

ЛЕКЦИЯ №1

Материаловедение.

Лектор: д.т.н. профессор Ткач Евгения
Владимировна

КЛАССИФИКАЦИЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ ПО НАЗНАЧЕНИЮ. ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

- **Материаловедение** - это наука, изучающая связь состава, строения и свойств материалов, закономерности их изменения при физико-химических, физических, механических и др. воздействиях.
- Строительные материалы оказывают решающее влияние на технико-экономическую эффективность, безопасность строительства и эксплуатацию зданий и сооружений. Строительные материалы составляют более 50 % сметной стоимости объектов.
- Данная дисциплина является первой инженерной дисциплиной, которая закладывает базу для изучения специальных дисциплин – строительных конструкций, технологии строительного производства, экономики, управления и организации строительства, архитектуры и др.

Материаловедение.

Каждый материал имеет название, структуру, показатели качества или свойства, их численные значения, способы производства, условия и особенности применения и т.д. Всё это надо знать, чтобы считать себя настоящим строителем.

Концепция безопасности по отношению к строительным материалам обозначает обеспечение функциональных свойств, экологической чистоты, пожаробезопасности и безвредности материалов в течение всего их срока службы. Это относится к конечной строительной продукции – конструкции, здания, сооружения, которые сделаны из строительных материалов. Поэтому для обеспечения безопасности необходимо знать функциональное назначение, условия эксплуатации конечной продукции при изучении, выборе и разработке строительного материала, что обеспечивает стабильность его показателей во время эксплуатации.

Материаловедение.

Любой строительный объект должен отвечать условиям безопасности, быть функционален и экономически состоятелен. Необходимо также учитывать желание заказчика.

Исходя из условий работы материала в сооружениях, строительные материалы можно разделить классифицировать по назначению и технологическому признаку на 2 группы:

Строительные материалы:

1 группа:

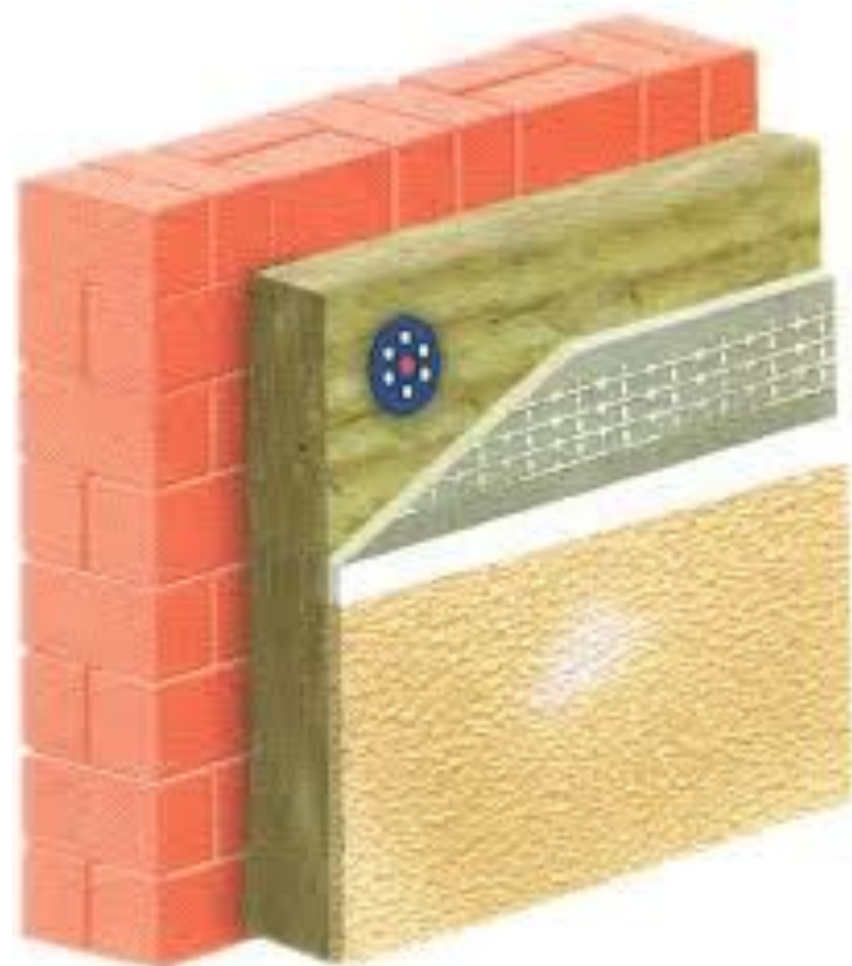
- конструкционные материалы, которые воспринимают и передают нагрузки (природные каменные материалы, бетоны, растворы, керамика, стекло, ситаллы, металлы, полимеры, древесина, композиты и др.);

2 группа:

- строительные материалы специального назначения - теплоизоляционные, акустические, гидроизоляционные, герметики, кровельные, отделочные, антикоррозионные, огнеупорные материалы, материалы для радиационной защиты и т.д.

Теплоизоляционные:

- основное назначение - свести до минимума перенос теплоты через ограждающие конструкции и тем самым обеспечить необходимый тепловой режим помещения при оптимальных затратах энергии.



Акустические:

- *(звукопоглощающие и звукоизоляционные)* – снижающие уровень «шумового загрязнения» помещения.



Гидроизоляционные и кровельные:

- для создания водонепроницаемых слоев на кровле, подземных сооружениях и других конструкциях, которые необходимо защищать от воздействия воды или водяных паров.



Герметизирующие:

- для заделки стыков в сборных конструкциях.



Отделочные:

- для улучшения декоративных качеств строительных конструкций, а также для защиты конструктивных, теплоизоляционных и других материалов от внешних воздействий.



Специального назначения:

- (огнеупорные, кислотоупорные и т.д.), применяемые при возведении специальных сооружений.



Классификация.

- В основу классификации *по технологическому признаку* положены *вид сырья*, из которого получают материал и *способ изготовления*.
- Эти два фактора во многом определяют свойства материала и соответственно область его применения.

По способу изготовления различают материалы, получаемые:

- спеканием (керамика, цемент);
- плавлением (стекло, металлы);
- омоноличиванием с помощью вяжущих веществ (бетоны, растворы);
- механической обработкой природного сырья (природный камень, древесные материалы).

СВОЙСТВА

Свойства материалов имеют названия и оцениваются численными значениями, которые устанавливаются путем стандартных испытаний.

Надежность.

- это комплексное свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров при выполнении требуемых функций в заданных условиях эксплуатации и технического обслуживания. Она складывается из долговечности, безотказности, ремонтпригодности и сохраняемости.



Долговечность.

- свойство объекта (изделия) сохранять работоспособное состояние до наступления предельного состояния при установленной системе технического обслуживания и ремонта (срок службы).
- Например, для железобетонных и каменных конструкций нормами предусмотрены три степени долговечности: I – соответствует сроку не менее 100 лет; II – 50 лет; III – 20 лет.



- **Безотказность** - свойство изделия сохранять работоспособность в определенных режимах и условиях эксплуатации в течение некоторого времени без вынужденных перерывов на ремонт.
- **Отказом** - называют событие, при котором система, элемент или изделие полностью или частично теряют работоспособность.

Ремонтопригодность.

- свойство объекта (изделия) к поддержанию и восстановлению работоспособного состояния при техническом обслуживании и ремонте.



Сохраняемость

- свойство объекта (изделия) сохранять в заданных пределах эксплуатационные показатели в течение и после срока хранения и транспортирования установленного технической документацией.



СОСТАВ И СТРОЕНИЕ МАТЕРИАЛОВ.

Основные свойства строительных материалов (физические, механические, химические) определяются их химическим составом и строением.

- В зависимости от химического состава строительные материалы принято делить на:
 - органические (древесина, битум, пластмассы);
 - неорганические (*минеральные*) (природный камень, бетон, керамика);
 - металлические (сталь, чугун, цветные металлы).

ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ.

неорганических веществ удобно выразить количеством содержащих в них оксидов (%). Основные и кислотные оксиды химически связаны между собой и образуют минералы, которые и определяют многие свойства материала.

Минеральный состав

- показывает, какие минералы и в каком количестве содержатся в строительном материале.



Фазовый состав

это наличие твердого вещества, образующее стенки пор т.е. «каркас» материала и поры, заполненные воздухом, газом или водой. Причем, если поры материала заполнены водой, то его, например, теплофизические свойства существенно изменяются, так же, как и влажностные деформации. Если вода в порах замерзает, то она изменяет свое фазовое состояние и возникают большие напряжения, которые весьма изменяют механические и деформативные свойства материала..

Вещественный состав

- составляют вещества, входящие в материал: например, многокомпонентные цементы и др.).



Состав

- От состава материала зависит его структура или строение, которые, в свою очередь, влияют на его свойства.
- В материаловедении принято использовать термин строение материала. Существует научно доказанная взаимосвязь между тремя составляющими выражения: *«состав – структура – свойства»*.

Строение материала изучают на 3-х уровнях:

- 1. *Макроструктура материала* – строение, видимое невооруженным глазом.
- 2. *Микроструктура материала* – строение видимое в оптический микроскоп.
- 3. *Внутреннее строение материалов* – изучаемое на молекулярно-ионном уровне методами рентгенофазового анализов, рентгеноструктурного и электронной микроскопии.

Макроструктура:

- конгломератная (бетоны);
- ячеистая (газобетоны и пенобетоны, ячеистые пластмассы);
- мелкопористая (керамика);
- волокнистая (древесина, стеклопластики, минеральная вата);
- слоистая (фанера, слоистые пластики);
- рыхлозернистая (заполнители для бетона, наполнители для цементов, пластмасс и др.);
- макроструктура природных каменных материалов.

Микроструктура:

- может быть кристаллическая и аморфная.
- Кристаллическая форма всегда более устойчивая. Она имеет постоянную температуру плавления и определенную геометрию кристаллов (кристаллический кварц), составляющих материал. Свойства монокристаллов неодинаковы в разных направлениях. Это механическая прочность, теплопроводность, скорость растворения, электропроводность. Явление *анизотропии* является следствием особенностей внутреннего строения кристаллов.

Внутреннее строение материалов:

- может быть в виде кристаллических решеток. Она может быть образована: нейтральными атомами (одного и того же элемента, как в алмазе или различных элементов как SiO_2); ионами (разноименно заряженных, как в CaCO_3 , или одноименными, как в металлах); целыми молекулами (кристаллы льда).
- От внутреннего строения зависят основные свойства материалов. Оно может изучаться методами рентгеноструктурного анализа, на сканирующем, растровом микроскопах-микроанализаторах и др.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ.

В строительстве применяют разнообразные материалы. Чтобы облегчить изучение их особенностей, технические свойства материалов удобно свести в следующие группы: физические, механические, физико-химические и химические.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Параметры состояния

- К ним относятся свойства, которыми обладает материал в естественном состоянии.



Параметры состояния.

Истинная плотность

- ρ (г/см³, кг/м³) – масса (**m**) единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии - V_a :

$$\rho = m/V_a$$

Средняя плотность

- ρ_m (г/см³, кг/м³) – масса (**m**) единицы объема материала в естественном состоянии (вместе с порами) - V_e :

$$\rho_m = m/V_e$$

Параметры состояния.

Относительная плотность

- **d** выражает среднюю плотность материала по отношению к плотности воды (безразмерная величина):

$$d = \rho_m / \rho_v, \text{ где}$$

плотность воды $\rho_v = 1 \text{ г/см}^3$

Плотность пористых материалов всегда меньше их истинной плотности.

Насыпная плотность

- ρ_n (г/см³, кг/м³) – масса (**m**) единицы объема рыхло насыпанных зернистых или волокнистых материалов - V_n (цемента, песка, щебня, минеральной ваты и др.):

$$\rho_n = m / V_n$$

Структурные характеристики.

- Почти все строительные материалы имеют поры. Объем пористого материала V (см^3 ; м^3) в естественном состоянии (то есть вместе с порами) складывается из объема твердого вещества V_a и объема пор V_n :
- Строение пористого материала характеризуется общей, открытой и закрытой пористостью, распределением размера пор по их диаметрам или радиусам и их удельной поверхностью.

$$V = V_a + V_n$$

Пористость.

- Степень заполнения объема материала порами

$$\Pi = V_{\Pi} / V_e$$

- Пористость выражают в долях от объема материала, принимаемого за 1, или в % от объема.



Определение пористости.

- *Экспериментальный (прямой) метод* определения пористости основан на замещении порового пространства в материале сжиженным гелием, ртутью или другой средой. Для сравнения в табл. 1 приводятся параметры состояния некоторых строительных материалов.

Показатели параметров состояния некоторых строительных материалов

Материал	Истинная плотность, кг/м ³	Средняя плотность, кг/м ³	Пористость, %
Бетон тяжелый	2600	2400	10
Бетон ячеистый	2600	500	81
Кирпич обыкновенный	2650	1800	32
Гранит	2700	2670	1,4
Стекло оконное	2650	2650	0
Стеклопластик	2000	2000	0
Сосна	1530	500	67

Определение пористости.

- *Экспериментально-расчетный метод* определения пористости использует найденные опытным путем значения плотности (%) высушенного материала:

$$P = (1 - \rho_m / \rho) \cdot 100, (\%)$$

- Пористость строительных материалов колеблется в широких пределах от 0 (стеклопластик) до 98% (вспененный полимер).

Коэффициент плотности.

- $K_{пл.}$ – степень заполнения объема материала твердым веществом

$$K_{пл.} = \rho_m / \rho$$

- ρ_m - средняя плотность, (г/см³, кг/м³);
- ρ – истинная плотность(г/см³, кг/м³).
- В сумме $\Pi + K_{пл.} = 1$ (или 100%), т.е. высушенный материал можно представить состоящим из твердого каркаса, обеспечивающего прочность, и воздушных пор.
- Пористый материал обычно содержит открытые и закрытые поры. Открытые поры материала сообщаются с окружающей средой, могут сообщаться между собой, поэтому они заполняются водой при обычных условиях насыщения (погружении в ванну с водой).

Пористость.

Открытая пористость

- равна отношению суммарного объема всех пор, насыщающихся водой ($V_{воды}$), к объему материала ($V_{сух}$).

$$P_o = \frac{V_{воды}}{V_{сух}} = \frac{(m_2 - m_1)}{V_e \cdot \rho_{H_2O}} \cdot 100\%$$

где

- m_1 и m_2 масса образца соответственно в сухом и насыщенном водой состоянии.

Закрытая пористость

- Закрытая пористость P_z соответственно равна

$$P_z = P - P_o$$

- Пористый материал обычно содержит и открытые и закрытые поры. Увеличение закрытой пористости за счет открытой повышает его долговечность. Однако в звукопоглощающих материалах умышленно создаются открытая пористость и перфорация, необходимые для поглощения звуковой энергии.

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Строительные материалы в процессе их эксплуатации и хранения подвергаются действию воды или водяных паров, находящихся на воздухе. При этом их свойства существенно изменяются. При увлажнении материалов их повышается теплопроводность, изменяются средняя плотность, прочность и другие свойства.

Гигроскопичность

- Гигроскопичностью называют свойство капиллярно-пористого материала поглощать водяной пар из окружающего воздуха. Такой процесс называют *сорбцией*. Он обратим. А влага, которую получает материал во время этого процесса, называется *сорбционной влажностью*. Гигроскопичность и сорбционная влажность измеряются в %. К сильно гигроскопичным материалам относятся древесина, вяжущие вещества.



Капиллярное всасывание

- Это способность материала всасывать и передавать по своей толще влагу с помощью тонких капиллярных пор. Так грунтовые воды могут подниматься по бетонным, железобетонным и кирпичным стенам на значительную высоту. Для защиты конструкций от увлажнения в результате капиллярного всасывания необходимо тщательно изолировать материал от источника увлажнения с помощью гидроизоляционных материалов.
- Эти процессы увеличивают влажность строительных материалов, которая бывает по объему и по массе.

Влажность

- называется количество влаги внутри материала по отношению к его объему (V) или массе (m_d) высушенного материала. (*Относительное содержание влаги в материале*). Единица измерения – %. Это свойство можно отнести к параметрам состояния.



Влажность

Влажность по объему:

$$W_o = \frac{(m_{\text{вл.}} - m_{\text{д}})}{V} \cdot 100$$

Влажность по массе:

$$W_m = \frac{(m_{\text{вл.}} - m_{\text{д}})}{m_c} \cdot 100,$$

Водопоглощение

- *Водопоглощение* – способность материала поглощать и удерживать воду. Единица измерения – %. Водопоглощение определяют по объёму и массе.
- Очень важным свойством является водопоглощение строительных материалов. Особенно это касается стеновых материалов: бетонов, кирпича, древесины.
- Водопоглощение определяется выдерживанием образца в воде до постоянной массы.

Водопоглощение

по массе:

- W_m (%) определяют по отношению к массе сухого материала

$$W_m = \frac{(m_{нас} - m_{сух})}{m_{сух}} \cdot 100$$

- $m_{нас.}$ - масса образца материала, насыщенного водой (Г);
- m_c - масса образца материала в сухом состоянии (Г)

по объему:

- W_o (%) – степень заполнения объема материала водой:

$$W_o = \frac{V_{H_2O}}{V_{ест}} = \frac{(m_{нас} - m_{сух})}{\rho_{H_2O} \cdot m_{сух}} \cdot \rho_m$$

$$W_o = W_m \cdot \frac{\rho_m}{\rho_{H_2O}} = W_m \cdot d$$

- Водопоглощение отрицательно влияет на основные свойства строительных материалов, увеличивается плотность, материал набухает, его теплопроводность возрастает, а прочность и морозостойкость понижаются.
- Водопоглощение используют для оценки структуры материала, используя коэффициент насыщения пор водой.

Коэффициент насыщения пор водой

равен отношению водопоглощения по объёму к пористости:

-
- $K_n = W_o / \Pi$
-
- По коэффициенту насыщения пор водой можно достаточно косвенно оценивать морозостойкость материала:
- если $K_n \leq 0,6$, то можно считать, что материал морозостойкий;
- если $0,6 < K_n < 0,8$, то материал имеет сомнительную морозостойкость,
- а если $K_n \geq 0,8$, то материал неморозостойкий.

Коэффициент насыщения пор водой

- Эти утверждения основаны на рассуждениях о величине заполнения пор водой: чем больше пор заполнены водой, тем вероятность разрушения материала больше после замерзания в порах воды.
- Материалы наружных несущих ограждающих конструкций после дождей насыщаются водой. Для обеспечения безопасности требуется знать, будет ли снижаться прочность материала стены.

Водостойкость

- способность материала, насыщенного водой, сохранять свою прочность.
- Степень понижения прочности материала характеризуется коэффициентом размягчения - K_p , который связывает прочность материала, насыщенного водой - R_e и прочность материала в сухом состоянии - R_c .

Коэффициент размягчения

- равен отношению предела прочности материала в водонасыщенном состоянии, к пределу прочности в сухом состоянии:
-
- $K_p = R_{нас} / R_{сух}$
-
- Коэффициент размягчения характеризует водостойкость материала:
- если $K_p \geq 0,8$, то материал водостойкий и снижение прочности после водонасыщения не превышает 20 %;
- если $0,6 < K_p < 0,8$, то материал имеет сомнительную водостойкость;
- если $K_p \leq 0,6$, то можно считать, что материал неводостойкий и после увлажнения потеря прочности составляет 40 и более процентов.

Водопроницаемость.

- это свойство материала пропускать воду под *давлением*.
- Коэффициент фильтрации K_{ϕ} (м/ч – размерность как у скорости) характеризует водопроницаемость материала:
- $K_{\phi} = V_{\phi} \cdot a / [S (p_1 - p_2) t]$,
- где $K_{\phi} = V_{\phi}$ - количество воды (м³), проходящей через стенку площадью $S=1 \text{ м}^2$, толщиной $a = 1 \text{ м}$ за время $t = 1 \text{ ч}$ при разности гидростатического давления на границах стенки $p_1 - p_2 = 1 \text{ м вод. ст.}$

Водонепроницаемость.

- это способность материала сопротивляться фильтрации воды под давлением (МПа).
- Это свойство очень важно для бетонов. Оно характеризуется маркой по водонепроницаемости при одностороннем гидростатическом давлении, при котором образец не пропускает воду. Существуют марки по водонепроницаемости: W2, W4, W6, W8, W10, W12, W14, W16, W18, W20. Между коэффициентом фильтрации и маркой по водонепроницаемости имеется определенное соотношение: чем ниже коэффициент фильтрации, тем выше марка по водонепроницаемости.

Водонепроницаемость не допускают при строительстве гидротехнических сооружений. Стремятся применять достаточно плотные материалы с замкнутыми порами, устраивают гидроизоляционные слои.

Газо- и паропроницаемость.

- **Паропроницаемость и газопроницаемость** - способность материала пропускать через свою толщу водяной пар или газы (воздух). Величина, численно равная количеству водяного пара (в мг), проходящего за 1 ч через слой материала площадью 1 м^2 и толщиной 1м при условии, что температура воздуха у противоположных сторон слоя одинаковая, а разность парциальных давлений водяного пара равна 1 Па.

$$V_{\rho} = K_r S t \Delta p / a$$

Коэффициент газопроницаемости:

$$K_r = a V_{\rho} / S t \Delta p \quad (\text{г} / \text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{Па})$$

Морозостойкость.

- способность материала сопротивляться разрушению под действием многократного попеременного замораживания и оттаивания в насыщенном водой состоянии.

Морозостойкость материала количественно оценивается циклами и соответственно маркой по морозостойкости.

- За марку материала по морозостойкости принимают наибольшее число циклов (F от слова frost – мороз) попеременного замораживания и оттаивания, которое выдерживают образцы материала без снижения прочности на сжатие более 15% и потери массы – не более 5%.

Морозостойкость напрямую связана с водопоглощением материала: чем выше водопоглощение, тем ниже морозостойкость.

ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Главным теплофизическим свойством для строительных материалов – термическое сопротивление ограждающей конструкции теплопередаче R .

Термическое сопротивление теплопередаче.

- способность конструкции противостоять движению тепла через нее. В настоящее время оно устанавливается в СНиП для каждого региона. Для условий Москвы оно установлено $2,5 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$. На основании этого показателя происходит теплотехнический расчет конструкции стены. Требуемое значение термического сопротивления теплопередаче R_0 или термического сопротивления делают толщину стен достаточно большой, поэтому в индустриальном строительстве применяют двух- и трехслойные ограждающие конструкции с использованием эффективного утеплителя (минераловатных плит, плит из пенопласта).

Теплотехнический расчет конструкции стены:

- $R_o/r - (1/\alpha_v + 1/\alpha_n) = \sum \delta_i/\lambda_i$
-
- r – коэффициент однородности стены:
- для однослойной стены $r = 0,9$; для двухслойной стены $r = 0,8$;
- для трехслойной и более стены $r = 0,7$;
- α_v и α_n – теплоотдача внутренней и наружной поверхности стены;
- δ_i – толщина каждого слоя стены, м;
- λ_i – теплопроводность каждого слоя стены, Вт/(м · °С).
- По этой формуле находятся толщины каждого слоя и всей стены, так как все остальные значения известны.
- Теплопроводностью – λ называют способность материала передавать теплоту от одной поверхности другой. Она зависит от влажности материала: чем выше влажность, тем больше теплопроводность.

Теплопроводность.

- *Теплопроводность* материала характеризуется количеством теплоты, которое способен передать материал через 1м^2 поверхности при толщине 1м и разности температур на противоположных поверхностях 1°С .
- На практике удобно судить о теплопроводности по плотности материала.
- Известна формула В.П. Некрасова, связывающая теплопроводность λ Вт/(м · °С) с относительной плотностью d :
-
- $$\lambda = \sqrt{(1,16 \cdot 0,0196 + 0,22 \cdot d^2)} - 0,16$$

Теплоемкость.

- это способность материала аккумулировать тепло при нагревании и отдавать его при остывании.



Удельная теплоемкость.

- это количество теплоты - Q кДж/(кг · °С) , которое необходимо сообщить 1 кг материала - m , чтобы повысить его температуру на 1 °С - Δt , Иными словами –
-
- $c = Q / m \cdot \Delta t$
-
- Существуют различные условия, где строительные материалы могут работать при повышенных температурах. При этом они должны обладать тугоплавкостью или огнеупорностью.

Тугоплавкость.

- *Тугоплавкостью* называют способность материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры от 1350 до 1580 °С. Единица измерения – °С.



Огнеупорность.

- *Огнеупорность* – способность материала выдерживать длительное воздействие температуры более $1580\text{ }^{\circ}\text{C}$, не размягчаясь и не деформируясь. Единица измерения – $^{\circ}\text{C}$.



Огнестойкость.

- способность материала при пожаре выдерживать в течение времени соприкосновение с огнем до начала серьезных деформаций и обрушения конструкций. Огнестойкость имеет категории. Единица измерения – часы, *ч*. При пожаре развиваются высокие температуры: около 1000 °С; при горении полимеров – до 2000 °С; при горении алюминия – 3000 °С.
- Не сгораемые материалы – это бетон, керамический кирпич.



ДЕФОРМАТИВНЫЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА.

Строительные материалы и конструкции подвергаются различным внешним воздействиям и нагрузкам. Нагрузки в свою очередь вызывают деформации и внутренние напряжения.

Нагрузки.

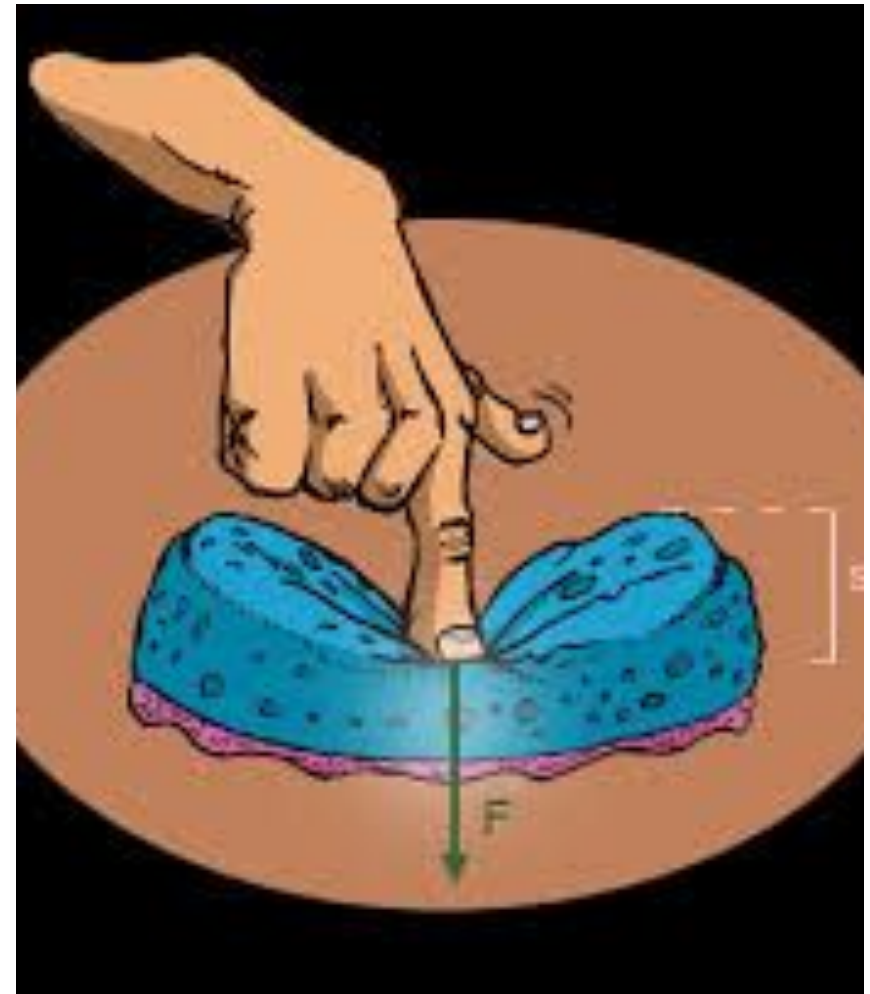
- Нагрузки могут быть статическими, т.е. действующими постоянно, и динамическими, возникающие внезапно и вызывающие силы трения. Статические нагрузки действуют от массы стен, перекрытий, оборудования и т.п. Ряд сооружений предназначен для восприятия не только статических, но и эксплуатационных динамических нагрузок: мосты, туннели, дорожные и аэродромные покрытия. Статические нагрузки действуют независимо от времени, динамические же главным образом зависят от длительности воздействия: от долей до нескольких секунд, вызывая колебания и смещения сооружений (ударная волна ядерных взрывов и землетресения).

Деформативные свойства:

- упругость
- пластичность
- хрупкость
- модуль упругости
- температурные и влажностные деформации
- деформации ползучести и усадки.

Упругость.

- **Упругостью** твердого тела называется его свойство деформироваться под нагрузкой и самопроизвольно восстанавливать форму после прекращения внешнего воздействия. Она является обратимой деформацией. Единица измерения – МПа.
- Количественной мерой упругости служит модуль упругости E .



Пластичность.

- *Пластичность* – это свойство твердого тела изменять свою форму и размеры под действием внешних сил без нарушения сплошности структуры. После снятия нагрузки образуется остаточная необратимая деформация - пластическая деформация. Единица измерения – МПа.



Хрупкость.

- *Хрупкость* твердого тела называют его способность разрушаться без образования заметных остаточных деформаций (пластических). Единица измерения – МПа.
- Рассмотрим связь строения и деформативных свойств материала. Внешние силы, приложенные к телу, вызывают изменение межатомных расстояний, отчего происходит изменение размеров деформируемого тела на величину Δl в направлении действия силы (при сжатии - укорочение, при растяжении – удлинение).



Относительная деформация.

- равна отношению абсолютной деформации Δl к первоначальному размеру l
- $\varepsilon = \Delta l / l$ [безразмерная величина или мм/м].

Напряжение.

- - мера внутренних сил, возникающих в деформированном теле под воздействием внешних сил.
- Для твердых и упругих тел с увеличением напряжений σ пропорционально возрастают и относительные деформации ε :
 - $\sigma = E \cdot \varepsilon$, где
 -
- σ – напряжение, МПа;
- E – модуль упругости, МПа (модуль Юнга), характеризующий жесткость материала.
- Величина модуля упругости зависит от структуры материала: чем выше энергия межатомных связей, тем больше модуль упругости.
- При одноосном растяжении (сжатии) напряжение определяется по формуле
- $\sigma = P/F$, где
- P – действующая сила; F – площадь поперечного сечения материала.

ВЛАЖНОСТНЫЕ ДЕФОРМАЦИИ.

Под действием окружающей среды, при изменении влажности материала могут возникать влажностные деформации усадки (усушки).

Усадка.

- уменьшение размеров материала при высыхании. Единица измерения – мм/м, иногда – %.



Набухание.

- увеличение размеров материала при увлажнении. Единица измерения – мм/м, иногда – %.



Ползучесть.

- Изменение размеров материала под действием его собственной массы называется *ползучестью*. Единица измерения – мм/м, иногда – %.



ФИЗИКО- МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Физико-механические свойства являются очень важными для строительных материалов, также как и гидро- и теплофизические. Они определяются для конструкций, которые являются либо несущими, либо основанием для какого-то покрытия и т.д. К ним относятся прочность при сжатии, при чистом изгибе, при трехточечном изгибе, растяжении.

Прочность.

- способность материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами. Ее оценивают *пределом прочности* – максимальным напряжением в испытуемом образце материала в момент его разрушения. Единица измерений – $\text{кгс}/\text{см}^2$, МПа.
- Предел прочности материала определяют на образцах, форму и размеры которых устанавливают стандарты на этот материал (для бетона кубы $150*150*150\text{мм}$; цемент (раствор) $40*40*160\text{мм}$; горные породы – образцы цилиндры).

Прочность

сжатие

Прочность при сжатии равна отношению разрушающей нагрузки $P_{\text{разр.}}$ к площади ее приложения - F . Единица измерений прочности – кгс/см², МПа:

$$R_{\text{сж.}} = P_{\text{разр.}} / F$$

растяжение

Прочность на растяжение при трехточечном изгибе определяется по формуле:

$$R_{\text{изг.}} = \frac{3 \cdot P_{\text{разр.}} \cdot l}{2 \cdot b \cdot h^2},$$

где

$P_{\text{разр.}}$ – разрушающая нагрузка, кН;
 l – расстояние между опорами, м;
 b и h – ширина и высота образца, м.
 (для кирпича: 120 (b)*65(h) *250(l)).

Прочность.

Для оценки эффективности материала используется показатель называемый *удельной прочностью* $R_{уд.}$ или *коэффициентом конструктивного качества* $K_{к.к.}$ – отношение показателя прочности R (Мпа) к относительной плотности (безразмерная величина)

$$R_{уд.} = K_{к.к.} = R / d$$

Единица измерений удельной прочности – кгс/см², МПа.

К наиболее используемым физико-механическим свойствам можно отнести твердость материалов.

Твёрдость

Твёрдостью называют свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого материала. Твердость природных каменных материалов оценивают шкалой Мооса, представленной 10 минералами (возрастающая твердость от 1 до 10), из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие.

Шкала Мооса:

- *Тальк* $Mg_3[Si_4O_{10}].[OH_2]$ – легко царапается ногтем
- *Гипс* $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ – царапается ногтем
- *Кальцит* $CaCO_3$ – легко царапается стальным ножом
- *Флюорит* (плавиковый шпат) CaF_2 – царапается стальным ножом под небольшим нажимом
- *Апатит* $Ca_5 [PO_4]_3 F$ – царапается ножом под сильным нажимом, стекло не царапает
- *Ортоклаз* $K[AlSi_3O_8]$ – стальным ножом не царапается, при сильном нажиме царапает стекло
- *Кварц* SiO_2 – легко царапает стекло
- *Топаз* $Al_2 [SiO_4].[F,OH]_2$
- *Корунд* Al_2O_3 } – применяются в качестве абразивных материалов
- *Алмаз* C

Твердость

Твёрдость древесины, металлов, керамики, бетона и других материалов определяют, вдавливая в них стальной шарик (метод Бринелля), алмазную пирамиду (методы Роквелла и Виккерса). Твёрдость определяется нагрузкой, отнесенной к площади отпечатка. Единица измерения – МПа.

Чем выше твердость, тем ниже *истираемость* строительных материалов.

Истираемость – *И* оценивается потерей первоначальной массы образца материала, отнесенной к площади поверхности истирания *F* и вычисляется по формуле, г/см²:

$$I = (m_1 - m_2) / F, \text{ где}$$

m_1 и m_2 – до и после истирания, г.