**Понятие «энергосберегающий стро­ительн**ы**й материал»** долговечность

Архитектор должен понимать взаи­мосвязь архитектурно-композиционного решения проектируемого объекта и строительных материалов, владеть основами методики создания отделоч­ных материалов на уровне новых промышленных образцов, а также раз­работки их перспективных каталогов.

### Прошлое и настоящее в архитектуре

материалы из природного камня, дерева и др.

Каменный материал гроб­ниц, храмов.

периоде готики, который многие архитекторы справедливо назы­вают вершиной зодчества из природ­ного камня.

в XX веке материалы, высоки­ми прочностными показателями при изгибе и растяжении

процесс **восприятия**-восприятием архитектурной формы. Огромное значение при этом имеют виды используемых строительных ма­териалов и их свойства.

Эмоциональное воздействие связано с формой, фактурой, цветом, характером рисунка лицевой поверхно­сти строительных материалов

##### **Классификация строительных материалов**

**По видам основного сырья** различают древесные, из природного камня, керамические (на основе глин), из стеклянных и других минеральных (неметаллических) расплавов, из металлов и их сплавов,на основе минеральных вяжущих (например,на основе

строительного гипса, цементов), на основе искусственных полимеров.

**По способу получения**: природные и искусственные. **Природные строительные** **материалы** добывают в местах их естественного образования (горные породы, в верхних

слоях земной коры или роста (древесина). Их используют в архитектурно-строительной практике, применяя преимущественно механическую переработку (глина, песок, облицовочные гранитные плитки, изделия из древесины). Состав и свойства этих материалов в основном зависят от происхождения исходных пород и способов их переработки. **Искусст**-

**венные строительные материалы** изготавливают из природного минерального и органического сырья (кирпич из глины, портландцемент из мергелей, полимеры из нефти и

газа., промышленных (шлаковый бетон, шлакоситаллы), а также из нескольких исходных материалов (бетон-щебень, песок, цемент, вода). Полученные искусственные материалы

приобретают новые свойства, отличные от свойств исходного сырья.

**По назначению** все строительные материа­лы делятся на **конструкционные, кон­струкционно-отделочные и отделочные**.

**Конструкционные материалы** обеспечивают необходимую прочность несущих конструкций, защиту зданий и сооружений от различных физичес­ких воздействий (климатических фак­торов, шума и др.). Эти материалы скрыты в «теле» конструкции, например кирпич керамический обыкновенный, теплоизоляционные материалы. **Конструкционно**-**отделочные** материалы одновременно выполняют не только несущие и за­щитные функции, но и отделочные. Одна или несколько их поверхностей, которые называются лицевыми, воспринимаются визуально в процессе эксплуатации, например кирпич керамический лицевой, линолеум.

**Отделочные материалы** не несут какой-либо нагрузки в процессе эксплуата­ции, но выполняют одновременно отделочные и защитные функции. Они влияют на восприятие среды жизнедеятельности человека (например на эстетический облик фасада, интерьера здания, сооружения). К таким материалам относятся, например, ке­рамические плитки для внутренней облицовки стен или фасада).

**По областям применения (производственное назначение):** промышленное и

###### гражданское строительство зданий и сооружений как в городской среде, так и в сельской.

## Промышленное строительство включает: строительство заводов и фабрик, агропромышленных комплексов, строительство плотин и мостов и др. Гражданское строительство зданий и

сооружений включает: строительство административно-общественных и жилых зданий, например школ и больниц, банно-прачечных, макси- и мини рынков, спортивных стадионов,

жилых домов(каркасно-панельных, безкаркасно-панельных, в скользящей опалубке и др.)

Материалы органические и неорганические

# В зависимости от химического состава все строительные материалы можно услов-

но разделить на органические и неорганические. К органическим материалам относятся:

древесина, органические вяжущие, которые могут встречаться как в в природе, так и быть полученными путем глубокого окисления нефти, а также синтезированные материалы.

К неорганическим строительным материалам относятся природные каменные, полученные в результате механической обработки горных пород, и искусственные, такие, как керамические, на основе минеральных расплавов, металлов, а также минеральных вяжущих веществ.

**Современное состояние дел в области производства строительных материалов в республике Беларусь**

Промышленность строительных материалов —Республи­ки Беларусь, подотраслей: цементную, кера­мическую, сборного железобетона направлением развития -расширение ассортимента, выпуск конкурентоспособной продукции, внедрение энерго- и ресурсосберегающих технологий.

Строительные материалы Беларуси: известь, цемент, керамзит, ячеисто-бетонные блоки, кирпич керамический и силикатный, плитка керамическая, гипсокартонные листы, линоле­ум, стекло, рубероид, шифер, сборный железобетон и др. являются конкурентоспособными на строительном рынке. В промышленности строительных материалов существуют общие тенденции развития предприятийС целью сохранения и расширения конкурентоспособности бе­лорусского цемента на внутреннем и внешних рынках необходимо произвести модернизацию цементных предприятий ОАО «Красносельскцемент», ПО «Кричевцементошифер» с переводом их на «сухой» способ производства.

**Комплексная программа развития стройиндустрии**

**до 2015 года**

проблемы самообеспечения потребности республики строительными материалами, изделиями и конструк­циями с высокими потребительскими свойствами и в необходимом ас­сортименте, а также с учетом экспортных поставок. **Государственная система стандартизации и аттестации качества**

**Стандарты** — комплекс нор­мативно-технических требований, норм и правил на продукцию массового применения, утвержденных в качестве обязательных для предприятий и орга­низаций—изготовителей и потребите­лей указанной продукции. Процесс установления и применения стандартов называется стандартизацией.

К методам стандартизации относят­ся ***унификация*** и ***типизаци****я* строитель­ных материалов.

приведение различных видов строи­тельных материалов к технически и экономически рациональному мини­муму типоразмеров, марок, форм, свойств и т. п. Унификация типораз­меров ряда отделочных материалов для облицовки позволяет производить замену одного материала другим без изменения проектной документации.

Типизация предполагает разработ­ку типовых строительных материалов или конструкций на основе общих тех­нических характеристик. Эти требования определяют выпуск строи-тельных мате­риалов, размеры которых связываются с *модулем —* условной единицей изме­рения. Модуль применяется для коор­динации размеров материа­лов частей зданий, элементов оборудования. Единая модульная сис­тема в нашей стране создана на базе основного модуля 100 мм (1 М). Установлен ряд производных укрупненных (ЗМ, 6М, 12М, 15М, 30М, 60М) и дробных (1/2М, 1/5М, 1/10М, 1/20М, 1/50М, 1/100М) модулей. Укрупненные и дробные модули (1/2М и 1/5М) оп­ределяют в основном размеры эле­ментов и материалов для несущих и ограждающих конструкций, а мелкие дробные модули — толщину плитных и листовых материалов.

**Повышение качества строительных материалов и изделий — одна из главных задач промышленности строительных материалов**.

**Нормативная документация**

**(ГОСТы, ТУ, СниПы)**

**Качество каждого строительного материала регламентируется Государственными стандартами (ГОСТами) или техническими условиями (ТУ**). В этих нормативных документах дают­ся определение и назначение материала или изделия, его важнейшие свойства, деление на марки и сорта, методы испытаний (установление свойств и их показателей), правила приемки, транспортирования и хранения. Новый ГОСТ имеет силу закона и отменяет действие старого ГОСТа.

**строительны­ми нормами и правилами (СНиП). СНиП — это свод нормативных документов по проектированию, строительству и строительным мате­риалам, обязательных для всех организаций и предприятий. ГОСТы разрабатываются преимущественно на строительные материалы и изделия массового изготовления, а СНиПы устанавливают требова­ния ко всей строительной продукции**.

***Строительные материалы*** *—* это все то, что в процессе приме­нения или перед ним дозируется, перемешивается, прирезается или подвергается обработке. подразделяют на *сырьевые* (известь, гипс, портландцемент, необработанная древесина и т.д.), *материалы-полуфабрикаты* (ДВП и ДСП, фанера, металли­ческие профили, брусья и др.) и *материалы, готовые к применению* (кирпич, облицовочная плитка, стеклоблоки и др.).

***Строительное изделие*** *—* это продукция, имеющая закончен­ную геометрическую форму. К группе изделий относятся *столярные* (оконные и дверные блоки, щитовой паркет и др.), *скобяные* (столяр­ная фурнитура, замки, ручки и др.), *электротехнические* (розетки, выключатели, осветительная арматура и др.), *санитарно-технические* (мойки, раковины, ванны и др.) изделия. конструкций — бетонные и железобетонные стеновые блоки и панели, фундаментные плиты и блоки, колонны, плиты перекрытий и т.д. Более сложные элементы — фермы, рамы, арки, лестничные марши и т.п. относят к группе конструкций.

**Творческое участие техника- архитектора в сфере производства и применения строительных материалов**

Процесс архитектурного проекти­рования постоянно связан с выбором строительных материалов — лучших для данных конкретных условий. При этом необходимо учитывать современ­ные направления и достижения в об­ласти совершенствования материаль­ной базы архитектуры.

.Только при условии, что сегодня архитектор будет четко знать, что и из чего мы будем строить минимум через 15—20 лет, и заблаговременно закажет необходимые строительные материалы ученым и технологам промышленно­сти, можно быть уверенным в том, что наша материальная палитра не окажет­ся морально устаревшей и неприемле­мой для осуществления творческих замыслов

Важнейший этап творческого уча­стия архитектора в формировании но­менклатуры строительных материа­лов — разработка *технического зада­ния-заказа* на производство нового или совершенствование известного матери­ала. Современные стандарты предо­ставляют архитекторам как потреби­телям продукции промышленности строительных материалов широкие воз­можности и права контроля над но­менклатурой и качеством своей па­литры.

Архитектурно-строительные требо­вания к строительным материалам Первая *общестрои­тельные* — обусловлена назначением материала, технологичностью его при­менения в строительстве независимо от эксплуатационного режима той конструкции, в которой он будет применен.

Вторая *экс­плуатационно-технические —* опреде­ляется почти исключительно режимом эксплуатации зданий и сооружений в целом и конкретных помещений в частности.

*Эстетические* требования к форме, цвету, рисунку, фактуре *Экономические* требования, состав­ляемые совместно с экономистами, со­держат указания на максимальное зна­чение стоимости, выше которой при­менение материала в данной конструк­ции нецелесообразно.

Понятие «материалоемкость»

«Материалоемкость» –свойство эффективных материалов, которые обладают опреде-

ленными признаками.

эксплуата­ционно-технических и эстетических свойств -простые и сложные. *Прос­тые* свойства нельзя подразделить на другие. Например, простые свойства «масса», «длина» материалов не могут быть представлены другими более прос­тыми свойствами.

*Сложные* свойства могут быть раз­делены на несколько менее сложных или простых свойств. Например, фун­кциональность — сложное свойство, определяемое совокупностью эксплуа­тационно-технических свойств. Эконо­мичность слагается из технико-эконо­мических характеристик, отражающих затраты на производство, применение и эксплуатацию строительного материала в течение всего расчетного срока служ­бы. К сложным свойствам относятся качество и интегральное качество.

Применение принципов квалиметрии для оценки качества строительных материалов

знакомстве с его методическими осно­вами необходимо учитывать следующие положения: 1) оценка качества строи­тельного материала зависит от того, для какой цели и для каких условий делается эта оценка, поэтому один и тот же материал может иметь несколько различных оценок качества. Прежде чем приступить к оценке качества, не­обходимо установить все необходимые условия и цель оценки; 2) качество сле­дует рассматривать как иерархическую совокупность свойств материала, рас­положенных на разных уровнях. Каж­дое свойство одного уровня зависит от ряда других свойств более низкого уро­вня; оценка качества материала зависит от принятых показателей его свойств.

Проведение квалиметрического ана­лиза предполагает выполнение нескольких основных этапов, из которых самый ответственный — построение дерева свойств, т. е. изображение всей сово­купности свойств материала в виде многоуровневой структуры.

«Ри­сунок» дерева может изменяться в зависимости от вида материала, цели оценки и дру­гих факторов..

Количественная оценка качества сравниваемых строительных материа­лов (изделий) может быть получена как средняя взвешенная арифметичес­кая из относительных оценок свойств *Кi, с* учетом их весомости *Мi,.* мы полу­чим комплексную оценку качества ма­териала, характеризующую его способ­ность удовлетворять всем функцио­нальным и эстетическим требованиям к материалу в соответствии с его назначе­нием. Если же суммируются все без ис­ключения показатели, полученный ре­зультат дает наиболее полную оценку интегрального качества материала *К*∑

К∑ = Ki  х Mi

При оценке результатов тот из срав­ниваемых строительных материалов яв­ляется лучшим по интегральному ка­честву, у которого показатель *К∑* будет иметь большее значение.

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

ФУНКЦИОНАЛЬНЫЕ СВОЙСТВА

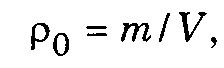
К функциональнымм свойствам относят: **структурные** (средняя и истинная плотность, пористость), **гидрофизические** (гигро­скопичность, водопоглощение, влагоотдача, водо-стойкость, водопроницаемость, влажность), **теплофизические** (теплопроводность, тепло-емкость, морозостойкость, огне­стойкость, огнеупорность), **комплексные (**долговечность,

надежность, совметимость).

**Структурные свойства строительных материалов**

*Плотностью* называют массу единицы объема материала. Раз­личают среднюю, истинную и насыпную плотности.

***Средняя плотность*** *—* масса единицы объема материала в ес­тественном состоянии, т.е. с порами и пустотами. Среднюю плотность ρ0 , кг/м3, г/см3, вычисляют по формуле



где *т —* масса материала (образца) в сухом состоянии, кг или г; *V—* объем материала (образца) в естественном состоянии, м3 или см3.

Массу материала определяют путем взвешивания образцов на весах различного типа.

Определение объема зависит от формы образца. Образцы бы­вают правильной (куб, параллелепипед, цилиндр) и неправильной геометрической формы. В первом случае объем образца определяют путем вычислений по геометрическим размерам. Например, для куба *V = abc,* где *а, Ь, с —* размеры сторон куба. Если образец неправиль­ной формы (кусочек кирпича), то объем образца определяют по объе­му вытесненной жидкости (закон Архимеда).

Средняя плотность для материала не является величиной по­стоянной. Искусственные материалы можно получить с требуемой средней плотностью. Изменяя структуру, можно получить тяжелый бетон плотностью до 2500 и особо легкий плотностью менее 500 кг/м3.

***Истинная плотность****,* кг/м3, г/см3 — масса единицы объема материала в абсолютно плотном состоянии (без пор и пустот). Вычис­ляют ее по формуле согласно СТБ 4.211—94



где Vа *—* абсолютный объем материала, м3 или см3.

**Истинная плотность** — это плотность вещества, из которого со­стоит материал, поэтому истинная плотность материала является фи­зической постоянной характеристикой.

У плотных материалов числовые значения истинной и средней плотности одинаковы. Например, у стали р0 = ри = 7850 кг/м3. У по­ристых материалов истинная плотность больше средней. Например, у керамического кирпича ро = 1600...1900 , а ри *=* 2500 кг/м3.

Плотность материала в большой степени влияет на его долго­вечность. Средняя плотность материалов непосредственно влияет на эффективность строительства, а также на трудоемкость транспорти­рования и монтажа. Снижение средней плотности строительных ма­териалов при сохранении необходимых прочности и долговечности — путь к снижению материалоемкости строительства, повышению его технико-экономической эффективности.

***Пористость* материала П** — это степень заполнения объема материала порами. Пористость по значению дополняет плотность до единицы или до 100% и определяется по формуле П*=Vп/V ,* где

*Vп —* объем, занимаемый порами, *V—* объем материала в естествен­ном состоянии, т.е. вместе с порами.

Преобразовав эту формулу, получим П = (1-ро /ри)100%, или

Пористость выражают в процентах (ГОСТ 12730.1—78). Пористость строительных материалов колеблется в широком диапазоне: от 0 (сталь, стекло) до 90...95 (пено- и поропласты); у тя­желого бетона — 5.-.15%.

Коэффициент плотности Кпл - степень заполнения материала твердым веществом: Кпл *= ро I* pи .

В сумме П + Кпл= 1 или 100%, т.е. высушенный материал состо­ит из твердого каркаса, обеспечивающего прочность, и воздушных пор.

Поры (от греч. *poros —* выход, отверстие) в материале — это промежутки, полости между элементами структуры материала, за­полненные воздухом или водой. Поры возникают в материалах на различных стадиях их приготовления (у искусственных материалов) и образования (у природных материалов), отсюда и поры бывают искус­ственные и естественные. Форма, размеры и структура пор различны.

Более крупные поры в изделиях или полости между кусками рыхло насыпанного сыпучего материала (песок, гравий, щебень) на­зывают пустотами.

В зависимости от пористости различают низкопористые (конст­рукционные материалы— П<30%), среднепористые (П = 30...50%) и высокопористые (теплоизоляционные материалы — П > 50%).

Для рыхлых (сыпучих и волокнистых) материалов (песок, ще­бень, цемент, минеральная и стекловата), а также для материалов с искусственными пустотами (пустотелые керамические кирпичи и камни, бетонные и железобетонные плиты с технологическими пусто­тами) отношение объема пустот к общему объему материала называ­ют пустотностью.

**Гидрофизические свойства строительных материалов**

***Гигроскопичность*** *—* свойство пористого материала поглощать водяной пар из воздуха

***Влажность (W****) —* это количество воды в материале. Различают абсолютную влажность (г) и относительную (%). Относительную влаж­ность вычисляют по формуле

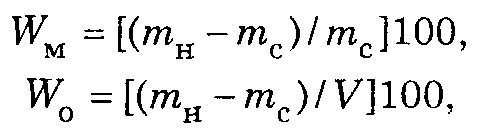
где *тс —* масса сухого образца, г; *тв —* масса влажного образца, г.

При увлажнении материалы изменяют свои свойства увеличи­ваются плотность, теплопроводность и снижается прочность.



Поэтому при хранении и перевозке строительных материалов ГОСТ требует предохранения их от увлажнения.

***Водопоглощением*** называют свойство материалов впитывать и удерживать воду. Водопоглощение определяют по стандартной мето­дике, погружая образцы материала в воду с температурой 20 ± 2 °С и выдерживая их в воде определенное время. Водопоглощение можно определить по отношению к массе сухого материала или по отноше­нию к естественному объему материала. Различают водопоглощение по массе — *W* и по объему — *W* и вычисляют их по формулам (в %):



где *тс* — масса сухого образца, г; *тн—* масса образца, насыщенного

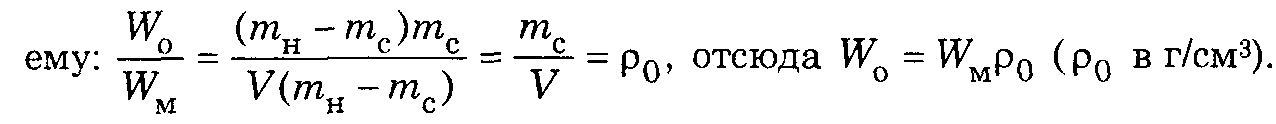
водой, г; *V—* объем образца в естественном состоянии, см3.

Водопоглощение материала обычно меньше его пористости, так как поры могут быть закрытыми или очень мелкими и вода в них не проникает, а в очень крупных порах вода не удерживается. У высокопористых материалов (древесина, минераловатные и стекловолок-нистые плиты) водопоглощение по массе может быть более 100%; объем­ное водопоглощение всегда меньше 100%.

Для насыщения водой образец погружают в воду постепенно или выдерживают его в кипящей воде (СТБ 4.2306—94).

В результате насыщения водой свойства материалов значи­тельно изменяются: увеличиваются теплопроводность, плотность, а у некоторых материалов (например, у дерева) также и объем.

Установим зависимость между водопоглощением по массе и по объ



Показатели водопоглощения строительных материалов различны. Например, водопоглощение по массе гранита 0,1...0,8%, керамических плиток для полов — 1...4, тяжелого бетона — 2...3, керамического кирпи­ча — 8...15, теплоизоляционных газосиликатных материалов — 50...75%.



Увлажнение и насыщение водой отрицательно влияет на проч­ность материалов, снижая ее.

***Водостойкостью*** материала называют его способность сопротив­ляться разрушительному действию влаги. Количественно водостой­кость материала оценивают коэффициентом размягчения Кр. Послед­ний равен отношению предела прочности материала, насыщенного водой *Rн,* к пределу прочности сухого материала Rс: Кр = Rн /Rс.

Коэффициент размягчения колеблется в пределах от 0 (у гли­няных необожженных материалов) до 1 (у стали, битумов). Материа­лы с коэффициентом размягчения больше 0,8 называют водостойкими.

Водостойкость — важная характеристика строительных мате­риалов, которые применяют в гидротехнических сооружениях. Водо­стойкость можно повысить искусственно, снижая гидрофильность, уменьшая смачиваемость материалов водой, а также нанесением гидрофобных покрытий.

Высокая гидрофобность и водостойкость некоторых материалов позволяют применять их в качестве гидроизоляционных материалов (битумы, полимерные пленки).

***Влагоотдача*** *—* свойство материала отдавать воду при наличии соответствующих условий в окружающей среде (повышении темпера­туры, движении воздуха, снижении влажности воздуха).

***Водопроницаемостью*** называют способность материала пропус­кать воду под давлением. Величина водопроницаемости характеризу­ется количеством воды, прошедшей в течение 1 ч через 1 см2 площади испытуемого материала (образца) при постоянном давлении. Ма­териалы особо плотные, т.е. у которых истинная и средняя плотности равны (металл, стекло), являются водонепроницаемыми.

Водопроницаемость характеризуется коэффициентом фильтра­ции Кф (м2/ч). Коэффициент фильтрации обратно пропорционален водонепроницаемости материала.

Чем больше коэффициент фильтрации, тем ниже марка материала по водонепроницаемости. Напри­мер, водонепроницаемость бетона характеризуется марками W2, W4, W6, W8, WlO, W12 (цифры обозначают максимальное давление в МПа: 0,2; 0,4; 0,6; 0,8; 1,0; 1,2).

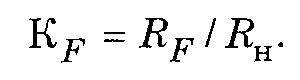
**. Теплофизические свойства строительных материалов**

*Морозостойкость —* свойство насыщенного водой материала выдерживать многократные попеременные замораживания и оттаи­вания без признаков разрушения и значительного снижения прочности.

Определение морозостойкости материалов проводят в лаборато­риях на стандартных образцах (бетонные кубы, кирпич и т.п.). Перед испытанием образцы насыщают водой. После этого их помещают в холодильные камеры, замораживают при температуре от —15 до -20 °С и выдерживают некоторое время (4...8 ч), чтобы вода замерзла даже в тонких порах. Затем образцы оттаивают в воде комнатной температуры +20 °С в течение 4 ч и более. Одно такое испытание на­зывают циклом. Число циклов попеременного замораживания и от­таивания, которое должен выдерживать материал без разрушения при условии, что прочность его понизится не более чем на 25%, а по­теря массы не превысит 5%, и характеризует морозостойкость мате­риала. По степени морозостойкости, т.е. по числу выдержанных цик­лов, материалы подразделяют на марки: F10, F15, F25, F35, F50, F100, F150, F200, F300, F400, F500 (СТБ 4.204—94). Например, кера­мический кирпич по морозостойкости подразделяют на марки F15, F25, F35, F50; тяжелый бетон — F50, F75, F100, F150, F200, F300.

Пористые материалы, как правило, являются достаточно моро­зостойкими, если при насыщении вода заполняет не более 85% объема пор. Значит, наибольшей морозостойкостью обладают плотные ма­териалы и материалы с закрытой структурой пор и пустот. Обычно после замораживания наблюдается понижение прочности материала по сравнению с прочностью в водонасыщенном состоянии.

Отношение предела прочности при сжатии замороженного об­разца к пределу прочности при сжатии образца, насыщенного водой, называется коэффициентом морозостойкости КF :



У морозостойких материалов КF *>* 0,75. По результатам лабо­раторных испытаний строительных материалов на морозостойкость можно прогнозировать срок их службы в естественных условиях: один цикл испытаний примерно соответствует трем годам эксплуатации.

Морозостойкость гидротехнических и дорожных покрытий F50...F300. Применением поверхностно-активных веществ (ПАВ) регулируют структуру бетона и существенно повышают его морозо­стойкость.

При выборе материалов важно знать их реакцию на действие высоких температур, открытого огня, звуковых волн, различных из­лучений. Эти характеристики определяют области применения мате­риалов общего и специального назначения. Так, материалы ограж­дающих конструкций зданий и сооружений должны уменьшать теплообмен с окружающей средой; важным показателем надежности конструкционных и отделочных материалов является их огнестой­кость; при выборе материалов для звукопоглощающих облицовок нужно знать их акустические свойства.

Свойства материалов, связанные с изменением температуры, называют ***теплофизическими****.*

***Теплопроводностью*** называют свойство материала проводить через свою толщу тепловой поток, возникающий из-за разности тем­ператур на поверхностях, ограничивающих материал. Свойство про­водить тепло является общим для всех строительных материалов, од­нако теплопроводность разных материалов различна (см. табл. 1).

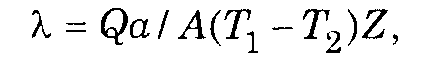
Теплопроводность материала зависит от характера пор и вида материала, его пористости, влажности, плотности и средней темпера­туры, при которой происходит передача тепла.

Степень теплопроводности различных строительных материалов характеризуется теплопроводностью, которая обозначается буквой *\.*

Рассмотрим передачу тепла плоской стеной с параллельными ограничивающими поверхностями из материала толщиной *а* (м) и площадью *А* (м2). Если на поверхностях стены будут различные, но постоянные температуры Т1 и T2 (Т1 > Т2 ), то через стену будет про­ходить постоянный тепловой поток. Количество тепла *Q* (Дж), прохо­дящее через стену за *Z с,* прямо пропорционально разности темпера­тур, площади стены и времени *Z* и обратно пропорционально толщине стены:



отсюда можно определить теплопроводность (Вт/(м·К)):



т.е. теплопроводность численно равна количеству теплоты, проходя­щей за 1 с через стену толщиной 1 м площадью 1 м2 при разности температур на поверхностях 1 К (СТБ 4.206—94).

Большинство строительных материалов содержит поры, пусто­ты. Теплопроводность воздуха *λ =* 0,020 Вт/(м·К) меньше, чем у твер­дых материалов. Поэтому увеличение пористости материалов приво­дит к снижению теплопроводности. Иногда теплопроводность материалов характеризуют величиной, обратной теплопроводности — термическим сопротивлением: *R=-1/λ .* Теплопроводность воздуха очень низкая, вследствие этого он оказывает большое термическое со­противление прохождению теплового потока. Характер пор также влияет на теплопроводность материала. При одинаковой пористости теплопроводность материала будет тем меньше, чем мельче поры, так как в крупных порах происходит передача теплоты конвекцией. Теп­лопроводность возрастает при наличии сообщающихся крупных пор. Материалы с замкнутыми порами менее теплопроводны, чем с сооб­щающимися.

Теплопроводность материала зависит и от его структуры: у ма­териалов с волокнистым и слоистым строением теплопроводность по­перек и вдоль направления волокон неодинакова (древесина).

На теплопроводность материала оказывает влияние его влаж­ность. Влажные материалы более теплопроводны, чем сухие, так как у воды *λ =* 0,052 Вт/(м·К), т.е. в 25 раз больше, чем у воздуха.

При повышении температуры теплопроводность большинства материалов возрастает и лишь у некоторых (например, металлов) уменьшается.

Теплопроводность — важное свойство материалов для наруж­ных стен, перекрытий и покрытий, изоляции теплосетей, холодиль­ников, котлов и т.п.

Степень теплопроводности очень важно знать у материалов, используемых для устройства так называемых ограждающих конст­рукций зданий (т.е. наружных стен, верхних перекрытий, полов в нижнем этаже) и в особенности теплоизоляционных материалов, на­значение которых способствовать сохранению тепла в помещениях и тепловых установках.

***Теплоемкость*** *—* свойство материала поглощать при нагрева­нии и отдавать при охлаждении определенное количество теплоты. Отношение теплоемкости к единице массы называют удельной тепло­емкостью с.

Для нагревания материала, имеющего массу (кг) от температу­ры Т1 (К) до Т*2* (К), необходимо затратить количество теплоты (Дж),

прямо пропорциональное массе материала и разности температур:



где с — удельная теплоемкость, Дж/(кг·К), отсюда



т.е. удельная теплоемкость численно равна количеству теплоты, необходимому для нагревания 1 кг материала на 1 К. Удельная теплоемкость строительных материалов различна. Например, у сосны— 2,51 кДж/(кг·К), у природных камней— 0,75...0,93, у кера­мического кирпича — 0,74, у тяжелого бетона — 0,8...0,92, у воды — 4,187 кДж/(кг·К).

Теплоемкость строительных материалов учитывают при расче­тах теплоустойчивости наружных стен отапливаемых зданий, расчете подогрева составляющих растворов, бетонов и т.п. для работы в зим­нее время, а также при расчете отопительных систем.

***Огнестойкость*** *—* способность материала противостоять дейст­вию огня, высоких температур и воды в условиях пожара.

У одних материалов (известняк, доломит, органические мате­риалы) огонь вызывает химическое разложение, другие (алюминий, пластмассы) плавятся, третьи (сталь, гранит) деформируются и раз­рушаются.

Для повышения огнестойкости материалов их пропитывают или обрабатывают специальными огнезащитными составами — антипиренами. Эти составы под действием огня выделяют газы, не под­держивающие горения, или образуют на материале пористый защит­ный слой, замедляющий его нагрев.

***Огнеупорность*** *—* свойство материала выдерживать продолжи­тельное воздействие высоких температур без деформаций и размяг­чения. По степени огнеупорности материалы подразделяют на огне­упорные, тугоплавкие и легкоплавкие.

Огнеупорные материалы могут выдерживать длительное воз­действие температуры свыше 1580 °С. Их применяют для футеровки внутренних поверхностей промышленных печей (шамотный кирпич, магнезитовые и графитовые материалы).

Тугоплавкие материалы могут выдерживать без размягчения температуру 1350...1580 ° С (гжельский кирпич для кладки печей).

Легкоплавкие материалы размягчаются при температуре ниже 1350 °С (полнотелый и пустотелый керамический кирпич).

**Комплексные свойства строительных материалов**

**Долговечность** – способность строительных материалов сопротивляться сложному воздействию внешних и внутренних факторов, проявляющихся в эксплуатационный период

работы конструкции.

**Надежность** – способность строительных материалов сохранять свои качественные характеристики продолжительное время. Надежность содержит в себе большое количество критериев: безотказность, сохраняемость, долговечность и ремонтопригодность.

**Безотказность** – свойство материала сохранять работоспособность в течение определенного или возможно более длительное время без вынужденных перерывов на ре-

монт, или замену забракованного в конструкциях изделия и т.д.

**Сохраняемость** – свойство материала сохранять приданные ему в технологический период качественные характеристики на стадиях хранения, транспортирования и эксплуата-

ции.

**Долговечность** – свойство материала эффективно сопротивляться сложному воздействию внешних и внутренних факторов в эксплуатационный период.

**Ремонтопригодность** – свойство материала восстанавливаться и сохранять свои эксплуатационные качества после вынужденного ремонта.

**. Механические свойства строительных материалов**

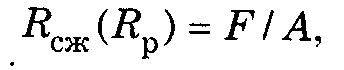
***Прочность*** *—* свойство материала сопротивляться разрушению от внутренних напряжений, возникающих в нем при воздействии внешних сил. В конструкциях строительные материалы при действии нагрузок испытывают различные деформации и соответствующие им напряжения: сжатия, растяжения, изгиба, среза и др.

В зависимости от того, как материалы ведут себя под нагрузкой, все они подразделяются на пластичные (углеродистые стали, алюми­ний, медь) и хрупкие (бетон, природные камни, чугун и др.).

Различные материалы по-разному сопротивляются деформаци­ям.

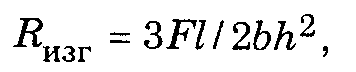
Мерой прочности материалов является предел прочности. *Предел прочности —* максимальное напряжение, при котором происходит разрушение образца материала.

Предел прочности при сжатии Rсж или предел прочности при растяжении Rр , МПа, равен отношению разрушающей нагрузки F площади поперечного сечения образца *А,* подвергающегося испыта­нию, и вычисляется по формуле (СТБ 4.206—94)



где *F—* разрушающая нагрузка, Н; *А—* площадь поперечного сече­ния образца, мм2.

*Предел прочности при изгибе* образца прямоугольного сечения при действии одной сосредоточенной силы, приложенной по середине образца, вычисляют по формуле



где *I* — расстояние между опорами, мм; b и *h —* ширина и высота по­перечного сечения образца, мм.

*I — на сжатие: а — плотный природный камень;*

*б — пористый природный камень; в — бетон;*

*г — кирпич (куб склеен из двух половинок); II — на изгиб:*

*а — цементный раствор; б— кирпич; III — на растяжение: сталь*

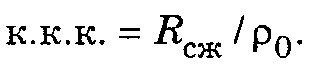
соответствовать требованиям ГОСТа. Для испытания материалов на сжатие образцы изготовляют в виде куба или цилиндра, на растяже­ние — в виде призмы или стержня или в виде восьмерки (для биту­ма), на изгиб — в виде балочки (призмы), кирпича (в натуре) на двух опорах. Испытывают образцы до разрушения в лабораториях на гид­равлическом прессе или разрывных машинах.

Различные материалы обладают неодинаковым пределом прочности при сжатии: от 0,5 (торфяные плиты) до 1000 МПа и более (высокопрочная сталь).

Прочность конструкционных строительных материалов характе­ризуется маркой (М), которая, как правило, совпадает по значению с минимально допустимым пределом прочности при сжатии. Марка ма­териала по прочности является важнейшим показателем его качества.

Для каменных материалов марку определяют по пределу проч­ности при сжатии (в ряде случаев с учетом

Прочность материалов зависит от структуры, пористости, влаж­ности, дефектов строения, длительности и характера приложения нагрузки, среды, температуры, состояния поверхности и других фак­торов. Часто для оценки эффективности конструкционных строитель­ных материалов используют коэффициент конструктивного качества (к.к.к.) материала, который численно определяют отношением преде­ла прочности при сжатии к средней плотности материала:



Лучшие конструкционные материалы имеют высокую проч­ность при малой средней плотности. Например, для алюминия к.к.к.=4,61; для древесины к.к.к. = 0,8; для стали к.к.к. *=* 0,5...1,0; для пластмасс к.к.к. = 0,5...0,25 .

***Твердость*** *—* способность материала сопротивляться проникно­вению в него другого, более твердого тела.

Твердость определяется структурой материала. Количественно показатель твердости (число твердости НВ) оценивают различными способами. Твердость битума определяют на приборе пенетрометре по глубине проникания в битум иглы под нагрузкой. Твердость окрасоч­ной пленки определяют маятниковым прибором. Твердость древеси­ны, металлов, бетона, пластмасс и некоторых других материалов оп­ределяют, вдавливая в них стальной шарик (метод Бринелля) или твердый наконечник (в виде конуса или пирамиды). В этом случае твердость материала характеризует его способность сопротивляться пластической деформации на поверхности образца. При вдавливании шарика определенного диаметра из закаленной хромистой стали на поверхности материала образуется сферический отпечаток.

Число твердости определяют по формуле



где *F—* нагрузка на шарик, Н; *А —* площадь поверхности отпечатка, мм2.

Твердость каменных строительных материалов, природных камней и минералов оценивают шкалой твердости Мооса (включает минералы в порядке возрастающей твердости от 1 до 10), представ­ленной десятью минералами, из которых каждый последующий своим острым концом царапает все предыдущие (табл. 1.3).

Твердость влияет на обрабатываемость материала. Высокая прочность материала не всегда свидетельствует о его высокой твердо­сти. Например, древесина по прочности при сжатии равна бетону, а по прочности при изгибе превосходит его, однако твердость древесины значительно меньше, чем у бетона.

Характеристика твердости имеет значение при выборе мате­риалов для покрытия полов, лестниц, дорожных покрытий, при опре­делении способа механической обработки лицевой поверхности мате­риалов.

***Истираемость*** *—* свойство материалов уменьшаться в объеме и массе под действием истирающих усилий. Сопротивление истиранию определяют для материалов, которые в процессе эксплуатации под­вергаются истирающему воздействию. Это важное свойство для полов, лестничных ступеней, дорожных покрытий.

Истираемость И вычисляют по формуле

где *т, т1 —* масса образца соответственно до и после испытания, г;



*А —* площадь истираемой поверхности, см2.

***Упругостью*** называют способность материала восстанавливать первоначальную форму и размеры после снятия нагрузки, которая вызвала эти изменения. Наибольшее напряжение, до которого в ма­териале возникают только упругие деформации, называют *пределом упругости.* У каждого материала есть постоянная характеристика — модуль упругости *Е,* Па или МПа. Модуль упругости характеризует жесткость материала, т.е. его способность сопротивляться упругим деформациям.

Упругими являются резина, герметизирующие прокладки, ла­кокрасочные пленки, сталь, древесина и другие материалы.

***Пластичность*** *—* свойство твердого материала изменять без раз­рушения форму и размеры под действием нагрузки и сохранять их по­сле ее снятия. Пластичными являются глиняное тесто, бетонные и рас­творные смеси, битум при положительных температурах, свинец и др.

***Хрупкость*** *—* свойство твердого материала внезапно разру­шаться под действием внешних сил без предварительной остаточной деформации.

кристаллическим, стеклообраз­ным, но и полимерным материалам. Большинство материалов при понижении температуры становятся хрупкими (битумы, некоторые пластмассы, металлы).

Малоуглеродистая сталь, пластичная при комнатной темпера­туре, при сильном охлаждении становится хрупкой. К хрупким мате­риалам относятся стекло, керамические изделия, чугун.

***Ударная вязкость* или *сопротивление удару*** *—* свойство, харак­теризующее сопротивление материала разрушению или деформиро­ванию при ударе. Хрупкие материалы плохо сопротивляются удару.

Сопротивление удару важно для материалов дорожных покры­тий, а также конструкций, подвергаемых при эксплуатации динами­ческим (ударным) нагрузкам.

Для рулонных материалов (отделочных, обоев и др.) важными свойствами являются разрывная прочность (при надрезе), прочность при проколе, продавливании и т.п.

***Износ*** *—* разрушение материала при совместном действии ис­тирания и удара. Износ материала зависит от его структуры, состава, твердости, прочности, истираемости. Прочность при износе оценива­ется потерей в массе, выраженной в процентах. Износ важен для ма­териалов полов, ступеней лестниц, дорожных покрытий, лакокрасоч­ных пленок.

**Специальные свойства строительных материалов**

К специальным свойствам относятся: реологические и химические и технологические свойства.

Реологические свойства называют структурно-механическими.

**Реология** — наука о деформациях и текучести веществ. Объект реологии — жидкие и пластичные вещества. В реологии жидкостями считаются вещества, которые, под действием приложенной силы, не­ограниченно деформируются, т.е. текут. Идеально твердые тела под действием силы деформируются упруго (обратимо) и восстанавливают свою форму после окончания действия силы. Реальные материалы, в том числе бетонные и растворные смеси, краски, мастики сочетают в себе свойства жидких и твердых тел. В зависимости от преобладания того или иного свойства говорят о вязкотекущих или пластично-вязких смесях.

К основным реологическим характеристикам относятся: вяз­кость, предельное напряжение сдвига, тиксотропия.

***Вязкость*** *—* внутреннее трение жидкости, препятствующее пе­ремещению одного ее слоя относительно другого. Вязкость характери­зуется коэффициентом динамической вязкости г) и измеряется в Па·с.

В строительстве применяют большей частью пластично-вязкие смеси (строительные растворы, краски, гипсовое, цементное тесто и т.д.). По своим свойствам пластично-вязкие тела занимают промежуточное положение между жидкими и твердыми телами. Так, тесто можно разрезать ножом (что нельзя сделать с жидкостью), но вместе с тем тесто принимает форму сосуда, в который оно помещено, т.е. ведет се­бя как жидкость.

Наблюдая за растворной смесью или краской под нагрузкой, можно заметить, что при малых нагрузках они ведут себя как твер­дые тела, проявляя упругие свойства. При увеличении нагрузки у них появляются необратимые пластические деформации. При даль­нейшем увеличении нагрузки эти смеси начинают течь, как вязкие жидкости.

***Предельное напряжение сдвига*** *—* величина внутренних на­пряжений, при которой материал начинает необратимо деформиро­ваться (течь), т.е. превращается в вязкую жидкость. Этот показатель у строительных смесей также называют структурной прочностью.

В структурированных системах процесс разрушения структуры протекает постепенно: сначала более медленно, затем ускоряется, а при дальнейшем увеличении напряжения или скорости деформации (течения) структура полностью разрушается. Причиной разрушения структуры материала является нарушение внутренней связи между его частицами при указанных напряжениях.

Многие пластично-вязкие смеси при повторяющихся (динами­ческих) воздействиях могут обратимо терять структурную вязкость, временно превращаясь в вязкую жидкость. Это свойство, называемое ***тиксотропией****,* характерно для смесей на основе минеральных вя­жущих (бетонных и растворных смесей), красок и мастик. Физическая основа тиксотропии — разрушение структурных связей внутри пла­стично-вязкого материала. После прекращения механического воз­действия материал вновь обретает структурную прочность.

Явление тиксотропии используется при виброуплотнении бе­тонных смесей и нанесении мастичных и окрасочных составов шпате­лем или кистью. В строительных лабораториях реологические свойст­ва смесей оцениваются применительно к условиям их использования в строительстве. В этом случае определяют не конкретные реологиче­ские характеристики (вязкость, предельное напряжение сдвига и т.п.), а обобщенные показатели: консистенцию вяжущего теста, удобоукладываемость растворной или бетонной смеси и т.д., используя для этого специальные приборы и методы определения.

**Химические свойства** характеризуют способность материалов противостоять разрушающему действию солей, кислот, щелочей, ма­сел, нефтепродуктов, с которыми в процессе эксплуатации они могут находиться в соприкосновении. Основными химическими свойствами являются химическая, коррозионная и биологическая стойкость, адгезионная способность, экологическая чистота.

***Химическая стойкость*** *—* способность материалов сопротив­ляться разрушительному влиянию щелочей, кислот, растворенных в воде солей и газов.

Стойкими к воздействию кислот и растворов солей являются пласт­массы на основе полиэтилена, полистирола, поливинилхлорида. Вы­сокой кислотостойкостью отличаются углеродистые стали, чугуны, гранит, каменное литье из базальта, шлакоситаллы. К шелочестойким материалам относятся хромоникелевые стали, латуни (нике­левые), бетоны на глиноземистом цементе.

***Коррозионная стойкость*** *—* свойство материала сопротивлять­ся коррозии, т.е. разрушению, вызванному действием внешней агрес­сивной среды.

Коррозия (от лат. *corrodo —* разъедаю) бывает химической и электрохимической. Благоприятной средой для развития химической коррозии является вода как пресная, так и морская. Электрохимиче­ская коррозия образуется в результате воздействия растворителей, кислот, щелочей. Коррозии подвергаются металлы, бетон, горные по­роды. Коррозия горных пород и каменных материалов — это их рас­творение под влиянием химического воздействия воды. Коррозия бе­тона — это разрушение цементного камня от действия пресных, минерализованных вод.

коррозионно-стойкими. -керамические материалы с плотным черепком, стекло, асбесты, легированные стали, сплавы титана и алюминия, многие пластмассы и др.

***Биологическая стойкость*** *—* способность материалов сопротив­ляться влиянию процессов жизнедеятельности бактерий и других живых организмов (биологической коррозии).

К химическим свойствам материалов относят ***адгезионную спо­собность****.* Адгезия (от лат. *adhaesio —* прилипание) — сцепление и связь между находящимися в контакте поверхностями разнообразных по составу твердых или жидких материалов.

Адгезионная способность проявляется в сопротивлении отрыву или разделению контактирующих материалов. Количественной оцен­кой адгезии является усилие отрыва, отнесенное к единице площади контакта.

Высокой адгезионной способностью обладают битумные и дегте­вые, магнезиальные и другие вяжущие. Это свойство используется при изготовлении кровельных, гидроизоляционных материалов, фиб­ролита, ксилолита (материала для полов); оно имеет большое значе­ние при склеивании, сварке, нанесении защитно-декоративных по­крытий (лакокрасочных, эмалевых и др.).

В связи с широким внедрением в строительную практику синте­тических полимерных материалов важной характеристикой качества строительных материалов является их ***экологическая чистота* (экологичность**).

Под экологической чистотой следует понимать отсутствие ток­сичности, вредного биологического действия на людей.

В состав пластмасс входят стабилизаторы, полимеры и другие компоненты, которые имеют резкий сильный запах и могут вызывать загрязнение внешней среды. При выполнении лакокрасочных работ следует учитывать ядовитость (токсичность) некоторых пигментов, со­держащих соединения свинца, меди, мышьяка. Существуют нормы предельно допустимых концентраций вредных веществ и методы ток­сикологической стандартизации сырья, полуфабрикатов и готовой продукции. Применение экологически грязных материалов, обла­дающих высокой токсичностью, в зданиях и сооружениях категориче­ски запрещено.

По данным Минздрава Республики Беларусь коэффициент экологичности древесины составляет 1,0; ячеистого газосиликата — 2,0;

керамического кирпича — 10,0.

Технологические свойства строительных материалов

Технологическими называют свойства материала воспринимать определенные технологические операции с целью изменения формы, размеров, характера поверхности.перерабатывать сырье и получать доброкачественную продукцию из исходных материалов при принятой технологии с использованием технологического обору­дования.

Удобоукладываемость бетонной смеси характеризует ее способ­ность заполнять форму и уплотняться при помощи вибрации. Удобо­укладываемость растворной смеси характеризует ее способность ук­ладываться тонким слоем на пористое основание и заполнять все его неровности.

Технологические свойства древесины характеризуются легко­стью обработки: ее можно пилить, строгать, сверлить, забивать гвоз­ди, склеивать и т.д. Благодаря высокой технологичности полимерных материалов формообразование пластмасс осуществляется разнооб­разными способами: экструзией, литьем под давлением, каландрированием и вальцеванием, прессованием. Широкую номенклатуру ме­таллических изделий получают различными способами: прокаткой, волочением, прессованием и т.д., что объясняется высокими пласти­ческими свойствами и пластичностью материалов.

Эстетические (декоративно - худо­жественные) свойства

**Цвет** — зрительное ощущение, вы­зываемое воздействием на глаза пото­ков электромагнитного излучения в диапазоне видимой части спектра, отраженного поверхностью материала или прошедшего через него.

Челове­ческий глаз способен различать до трехсот различных оттенков ахромати­ческих и десятки тысяч хроматичес­ких цветов.

В качестве стандартной, утвержден­ной Международной Осветительной ко­миссией (МОК), принята система ко­ординат, основными цветами которой служат три реально невоспроизводи­мых цвета, обозначаемые через *X, Y, Z* и выбранные так, чтобы реальные цве­та находились внутри соответствую­щего цветового треугольника. Цвет, оп­ределяемый тремя координатами *X,* У и Z, принимается как единое целое. Координаты цвета получают рас­четным путем, используя данные за­меров при помощи специальных при­боров: спектрофотометров, компара­торов, колориметров.

Основные характеристики цвета — цветовая тональность, светлота и насы­щенность.

***Цветовая тональность*** показывает, к какому участку видимого спектра относится цвет строительного мате­риала. Количественно цветовые тона измеряются длинами волн.

***Светлота*** характеризуется относи­тельной яркостью поверхности строи­тельного материала, определяемой ко­эффициентом отражения, который представляет соответственно отноше­ние отраженного светового потока к падающему.

**Насыщенность цвета** — степень от­личия хроматического цвета от ахро­матического той же светлоты.

**Цветовые атласы** — альбомы или наборы большого числа ахроматичес­ких и хроматических накрасок, предва­рительно систематизированных.

**Картотека цветовых эталонов** — комплект карточек различных цветов, каждому из которых присвоен опре­деленный номер. При этом каждая карточка имеет два гнезда, в которые вставляются глянцевая и матовая накраски одного цвета на триацетатной пленке размером 115Х6 мм. Размер каждой карточки 130Х180 мм. Цветовые характеристики карточек в каждой партии перед выпуском измеря­ются при помощи фотоэлектрического колориметра. Существуют определен­ные правила хранения карточек и поль­зования ими. Максимальный срок их эксплуатации 5 лет.

**Фактура** — видимое строение по­верхности строительного материала, характеризуемое рельефом и степенью блеска. Выделяют фактуры рельеф­ные и гладкие, матовые, глянцевые и блестящие.

**Рисунок** — различные по форме, размеру, расположению, цвету отдель­ные составные элементы на поверх­ности строительного материала. При­родный рисунок на поверхности дре­весины или природного камня на­зывается **текстурой**.

Координация размеров в строительстве

Геодезические работы в строительстве могут быть рассмотрены как комплексный технологический процесс, сопровождающий все этапы воз­ведения сооружения, в ходе выполнения которого решаются две взаимо­зависимые задачи:

обеспечение строительства объекта в соответствии с установленными в проектной документации геометрическими параметрами;

обеспечение пространственной взаимосвязи параметров элементов и конструкций с точностью, обеспечивающей функционирование строитель­ного объекта.

Таким образом, размеры элементов и конструкций, их геометрическая связь в сооружениях определяют объемы, точность и методы геодезиче­ских измерений.

Важнейшим правилом, определяющим геометрические построения и обеспечивающим типизацию и стандартизацию при проектировании и возведении строительных объектов, служит **модульная координация раз­меров в строительстве** (МКРС), устанавливающая кратность всех размеров и габаритов величине **основного модуля** М, за который прини­мают 100 мм. Целесообразно применять прямоугольную модульную про­странственную координационную систему (рис. 1, а), но допускаются также косоугольные, центрические (рис. 1, б) и другие системы.

Координационная система зависит от **объемно-планировочного** реше­ния здания (сооружения), определяемого назначением объекта. Пере­числим основные элементы объемно-планировочных решений строитель­ного объекта:

**шаг** — расстояние между осями стен и других опорных конструкций (в зависимости от направления в плане шаг может быть продольным и поперечным);

**пролет** — расстояние между осями несущих конструкций в направле­нии, соответствующем продольным размерам основных несущих конст­рукций перекрытия или покрытия. В зависимости от конструктивной схемы пролет по направлению совпадает с поперечным или продольным шагом;

**высота этажа** — расстояние по вертикали между уровнями пола смежных этажей, а в верхних этажах и одноэтажных зданиях — расстоя­ние от уровня пола до отметки верха чердачного перекрытия, в бесчер­дачных — до низа основной несущей конструкции.

При назначении координационных размеров объемно-планировочных и конструктивных элементов наряду с основным принимаются производ­ные модули вида КМ:

**укрупненные** (мультимодули) 60М; ЗОМ; 15М; 12М; 6М и ЗМ, соответ­ственно равные 6000; 3000; 1500; 1200; 600 и 300 мм;

**дробные** (субмодули) 1/2М; 1/5М; 1/10М; 1/20М; 1/50М и 1/100М. Последние применяют для назначения толщины колонн, стен, перегоро­док, плит, перекрытий, ширины швов и зазоров между элементами.

Для обеспечения совместимости размеры различных модульных сеток назначают из условия их кратности друг другу. Целесообразнее для наз­начения основных размеров объемно-планировочных элементов жилищно-гражданских зданий использовать группы модулей ЗМ—6М—12М—60М, а для промышленных зданий — 15М—ЗОМ—60М.