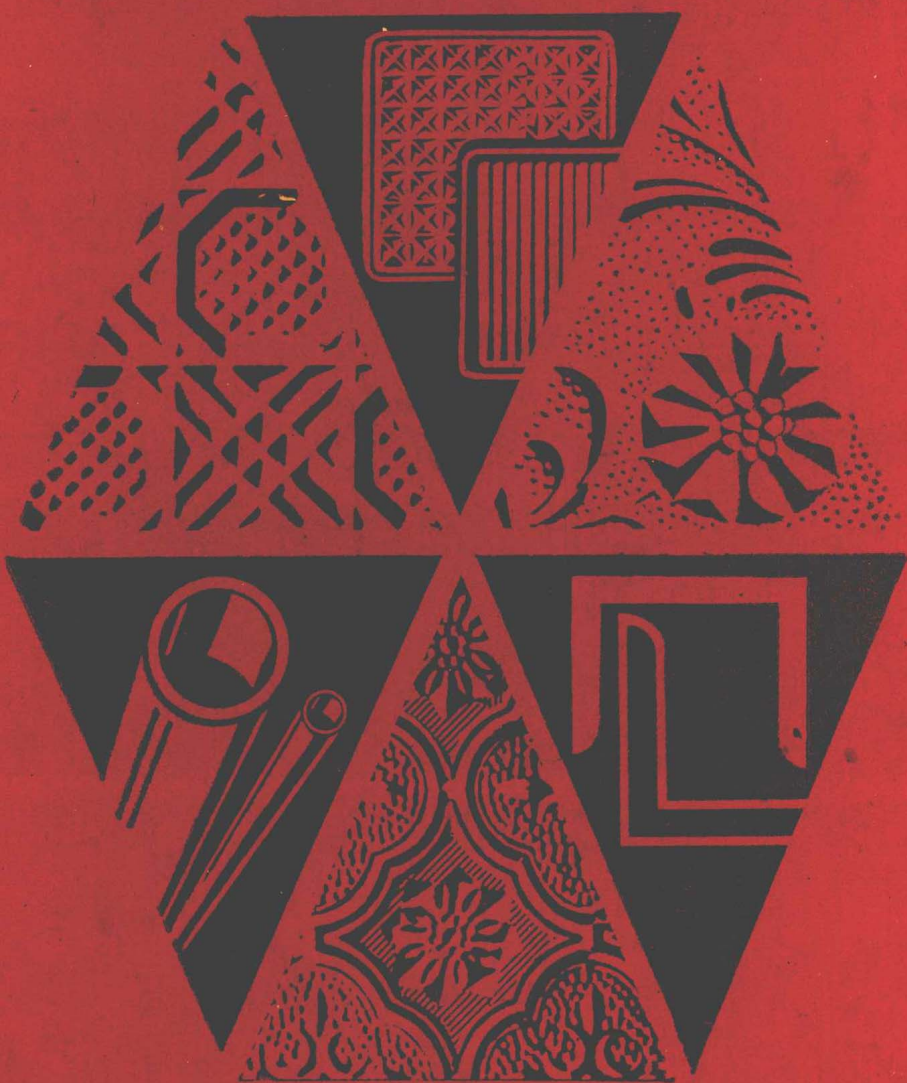


А.Г. ДОМОКЕЕВ

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ



СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Допущено
Министерством высшего и среднего
специального образования СССР
в качестве учебника
для студентов высших
учебных заведений,
обучающихся по специальности
«Строительство»



Москва «Высшая школа» 1982

ББК 38.3
Д66
УДК 691

Рецензенты:
кафедра строительных материалов Ростовского инженерно-
строительного института (зав кафедрой канд. техн. наук, доц.
В. А. Невский),
канд. техн. наук О. Г. Шинкаренко (Госплан СССР)

Домокеев А. Г.
Д66 Строительные материалы. Учебник — М. Высш.
школа, 1982. — 383 с., ил.

В пер. 1 р. 10 к

В книге описаны основные виды строительных материалов, их технические свойства и рациональные области применения в строительстве во взаимосвязи с составом и строением материалов. Технологические процессы получения материалов освещены лишь в том объеме, который необходим студентам для понимания связи строения и свойств материала с особенностями его технологии.

Изложены основы методики преподавания курса «Строительные материалы» с учетом его многоплановости и сложности.

Учебник предназначен для студентов строительных высших учебных заведений, обучающихся по специальности 1219 «Строительство» (инженер-преподаватель строительных дисциплин), он может оказаться полезным студентам других строительных специальностей и инженерно-техническим работникам строительной индустрии.

Д 3203000000—160 110—82
001(01)—82

ББК 38.3
6С3

© Издательство «Высшая школа»

ПРЕДИСЛОВИЕ

Учебник составлен в соответствии с программой курса «Строительные материалы» для строительных специальностей высших учебных заведений, но с учетом специфики подготовки инженеров — преподавателей строительных дисциплин. Данное обстоятельство предопределяет задачи и содержание учебника. По своему содержанию и направлению учебник должен обеспечить не только углубленные знания строительных материалов, но и получение студентами навыков по педагогическому восприятию и дальнейшей передаче этих знаний учащимся средних специальных учебных заведений и ПТУ.

В связи с этим в книге излагаются научные основы строительного материаловедения во взаимосвязи со сведениями прикладного характера, касающимися материалов, изделий и конструкций.

Особенность учебника — педагогическое направление, с использованием основных дидактических приемов на базе примеров из области строительных материалов, что позволит студентам направленно усваивать и перерабатывать полученную информацию. В книге определены основы методики изложения курса в целом с учетом его многоплановости и сложности, а также отдельных групп материалов, даны рекомендации по использованию технических средств обучения, методам контроля и методике организации самостоятельной работы учащихся.

Для ознакомления с экономикой строительных материалов в учебник введены отдельные положения и практические примеры, касающиеся технико-экономических условий применения материалов в строительстве.

Автор выражает благодарность рецензентам учебника за их ценные замечания: преподавателям кафедры строительных материалов Ростовского инженерно-строительного института; канд. техн. наук О. Г. Шинкаренко.

Автор

ВВЕДЕНИЕ

Значение строительных материалов в народном хозяйстве и развитие их производства

Строительство как отрасль материального производства создает материальные условия для всего процесса общественного воспроизводства. По объему капитальных вложений СССР занимает первое место в мире. В 1981—1985 гг. общий объем капитальных вложений в народное хозяйство составит 710—720 млрд. руб., что на 12—15% больше, чем в минувшем пятилетии. Выполнение столь значительных объемов строительных работ требует развития и совершенствования материально-технической базы строительства, которой является производство строительных материалов, изделий и конструкций.

Строительство — одна из самых материалоемких отраслей народного хозяйства, потребляет огромное количество строительных материалов и изделий (более 1 млрд. т в год). Затраты на материалы в сметной стоимости строительно-монтажных работ составляют более 50% и около одной трети капитальных вложений в народное хозяйство СССР. Примерно 25% грузовых перевозок железнодорожным транспортом и более 57% речным транспортом приходится на долю минеральных строительных материалов. Весьма значителен объем таких перевозок и автотранспортом. Удешевление строительных материалов, бережное отношение к ним при перевозках и хранении, а также технически обоснованное, экономное их расходование служат одним из важных путей к дальнейшему снижению стоимости строительства.

Для выполнения обширной строительной программы и резкого повышения эффективности и качества особое значение имеют материалы и изделия для индустриального строительства и в первую очередь сборные бетонные и железобетонные крупноразмерные конструкции. Важнейшей особенностью такого строительства является переход к монтажу зданий и сооружений из сборных деталей и конструкций, объемных элементов, изготавливаемых механизированным путем на специальных заводах. Это обеспечивает по сравнению с построечными условиями рост производительности труда, повышение качества продукции и снижение ее себестоимости. Строительное производство на строительной площадке превращается в комплексно-механизированный процесс сборки зданий,

что приводит к сокращению сроков строительства, максимальной механизации труда рабочих, уменьшению их численности и в конечном счете к снижению стоимости строительства.

В решении задачи повышения эффективности строительства большое значение имеет снижение массы строительных конструкций. Уменьшение массы материалов на потребительскую единицу конструкции позволяет снизить затраты по их перевозке, уменьшить мощность монтажных и транспортных средств, укрупнить строительные конструкции и в конечном счете снизить трудоемкость и стоимость строительства. Это требует увеличения производства легких металлических и деревянных конструкций, легких бетонов на пористых заполнителях и ячеистых бетонов, быстрого развития производства особо легких заполнителей, эффективных теплоизоляционных материалов, материалов из пластмасс и т. д.

Многообразие конструктивных решений зданий и сооружений, а также условий их эксплуатации порождает различия в требованиях строительства к свойствам строительных материалов.

С каждым годом возрастают требования к конструкциям, несущим нагрузки, и увеличивается производство предварительно напряженных железобетонных изделий. Для защиты ограждающих конструкций от климатических воздействий (холода, жары, дождя, снега и т. д.) требуются материалы, обладающие малыми гигроскопичностью, водопоглощением, теплопроводностью и достаточными морозостойкостью и огнестойкостью. Повышение уровня внутреннего благоустройства и гигиенических требований зданий обуславливает развитие производства специальных материалов для водостоков, канализации, санитарной техники, обладающих водонепроницаемостью, химической стойкостью и другими свойствами. Повышение эстетических требований, предъявляемых к зданиям, способствует организации выпуска широкого ассортимента отделочных материалов.

В современном строительстве стремятся также шире использовать местные строительные материалы, т. е. такие материалы, места производства которых находятся вблизи строительных площадок. Развитие промышленности местных строительных материалов разгружает транспорт от перевозок на дальние расстояния, позволяет использовать для их изготовления побочные продукты других отраслей народного хозяйства (например, шлаки, золы и т. п.). Это значительно удешевляет строительство и способствует решению экологической проблемы, т. е. улучшению условий среды обитания, и дает общую экономию в народном хозяйстве.

До Великой Октябрьской социалистической революции ассортимент отечественных строительных материалов был весьма ограничен (цемент, стекло, кирпич, черепица, известь, гипс). Материалы выпускались на мелких слабо механизированных предприятиях сезонного типа, к тому же размещенных лишь в крупных промышленных центрах европейской части России.

За годы Советской власти в нашей стране создана многоотраслевая промышленность строительных материалов. Уже до начала

Великой Отечественной войны были коренным образом перевооружены и реконструированы действующие предприятия, построены десятки новых крупных заводов по производству глиняного кирпича, вяжущих материалов, стекла и начат выпуск более эффективных материалов (строительной керамики, силикатного кирпича, кровельного и облицовочного шифера, асбестоцементных труб, рубероида, изоляционных и других материалов). Началось освоение выпуска укрупненных деталей для индустриального строительства (шлакобетонных блоков, сухой гипсовой штукатурки и др.):

В послевоенный период темпы и масштабы развития строительства и его материальной базы резко возросли, был достигнут устойчивый опережающий рост производства промышленности строительных материалов по сравнению с объемами строительно-монтажных работ. Уже к концу первой послевоенной пятилетки (1950 г.) уровень производства строительных материалов превышал довоенный примерно в два раза. Еще более быстрому темпу роста производства строительных материалов после 1950 г. способствовали постановления ЦК КПСС и Совета Министров СССР по вопросам строительства, принятые в 1954—1955 гг. На основе значительных капиталовложений, повышения уровня концентрации производства, оснащения промышленности строительных материалов современной высокопроизводительной техникой и более равномерного и рационального размещения предприятий строительных материалов по территории СССР удалось достичь не только высоких темпов роста, но и обеспечить качественные изменения в составе продукции промышленности строительных материалов. Существенно возросло применение сборного железобетона. Если до 1958 г. крупнопанельное жилищное строительство было преимущественно экспериментальным, то в настоящее время его удельный вес в общем объеме жилищного строительства превысил 40%.

Советский Союз производит в настоящее время цемента, асбестоцементных листовых материалов и труб, сборного железобетона, оконного стекла, стеновых материалов больше, чем любая страна мира.

В основных направлениях экономического и социального развития СССР на 1981—1985 годы и на период до 1990 года, принятых XXVI съездом КПСС, определены большие задачи в области дальнейшего развития производства прогрессивных материалов и конструкций. В частности, предусмотрено увеличить объем производства строительных материалов, конструкций и деталей за пятилетие на 17—19%; наращивать выпуск новых строительных материалов, эффективных сборных строительных элементов, прогрессивных крупноразмерных конструкций и изделий с высокой степенью заводской готовности, обеспечивающих повышение уровня индустриализации, снижение материалоемкости и стоимости строительства, а также долговечность, комфортабельность и архитектурную выразительность зданий и сооружений.

Задачи курса строительных материалов

Качество, долговечность и стоимость сооружений в большой мере зависят от правильного выбора и применения материалов. Для того чтобы рационально использовать строительные материалы, строитель должен знать свойства и назначение каждого из них. Знание свойств и особенностей материала дает возможность строителю: выбрать материал с соответствующими свойствами для каждой части сооружения с учетом эксплуатационной среды; правильно применить наилучшие приемы его обработки и укладки в сооружение; при необходимости заменить один материал на другой без ухудшения качества сооружения или принять меры по защите материалов от коррозии; наконец, организовать правильное транспортирование и хранение материала, чтобы не допустить понижения его качества. При решении этих задач строитель должен уметь оценивать свойства материалов числовыми показателями и хорошо разбираться в методических принципах их определения. Все эти вопросы изучаются в курсе «Строительные материалы», что подчеркивает его большое значение в общем плане подготовки специалистов-строителей. Курс базируется на ряде дисциплин общетеоретического цикла (химии, физике, геологии, математике, сопротивлении материалов) и, в свою очередь, тесно связан с другими специальными дисциплинами, являясь базой для их изучения (строительные конструкции, архитектура, технология строительного производства и др.).

Инженеры-преподаватели строительных дисциплин, для подготовки которых предназначен данный учебник, кроме углубленных знаний строительных материалов, должны получить навыки по педагогическому восприятию и дальнейшей передаче этих знаний учащимся средних специальных учебных заведений и ПТУ. Поэтому им необходимо усвоить основы методики изложения дисциплины «Строительные материалы» с учетом ее многоплановости и сложности, в известной мере изучить технические средства обучения, методы контроля знаний и методические приемы организации самостоятельной работы учащихся.

Общая методика преподавания курса «Строительные материалы»

Многообразие материалов, применяемых в строительстве, делает изучение их свойств и особенностей применения достаточно сложным. Но общим для всех материалов является связь свойств материала с особенностями его строения и со свойствами тех веществ, из которых данный материал состоит. Поэтому для успешного изучения курса строительных материалов необходимо прежде всего усвоить связь между свойствами, составом и строением материалов. Разные способы обработки одного и того же сырья дают материалы с различным строением и, следовательно, с разными свойствами, поэтому технологические приемы изготовления и обра-

ботки материалов в курсе строительных материалов следует рассматривать в такой подробности, чтобы оценить влияние этих приемов на строение и свойства получаемого материала. На основе глубокого изучения связи между свойствами материала и его составом и строением, сущности главнейших технологических процессов учащийся должен научиться грамотно оценивать качество материалов и находить области и практические приемы наиболее рационального их применения в практике строительства.

Начать изложение курса «Строительные материалы» целесообразно с рассказа о важности их в строительстве, основных направлениях технического прогресса, а также ознакомить учащихся с объемом дисциплины, планом ее изучения, видами занятий и контроля за самостоятельной работой. Здесь и далее на всех видах занятий нельзя забывать о воспитательном направлении курса, используя для этого примеры, показывающие большие достижения нашей промышленности, отечественных ученых и новаторов строительного производства, а также знакомя учащихся с развитием зарубежной науки и техники в области строительных материалов.

Ограниченное время, отводимое на изучение «Строительных материалов», обязывает очень строго выделить из курса наиболее сложные темы для чтения лекций, проведения практических и лабораторных занятий, семинаров и экскурсий.

На лекциях необходимо разъяснить наиболее сложные вопросы дисциплины. Они должны носить методический характер и содержать рекомендации о том, каким образом учащийся должен работать с рекомендуемой литературой. От лекций будет польза, если учащийся ведет конспект, в котором он записывает основные положения лекции (формулировки, определения, выводы). Необходимо научить учащихся правильно вести конспект (отличать главное от второстепенного, правильно зарисовывать схемы т. п.). Учащийся должен понять, что сам процесс записи лекций или составление конспекта при самостоятельной работе над литературой является методом усвоения и запоминания прочитанного, способствует выявлению основного, главного и служит средством самоконтроля.

Учитывая контингент и целевую направленность подготовки учащихся средних специальных учебных заведений, особенно в ПТУ, многие вопросы курса «Строительные материалы» следует изучать на практических занятиях (в лаборатории, мастерских, на экскурсиях, семинарах). Во время этих занятий конкретизируются и закрепляются знания, полученные на лекциях и при самостоятельном изучении по рекомендуемой литературе.

На практических занятиях развиваются навыки и умение по применению методов данной дисциплины к решению задач в области рационального использования строительных материалов. Кроме того, на этих занятиях воспитывается инициатива, самостоятельность в работе, умение разбираться в исходных данных, анализировать и принимать решения. Задачи и примеры следует подбирать так, чтобы они отражали идеи метода при минимальном расходе времени на арифметические расчеты, графику и т. д. На практи-

ческих занятиях и упражнениях учащиеся должны широко использовать таблицы, справочники, ГОСТы, ТУ, а также разные наглядные пособия (плакаты, модели, макеты, образцы и т. п.). Перед началом практических занятий преподаватель проверяет готовность учащихся к ним (задает контрольные вопросы, просматривает выполнение домашних заданий, указывает на замеченные недостатки и пути их исправления).

Особое внимание должно быть уделено организации и проведению лабораторных занятий по курсу. На лабораторных занятиях учащиеся имеют возможность увязывать теорию с практикой, получают навыки научно-исследовательского характера, развивают наблюдательность, аккуратность, точность, приобретают навыки обращения с экспериментальной аппаратурой. Организовать проведение лабораторных работ следует так, чтобы все учащиеся вели самостоятельную работу. Они должны иметь план выполнения лабораторных работ и обязательно готовиться к их выполнению по указанной в плане литературе. Для большей эффективности лабораторных занятий целесообразно каждую лабораторную работу обеспечить методическими указаниями, в которых кратко изложить цель работы, описание и схему установки, отправные данные. Для занесения результатов наблюдений и подсчетов учащиеся должны обеспечиваться рабочими журналами или бланками, в которые включают ряд обязательных элементов (описание методики, способ расчета, оценку точности полученных результатов и т. д.).

Перед выполнением каждой лабораторной работы преподаватель проверяет теоретическую подготовку учащегося, уточняет методику, а затем наблюдает, консультирует, контролирует и оценивает работу каждого учащегося.

Важное значение при изучении курса «Строительные материалы» имеют экскурсии на передовые стройки и предприятия, строительные выставки и т. п., где учащиеся могут познакомиться с реальными конструкциями и технологией их изготовления, организацией производства, контролем качества, мерами охраны труда и т. д. Перед каждой экскурсией преподаватель знакомит учащихся с объектом экскурсии, а после ее проведения проводит опрос учащихся, анализирует их отчеты и отвечает на возникшие вопросы.

Важным элементом в учебном процессе являются семинарские занятия, которые помогают учащимся в развитии и совершенствовании самостоятельной работы над курсом. В основе семинарских занятий должно быть углубление теоретических знаний учащихся без увлечения контрольными функциями, чтобы не появлялся вопросно-ответный стиль. План семинарских занятий целесообразно раздать учащимся заранее и организовать консультации, предварительные беседы, подготовку наглядных пособий, демонстрацию опытов.

Все виды учебных занятий по дисциплине «Строительные материалы» должны быть наглядными (образцы материалов, плакаты, кинофильмы, слайды и т. д.).

Работая над курсом «Строительные материалы», учащиеся должны познакомиться со многими материалами, изучить их свойства, усвоить много новых терминов, наименований. Подобная работа требует запоминания, поэтому организация систематической работы учащихся с использованием всех методических приемов является первейшей обязанностью преподавателя. Помощь в этой работе могут оказать технические средства обучения и контроля.

Непрерывный контроль за самостоятельной работой учащихся и за их успеваемостью является одним из важнейших методических элементов овладения курсом, который побуждает учащихся к систематической работе над ним и в то же время позволяет преподавателю активно вмешиваться в самостоятельную работу учащихся и организовать им необходимую помощь. Заключительным этапом такого контроля знаний являются зачеты и экзамены. Перед их проведением преподаватель должен разъяснить учащимся, как наилучшим образом подготовиться к ним и при необходимости повторить наиболее сложные части дисциплины.

Методические особенности преподавания каждой конкретной группы материалов изложены в соответствующих разделах курса.

Глава I

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

§ 1. ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Под **свойством** принято понимать способность материала определенным образом реагировать на отдельный или чаще всего действующий в совокупности с другими внешний или внутренний фактор. Действие того или другого фактора обусловлено как составом и строением материала, так и эксплуатационными условиями материала в конструкции зданий и сооружений.

Чтобы здание или сооружение было прочным и стойким во времени, строители должны отчетливо представлять те эксплуатационные условия, в которых будет работать каждая изготовленная ими конструкция. Зная эти условия, можно установить, какие свойства должен иметь материал, предназначенный для изготовления данной конструкции.

Главным требованием к материалам, из которых изготавливаются несущие конструкции, является их способность хорошо сопротивляться изменению формы и разрушению под действием нагрузок, в ряде случаев — низкой теплопроводности и звукопроницаемости (например, от материалов для стен большинства зданий). К некоторым материалам в качестве основного предъявляется требование, чтобы они не пропускали воду, электрический ток, радиационные излучения и т. д. Но ни один материал в сооружении не работает изолированно от окружающей среды. Если он соприкасается с водой, то подвергается действию воды и содержащихся в ней веществ, если он находится на воздухе — действию воздуха и содержащихся в нем водяных паров и газов, а на открытом воздухе также и действию мороза, дождя, солнца, ветра, резких перемен температуры, влажности и т. п.

Под воздействием окружающей среды материалы в сооружении подвергаются деформациям и находятся в напряженном состоянии, которое меняется при изменении внешних условий. Неравномерное увлажнение и высыхание материала приводит к появлению в нем внутренних напряжений вследствие различия в деформациях сильно увлажненной и мало увлажненной частей материала. Колебания температуры также приводят к изменению расстояний между частицами и, следовательно, к изменению объема материала. Если имеет место неравномерное изменение размеров и объема или если концевые части конструкции закреплены, то в материале

появляются внутренние напряжения, которые могут привести к его постепенному разрушению.

Поэтому, чтобы здание или сооружение успешно противостояло эксплуатационным влияниям, конструкции и материалы должны обладать необходимой прочностью и стойкостью в заданных условиях, а в случае необходимости и специальными свойствами.

Ряд свойств одинаково важен почти для всех строительных материалов (объемная масса, пористость, прочность). Эти основные характеристики служат как для оценки качества и особенностей применения материала, так и для различных технико-экономических расчетов. Некоторые же свойства являются специальными и важными при выборе материала лишь для некоторых условий эксплуатации (стойкость против воздействия солей, кислот, щелочей, морозостойкость, небольшая теплопроводность и т. д.).

Для ряда материалов большое значение имеют специальные технологические свойства, которые характеризуют способность материала подвергаться обработке. Например, для каменных материалов важной является способность шлифоваться и полироваться. Податливость к сравнительно легкой формовке глин и бетонных смесей при производстве строительных изделий является хорошей технологической характеристикой этих материалов.

Таким образом, при выборе и обосновании целесообразности применения строительного материала для определенных условий его применения требуется учитывать различные его свойства: способность сопротивляться воздействию внешних и внутренних сил без нарушения сплошности материала; степень восприимчивости материала к влиянию физических факторов и явлений; стойкость к химическим воздействиям среды; податливость к технологической обработке.

Часто выделяют четыре основные группы технических свойств: *физические, механические, химические и технологические.*

Свойства материалов в большой мере связаны с особенностями их строения и со свойствами тех веществ, из которых данный материал состоит. В свою очередь, строение и состав материала зависят: для природных материалов — от их происхождения и условий образования, для искусственных строительных материалов — от технологии производства и обработки материала.

Существует глубокая связь между свойствами, строением материала и условиями его образования в природе или изготовления на заводе, поэтому строителю при изучении курса строительных материалов необходимо прежде всего усвоить эту связь. При этом технологию и обработку материалов следует рассматривать с точки зрения влияния ее на строение и свойства получаемого материала.

Свойства материалов оценивают количественно, т. е. по числовым показателям, устанавливаемым путем испытаний по специальным методикам, предусмотренным государственными стандартами или техническими условиями.

В государственных стандартах (ГОСТ) на строительные мате-

риалы, являющихся обязательными для всех ведомств и предприятий, указываются четкое определение и классификация разновидностей данного материала, способ изготовления или происхождения, конкретные цифровые показатели технических свойств и методы их определения, необходимые сведения о маркировке, упаковке, правилах хранения и транспортирования. Для материалов, не имеющих еще достаточно длительного применения, указанные требования содержатся в *технических условиях* (ТУ).

Основные требования к качеству материалов, изделий и конструкций установлены в «*Строительных нормах и правилах*» (СНиП, ч. I). Там же указаны основные и допускаемые области и особенности их применения.

В соответствии с указаниями СНиПа материалы и изделия делятся на марки. Признаком деления на марки обычно является показатель основного свойства материала, обусловленный условиями эксплуатации материала в конструкциях и сооружениях.

Деление на марки по прочности является основным для материалов и изделий, из которых изготовляют несущие конструкции. СНиП устанавливает единую шкалу марок по пределу прочности при сжатии (кгс/см^2): 4; 7; 10; 15; 25; 35; 50; ...; 1000. Для теплоизоляционных материалов ведущим признаком деления на марки принята объемная масса (кг/м^3): 10; 15; 25; ...; 600. Для ряда материалов предусмотрена маркировка по показателю морозостойкости — количеству циклов, которое должен выдержать материал без признаков разрушения: Мрз 10, Мрз 25 и т. д.

Некоторые материалы и изделия (отделочные материалы, лесные материалы и др.) по наличию внешних дефектов делят на сорта.

Определение показателей технических свойств связано с измерениями, т. е. со сравнением с другой, однородной величиной, принятой за единицу. Совокупность единиц, образованная по определенному принципу, называется системой единиц. В нашей стране принята международная система единиц (СИ). Наряду с системой СИ еще используют и прежние системы — СГС и МКГСС.

§ 2. ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА

Свойства, характеризующие особенности физического состояния материалов

Физическое состояние строительных материалов достаточно полно характеризуется объемной массой, плотностью и пористостью.

Объемная масса — масса единицы объема материала в естественном виде (вместе с порами). При изменении температуры и влажности среды, окружающей материал, меняется его влажность, а следовательно, и объемная масса. Поэтому показатель объемной массы определяют после предварительной просушки материала до постоянной массы или отмечают величину влажности, при которой определялась объемная масса.

Объемную массу находят путем измерения объема и взвешивания образцов материала, имеющих правильную или неправильную геометрическую форму, и расчета по формуле

$$\gamma = m/V,$$

где γ — объемная масса, г/см³, кг/м³, т/м³; m — масса образца материала соответственно, г, кг, т; V — объем образца в естественном виде, см³, м³.

Насыпной объемной массой называют отношение массы материала в насыпном состоянии к его объему. Объемную насыпную массу определяют для сыпучих материалов (песка, щебня, цемента и т. п.). В ее величине отражается влияние не только пор в каждом зерне (или куске), но и межзерновых пустот в рыхло насыщенном объеме материала.

Объемная масса материала является нужной характеристикой при расчете прочности сооружения с учетом собственной массы, для определения способа и стоимости перевозки материала, для расчета складов и подъемно-транспортного оборудования. По величине объемной массы косвенно судят о некоторых других свойствах материала. Например, для каменных материалов существует приближенная зависимость между объемной массой и теплопроводностью, а для древесины и некоторых каменных материалов (известняков) — между прочностью и объемной массой.

Объемная масса различных строительных материалов колеблется в очень широких пределах (табл. 1).

Т а б л и ц а 1. Объемная масса и плотность некоторых строительных материалов

Наименование материала	Объемная масса, кг/м ³	Плотность, кг/м ³
Сталь	7850	7800—7900
Гранит	2500—2900	2700—3000
Известняк (плотный)	1600—2400	2400—2600
Песок	1500—1700	2500—2600
Глина	1600—1800	2500—2700
Цемент	1100—1350	~3100
Кирпич глиняный обыкновенный	1600—1900	2600—2700
Кирпич глиняный пористый	600—1400	2600—2700
Бетон тяжелый	1800—2500	2500—2600
Сосна	400—600	1550—1600
Мипора	10—20	—

Плотность — масса единицы объема вещества в абсолютно плотном состоянии. Чтобы определить ρ (г/см³, кг/м³), необходимо массу материала (образца) m (г, кг) разделить на объем V_a (см³, м³), занимаемый самим веществом (без пор):

$$\rho = m/V_a.$$

Часто плотность материала относят к плотности воды при 4° С, и тогда определяемая плотность становится как бы безразмерной величиной, которую называют относительной плотностью.

Большинство строительных материалов имеют поры, поэтому у них плотность всегда больше объемной массы (табл. 1). Лишь у плотных материалов (стали, стекла, битума и некоторых других) плотность и объемная масса практически равны, так как объем внутренних пор у них ничтожно мал.

Для ряда простых технических расчетов определяют коэффициент плотности, характеризующий степень заполнения объема материала веществом:

$$k_{пл} = V_a / V_e.$$

После подстановки в формулу значений V_a и V_e

$$k_{пл} = \gamma / \rho \text{ или } k_{пл} = (\gamma / \rho) 100\%.$$

Пористость — это относительная величина, показывающая, какая часть объема материала занята внутренними порами. По значению пористость дополняет коэффициент плотности до 1 или до 100% и определяется по формуле

$$P = 1 - \gamma / \rho \text{ или } P = (1 - \gamma / \rho) 100\%.$$

Поры представляют собой ячейки, не заполненные структурным материалом. По величине они могут быть от миллионных долей миллиметра до нескольких миллиметров. Более крупные ячейки, например между зернами сыпучих материалов, или полости, имеющиеся в некоторых изделиях (пустотелый кирпич, панели из железобетона), называют пустотами. Поры обычно заполнены воздухом или водой; в пустотах, особенно в широкополостных, вода не может задерживаться и вытекает.

Пористость материалов колеблется в широких пределах: от 0,2—0,8% — у гранита и мрамора, до 75—85% — у теплоизоляционного кирпича и у ячеистого бетона и свыше 90% — у пенопластов и минеральной ваты.

От величины пористости и ее характера (размера и формы пор, равномерности распределения пор по объему материала, их структуры — сообщающиеся поры или замкнутые) зависят важнейшие свойства материала: объемная масса, прочность, долговечность, теплопроводность, водопоглощение, водонепроницаемость и др. Поэтому все сведения о пористости материала позволяют более надежно выбирать целесообразные области его применения.

Свойства, определяющие отношение материалов к различным физическим процессам

Среди физических процессов наибольшее значение в практике имеют тепловые воздействия, водной и паровой среды, распространение звуковых волн, электротока, ядерных излучений и т. п.

Отношение материала к постоянному или переменному тепло-

вому воздействию характеризуется его теплопроводностью, теплоемкостью, термической стойкостью, огнестойкостью, огнеупорностью.

Теплопроводность — свойство материала передавать тепло через толщину от одной поверхности к другой. Теплопроводность λ характеризуется количеством тепла, проходящего через стену из испытуемого материала толщиной в 1 м, площадью в 1 м² за время 1 ч (3600 с) при разности температур на противоположных поверхностях стены 1°С. В системе СИ λ выражается в Вт/(м·°С), а в метрической системе единиц — в ккал/(м·ч·°С) [$1 \text{ ккал}/(\text{м} \cdot \text{ч} \cdot ^\circ\text{С}) = 1,1630 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{С})$].

Теплопроводность материала зависит от его химического состава и структуры, степени и характера пористости, влажности и температуры, при которых происходит процесс передачи тепла. Материалы, имеющие слоистое или волокнистое строение с определенным направлением волокон, имеют различную теплопроводность в зависимости от направления потока тепла по отношению к волокнам. Например, у древесины теплопроводность вдоль волокон в два раза больше, чем поперек волокон. Материал кристаллического строения более теплопроводен, чем материал того же состава, но аморфного строения.

В значительной мере теплопроводность зависит от величины пористости, размера и характера пор. У пористых материалов тепловой поток проходит через твердый «каркас» материала и воздушные ячейки. Теплопроводность воздуха очень низка — 0,023 Вт/(м·°С), а вещества, из которых построен твердый каркас материала, имеют значительно большую теплопроводность. Мелкопористые материалы и материалы с замкнутыми порами имеют меньшую теплопроводность, чем крупнопористые материалы и материалы с сообщающимися порами. Это связано с тем, что в крупных и сообщающихся порах усиливается перенос тепла конвекцией, что и повышает суммарную теплопроводность. Теплопроводность однородного материала зависит от объемной массы, для некоторых групп материалов установлена определенная связь между теплопроводностью и объемной массой.

С увеличением влажности материала теплопроводность возрастает, поскольку вода имеет теплопроводность в 25 раз больше, чем у воздуха. Еще в большей степени возрастает теплопроводность сырого материала с понижением его температуры, особенно при замерзании воды в порах, так как теплопроводность льда равна 2,3 Вт/(м·°С), т. е. в 4 раза больше, чем воды.

Теплопроводность большинства строительных материалов увеличивается с повышением их температуры. Это необходимо учитывать при выборе материалов для тепловой изоляции теплопроводов, котельных установок и т. п.

Теплопроводность материалов учитывается при теплотехнических расчетах толщины стен и перекрытий отапливаемых зданий, а также при определении требуемой толщины тепловой изоляции горячих поверхностей и холодильников.