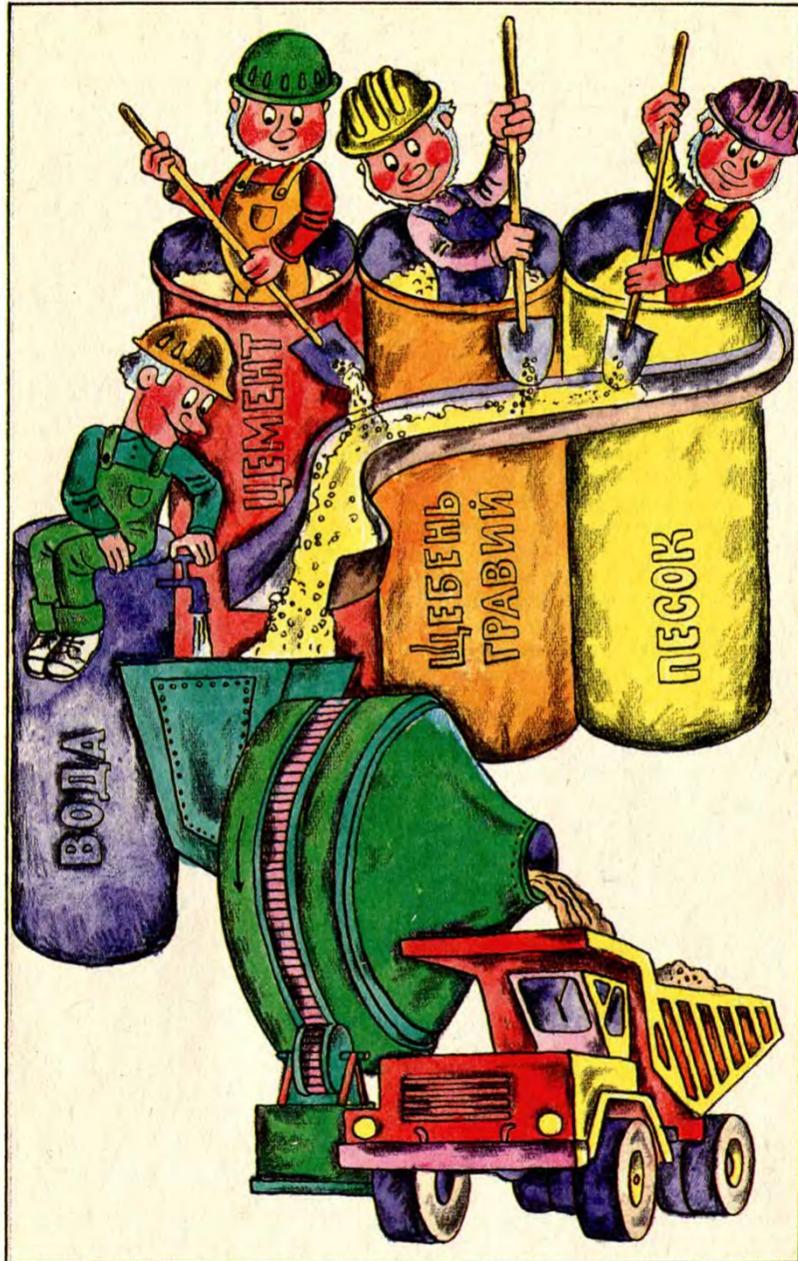


Институт повышения квалификации и
профессиональной переподготовки специалистов



Строительные материалы

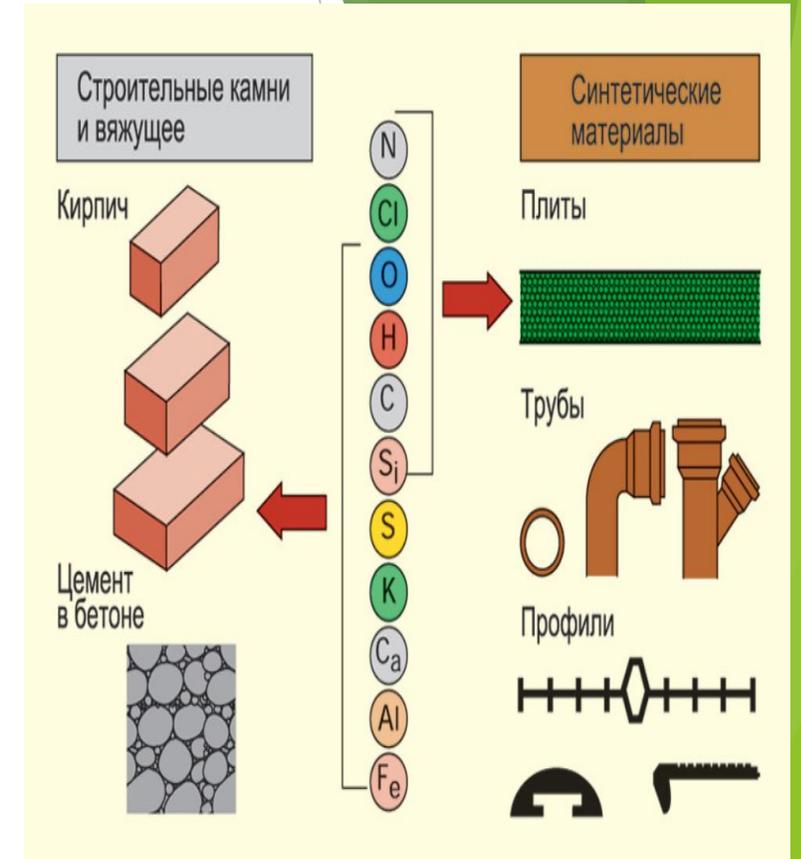
**Иванова Татьяна Александровна к.т.н.,
доцент кафедры Технологии строительных
материалов и метрологии**

Естественно-научные основы строительства

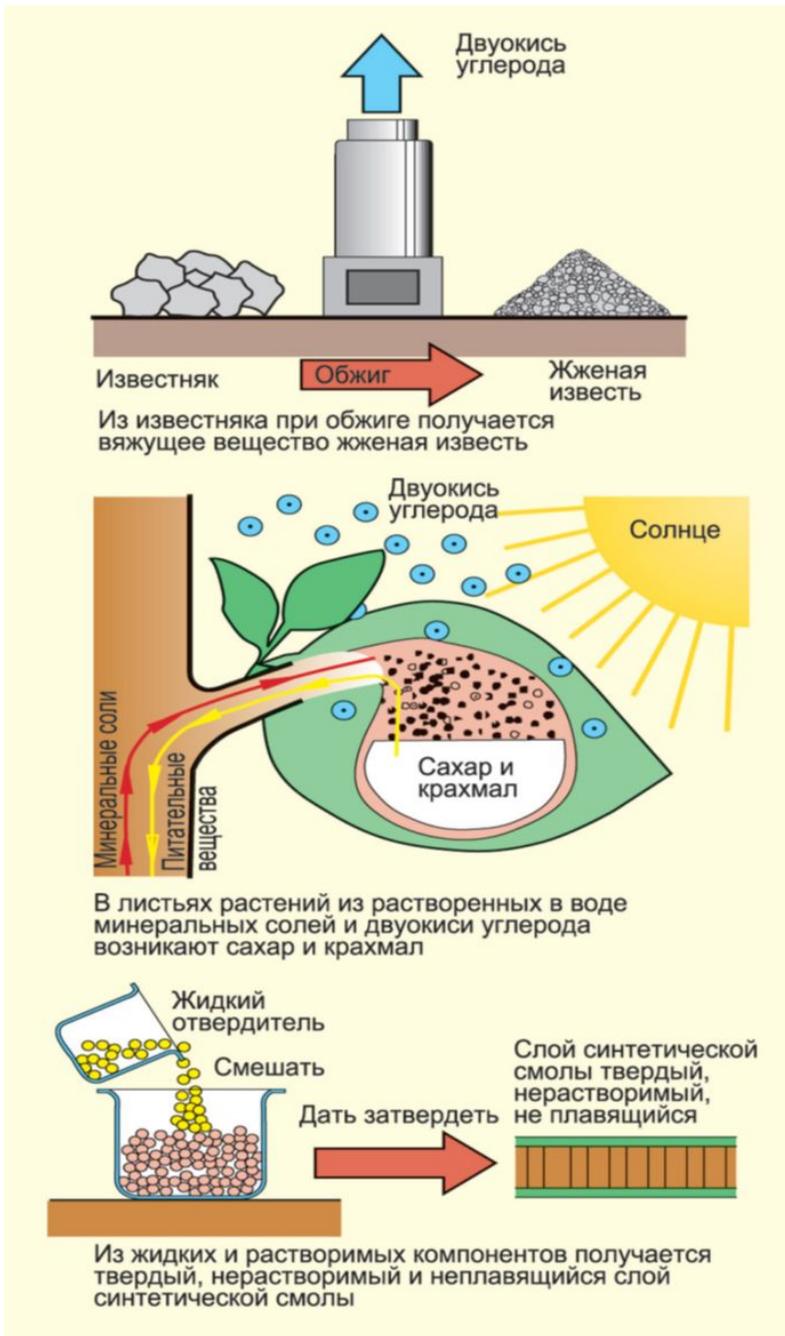
В строительстве большое количество строительных материалов с помощью определенных технологий превращается в здание или сооружение. Это требует знаний о свойствах строительных материалов и о процессах, происходящих при их переработке. Основой для этого являются такие естественные науки, как физика, химия, а также электротехника.

Химия занимается построением, составом, изготовлением и свойствами материалов, а также их превращениями и происходящими при этом процессами. При химических процессах из одного или нескольких исходных материалов получают новые вещества с полностью другими свойствами, отличными от своих исходных веществ. При химических процессах возникает новое вещество.

При физических процессах не возникает новое вещество. Изменяется агрегатное состояние, положение или величина вещества или тела. При физическом процессе изменяется состояние вещества, вещество остается прежним.



Химические процессы



Известняк → Обжиг → Жженая известь

Из известняка при обжиге получается вяжущее вещество жженая известь

Двуокись углерода

Солнце

Двуокись углерода

Сахар и крахмал

Минеральные соли

Питательные вещества

В листьях растений из растворенных в воде минеральных солей и двуокси углерода возникают сахар и крахмал

Жидкий отвердитель

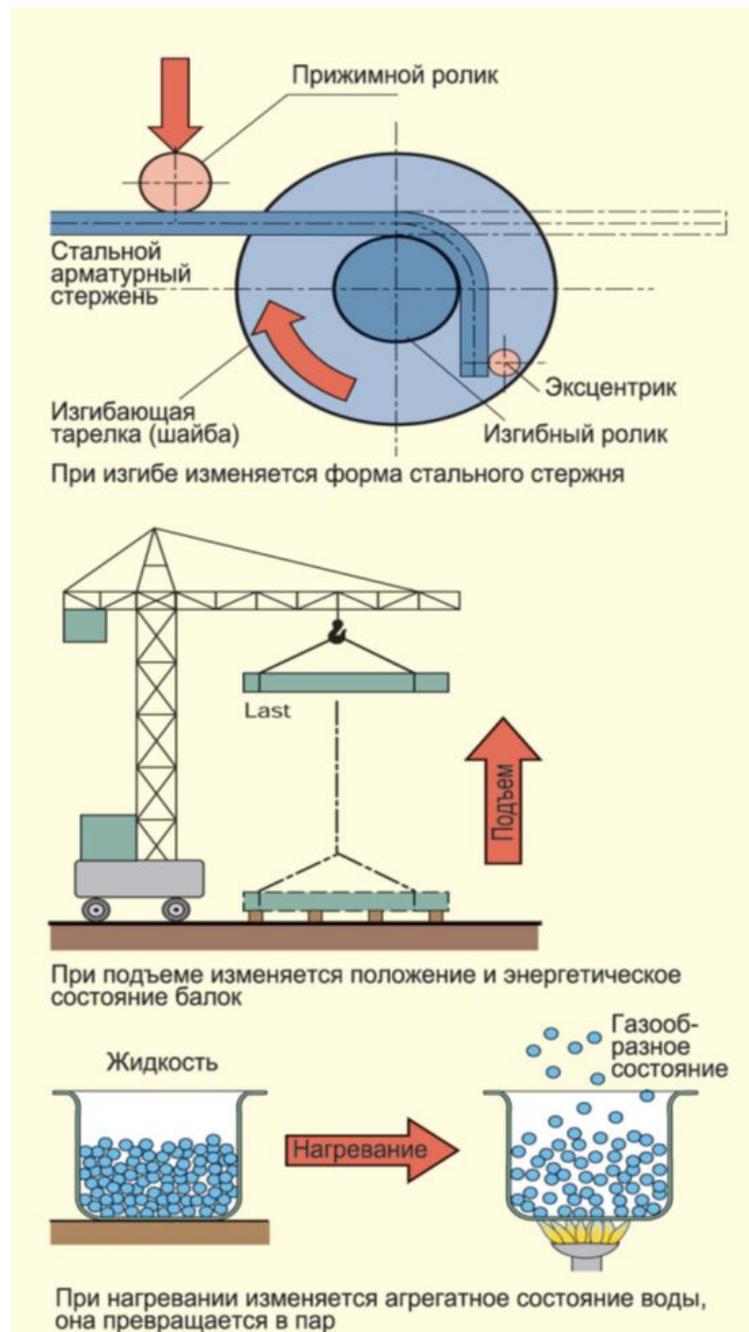
Смешать

Дать затвердеть

Слой синтетической смолы твердый, нерастворимый, не плавящийся

Из жидких и растворимых компонентов получается твердый, нерастворимый и неплавящийся слой синтетической смолы

Физические процессы



Прижимной ролик

Стальной арматурный стержень

Изгибающая тарелка (шайба)

Эксцентрик

Изгибный ролик

При изгибе изменяется форма стального стержня

Подъем

Last

При подъеме изменяется положение и энергетическое состояние балок

Жидкость

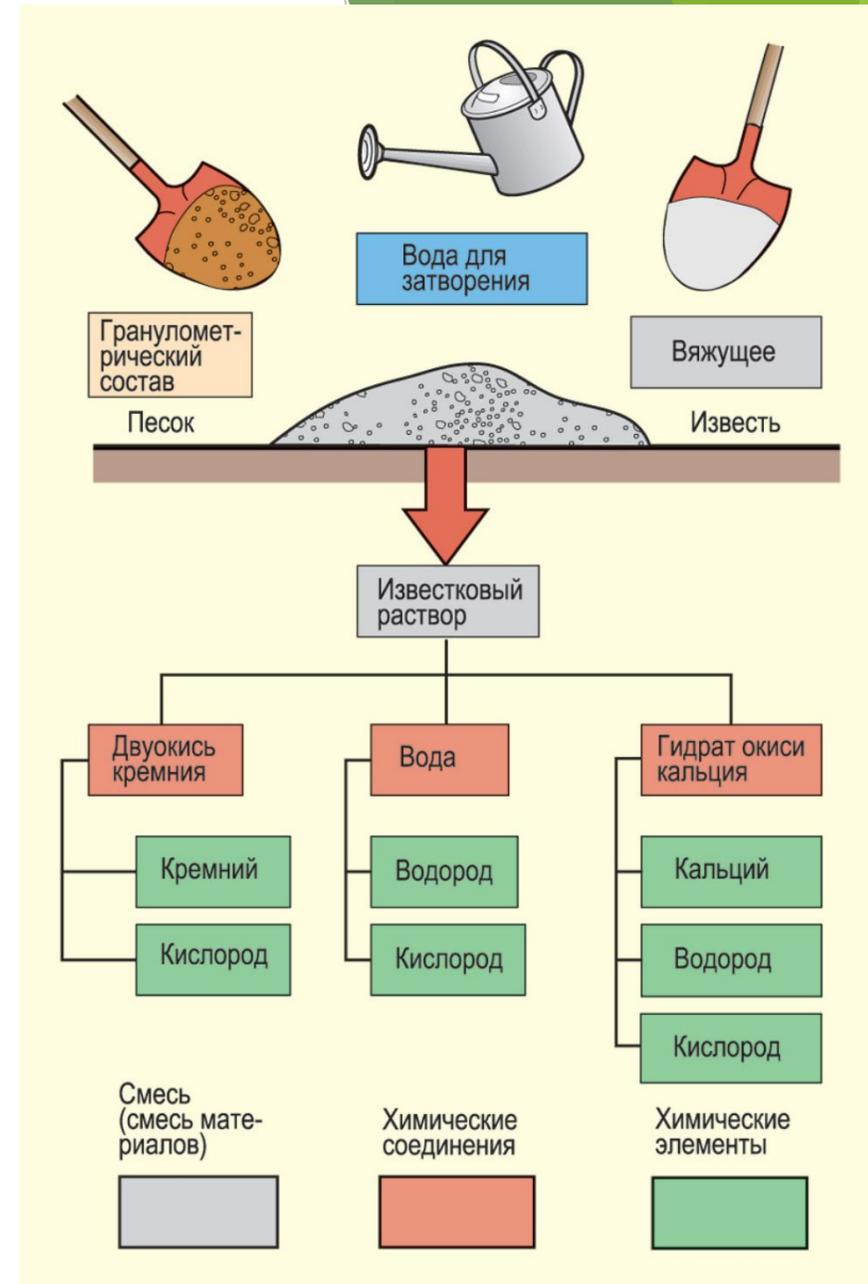
Нагревание

Газообразное состояние

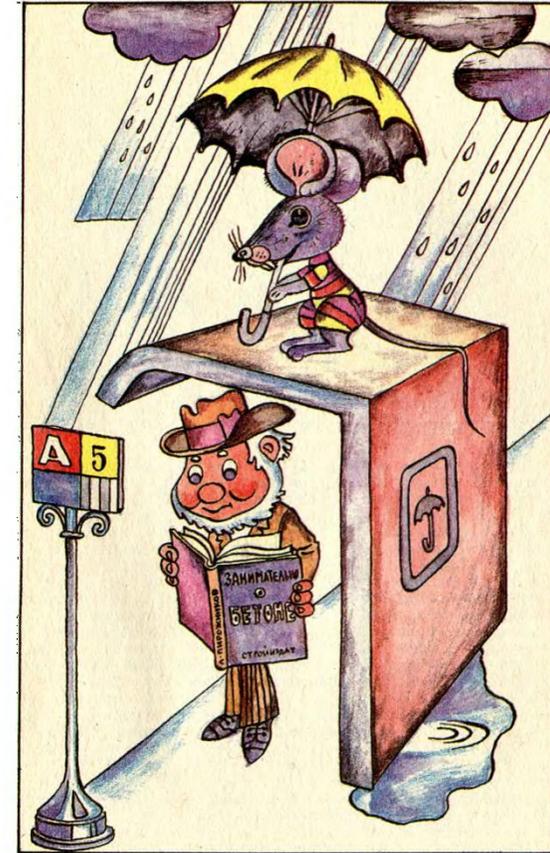
При нагревании изменяется агрегатное состояние воды, она превращается в пар

По составу веществ различаются смеси или смеси материалов, химические соединения и элементы или основные вещества.

- ▶ **Смеси.** Состоят из многих различных отдельных веществ.
- ▶ **Химические соединения.** Состоят по меньшей мере из двух различных основных веществ или элементов. Химические соединения не могут быть разложены на отдельные элементы с помощью физико-механических процессов. Только с помощью химических методов можно разложить их на отдельные элементы.
- ▶ **Химические элементы.** Называются также основными веществами. Это вещества, которые не могут быть разложены на составляющие ни с помощью физико-химических, ни с помощью химических методов.



- ▶ Большинство свойств строительных материалов характеризуют числовыми показателями, которые устанавливаются путем проведения испытаний. Для получения сопоставимых результатов необходимо применять единообразные методики испытаний. Такие методики стандартизованы и подробно описаны в соответствующих нормативных документах (ГОСТах, технических условиях).
- ▶ О качестве материала судят по комплексу его свойств. Именно комплекс свойств должен удовлетворять требуемым условиям применения и эксплуатации материала. По комплексу свойств или по числовому значению одного, важнейшего свойства, а строительному материалу или изделию присваивается класс, марка, сорт. Эти показатели имеют не только техническое, но и экономическое значение: чем выше класс, марка, сорт, тем выше показатели технических свойств, тем выше стоимость.
- ▶ Многообразие строительных материалов предполагает наличие у них специфических, отличных от других, признаков. Но в то же время многие материалы обладают одинаковыми или похожими признаками, по которым их объединяют в классы, группы, подгруппы.



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ КЛАССИФИЦИРУЮТ по происхождению: природные (естественные) и искусственные.



- ▶ Природные материалы не подвергаются глубокой переработке и используются в первозданном виде, сохраняя свои достоинства и недостатки. Наибольшее применение в строительстве получили такие естественные материалы, как древесина и горные породы.
- ▶ Искусственные материалы получают по заводским технологиям, предусматривающим глубокую переработку исходного сырья. В процессе производства материалу придаются необходимые строительные свойства. Большинство строительных материалов являются искусственными.



по их химической природе (химическому составу): металлы, органические материалы, неорганические (минеральные) материалы.

- ▶ Химическая природа металлов заключается в том, что они состоят или из одного конкретного химического элемента таблицы Д. И. Менделеева, или нескольких элементов-металлов, часто с примесью заметного количества некоторых элементов-неметаллов. Такие вещества называются металлическими сплавами. Причем сплавы, резко отличаясь по свойствам от чистых металлов, представляют наибольшую техническую ценность. Металлы и сплавы отличаются от других строительных материалов также тем, что не содержат в своем составе кислорода - самого распространенного на Земле химического элемента. Все металлы делят на две группы: черные металлы и цветные металлы. Первые имеют темно-серый цвет, вторые - светлую окраску.



Период	Основные группы		Подгруппы								Основные группы														
	I	II	III a	IV a	V a	VI a	VII a	VIII a	I a	II a	III	IV	V	VI	VII	VIII									
1	1 H 1,008		<p>Обозначение:</p> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">8</div> Порядковый номер </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">O</div> Условное обозначение </div> <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px;">15,999</div> Относительная атомная масса (≈ массовое число) </div>																						2 He 4,00
2	3 Li 6,939	4 Be 9,012																		5 B 10,811	6 C 12,011	7 N 14,007	8 O 15,999	9 F 12,998	10 Ne 20,183
3	11 Na 22,989	12 Mg 24,312																		13 Al 26,982	14 Si 28,086	15 P 30,974	16 S 32,064	17 Cl 35,492	18 Ar 39,948
4	19 K 39,102	20 Ca 40,08	21 Sc 44,956	22 Ti 47,9	23 V 50,942	24 Cr 51,996	25 Mn 54,938	26 Fe 55,847	27 Co 58,933	28 Ni 58,71	29 Cu 63,54	30 Zn 65,37	31 Ga 69,72	32 Ge 72,59	33 As 74,92	34 Se 78,96	35 Br 79,909	36 Kr 83,80							
5	37 Rb 85,47	38 Sr 87,62	39 Y 89,905	40 Zr 91,22	41 Nb 92,906	42 Mo 95,94	43 Tc 99	44 Ru 101,07	45 Rh 102,905	46 Pd 106,04	47 Ag 107,87	48 Cd 112,40	49 In 114,82	50 Sn 118,69	51 Sb 121,75	52 Te 127,6	53 J 126,9	54 Xe 131,30							
6	55 Cs 132,90	56 Ba 137,34	57 La 138,91	72 Hf 178,49	73 Ta 180,948	74 W 183,948	75 Re 186,2	76 Os 190,2	77 Ir 192,2	78 Pt 195,09	79 Au 196,967	80 Hg 200,59	81 Tl 204,37	82 Pb 207,192	83* Bi 208,98	84* Po 210	85* At 210	86* Rn 222							
7	87* Fr 223	88* Ra 226,05	89* Ac 227	104* Rf 258	105* Db 260	106* Sg 261	107* Bh 262	108* Hs 263	109* Mt 266																

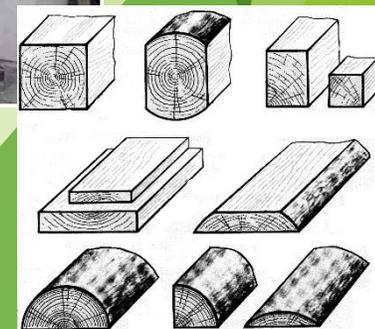
* Все изотопы этих элементов радиоактивны

- ▶ **Органические материалы**, как и металлы, обладают сравнительно простым химическим составом. Их химическую основу составляют многочисленные соединения углерода с водородом. Присутствие углерода в составе органических материалов является неременным условием. Органические материалы могут быть природными и искусственными. Среди природных органических материалов общеизвестной и широко используемой в строительстве является древесина лесных пород. В группу искусственных органических материалов входят полимерные и битумные материалы.
- ▶ **Неорганические материалы**, являясь самым представительным классом строительных материалов, имеют весьма сложный химический состав с большим числом химических элементов таблицы Д. И. Менделеева, причем в этом многообразии элементов главное место занимает кислород. Остальные элементы (кремний, алюминий, железо, кальций, магний, водород и т. д.) взаимодействуют между собой в виде оксидов, образуя и простые, и очень сложные химические комплексы.

Природные неорганические (минеральные) материалы представляют собой различные горные породы, добываемые в земной коре. Горные породы применяются в строительстве как самостоятельно (стеновые камни, опорные конструкции, тротуарные камни и плиты, облицовочные плиты и т. д.), так и в качестве сырьевых материалов для производства искусственных неорганических материалов. Искусственные неорганические материалы имеют наибольшее число наименований и составляют наибольшую долю в современном строительстве. К ним относятся строительная керамика и строительное стекло, вяжущие вещества, бетоны и строительные растворы, сухие строительные смеси, материалы для теплоизоляции, акустические материалы.

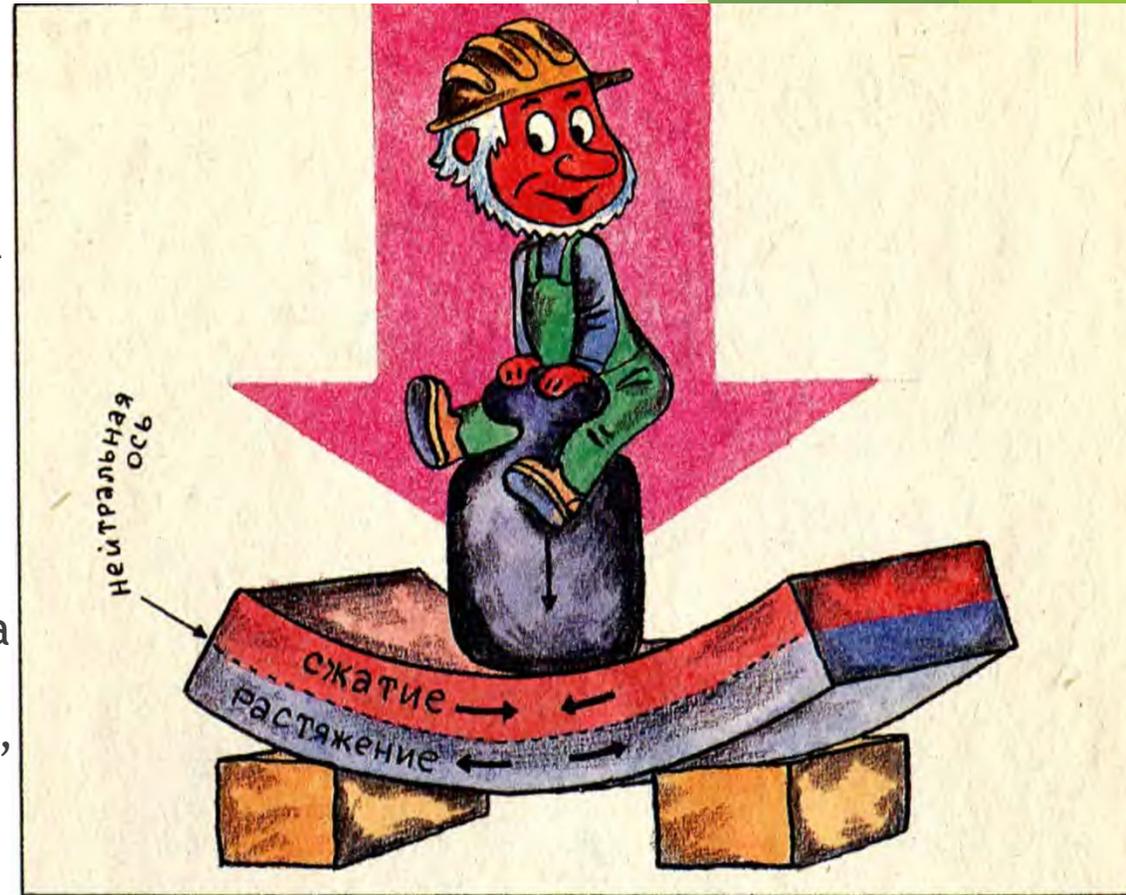
По технологическому признаку:

- ▶ природные каменные материалы (горные породы) - материалы, добываемые в земной коре и используемые самостоятельно (мраморные ступени лестниц) или в качестве сырья (глина для производства керамики);
- ▶ строительная керамика - изделия, получаемые из глинистого сырья (кирпич, черепица);
- ▶ строительное стекло - изделия, применяемые в свето-прозрачных или архитектурно-художественных конструкциях (оконное стекло, стеклянная мозаика);
- ▶ неорганические (минеральные) вяжущие вещества - материалы, применяемые для получения композитов (цементы, гипсовые вяжущие);
- ▶ бетоны и строительные растворы - композиционные материалы, получаемые с применением вяжущих веществ;
- ▶ древесина - материал, получаемый из стволов лесных деревьев (бревна, доски, бруски);



Общетехнические свойства строительных материалов: физические, гидрофизические, теплофизические, механические.

- ▶ Свойство - это признак материала (изделия), который проявляется при переработке, применении и эксплуатации.
- ▶ Большое значение в строительной практике имеет масса единицы объёма материала. Так, зная массу единицы объёма материала, можно рассчитать вес конструкции или отдельных частей сооружения, определить давление, оказываемое сооружением на грунт, подобрать вид транспорта для перевозки материалов, косвенно оценить другие свойства материала.
- ▶ Физические свойства - выражают способность материала реагировать на воздействие физических факторов - гравитационных, тепловых, водной среды, акустических, электрических. Характеризуют состояние материала, а так же отношение материала к действию физических факторов.



Истинная плотность (ρ) – масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии.

Средняя плотность (ρ_0) – масса единицы объема материала в естественном состоянии.

Насыпная плотность (ρ_n) – масса единицы объема сыпучего материала в рыхлом состоянии.

Среднюю плотность вычисляют путем деления массы образца m , г (кг), на его геометрический объём V , см³ (м³):

$$\rho_0 = \frac{m}{V_e}$$

Частное от деления массы материала m на объём мерного сосуда V_c и есть насыпная плотность, кг/м³, сыпучего строительного материала:

$$\rho_n = \frac{m}{V_c}$$

Для числового выражения истинной плотности, г/см³, необходимо массу сухого образца материала m разделить на его объем в абсолютно плотном состоянии, т. е. без пор (так называемый абсолютный объем V_a):

$$\rho = \frac{m}{V_a}$$



Пористость – одно из основных свойств строительных материалов, так как от ее величины зависят многие свойства: плотность, водопоглощение, теплопроводность, морозостойкость, проницаемость и др.

Поры– это элементы структуры, не заполненные веществом материала. Обычно поры заполнены воздухом или водой. Поры возникают в материале естественным путем или могут создаваться искусственно, целенаправленно в процессе изготовления материала.

Пористость – числовая структурная характеристика материала, выражающая степень наполнения объема материала порами.

В строительных материалах различают общую (истинную), открытую (кажущуюся) и закрытую пористость.

Общую пористость, включающую весь объём пор в материале, %, можно вычислить по формуле

$$P_{\text{общ}} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} 100 \%$$



➤ Открытыми называются поры, которые сообщаются с окружающей средой, и между собой, образуя сложную капиллярно-пористую систему. Они заполняются водой при полном погружении образцов материала в ванну с водой.

Открытая пористость ($\Pi_{\text{откр}}$) характеризуется объемом поглощенной воды, выраженной в % к естественному объему материала:

$$\Pi_{\text{откр}} = \frac{m_{\text{насыщ}} - m_{\text{сух}}}{V_e \cdot \rho} 100$$

Закрытая пористость – изолированная от внешней среды, вычисляется по формуле:

$$\Pi_{\text{закр}} = \Pi_{\text{общ}} - \Pi_{\text{откр}}$$

*(Пористость: 0 % – стекло, битум, сталь, полимеры; 0,2-0,8 % – гранит;
5-7 % – тяжелый бетон; 75-85 % – газобетон; 90-98 % – пенопласты)*

Пустотность, являясь характеристикой сыпучих материалов, выражает объем пустот между зернами (частицами) материала. Числовые показатели этих свойств выражаются либо в процентах, либо в долях объема материала, принимаемого за единицу.

Полости между зернами насыпного материала и образуют пустоты.

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{\rho_{\text{н}}}{\rho_{\text{и}}}\right) 100\%$$

Величина пустотности зависит от формы зерен, соотношения зерен разных размеров и от степени уплотнения материала. В отдельных технологиях пустотность имеет большое значение. Например, в технологии бетонов очень важно использовать смесь заполнителей с малой пустотностью, что обеспечивает получение высококачественных бетонов.

ГИДРОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Водопоглощение – это способность материала впитывать и удерживать в себе воду при полном в нее погружении в течение установленного времени.

Величина водопоглощения характеризуется степенью насыщения материала водой. За счет поглощенной воды увеличивается масса образцов. Это увеличение массы, выраженное в процентах по отношению к начальной массе, является показателем водопоглощения по массе V_M :

$$V_M = \frac{m_H - m_c}{m_c} 100\%$$

Объем поглощенной материалом воды, выраженный в процентах по отношению к естественному объему образца, является показателем водопоглощения по объему V_o :

$$V_o = \left(\frac{m_H - m_c}{\rho_B} \frac{1}{V_e} \right) 100\%$$



Капиллярное всасывание – это способность пористого материала впитывать воду, когда часть изделия или конструкции находится в воде.

Капиллярное всасывание проявляется у строительных материалов, которые, во-первых, имеют капиллярно-пористую структуру, во-вторых, являются гидрофильными. В строительных материалах с различной способностью смачиваться поры имеют неправильную форму и изменяющееся поперечное сечение, поэтому высота подъема воды имеет меньшие значения. Тем не менее грунтовая вода может подниматься по капиллярам и увлажнять нижнюю часть стены здания, создавая сырость в помещении и снижая свойства конструкции. Для предотвращения такого явления между стеной и фундаментом здания устраивают слой гидроизоляции. В то же время капиллярное всасывание играет существенную положительную роль в технологиях пропитки конструкций с целью укрепления и защиты от разрушения, в технологиях окраски и др. Капиллярные явления наблюдаются также в процессах сушки различных материалов. При удалении влаги (нарушении равновесия) капиллярное давление стягивает стенки капилляров, приводя к объемным деформациям усушки, усадки. Капиллярное всасывание строительных материалов характеризуют высотой поднятия воды, количеством поглощенной воды и интенсивностью всасывания.

Гигроскопичность – свойство строительных материалов поглощать влагу из окружающего влажного воздуха. Поглощение влаги из воздуха обусловлено адсорбцией (прилипанием) молекул водяного пара на твердой поверхности материала. Таким образом, гигроскопичность, с одной стороны, зависит от активности притягивания молекул воды твердым веществом материала, т. е. от гидрофильности, с другой стороны, – от суммарной внутренней поверхности пор в материале. Гидрофильность обусловлена природой материала – его химическим составом и структурой. Суммарная поверхность пор связана с их количеством и размерами. При одинаковой пористости мелкопористые материалы обладают большей гигроскопичностью, чем крупнопористые. Высокой гигроскопичностью обладают многие теплоизоляционные и пористые стеновые материалы, древесина, порошкообразные вяжущие вещества.

В процессе эксплуатации и хранения строительные материалы, соприкасающиеся с окружающей средой, то увлажняются, то высыхают. Процессы циклического увлажнения и высыхания плотных материалов протекают очень медленно. В то же время, сорбционная влажность высокопористых материалов меняется быстро и часто. Следует иметь в виду, что эти процессы сопровождаются деформациями – набуханием и усадкой (усушкой), которые ухудшают стабильность структурных и технических характеристик изделий и конструкций. Для предотвращения негативного действия водяного пара в конструкциях зданий устраивают пароизоляцию, хранение материалов осуществляют в герметичных упаковках.

Водостойкость – способность материала сопротивляться длительному разрушающему действию воды. Показателем водостойкости конструкционных строительных материалов является коэффициент размягчения. Числовое значение коэффициента размягчения ($K_{разм}$) определяется как отношение предела прочности при сжатии насыщенного водой материала ($R_{нас}$) к пределу прочности при сжатии сухого материала ($R_{сух}$):

$$K_{разм.} = \frac{R_{нас}}{R_{сух}}$$

Коэффициент размягчения может принимать числовые значения от 0 (например, изделия из необожженной глины) до 1 (например, металлы).

Материалы, имеющие коэффициент размягчения выше 0,8, т. е. потеря прочности которых при насыщении водой не превышает 20 %, считаются водостойкими. Такие материалы могут эксплуатироваться во влажных условиях.

Водопроницаемость – свойство материала пропускать воду под давлением.

Водонепроницаемость – способность материала не пропускать через свою толщу воду под давлением.

Этим свойством должны обладать кровельные, гидроизоляционные, герметизирующие материалы, гидротехнические бетоны. Водонепроницаемость определяется с помощью устройств, позволяющих создавать на одной стороне образца постоянное давление воды. Например по результатам испытания бетона принимается марка бетона по водонепроницаемости, например В8. Марка показывает максимальное давление воды (в примере – 0,8 МПа), которое выдерживает (не пропускает воду) бетонный образец стандартных размеров за установленное время, зависящее от размеров образца.

Морозостойкость – способность насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание без

видимых признаков разрушения и без потери массы и прочности

Большее установленным норм.
Главной причиной разрушения водонасыщенных материалов при отрицательной температуре является расширение замерзающей в порах воды. Метод испытания на морозостойкость предусматривает насыщение образцов материала водой с последующим многократным замораживанием их в морозильной камере в течение обусловленного времени при температуре от -18 до -20 °C и оттаиванием в воде, имеющей комнатную температуру.

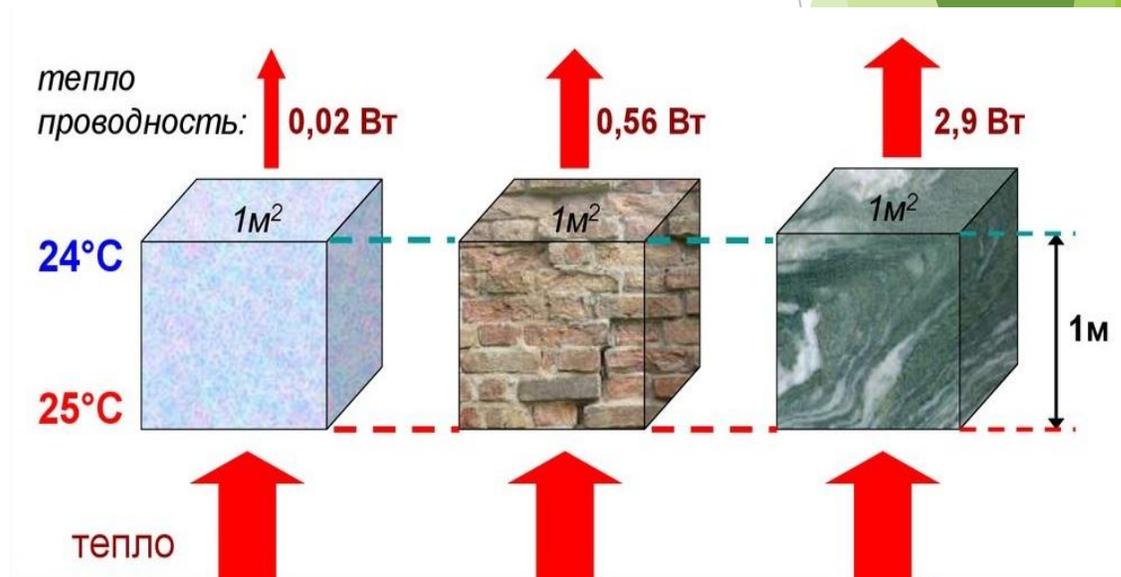
В процессе испытания разных материалов контролируются внешний вид образцов (отсутствие признаков разрушения); масса образцов и прочность образцов (потеря массы не более 20% и прочности не должна превышать 5%). При достижении критических контролируемых показателей испытание останавливают и материалу присваивают марку по морозостойкости, например F50. Марка показывает, какое количество циклов попеременного замораживания и оттаивания выдерживает материал.



ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Теплопроводность – свойство материала передавать тепло от одной поверхности к другой или пропускать тепло через свою толщину. Это свойство является главным как для большой группы теплоизоляционных материалов, так и для материалов, применяемых для устройства наружных стен и покрытия зданий. Тепловой «поток» проходит через твердый «каркас» и воздушные ячейки пористого материала. Теплопроводность воздуха меньше чем у твердого вещества. Поэтому увеличение пористости материала является основным способом уменьшения теплопроводности. Влага попадающая в поры, увеличивает теплопроводность.

Перемещение тепла в материале наблюдается всегда, когда на противоположных сторонах изделия или конструкции устанавливаются разные температуры. Тепловой поток направлен от нагретой поверхности к более холодной. В таких условиях работают все ограждающие конструкции зданий, а также изоляция трубопроводов, холодильников, тепловых установок.



Кoeffициент теплопроводности выражает количество теплоты, проходящей за 1 ч через стенку из материала толщиной 1 м, площадью 1 м² при установившейся разности температур на противоположных сторонах в 1 °С.

$$\lambda \left(\frac{\text{Вт}}{\text{м} \cdot \text{°С}} \right)$$

Все строительные материалы имеют определенные значения коэффициента теплопроводности, которые зависят от состава,

плотности, структуры, влажности, температуры:

- теплоизоляционные материалы – менее 0,175 Вт/(м·°С);
- кирпич керамический – 0,8–0,9 Вт/(м·°С);
- бетон тяжелый – 1,3–1,6 Вт/(м·°С);
- гранит – 2,9–3,3 Вт/(м·°С)

Теплоёмкость – способность строительных материалов поглощать (аккумулировать) при нагревании теплоту. При понижении температуры материалы выделяют аккумулированную теплоту. Её количество тем больше, чем больше теплоемкость материала. Таким образом, применение в помещениях материалов с высокой теплоёмкостью способствует выравниванию колебаний температуры, связанных с периодичностью работы отопительных приборов или изменений температуры наружного воздуха. Теплоёмкость характеризуется удельной теплоёмкостью – количеством теплоты необходимым для нагрева 1 кг материала на 1 градус Цельсия.

$$C = \frac{Q}{m(t_2 - t_1)}, \text{ Дж / (кг} \cdot \text{ }^\circ\text{C)}$$

(Сталь – 0,48; бетон, кирпич, каменные материалы – 0,75-0,92;
дерево – 2,39-2,7;)

Коэффициент линейного температурного расширения (КЛТР) выражает относительное удлинение образца материала при его нагревании на $1\text{ }^{\circ}\text{C}$ и измеряется в $(^{\circ}\text{C})^{-1}$. Физический смысл КЛТР выражается формулой

$$\text{К. Л. Т. Р.} = \frac{\Delta l}{l_0(t_2 - t_1)}$$

где l_0 – первоначальный размер образца материала; Δl -увеличение размера образца при его нагревании от температуры t_1 до температуры t_2 .

Анизотропные (неодинаковые по строению в разных направлениях) тела и материалы имеют различные значения коэффициентов линейного температурного расширения в разных направлениях.

Термостойкость – способность хрупких материалов сопротивляться разрушению от термических напряжений, возникающих в изделиях при колебаниях или циклической смене температуры.

Огнестойкость – способность материалов сохранять необходимые эксплуатационные свойства при высоких температурах (до 1000 °С), а также ограничивать распространение огня во время пожара. Это важное свойство характеризуется пределами огнестойкости и распространения огня. Предел огнестойкости выражается временем (в часах или минутах) от начала стандартного огневого испытания до достижения одного из предельных состояний:

- потери несущей способности конструкции (прогиб, обрушение);
- потери теплоизолирующей способности (повышение температуры на противоположной, необогреваемой поверхности в среднем более чем на 160°С);
- нарушения сплошности (образование сквозных трещин и отверстий, пропускающих продукты горения и пламя);
- достижения критической температуры, при которой происходят необратимые изменения в материале конструкции, защищенной огнезащитными покрытиями.

Огнестойкость материалов в определенной мере зависит от их возгораемости.

По возгораемости строительные материалы подразделяются на **несгораемые, трудносгораемые и сгораемые**.

Несгораемые материалы в условиях пожара не воспламеняются, не тлеют, не обугливаются (металлы, кирпич, бетон, природные каменные материалы), **трудносгораемые** – с трудом воспламеняются, тлеют и обугливаются, горят только при наличии источника огня. К трудносгораемым относятся фибролит, защищенная антипиренами древесина, некоторые пенопласты.

Сгораемые (большинство органических материалов) под действием высокой температуры воспламеняются, горят и тлеют даже после удаления источника огня.

Огнеупорность – способность материалов противостоять длительному действию высоких температур, не размягчаясь и не деформируясь. Этим свойством должны обладать материалы, предназначенные для эксплуатации в условиях постоянного высокотемпературного нагрева (выше 1000 °С). К ним относятся материалы и изделия, применяемые при сооружении различных печей, топок, котлов и пр. Показателем огнеупорности является температура (°С), при которой образец испытуемого материала в форме трехгранной усеченной пирамидки установленных размеров (пироскоп), размягчается и деформируется так, что его вершина касается подставки, на которую он установлен.

По огнеупорности строительные материалы подразделяются на следующие группы: **легкоплавкие**, с температурой огнеупорности ниже 1350 °С; **тугоплавкие**, с температурой огнеупорности 1350–1580 °С; **огнеупорные**, с температурой огнеупорности выше 1580 °С.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА: ДЕФОРМАТИВНЫЕ И ПРОЧНОСТНЫЕ

Деформативные: **Упругость, пластичность, хрупкость**

Упругость – это способность твердого тела деформироваться под влиянием нагрузки и самопроизвольно восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешней силы.

(резина, каучук, пробка)

Пластичность – свойство материала при нагружении в значительных пределах изменять форму без образования трещин и сохранять эту форму после снятия нагрузки. Такие деформации называют *необратимыми*.

(битум)

Хрупкость – свойство материала мгновенно разрушаться под действием внешних сил без предварительной деформации.

(бетон, керамика, стекло, чугун)

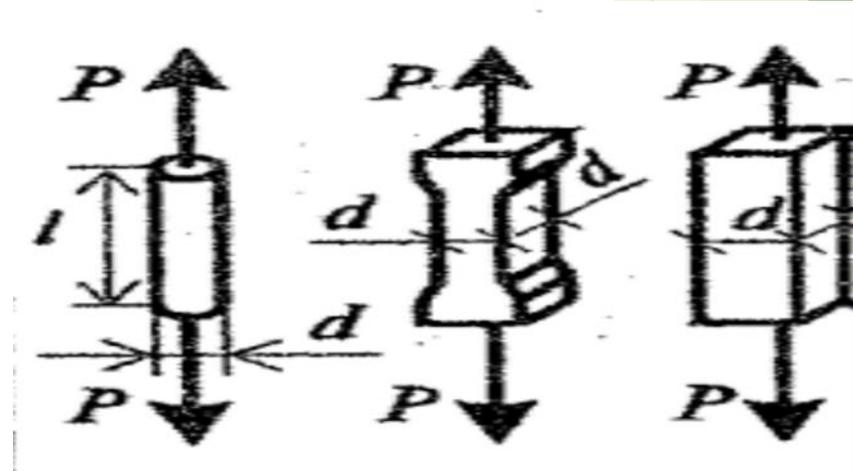
Прочностные:

Прочность- способность материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, возникающих в нем под действием внешних нагрузок

При действии на образец материала разных сил определяют и различные пределы прочности: предел прочности при сжатии – $R_{сж}$, предел прочности при изгибе – $R_{изг}$, предел прочности при растяжении – R_p . Для получения достоверных результатов испытанию необходимо подвергать серию образцов-близнецов, состоящую из трех и более штук.

Предел прочности при растяжении

$$R_p = P/S_{сеч} \text{ (МПа)}$$

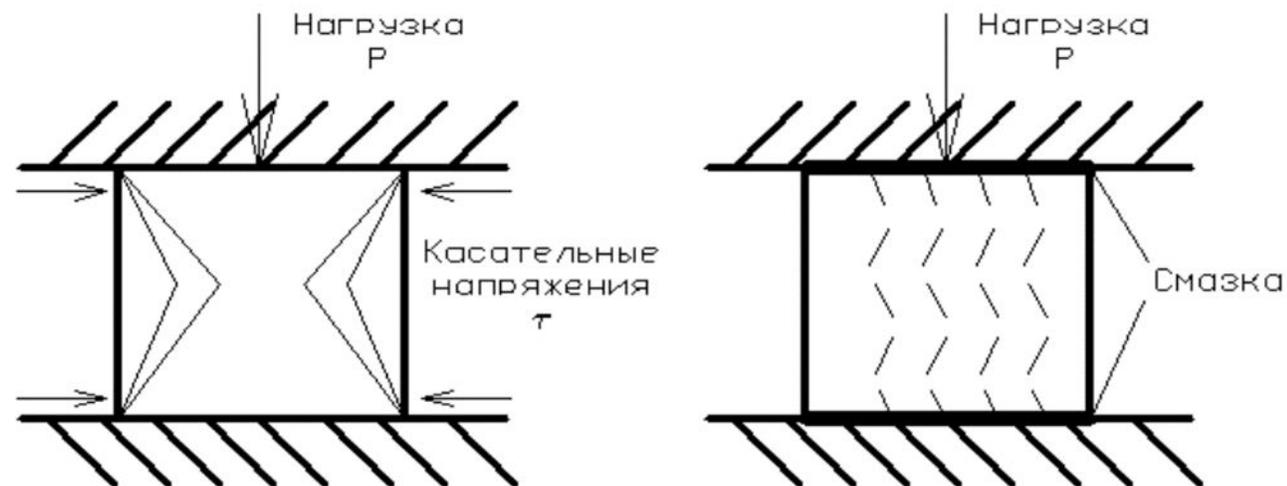


Пределы прочности измеряются в паскалях или в кгс/см²; 1МПа = 10 кгс/см².

Предел прочности при сжатии

Наилучшей формой образцов при испытании на сжатие является форма цилиндра. В цилиндрических образцах напряжения, возникающие при осевом сжатии, распределяются во всех сечениях равномерно. Тем не менее при испытании на сжатие различных материалов наряду с цилиндрами используются кубики, призмы, половинки балочек после испытания на изгиб. Размер образцов влияет на результат испытания материалов на прочность.

$$R_{\text{сж}} = \frac{P \text{ кгс}}{F \text{ см}^2}$$



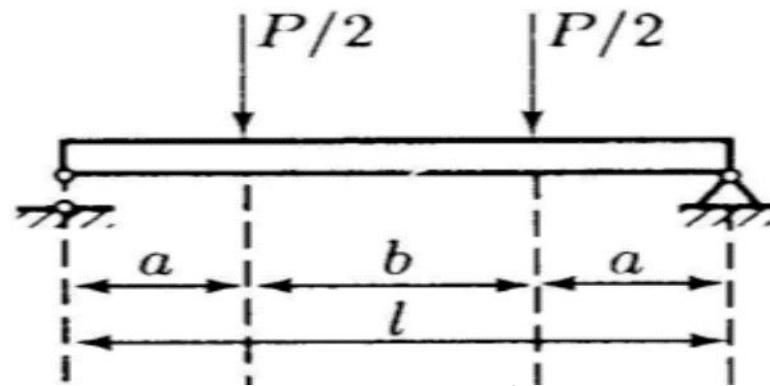
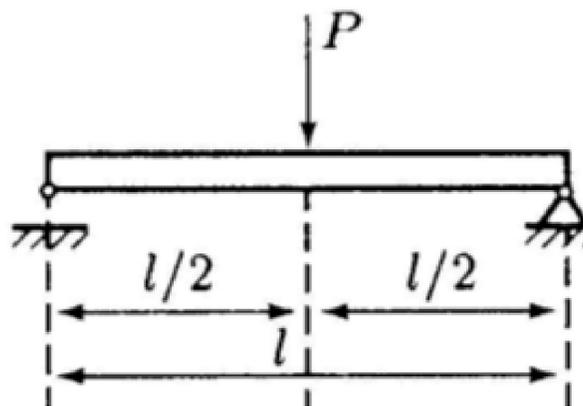
Предел прочности при изгибе

Схемы испытаний на статический изгиб:

а – при приложении одной сосредоточенной изгибающей силы (хрупкие материалы – бетон, кирпич, цементный камень);

б – при двух силах (пластичные материалы – древесина, сталь); l – расстояние между опорами; b и h – ширина и высота

$$\text{а) } R_{изг} = 3Pl/(2bh^2) \quad \text{б) } R_{изг} = Pl/(2bh^2)$$

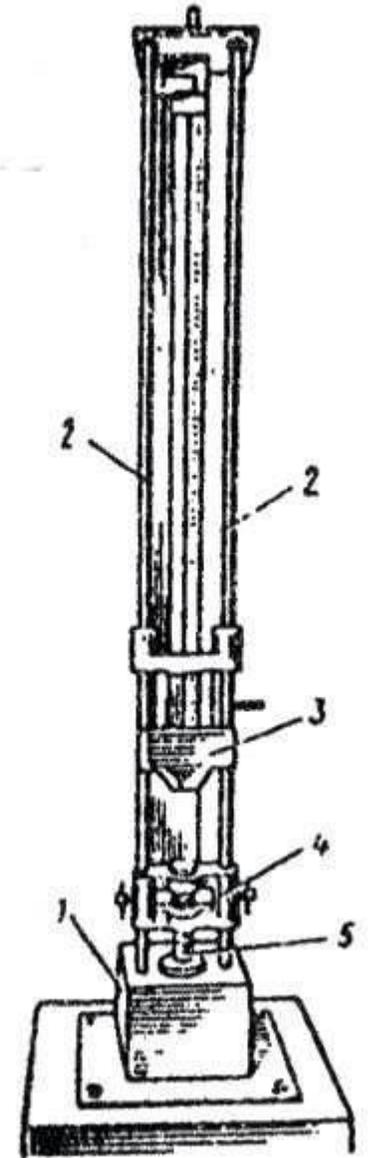


Прочность при ударе

Это способность материалов сопротивляться ударным нагрузкам, не разрушаясь.

Ударная прочность определяется у материалов, которые в процессе службы подвергаются динамическим воздействиям. Это материалы для полов, для дорожной одежды, лакокрасочные материалы и др.

Испытание материалов на удар производится на установках, называемых копрами. Принцип работы копров разных конструкций заключается в том, что на стандартный образец испытываемого материала с заданной высоты сбрасывают груз установленной массы, производя удар. Первый удар наносится с минимальной высоты, установленной стандартом. После каждого удара образец осматривают и при отсутствии повреждений наносят последующие удары, повышая высоту падения груза на 1–5 см. Испытание продолжают до появления на образце повреждений (трещины, разрушение). За характеристику прочности при ударе принимается число ударов, необходимое для разрушения образца материала. Это число должно быть определено как среднее арифметическое минимум трёх испытаний.



Истираемость и износ

— это способность материалов разрушаться тонкими слоями с поверхности при трении о другие материалы или среды. Испытания материалов на истираемость и износ связаны с приложением к материалу абразивного истирающего усилия. Для отдельных материалов, например щебня для бетонов, истирающее действие сочетается с ударным действием. Испытания позволяют установить стойкость против истирания и износостойкость материалов. Для испытания применяются специальные машины и установки: круги истирания, полочный барабан и др. В процессе испытания материал, разрушаясь с поверхности, теряет массу или внешний вид лицевой поверхности (обнаруживаются видимые повреждения). Истираемость и износ количественно могут быть выражены потерей массы, отнесенной к площади истирания, $г/см^2$, или к исходной массе (каменные материалы), которая присваивается уменьшением толщины материала (линолеум), степенью износостойкости, %, по количеству циклов испытания (керамическая глазурованная плитка).

$$I = \frac{\Delta m}{S} (г/см^2)$$



Твёрдость – способность материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого материала

Сопротивление, которое оказывает материал проникающему в него инородному телу, зависит от состава и строения материала, влажности материала, направления приложенного к нему действия и других факторов. В настоящее время не существует единого для всех материалов способа оценки твёрдости.

Твёрдость пластичных материалов (металлов, древесины, пластмасс) определяют методами, основанными на вдавливании в испытуемый образец материала малодеформирующегося тела (индентора) в виде шарика, конуса, пирамиды. В качестве примера можно привести метод Бринелля. Испытание по методу Бринелля проводится на специальном прессе. В образец с плавно нарастающей нагрузкой вдавливается шарик из твердого сплава диаметром 1; 2; 2,5; 5 или 10 мм.

Твёрдость хрупких материалов (горных пород, керамических изделий) удобно оценивать методом Мооса. В этом методе используется шкала, составленная из десяти природных минералов (шкала Мооса), подобранных таким образом, что каждый последующий минерал оставляет черту (царапину) на предыдущем, но сам им не чертится.

Шкала Мооса

Тальк  Царапается ногтем	Твердость 1	Ортоклаз  Царапается напильником	Твердость 6
Гипс  Царапается ногтем	Твердость 2	Кварц  Поддается обработке	Твердость 7
Кальцит  Царапается ножом	Твердость 3	Топаз  Царапает стекло	Твердость 8
Флюорит  Царапается ножом	Твердость 4	Корунд  Царапает стекло	Твердость 9
Апатит  Царапается ножом	Твердость 5	Алмаз  Режет стекло	Твердость 10

Коэффициент конструктивного качества (к. к. к.),
МПа,

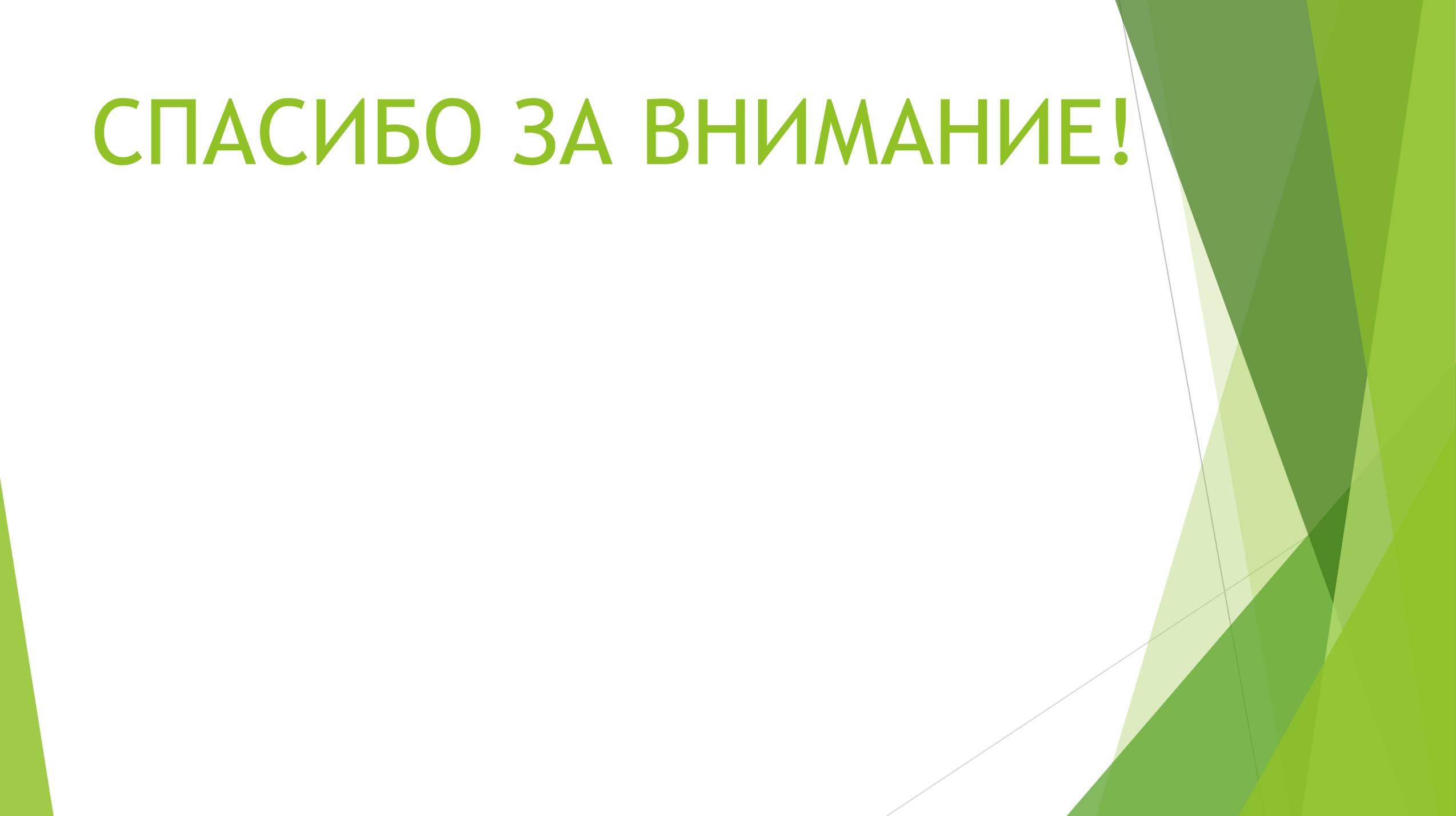
вычисляется делением показателя прочности материала на его относительную плотность (d):

$$\text{к. к. к.} = \frac{R}{d}$$

Наиболее эффективным в конструктивном отношении является такой материал, который обладает высокой прочностью, имея при этом низкую плотность, т. е. характеризуется высоким коэффициентом конструктивного качества.

(стеклопластик – 225 МПа, древесина – 200 МПа, сталь – 50-120 МПа, бетон – 10-20 МПа, кирпич – 5,5 МПа)

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

The background features abstract, overlapping geometric shapes in various shades of green, ranging from light lime to dark forest green. The shapes are primarily triangles and polygons, creating a dynamic, layered effect. The overall composition is clean and modern, with the text positioned in the upper left quadrant.