

# ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ



## ЛЕКЦИЯ 2

# Основные свойства



**механические**

**химические**

**физические**

**технологические**

# Физические свойства



1. Параметры физического состояния (истинная, средняя, относительная, насыпная плотность);
2. Структура материала (пористость; пустотность – для сыпучих);
3. Способность материала отвечать на действия физических факторов:  
водной среды - гидрофизические свойства;  
тепловых – теплофизические свойства;  
электрических – электрофизические свойства и т.п.

# Параметры состояния



- Истинная плотность:  $\rho_{и} = m/V_a$ ; (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>), где  $m$  – масса материала,  $V_a$  – объем материала в абсолютно плотном состоянии
- Средняя плотность:  $\rho_o = m / V_{ест}$ , (г/см<sup>3</sup>, кг/м<sup>3</sup>, т/м<sup>3</sup>), где  $m$  – масса материала;  $V_{ест}$  – объем материала в естественном состоянии  
$$V_{ест} = V_a + V_{пор}$$
- Относительная плотность ( $d$ ) выражает среднюю плотность материала по отношению к плотности воды (это безразмерная величина)
- Насыпная плотность:  $\rho_o^{нас} = m/V_{нас}$
- Линейная плотность:  $\rho_l = m/l$ , (г/см)
- Поверхностная плотность:  $\rho_s = m/S$ , (г/см<sup>2</sup>).

# Структурные характеристики



## Пористость – степень заполнения объема

материала порами: общая (истинная) пористость, открытая (кажущаяся) пористость и закрытая пористость

- Пористость истинная (общая) :  $\Pi_{и} = (1 - \rho_o / \rho_{и}) \cdot 100\%$ ;  $\Pi_{и} = \Pi_{з} + \Pi_{о}$ ;
- Пористость открытая (кажущаяся):  $\Pi_{о} = (\Pi_{ф} + \Pi_{т})$ ;  $\Pi_{и} = \Pi_{з} + (\Pi_{ф} + \Pi_{т})$   $\Pi_{ф}$  – пористость фильтрационная (сквозная);  $\Pi_{т}$  – пористость тупиковая
- $\Pi_{о} = \frac{m_{нас} - m_{сух}}{V_{ест}}$ , где  $m_{сух}$  и  $m_{нас}$  – масса материала в сухом и насыщенном водой состоянии
- Коэффициент плотности ( $K_{пл}$ ) =  $\rho_o / \rho_{и}$  – степень заполнения объема, занятого кусковым материалом самим веществом материала.

# Структурные характеристики (рыхлосыпучие материалы)



- Пустотность: (степень заполнения объема, занятого сыпучим материалом, межзерновыми пустотами)

$$V_{\text{пуст}} = (1 - \rho_o^{\text{нас}} / \rho_{o.з}) \times 100\% = (1 - K_{\text{упл}}) \times 100\%$$

$\rho_{o.з}$  - средняя плотность зерен, т.е. масса зерен материала вместе с порами

- Коэффициент уплотненности сыпучего материала:

$$K_{\text{упл}} = \rho_o^{\text{нас}} / \rho_{o.з}, \text{ где } \rho_{o.з} - \text{средняя плотность зерен}$$

- Коэффициент упаковки:  $K_{\text{упк}} = \rho_o^{\text{нас}} / \rho_{\text{и}}$

# Действие физических факторов



## Гидрофизические свойства:

- Влажность :  $W_{абс} = (M_{вл} - M_{сух}) / M_{сух} \times 100\%$ .  $W_{отн} = (M_{вл} - M_{сух}) / M_{вл} \times 100\%$ ;
- Водопоглощение по массе:  $W_m = (M_{нас} - M_{сух}) / M_{сух} \times 100 \%$ .
- Водопоглощение по объему:  $W_o = (M_{нас} - M_{сух}) / V_{ест} \times 100 \%$ .
- $W_o / W_m = \rho_o$ ,  $W_o = W_m \times \rho_o$ .
- Коэффициент насыщения ( $K_n$ ) =  $W_o / \Pi_i$ .
- Водопроницаемость – способность материала пропускать воду под давлением.
- Коэффициент фильтрации  $K_f = V_v \cdot a / [ S(p_1 - p_2)t ]$ , (м/час).

# Действие физических факторов



## Гидрофизические свойства:

- Водостойкость – это способность материала сохранять прочность в насыщенном водой состоянии
- Коэффициент размягчения (водостойкости)  
$$K_{\text{разм}} = R_{\text{нас}}/R_{\text{сух}}$$
- Морозостойкость – это способность материала, в насыщенном водой состоянии, выдерживать многократное замораживание и оттаивание без видимых признаков разрушения
- Газо- и паропроницаемость – самостоятельно



# Действие физических факторов



## **Теплофизические свойства:**

- Теплопроводность; коэффициент теплопроводности
- Огнеупорность
- Огнестойкость
- Коэффициент линейного температурного расширения
- Теплоемкость - самостоятельно

# Теплофизические свойства



- Теплопроводность – это способность материала проводить теплоту через свою толщину от одной поверхности к другой
- Коэффициент теплопроводности  
$$(\lambda = Q \cdot \delta / S(t_v - t_n) \cdot \tau)$$
- Формула Некрасова  
$$\lambda = 1,16 (\sqrt{0,0196 + 0,22 d^2}) - 0,16; \text{ Вт}/(\text{м } ^\circ\text{C})$$
- Термическое сопротивление слоя ограждающей конструкции  
$$R = \delta / \lambda; \text{ м}^2\text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

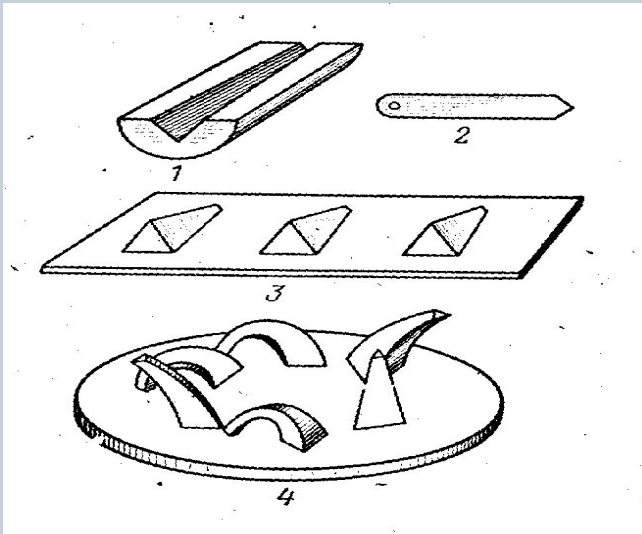
# Теплофизические свойства



- Огнеупорность – это свойство материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры, не размягчаясь, не деформируясь
- По огнеупорности материалы подразделяют:
  - Легкоплавкие, стойкие к действию температуры до  $1350^{\circ}\text{C}$  (не размягчаются)
  - Тугоплавкие –  $1350 - 1580^{\circ}\text{C}$
  - Огнеупорные – свыше  $1580^{\circ}\text{C}$

# Теплофизические свойства

Для определения огнеупорности используют набор стандартных образцов-пироскопов



Определение огнеупорности глин:  
1- форма; 2— выталкиватель;  
3 — сформованные испытуемые пироскопы (КИ); 4—внешний вид пироскопов после испытания

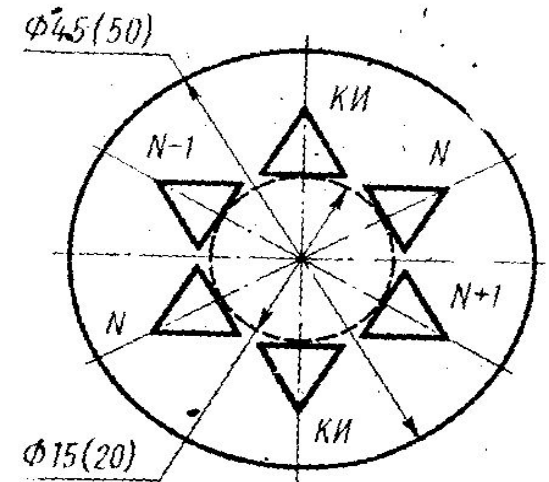


Схема  
размещения пироскопов  
на подставке

КИ – испытуемые пироскопы;

N - пироскопы с  $T_{пл} = 1370^{\circ}\text{C}$

N-1 – пироскопы с  $T_{пл} = 1350^{\circ}\text{C}$

N+1 - пироскопы с  $T_{пл} = 1390^{\circ}\text{C}$

# Теплофизические свойства

- Огнестойкость - это способность материала противостоять действию огня в течение определенного времени
- Определение по методу «огневой трубы»
  - Сгораемые - горят открытым пламенем,
  - Трудносгораемые – тлеют, но после удаления огня не горят,
  - Несгораемые – не горят, но возможно растрескиваются, деформируются (асбоцементный шифер)

# Механические свойства



- характеризуют способность материалов противостоять силовым или механическим нагрузкам, напряжениям, возникающим без нарушения структуры

- Прочность
- Твердость
- Истираемость
- Упругость
- Пластичность

Деформативные свойства

# Механические свойства



- Прочность - способность материалов сопротивляться внутренним напряжениям, возникающим в результате действия внешних сил: прочность при сжатии, при изгибе, при растяжении и т.д.
- Оценивают пределом прочности  $R$ - напряжением в испытуемом образце материала в момент его разрушения.

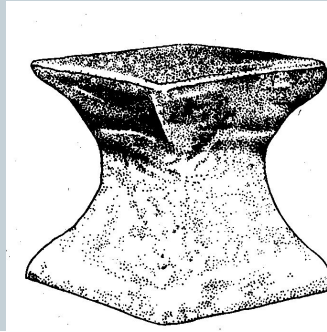
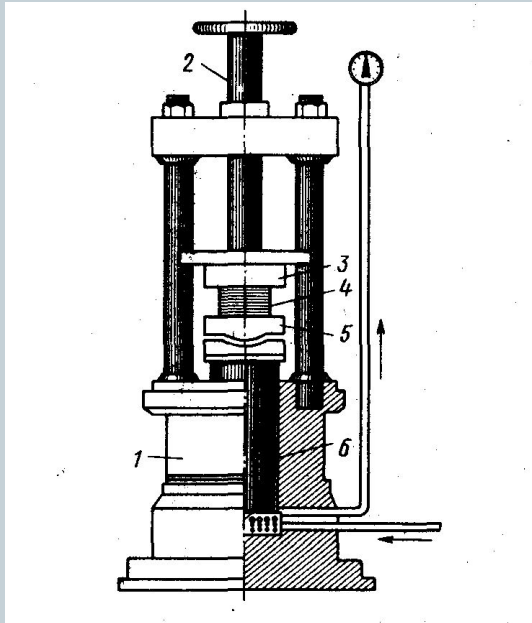
# Механические свойства



- Прочность при сжатии
- Неоднородные по структуре материалы характеризуются по среднему результату испытаний нескольких образцов
- Форма образцов – кубы  $100 \times 100 \times 100$ ,  $200 \times 200 \times 200$ ,  $150 \times 150 \times 150$ ,  $70,7 \times 70,7 \times 70,7$  мм; цилиндры:  $d = 50, 70, 100$  мм,  $h = 160$ ; призмы:  $a \times b = 40 \times 40$  мм
- $R_{сж} = F_{разр} / A$ , МПа.  
где  $F_{разр}$  – разрушающее усилие;  
 $A$  – площадь поперечного сечения,  $m^2$ .



# Испытание на гидравлическом прессе



Образец куба после испытания на сжатие на гидравлическом прессе

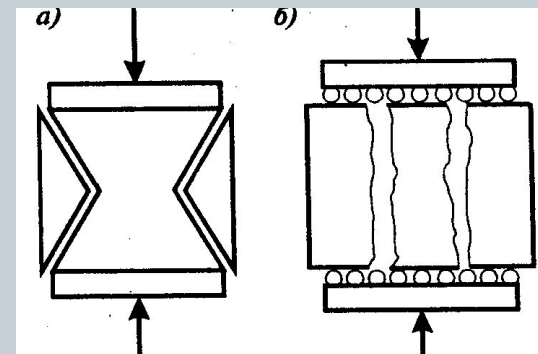


Схема гидравлического пресса для испытания на сжатие:  
1- станина; 2 – винтовое приспособление для зажима образцов;  
3 - верхняя опорная плита;  
4 – испытуемый образец;  
5 - нижняя опорная плита с шаровой поверхностью; 6 - поршень

Схема разрушения хрупких материалов а) сжатие куба; б) то же со смазанными опорными гранями.

# Механические свойства



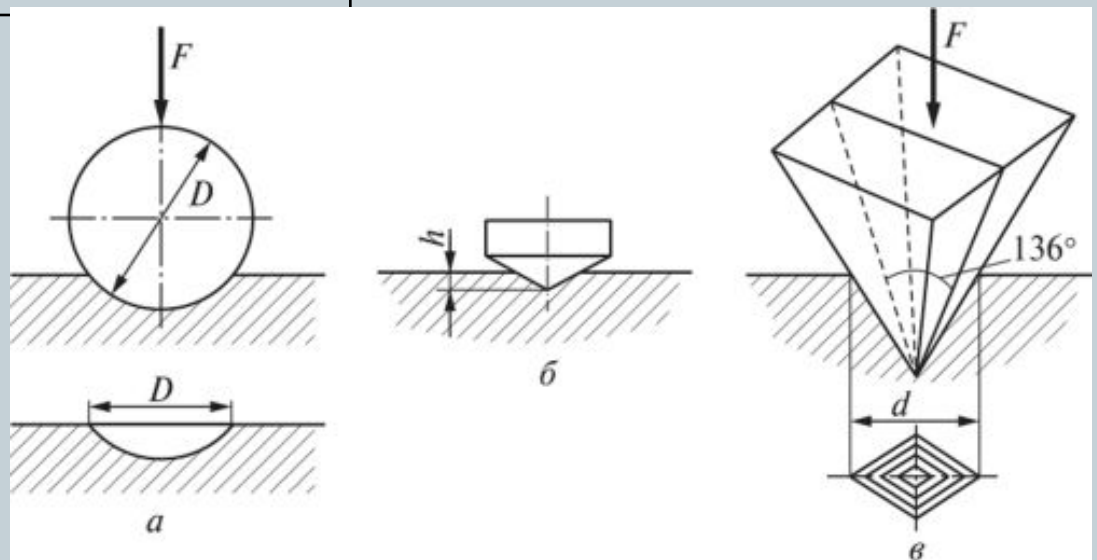
- **Твердость** – свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела

## Шкала твердости Мооса

1. Тальк  $Mg_3 [Si_4 O_{10}] [OH]_2$  - легко царапается ногтем.
2. Гипс  $CaSO_4 \cdot 2H_2O$  - царапается ногтем.
3. Кальцит  $CaCO_3$  - легко царапается стальным ножом.
4. Флюорит (плавиковый шпат)  $CaF_2$  - царапается стальным ножом под небольшим нажимом.
5. Апатит  $Ca_5 [PO_4]_3 F$  - царапается ножом под сильным нажимом.
6. Ортоклаз  $K[AlSi_3 O_8]$  (калиевый полевой шпат) – слегка царапает стекло.
7. Кварц  $SiO_2$  легко чертит стекло
8. Топаз  $Al_2 [Si_4 O] [F, OH]_2$
9. Корунд  $Al_2 O_3$
10. Алмаз C

# Методы определения твердости

Метод Бринелля	$HB = \frac{2F}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
Метод Роквелла	Твердость по Роквеллу (HR) определяют по специальной шкале с учетом действующей силы и глубины вдавливания $h$
Метод Виккерса	$HV = 0,189 \frac{F}{d^2}$



Схемы определения твердости: а - по Бринеллю; б— по Роквеллу; в — по Виккерсу

# Механические свойства



- **Истираемость** – свойство поверхностного слоя материала сопротивляться абразивному износу.
- Для определения истираемости для различных материалов используются разные методы, строго регламентированные стандартами (истираемость бетона определяют с помощью круга истирания ЛКИ, истираемость линолеума – с помощью вращающихся барабанов, обтянутых наждачной бумагой)
- Истираемость оценивают по потере массы или толщины образцов после цикла стандартных испытаний.
- **Деформативные свойства: упругость, пластичность - самостоятельно**

# Технологические (реологические) свойства



- Вязкость - внутреннее трение жидкости, препятствующее перемещению одного слоя относительно другого; Па·с (паскаль-секунда)

- Предельное напряжение сдвига – структурная прочность – это значение внутренних напряжений в пластично-вязком материале, при котором он начинает течь, т.е. превращается в вязкую жидкость

- Тиксотропия - способность пластично-вязкого материала при повторяющихся воздействиях приобретать текучесть; разрушение структурных связей внутри пластично-вязкого теста