

СТЕНОВЫЕ СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ И КЛАССИФИКАЦИЯ

Стены здания - это вертикальные ограждения, отделяющие помещения от внешней среды и друг от друга. В зависимости от восприятия нагрузок от здания стены могут быть несущими, самонесущими и ненесущими.

Несущие стены воспринимают нагрузки от других частей здания (перекрытий, крыш) и вместе с собственной массой передают их фундаментам.

Самонесущие стены опираются на фундаменты, но нагрузку несут только от собственной массы.

Ненесущие (навесные) стены являются ограждениями, опирающимися в каждом этаже на другие элементы здания (каркаса) и воспринимают собственную массу в пределах одного этажа.

Стены гражданских зданий должны удовлетворять следующим **требованиям**:

- быть прочными и устойчивыми;
- обладать долговечностью, соответствующей классу здания;
- соответствовать степени огнестойкости здания;
- быть энергосберегающим элементом здания;
- иметь сопротивление теплопередаче согласно теплотехническим нормам, при этом обеспечивать необходимый температурно-влажностный комфорт в помещениях;
- обладать достаточными звукоизолирующими свойствами;
- иметь конструкцию, отвечающую современным методам возведения конструкций стен;
- быть экономически оправданной, исходя из заданного архитектурно-художественного решения, отвечать возможностям заказчика;
- материалоемкость (расход материалов) должна быть по возможности минимальной, так как это во многом способствует снижению трудозатрат на возведение стен и общих расходов на строительство.

Задача архитектора, проектировщика - разработка такого решения, при котором материалы стен, их конструкция удовлетворяли бы по возможности всем предъявляемым к ним требованиям, способствующим получению наиболее экономичного решения.

Оптимальную толщину стены можно рассчитать, исходя из затрат на эксплуатацию. Однако эта толщина должна быть не менее некоторого предела, определяемого статическим и теплотехническим расчетами (см. "Теплоизоляционные материалы").

По роду материала стены могут быть каменными, деревянными, из местных материалов, комбинированными. В настоящем Справочнике деревянные стены и стены из местных материалов не рассматриваются.

Каменные стены **по конструкции и способу возведения** делятся на стены из кладки, монолитные и крупнопанельные (последние нами не рассматриваются, за исключением эффективных, особо легких панелей - "сэндвичей").

Кладка - это конструкция, выполненная из отдельных стеновых камней, швы между которыми заполняются кладочными растворами. Для создания прочной монолитной системы, ряды кладки делаются с несовпадением вертикальных швов, то есть с их **перевязкой**. Распространены цепная (двухрядная) и многорядная система перевязок.

Для кладки наружных стен используют как простые растворные смеси (цементные), так и сложные (цементно-известковые, цементно-глиняные), отличающиеся высокой пластичностью, водоудерживающей способностью и экономичностью. Предел прочности при сжатии растворов обычно не превышает 5-10 МПа после 28 суток естественного твердения.

При приготовлении таких растворов (их иногда называют "**холодными**"), в качестве заполнителя идет природный, чаще всего кварцевый песок с максимальной крупностью до 5 мм. Толщина швов кирпичных стен находится на уровне 10-12 мм. Если в качестве заполнителя используется пористый заполнитель (например, вспученный перлит, вермикулит), то такие растворы называются "**теплыми**". Имея среднюю плотность, как правило, не более 1200 кг/куб.м и теплопроводность до 0,27 Вт/мК, они исключают "мостики холода" в кладке.

В современном строительстве все больше применяют так называемые **сухие кладочные смеси**. Они поставляются в мешках, чаще всего массой до 25 кг, затворяются водой на месте производства работ и перемешиваются с помощью миксера.

Поскольку современные технологии позволяют изготавливать стеновые камни и блоки с минимальным (до 1 мм) отклонением в геометрических размерах от стандартных размеров, то можно вести, так называемую, **тонкошовную кладку** с использованием кладочных клеев на основе тонкодисперстных сухих смесей с размером частиц заполнителя не выше 1-2 мм. В результате толщина кладочного шва составляет всего несколько миллиметров (в отличие от традиционного шва -10 мм), что приводит к значительной экономии кладочного раствора и при этом практически исчезают "мостики холода" в кладке.

ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Истинная плотность - масса единицы объема абсолютно плотного материала.

Формула расчета: $\rho = m / V_a$,
где m - масса материала; V_a - его объем в плотном состоянии.

Размерность: (г/куб.см, кг/куб.м).

Средняя плотность - масса единицы объема материала в естественном состоянии.

Формула расчета: $\rho_0 = m / V$,
где m - масса материала; V - его объем вместе с порами.

Размерность: (г/куб.см, кг/куб.м).

Значение средней плотности данного материала в сухом и влажном состоянии связаны соотношением:

$\rho = \rho_0 / (1 + W_m)$,
где W_m - количество воды в материале, доли от его массы.

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Средняя плотность пористых материалов всегда меньше их истинной плотности. Например, средняя плотность легкого бетона - 500-1800 кг/куб.м, а его плотность - 2600 кг/куб.м.

Средняя плотность строительных материалов колеблется в очень широких пределах: от 15 (пористая пластмасса - мипора) до 7850 кг/куб.м (сталь).

Насыпная плотность (ρ_n) - масса единицы объема рыхло насыпанных зернистых или волокнистых материалов (цемента, песка, гравия, щебня, гранулированной минеральной ваты и т. п.).

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Истинная плотность известняка - 2700 кг/куб.м, его средняя плотность - 2500 кг/куб.м, а насыпная плотность известнякового щебня - 1300-1500 кг/куб.м.

Истинная пористость - степень заполнения объема материала порами.

Формула расчета 1: $P = V_p / V$,
где V_p - объем пор; V - объем материала с порами.

Размерность: в процентах от объема.

Формула расчета 2: $P = [1 - (\rho_0 / \rho)] \cdot 100$,
где ρ_0 - средняя плотность материала; ρ - истинная плотность материала.

Размерность: в процентах от объема.

МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Упругостью твердого тела называют его свойство самопроизвольно восстанавливать первоначальную форму и размеры после прекращения действия внешней силы. Упругая деформация полностью исчезает после прекращения действия внешней силы, поэтому ее принято называть обратимой.

Пластичностью твердого тела называют его свойство изменять форму и размеры под действием внешних сил не разрушаясь, причем после прекращения действия силы тело не может самопроизвольно восстановиться свои размеры и форму, и в теле остается некоторая остаточная деформация, называемая пластической деформацией.

Пластическую, или остаточную, деформацию, не исчезнувшую после снятия нагрузки, называют необратимой.

Основными характеристиками деформативных свойств строительного материала являются: относительная деформация, модуль упругости Юнга и коэффициент Пуассона.

Внешние силы, приложенные к телу, вызывают изменение межатомных расстояний, отчего происходит изменение размеров деформируемого тела на величину dl в направлении действия силы.

Относительная деформация равна отношению абсолютной деформации dl к первоначальному линейному размеру l тела.

Формула расчета: $\epsilon = dl / l$,
где ϵ - относительная деформация.

Модуль упругости (модуль Юнга) связывает упругую деформацию ϵ и одноосное напряжение s линейным соотношением, выражающим закон Гука.

Формула расчета: $\epsilon = s / E$,
где E - модуль Юнга.

При одноосном растяжении (сжатии) напряжение определяется по формуле:

$s = P / F$,
где P - действующая сила;
 F - площадь первоначального поперечного сечения элемента.

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Модуль упругости представляет собой меру жесткости материала. Материалы с высокой энергией межатомных связей (они плавятся при высокой температуре) характеризуются и большим модулем упругости.

Модуль упругости E связан с другими упругими характеристиками материала посредством **коэффициента Пуассона**. Одноосное растяжение (сжатие) s_z вызовет деформацию по этой оси - ϵ_z и сжатие по боковым направлениям - ϵ_x и - ϵ_y , которые у изотропного материала равны между собой.

Коэффициент Пуассона, или коэффициент поперечного сжатия μ равен отношению:

$\mu = -\epsilon_x / \epsilon_z$.

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Коэффициент Пуассона бетона - 0,17 - 0,2, полиэтилена - 0,4.

Прочность - свойство материала сопротивляться разрушению под действием внутренних напряжений, вызванных внешними силами или другими факторами (стесненная усадка, неравномерное нагревание и т. п.).

Прочность материала оценивают **пределом прочности** (временным сопротивлением) **R**, определенным при данном виде деформации.

Для хрупких материалов (природных каменных материалов, бетонов, строительных растворов, кирпича и др.) основной прочностной характеристикой является предел прочности при сжатии.

Предел прочности при осевом сжатии равен частному от деления разрушающей силы на первоначальную площадь поперечного сечения образца (куба, цилиндра, призмы).

Формула расчета: $R_{сж} = P_{разр} / F$,
где **R_{сж}** - предел прочности при осевом сжатии;
P_{разр} - разрушающая сила;
F - первоначальная площадь поперечного сечения образца.

Предел прочности при осевом растяжении **R_p** используется в качестве прочностной характеристики стали, бетона, волокнистых и других материалов.

В зависимости от соотношения **R_p / R_{сж}** можно условно разделить материалы на три группы:

- 1) материалы, у которых **R_p > R_{сж}** (волокнистые - древесина и др.);
- 2) **R_p = R_{сж}** (сталь);
- 3) **R_p < R_{сж}** (хрупкие материалы - природные камни, бетон, кирпич).

Размерность: (Мпа).

Схема стандартных методов определения прочности при сжатии представлена на [таблице](#).

Механические испытания проводятся на [гидравлическом прессе](#).

Схему стандартных методов определения прочности при изгибе и растяжении смотри в [таблице](#).

Предел прочности при изгибе определяют путем испытания образца в виде балочек на двух опорах.

Формула расчета: $R_{р\cdotи} = M / W$,
где **R_{р·и}** - предел прочности при изгибе;
M - изгибающий момент; **W** - момент сопротивления.

Размерность: (Мпа).

Коэффициент конструктивного качества (к.к.к.) материала равен отношению показателя прочности **R** к относительной средней плотности **ρ_о**.

Формула расчета: $к.к.к. = R / \rho_o$.

Следовательно, это прочность, отнесенная к единице средней плотности. Лучшие конструкционные материалы имеют высокую прочность при малой средней плотности.

Примеры значений к.к.к. для некоторых строительных материалов:

стеклопластик - 225; древесина (без пороков) - 200; сталь высокопрочная - 127; сталь - 51; легкий конструкционный бетон - 22,2; тяжелый бетон - 16,6; легкий бетон - 12,5; кирпич - 5,56.

Твердость называют свойство материала сопротивляться проникновению в него другого, более твердого тела.

Твердость минералов оценивают шкалой **Мооса**, представленной десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие. Эта шкала включает минералы в порядке возрастающей твердости от 1 до 10.

1. Тальк, $Mg_3[Si_4O_{10}][OH]_2$ - 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, $Ca_5[PO_4]_3F$ - царапается ножом под сильным нажимом.
6. Ортоклаз, $K_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6SiO_2$ - царапает стекло.
7. Кварц, SiO_2 ; топаз, $Al_2[SiO_4](F, OH)_2$; корунд, Al_2O_3 ; алмаз, C - легко царапают стекло, применяются в качестве абразивных (стирающих и шлифующих) материалов.

Твердость древесины, металлов, бетона и некоторых других строительных материалов определяют, вдавливая в них стальной шарик или твердый наконечник (в виде конуса или пирамиды). В результате испытания вычисляют число твердости

$НВ = P / F$,
где **F** - площадь поверхности отпечатка.

От твердости материалов зависит их истираемость: чем выше твердость, тем меньше истираемость.

Истираемость оценивают потерей первоначальной массы образца материала, отнесенной к площади поверхности истирания **F**.

Формула расчета: $I = (m_1 - m_2) / F$,
где **m₁** и **m₂** - масса образца до и после истирания.

Размерность: (г/кв.см).

Это свойство важно для эксплуатации дорог, полов, ступеней лестниц, и т. п.

Износом называют свойство материалов сопротивляться одновременному воздействию истирания и ударов.

Сопротивление удару - способность материала сопротивляться действию удара падающего груза. Для определения прочности материалов при ударе применяются специальные копры.

Для природных материалов масса падающего груза равна 2 кг. Высота падения от 1 до 90 см. Испытуемые образцы - цилиндры, высотой 3 см и диаметром 2 см.

СВОЙСТВА, СВЯЗАННЫЕ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ВЛАГИ

Гигроскопичность или сорбционная влажность - свойство капиллярно-пористого материала поглощать водяной пар из влажного воздуха.

Поглощение влаги из воздуха называется **сорбцией**.

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Древесина, теплоизоляционные, стеновые и другие пористые материалы обладают развитой внутренней поверхностью пор и поэтому высокой сорбционной способностью.

Водопоглощение определяют по объему и массе.

Водопоглощение по объему - степень поглощения материала водой.

Формула расчета: $W_o = (m_v - m_c) / V \cdot 100$,
где m_v - масса образца материала, насыщенного водой;
 m_c - масса образца в сухом состоянии; V - объем материала.

Размерность: (%).

Водопоглощение по массе - определяют по отношению к массе сухого материала.

Формула расчета: $W_m = (m_v - m_c) / m_c \cdot 100$,
где m_v - масса образца материала, насыщенного водой;
 m_c - масса образца в сухом состоянии.

Размерность: (%).

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Водопоглощение различных материалов колеблется в широких пределах: гранита - 0,02- 0,7%, тяжелого плотного бетона - 2-4%, кирпича - 8-15%, пористых теплоизоляционных материалов - 100% и больше.

Связь между водопоглощением по массе и водопоглощением по объему определяется соотношением:

$W_o = W_m \cdot \rho_o$,
где ρ_o - средняя плотность.

Коэффициент насыщения.

Водопоглощение используют для оценки структуры материала, привлекая для этой цели коэффициент насыщения пор водой равный отношению водопоглощения по объему к пористости:

$k_n = W_o / \Pi$,
где Π - истинная пористость.

Коэффициент насыщения может изменяться от 0 (все поры в материале замкнутые) до 1 (все поры открытые), тогда $W_o = \Pi$.

Коэффициент размягчения - отношение прочности материала, насыщенного водой, к прочности сухого материала.

Коэффициент размягчения характеризует водостойкость материала, он изменяется от 0 (размокшие глины и др.) до 1 (металлы и др.). Природные и искусственные каменные материалы не применяют в строительных конструкциях, находящихся в воде, если их коэффициент размягчения меньше 0,8.

Формула расчета: $k_p = R_v / R_c$,
где R_v - прочность материала, насыщенного водой;
 R_c - прочности сухого материала.

Водопроницаемость - это свойство материала пропускать воду под давлением.

Коэффициент фильтрации характеризует водопроницаемость материала.

Формула расчета: $k_f = V_v a / [S(P_1 - P_2)t]$,
где $k_f = V_v$ - количество воды в куб.м,
проходящей через стенку площадью $S=1$ кв.м, толщиной $a = 1$ м за время $t = 1$ ч
при разности гидростатического давления на границах стенки $(P_1-P_2)=1$ м вод.ст.

Размерность: (м/ч).

Газо- и паропроницаемость.

При возникновении у поверхности ограждения разности давления газа происходит его перемещение через поры и трещины материала.

Коэффициент газопроницаемости характеризует газо- и паропроницаемость:

Формула расчета: $k_g = aV_p / (StdP)$,
где V_p - масса газа или пара (плотностью ρ), прошедшего через стенку площадью S и толщиной a за время t при разности давлений на гранях стенки dP .

Размерность: [г/(м²·ч·Па)].

Усадкой (усушкой) называют уменьшение размеров материала при его высыхании. Она вызывается уменьшением толщины слоев воды, окружающих частицы материала, и действием внутренних капиллярных сил, стремящихся сблизить частицы материала.

Набухание (разбухание) происходит при насыщении материала водой. Полярные молекулы воды, проникая в промежутки между частицами или волокнами, слагающими материал, как бы расклинивают их, при этом утолщаются гидратные оболочки вокруг частиц, исчезают внутренние мениски, а с ними и капиллярные силы.

СВОЙСТВА, СВЯЗАННЫЕ С ВОЗДЕЙСТВИЕМ ТЕПЛА

Морозостойкость (F, Mrз) - свойство насыщенного водой материала выдерживать попеременное замораживание и оттаивание без значительной потери в массе и прочности.

Морозостойкость материала количественно оценивается маркой по морозостойкости.

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Легкие бетоны, кирпич, керамические камни для наружных стен зданий обычно имеют морозостойкость Мрз 15, Мрз 25, Мрз 35. Бетон, применяемый в строительстве мостов и дорог, должен иметь марку Мрз 50, Мрз 100 и Мрз 200, гидротехнический бетон - до Мрз 500.

Теплопроводностью называют свойство материала передавать тепло от одной поверхности к другой.

На практике удобно судить о теплопроводности по средней плотности материала. Известна формула В.П. Некрасова, связывающая теплопроводность со средней плотностью каменного материала, выраженной по отношению к воде. Значение теплопроводности по этой формуле вычисляется следующим образом:

$$1,16 \cdot \text{SQRT}(0,0196 + 0,22 \cdot \rho - 0,16),$$

где **SQRT**() - операция вычисления квадратного корня;
 ρ - средняя плотность материала.

Размерность: Вт/(мК).

Теплоёмкость определяется количеством тепла, которое необходимо сообщить 1 кг данного материала, чтобы повысить его температуру на 1°C.

Примеры строительных материалов по данному свойству:

Теплоёмкость неорганических строительных материалов (бетонов, кирпича, природных каменных материалов) изменяется в пределах от 0,75 до 0,92 кДЖ/(кг •°С). Теплоёмкость сухих органических материалов (например, древесины) - около 0,7 кДЖ/(кг •°С), вода имеет наибольшую теплоёмкость - 1 кДЖ/(кг •°С), поэтому с повышением влажности теплоёмкость возрастает.

Огнеупорность - свойство материала выдерживать длительное воздействие высокой температуры (от 1580°C и выше), не размягчаясь и не деформируясь. Огнеупорные материалы применяют для внутренней футеровки промышленных печей. Тугоплавкие материалы размягчаются при температуре выше 1350°C.

Горючесть - способность материала гореть.

Материалы делятся на горючие (органические) и негорючие (минеральные).