} \cdot h_{сж} / h,$$

где  $\mathcal{E}$  - условный модуль сжатия материала лезвием ножа, Дж;

$h_{сж}$  - высота сжатого слоя, м;

$h$  - первоначальная высота слоя материала, м.

$$A_{п} = F_{рез} (h - h_{сж}),$$

где  $F_{рез}$  — табличное усилие резания для конкретного материала, Н.