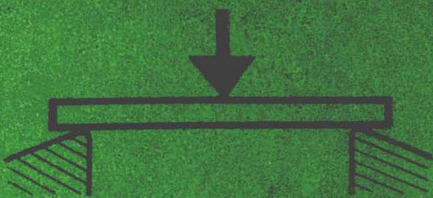


СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лабораторные занятия



А.П.ЧЕХОВ, В.М.ГЛУЩЕНКО

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лабораторные занятия

**Издание второе, переработанное
и дополненное**

**Допущено Министерством высшего
и среднего специального образования СССР
в качестве учебного пособия для студентов
строительных вузов и факультетов**

**КИЕВ
ГОЛОВНОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ИЗДАТЕЛЬСКОГО ОБЪЕДИНЕНИЯ
«ВИЩА ШКОЛА»
1981**

УДК 691 (07)

Чехов А. П., Глущенко В. М. Строительные материалы. Лабораторные занятия: Учеб. пособие для вузов.— 2-е изд., перераб. и доп.— Киев: Вища школа. Головное изд-во, 1981.— 208 с.

В учебном пособии изложена методика проведения испытаний основных материалов и конструкций, применяемых в строительстве. Приведены иллюстрации требуемого для испытаний оборудования и приборов. По основным темам лабораторных занятий даны задания для приобретения студентами навыков проведения самостоятельных исследований.

Во втором издании описаны специальные методы определения свойств материалов — спектральный, люминесцентный, хроматографический и рентгеноструктурный анализы, электронная микроскопия, термография и пр.

Для студентов строительных вузов и факультетов.

Табл. 65. Ил. 100. Список лит.: 21 назв.

Рецензент канд. техн. наук С. А. Турий.

Редакция литературы по строительству, архитектуре и коммунальному хозяйству.

Зав. редакцией В. В. Гаркуша.

ПРЕДИСЛОВИЕ

Основная задача курса «Строительные материалы» — дать студентам знания для правильной оценки свойств строительных материалов при выборе их для той или иной конструкции в зависимости от условий ее работы в сооружении и для эффективного использования материалов при возведении различных объектов.

Проводимые по этому учебному курсу самостоятельные занятия в лаборатории позволяют студентам практически ознакомиться с основными строительными материалами, методами определения их свойств и применяемым в этих целях оборудованием.

Получаемые при лабораторных испытаниях числовые характеристики материалов зависят от принятых методов испытания, поэтому для получения сопоставимых результатов, которые разрешается использовать на практике, испытания надо проводить по единой методике согласно государственным стандартам (ГОСТам).

В 1967 г. в СССР введен государственный Знак качества. При аттестации продукции такой знак присуждается тем машинам, изделиям или материалам, которые имеют высокое качество. Разумеется, для выпуска такой продукции должны быть использованы последние достижения науки и техники в области проектирования изделий, технологии их изготовления, применены новые материалы, сырье и т. д. Кроме того, высокое качество продукции не может быть достигнуто без новейших методов контроля и испытания материалов. Ознакомление с этими методами также является одной из задач настоящего пособия.

Для приобретения студентами навыков проведения самостоятельных исследований в книге в сжатой форме

предложена примерная тематика работ по основным темам лабораторных занятий.

Так как книга является пособием к основному учебнику по строительным материалам, в ней не повторяются многие общие сведения, изучаемые студентами в лекционном курсе.

Параграф 3 «Специальные методы определения свойств материалов» написан В. М. Глущенко, остальной материал — А. П. Чеховым.

НАЗНАЧЕНИЕ И ПОСТРОЕНИЕ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ (ГОСТов)

Назначение стандартов. ГОСТы на строительные материалы предназначены для обеспечения выпуска предприятиями продукции, отвечающей заданным свойствам, и регулирования взаимоотношений между поставщиками и потребителями.

Стандарты отражают успехи, достигнутые в области технологии производства строительных материалов, изменяются и совершенствуются вместе с изменением и совершенствованием техники их производства.

Государственные стандарты на строительные материалы утверждаются Государственным комитетом СССР по делам строительства и имеют силу закона. Их обязаны исполнять все организации СССР, которые производят, потребляют и испытывают строительные материалы. Пока ГОСТ на новый строительный материал не утвержден, пользуются техническими условиями (ТУ).

Одним из основных руководящих документов для строителей наряду с ГОСТами и ТУ являются действующие Строительные нормы и правила (СНиП), в которых приводятся номенклатура и основные размеры строительных материалов и изделий, требования к их качеству, указания по выбору и применению в зависимости от класса сооружений (зданий), а также правила перевозки и хранения строительных материалов, деталей и конструкций.

Построение стандартов. Государственные стандарты выпускаются по определенной форме, имеют номер, дату утверждения и срок введения их в действие. ГОСТы, как правило, состоят из следующих основных разделов:

I. **О п р е д е л е н и е и н а з н а ч е н и е.** Дается наименование стандартизируемого материала, указывается сырье и кратко приводится технология изготовления материала.

II. **К л а с с и ф и к а ц и я.** Указываются сорта и марки материала, форма, размеры, допускаемые отклонения от них.

III. **Т е х н и ч е с к и е у с л о в и я.** Приводятся нормативы, которым должен удовлетворять материал, испытанный по указанной в стандарте методике. Если материал не удовлетворяет хотя бы одному пункту технических норм на сорта, предусмотренные стандартом, его следует считать некондиционным, т. е. несортным.

При получении некондиционного материала следует предъявить заводу-изготовителю рекламацию, т. е. требование о возмещении убытков, что будет способствовать повышению качества выпускаемой продукции.

IV. Методы испытаний. Дается описание приборов и правил работы с ними. Несоблюдение правил или небрежность в работе ведет к получению неверных результатов и необходимости повторения опыта. При выполнении лабораторных работ этому разделу следует уделять особое внимание.

V. Правила отбора проб для испытаний. Чтобы не допускать субъективного подхода к отбору проб и наиболее точно охарактеризовать испытанием пробы качество получаемого материала, в ГОСТе приводятся указания по отбору проб от поступающих партий материала. Это исключает разногласия, которые могут возникнуть между поставщиком и потребителем по вопросу об отборе проб материала для испытаний.

VI. Правила упаковки, маркировки, хранения и транспортировки материалов. Эти правила преследуют цель предохранить материалы от порчи и потерь. Согласно ГОСТам, заводы обязаны выдавать паспорта на выпускаемую продукцию с указанием ее сорта и марки.

Государственные стандарты налагают ответственность на изготовителя за качество выпускаемой продукции, а на потребителя — за правильное использование ее в конструкциях.

Глава I

ОСНОВНЫЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

1. Физические свойства и методы их определения

Под *плотностью* понимают массу единицы объема вещества в абсолютно плотном состоянии.

Плотность ρ определяют как частное от деления массы материала m , кг, на его объем в абсолютно плотном состоянии (без пор) V_a , м³:

$$\rho = m/V_a. \quad (1)$$

Для определения абсолютно плотного объема материала его измельчают так, чтобы он проходил через сито с размером отверстий 0,2 мм. Просеянный через сито материал высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105—110° С, а затем охлаждают в эксикаторе, чтобы порошок не впитал влаги из воздуха.

Из полученного порошка отбирают пробу и определяют ее абсолютно плотный объем с помощью пикнометра или объемомера Ле Шателье — Кандло (рис. 1).

На узкой (0,9 см) шейке объемомера, выше и ниже места расширения, нанесены две черты: 0—0 и 20—20, объем между которыми равен 20 см³. Для проведения испытания объемомер наполняют жидкостью, чтобы уровень ее по нижнему мениску доходил до черты 0—0. Жидкость (вода, бензин, керосин) не должна растворять испытываемый материал и реагировать с ним. Наполненный жидкостью объемомер для поддержания в нем постоянной температуры помещают в стеклянный сосуд с водой так, чтобы верхняя градуированная часть его выступала из воды. Температура воды в сосуде должна быть $(20 \pm 2)^\circ \text{С}$.

От подготовленной пробы берут навеску около 80 г, которую взвешивают вместе с фарфоровой чашкой с точностью до 0,01 г. Порошок всыпают в колбу ложечкой или совочком небольшими равномерными порциями, пока уровень жидкости в колбе (по нижнему мениску) не поднимется до верхней черты. Это означает, что объем жидкости между нижней и верхней чертами равен объему всыпанного порошка. Перед испытанием надо удалить пузырьки воздуха из порошкообразного материала. Для этого несколько раз энергично поворачивают объемомер с содержанием вокруг вертикальной оси. Остаток порошка с чашкой взвешивают. По разности между массой порошка с чашкой до опыта и массой остатка порошка с чашкой после опыта определяют массу всыпанного материала, плотный объем которого равен 20 см³. Массу всыпанного в объемомер материала можно также определять по разности двух взвешиваний: объемомера с водой до всыпания порошка и после его всыпания.

Плотность испытываемого материала получают, разделив массу m всыпанного в колбу порошка на его объем в абсолютно плотном

состоянии V_a , т. е. на 20 см^3 . Плотность вычисляют как среднее арифметическое результатов двух определений, причем расхождение итогов не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$.

Плотность большинства каменных материалов колеблется от 2200 до 3300, органических — от 900 до 1600 и металлов — от 7250 до 7850 кг/м^3 .

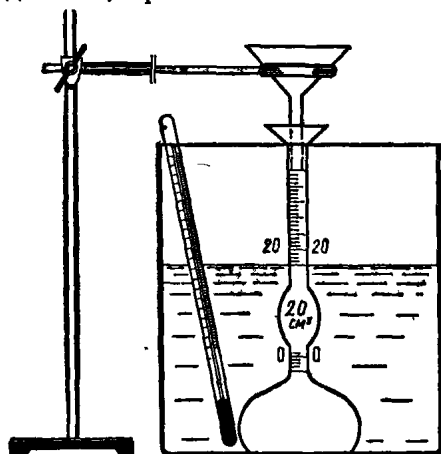


Рис. 1. Объеммер, подготовленный для определения плотности материала.

Объемной массой называется масса единицы объема материала в естественном состоянии, т. е. вместе с порами и пустотами.

Если объемную массу материала обозначить ρ_0 , массу образца этого материала — m , а его объем в естественном состоянии — V , то

$$\rho_0 = m/V. \quad (2)$$

От объемной массы материала во многом зависят его строительные свойства, например прочность и теплопроводность. Знать эту величину надо для определения массы строительных конструкций. Ею пользуются для вычисления потребности в транспортных средствах и транспортных расходов.

Объемную массу образцов правильной геометрической формы определяют по объему и массе образца. Для вычисления объема измеряют длину, ширину (или диаметр) и высоту образца. Перед взвешиванием образцы высушивают до постоянной массы. Объемную массу вычисляют по формуле (2) и определяют как среднее арифметическое трех определений.

Объемную массу образцов неправильной формы можно вычислить с помощью парафинирования образца или насыщения его водой.

Объемную массу образцов неправильной формы можно вычислить с помощью парафинирования образца или насыщения его водой.

Для определения объемной массы по первому способу образцы высушивают до постоянной массы, взвешивают и кистью покрывают расплавленным парафином. Если при остывании на парафиновой пленке образуются пузырьки, их удаляют заглаживанием горячей металлической пластинкой или проволокой. Парафинированный образец взвешивают сначала в воздухе на технических, затем в воде на гидростатических весах (рис. 2).

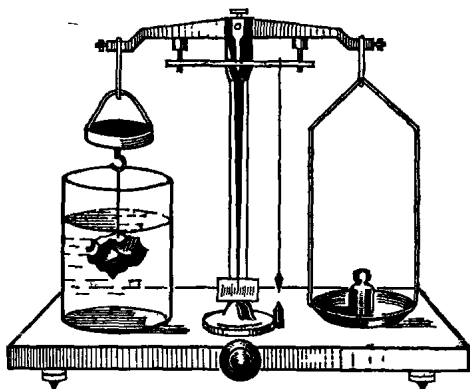


Рис. 2. Взвешивание образца на гидростатических весах.

Объем образца вычисляют по формуле

$$V = m_1 - m_2 - \frac{m_1 - m}{\rho_{\text{п}}}, \quad (3)$$

где m_1 — масса образца, покрытого парафином, в воздухе, г; m_2 — то же, в воде, г; m — масса высушенного образца, г; $\rho_{\text{п}}$ — плотность парафина, принимаемая равной 0,9 г/см³.

Объемную массу образца в этом случае вычисляют по формуле (2) как среднее арифметическое результатов трех определений.

По второму способу предварительно взвешенные высушенные образцы из плотных и мелкопористых пород насыщают водой, подвергая их кипячению в течение двух часов с последующим охлаждением в той же воде до нормальной (комнатной) температуры, или без кипячения, выдерживая образцы в воде комнатной температуры в течение 24 ч. После этого образцы вынимают из воды, обтирают влажной тканью и взвешивают (первое взвешивание — в воздухе, второе — в воде). Объемную массу вычисляют по формуле

$$\rho_0 = m / (m_1 - m_2), \quad (4)$$

где m — масса высушенного образца, г; m_1 — масса образца, насыщенного водой и взвешенного в воздухе, г; m_2 — то же, в воде, г.

Объемной массой материала считают среднее арифметическое пяти определений.

Объемная масса строительных материалов колеблется в очень широких пределах — от 20 кг/м³ (например, некоторые теплоизоляционные материалы) до 2800 (гранит) и 7850 кг/м³ (сталь).

Пористость материала характеризуется тем, на сколько процентов его объем занят порами.

Пористость Пор определяют в долях единицы по формуле

$$\text{Пор} = 1 - (\rho_0 / \rho) \quad (5)$$

или в процентах по формуле

$$\text{Пор} = \frac{\rho - \rho_0}{\rho} \cdot 100. \quad (6)$$

Важнейшие свойства материалов — прочность, теплопроводность, водопоглощение, водопроницаемость и другие — зависят от степени и характера пористости материалов. Пористость различных природных каменных материалов колеблется от 38 (известняк) до 0,3% (габбро).

Так как пористость является одной из важнейших характеристик материалов, часто нужно знать не только ее общее значение, но также размер пор и степень равномерности их распределения в материале. Для таких определений служат специальные приборы, например фотоэлектронная установка, состоящая из стереоскопического микроскопа, фотоумножителя и электронного пересчетного прибора, установка ртутной порометрии и пр.

С помощью фотоэлектронной установки распределение пор в материале исследуют на образцах плоского горизонтального сечения, проходящего через середину их высоты. Поверхность сечения шлифуют и окрашивают так, чтобы сечения пор имели черный цвет, а собственно материал, образующий стенки пор, был белым.

Величина отраженного светового потока зависит от того, какая часть площади изделия, ограниченная диафрагмой, приходится на пустоту — воздушные поры (поглощающие световой поток) — и сколько этой площади занимают стенки пор (отражающие световой поток).

Для оценки характера распределения пористости в данном материале проводят от 40 до 200 определений в зависимости от заданной точности (каждое измерение длится 20—30 с).

Для характеристики насыпных (рыхлых) материалов (песка, щебня и пр.) важно знать их *пустотность*, которую вычисляют по тем же формулам (5) или (6), что и пористость, но объемную массу материала берут в насыпном состоянии, а вместо его плотности подставляют объемную массу в куске.

Водопоглощением называется свойство материалов впитывать и удерживать воду. Оно характеризуется степенью заполнения объема материала водой (объемное водопоглощение). Однако часто принято выражать водопоглощение также и по отношению к массе материала в сухом состоянии.

Для вычисления водопоглощения в процентах по объему и по массе пользуются формулами:

$$B_o = \frac{m_1 - m}{V} \cdot 100; \quad (7)$$

$$B_m = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (8)$$

где m — масса образца сухого материала, г; m_1 — то же, материала, насыщенного водой, г; V — объем образца, см³.

Соотношение между водопоглощением по объему и массе можно выразить уравнением

$$B_o = B_m \frac{m}{V} = B_m \rho_o. \quad (9)$$

Чтобы определить водопоглощение материала, его образцы высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при 105° С, затем охлаждают на воздухе до нормальной температуры, взвешивают, укладывают в один ряд на подкладках в сосуд с водой так, чтобы слой воды над образцами был не меньше 2 см, и оставляют на 48 ч при нормальной температуре. После этого образцы вынимают из воды, обтирают влажной мягкой тканью и взвешивают. Чтобы проверить, полностью ли насыщен образец водой, его снова погружают в воду на 24 ч и вновь взвешивают. Разница между результатами первого и второго взвешивания не должна превышать 1%. В противном случае опыт повторяют до приобретения образцом постоянной массы, что свидетельствует о его полном водопоглощении.

Описанный способ не обеспечивает заполнения всех пор материала водой, потому часто определяют его *водонасыщение* методом выдерживания под вакуумом или кипячением.

Для определения водонасыщения методом выдерживания под вакуумом применяют вакуум-аппарат, схематически изображенный на рис. 3. Образцы помещают в сосуды прибора, наполненные дистиллированной водой. Плотнo прижимают крышки

сосудов и, включая вакуум-насос, доводят разрежение в них до 2,7 кПа (до 20 мм рт. ст.). Такое разрежение поддерживают в течение 3 ч, пока не прекратится выделение пузырьков воздуха из образцов. После этого выключают вакуум-насос, в сосудах устанавливается нормальное давление, при котором образцы оставляют в воде еще на 2 ч.

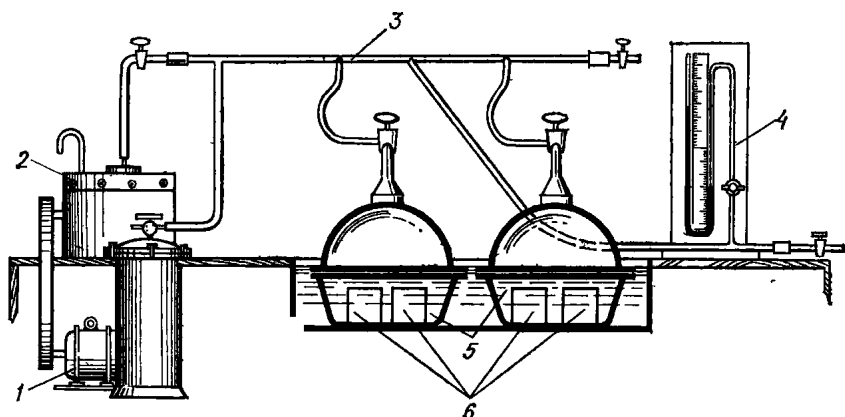


Рис. 3. Вакуум-аппарат:

1 — двигатель, 2 — вакуум-насос; 3 — провод; 4 — вакуумметр; 5 — вакуум-баллоны, 6 — испытываемые образцы.

Затем образцы поочередно вынимают, обтирают влажной тканью, взвешивают и вычисляют водонасыщение.

Методом кипячения водонасыщение определяют следующим образом. Высушенные до постоянной массы образцы погружают в сосуды с водой так, чтобы уровень воды в сосудах был выше верха образцов не менее чем на 2 см, и нагревают воду до кипения. Сосуды должны быть снабжены решетками, чтобы вода свободно циркулировала между образцами и дном сосуда. В кипящей воде образцы выдерживают в течение 4 ч; после чего их охлаждают до 30° С, вынимают, обтирают влажной мягкой тканью, взвешивают и вычисляют водонасыщение.

Таблица 1. Водопоглощение и водонасыщение некоторых горных пород

Породы	Водопоглощение по массе, %	Водонасыщение по массе, %
Гранит	0,1—0,5	0,1—0,5
Габбро	0,1—0,5	0,1—0,5
Песчаник	0,1—20	0,1—25
Известняк	0,2—25	0,2—30
Кварцит	0,1—0,5	0,1—0,6

Водопоглощение и водонасыщение вычисляют как среднее арифметическое трех определений для однородных пород и пяти определений для неоднородных.

Примерные показатели водопоглощения и водонасыщения некоторых природных каменных материалов приведены в табл. 1.

Влажностью называют количество воды, содержащееся в порах и на поверхности пор материала, выраженное в процентах по отношению к его массе в сухом состоянии.

С увеличением влажности материалов повышаются их объемная масса и теплопроводность, а прочность уменьшается (вследствие ослабления связей между частицами). Для определения влажности образцы материала взвешивают, а затем высушивают в сушильном шкафу при температуре 105—110° С до постоянной массы, после чего снова взвешивают с точностью до 0,1 г.

Влажность материалов W по массе в процентах вычисляется по формуле

$$W = \frac{m_1 - m}{m} \cdot 100, \quad (10)$$

где m_1 — масса образца влажного материала, г; m — то же, сухого материала, г.

Для определения влажности материалов применяют также электрофизические методы, основанные на ослаблении бета- и гамма-излучений, взаимодействии нейтронного потока и исследуемого материала, отражении инфракрасных или видимых лучей, измерении диэлектрических характеристик и т. д. Например, нейтронный метод определения влажности основан на том, что самым эффективным замедлителем нейтронных частиц являются ядра наиболее легких элементов, в частности водорода. При облучении влажных материалов быстрыми нейтронами количество образующихся медленных нейтронов в основном определяется количеством атомов водорода в материале. Чем больше содержание влаги в материале, тем больше регистрируется медленных нейтронов.

Источниками нейтронов обычно являются смеси радиоактивного элемента полония или радия с бериллием. В этой смеси происходит ядерная реакция с образованием углерода и нейтронов.

Приборы для определения влажности нейтронным способом состоят из датчика, детектора для обнаружения медленных нейтронов и электронного устройства для подсчета и автоматической записи количества медленных нейтронов, попадающих в детектор за 1 с. Датчик обычно помещен в портативный зонд. В конце зонда расположен источник быстрых нейтронов интенсивностью $5 \cdot 10^4 \dots 10^5$ нейтр/с. В датчике установлен свинцовый экран, а за ним гамма-счетчик, заключенный в серебряную фольгу. Медленные нейтроны, образовавшиеся при взаимодействии быстрых нейтронов с водородом воды, ударяясь о фольгу, вызывают ядерную реакцию, в результате которой образуется поток бета-частиц. Интенсивность потока бета-частиц, которая обычно пропорциональна влажности материала, регистрируется счетчиком. Схема датчика нейтронного влагомера приведена на рис. 4.

Измерение влажности нейтронным влагомером длится 20—40 с, т. е. значительно меньше, чем определение влажности традиционным методом. Расхождений между показаниями влагомеров и обычным способом определения влажности не достигают $\pm 0,5\%$ при влажности материала от 2 до 12%. Влагомерами можно определять количество воды в любом материале — твердом, жидком и парообразном.

Коэффициентом размягчения называется отношение прочности насыщенного водой материала к его прочности в сухом состоянии. Этот

коэффициент характеризует водостойкость материала и изменяется от нуля (полностью размокающие материалы) до значения, близкого к единице (очень плотные материалы). В строительных конструкциях, находящихся в воде и сырых местах, нельзя применять материалы, коэффициент размягчения которых $K_{раз} < 0,8$.

Коэффициент размягчения определяют по формуле

$$K_{раз} = R_{нао}/R_{сух}, \quad (11)$$

где $R_{нао}$ — предел прочности при сжатии образца в насыщенном водой состоянии, МПа (кгс/см²); $R_{сух}$ — то же, в сухом состоянии, МПа (кгс/см²).

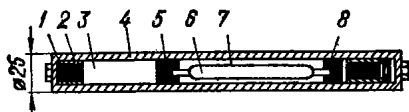


Рис. 4. Схема датчика нейтронного влагомера:

1 — полониево-бериллиевый источник, 2 — держатель источника; 3 — свинцовый экран; 4 — корпус датчика; 5 и 8 — изоляторы; 7 — серебряная фольга.

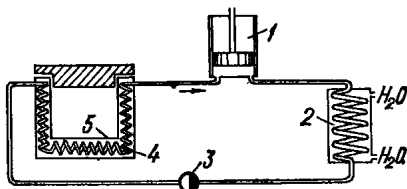


Рис. 5. Схема аммиачной холодильной установки:

1 — компрессор, 2 — конденсатор; 3 — вентиль, 4 — испаритель, 5 — рабочая камера.

Морозостойкость — это способность насыщенного водой материала выдерживать многократное попеременное замораживание в воздушной среде и оттаивание в воде.

От морозостойкости в большой мере зависит долговечность материалов в сооружениях. Основная причина разрушения материалов при замораживании заключается в давлении на стенки пор, оказываемом замерзающей водой. Известно, что, превращаясь в лед, вода увеличивается в объеме почти на 9 %. При этом давление на стенки пор в некоторых условиях может достигать сотен мегапаскалей (килограмм-сил на квадратный сантиметр). В материале возникают большие напряжения, повторяемость которых приводит к его разрушению.

Для испытания материалов на морозостойкость обычно применяют метод попеременного замораживания и оттаивания образцов, предложенный профессором Н. А. Белелюбским. Температура замораживания должна быть ниже минус 17° С, так как опытами установлено, что только при такой температуре возможно полное замерзание воды в тончайших порах и капиллярах материалов. Оттаивать материал следует в воде нормальной температуры (15—20° С).

Для определения морозостойкости каменных материалов применяют холодильные установки, например аммиачные (рис. 5).

Подготовленные образцы — кубы с длиной ребра не менее 5 см или цилиндры диаметром и высотой 5 см (для однородных пород 3 шт., для неоднородных 5 шт.) — нумеруют и при помощи лупы и стальной иглы тщательно проверяют, нет ли на их поверхности повреждений, трещин и т. п. Образцы насыщают водой до постоянной массы и выдерживают в камере холодильной установки в течение 4 ч при температуре

(-20 ± 2)° С. Затем образцы извлекают из камеры и опускают для оттаивания в ванну с водой нормальной температуры на 4 ч. Вынув из ванны, их осматривают для установления повреждений и вновь помещают в камеру холодильной установки на 4 ч. В случае обнаружения трещин или отколов испытание образца прекращают.

Последовательному замораживанию, оттаиванию и осмотру неповрежденные образцы подвергают столько раз, сколько требуется по ГОСТу для испытываемого материала.

Для количественного учета потери массы образцов при испытании на морозостойкость их после последнего оттаивания вытирают влажной тканью и взвешивают. Потери массы в процентах вычисляют по формуле

$$\Delta m = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100, \quad (12)$$

где m — масса высушенного образца до испытаний, г; m_1 — то же, после испытаний, г.

Материалы считаются выдержавшими испытание, если после установленного для них ГОСТами количества циклов замораживания и оттаивания они не имеют видимых признаков разрушения (не крошатся, не растрескиваются, не расслаиваются) и теряют не более 5% массы. В зависимости от климатических условий и класса сооружений для природных каменных материалов устанавливается от 15 до 300 циклов замораживания и оттаивания.

Иногда морозостойкость выражают ее коэффициентом, который представляет собой отношение пределов прочности при сжатии после и до испытания на морозостойкость. Коэффициент морозостойкости вычисляют как среднее арифметическое результатов трех определений. Он не должен быть менее 0,75 (т. е. прочность материала не должна снижаться более чем на 25%).

Испытание материалов на морозостойкость замораживанием и оттаиванием требует специального оборудования и больших затрат времени. Поэтому, если надо быстро оценить морозостойкость материала, пользуются ускоренным методом испытания в растворе сернокислого натрия. Для этого отвешивают 250—300 г безводного или 700—1000 г кристаллического сернокислого натрия и, постепенно добавляя его при тщательном перемешивании, растворяют в 1 л подогретой дистиллированной воды до насыщения раствора, охлаждают до нормальной температуры, сливают в бутылку и оставляют в покое на двое суток. Образцы высушивают до постоянной массы и полностью погружают в этот раствор нормальной температуры на 20 ч, затем их вынимают и помещают на 4 ч в сушильный шкаф, где поддерживается температура 105—110° С. После этого образцы охлаждают до нормальной температуры, снова погружают в раствор сернокислого натрия на 4 ч и вновь помещают в сушильный шкаф на 4 ч.

Такое попеременное выдерживание образцов в растворе сернокислого натрия и высушивание повторяют 3, 5, 10 и 15 раз, что соответствует 15, 25, 50—100, 150—300 циклам замораживания и оттаивания.

В процессе испытания образцы осматривают. Если заметных разрушений на образцах не появилось, их промывают горячей водой для

удаления сернокислого натрия и, высушив до постоянной массы, определяют, насколько она уменьшилась.

Образцы считают выдержавшими испытания, если потери массы после испытания составят не более 10% для Мрз 15—50, не более 5% для Мрз 100—150, не более 3% для Мрз 200 и не более 2% для Мрз 300.

Ускоренный метод испытания основан на том, что насыщенный раствор сернокислого натрия, проникая в поры материала в процессе высушивания, переходит в перенасыщенный и начинается кристаллизация. Образующиеся кристаллы, увеличиваясь в объеме, давят на стенки пор, вызывая в них напряжение. Напряжения, возникающие при кристаллизации сернокислого натрия, значительно больше напряжений, вызываемых замерзающей водой, поэтому 1 цикл ускоренного испытания материалов приравняется к 5—20 циклам обычного испытания. Если эти напряжения превышают предел прочности материала, стенки пор начинают разрушаться, что вызывает разрушение всего образца, которое всегда начинается с поверхности (углов, ребер и т. д.), т. е. в наиболее слабых местах.

При получении отрицательных данных производят обычные испытания на морозостойкость, результаты которых и считают окончательными. Таким образом, ускоренный метод испытаний служит лишь для предварительной оценки морозостойкости материала.

Ориентировочно о морозостойкости материалов можно судить также по коэффициенту водонасыщения $K_{\text{нас}}$, вычисляемому как отношение объемного водопоглощения B_o к водонасыщению B_k , определяемому под вакуумом или кипячением:

$$K_{\text{нас}} = B_o/B_k. \quad (13)$$

Принято считать морозостойкими те материалы, коэффициент насыщения которых менее 0,8, т. е. когда водой заполняется не более 80% пор.

2. Механические свойства и методы их определения

Механические свойства материалов характеризуют их способность сопротивляться воздействию внешних механических сил. Учитывая условия работы материалов в различных конструкциях, для характеристики их механических свойств надо знать прочность, сопротивление удару, истираемость, износ и пр.

Большинство механических свойств определяют на образцах цилиндрической формы или кубической.

Прочностью называется способность материалов сопротивляться внутренним напряжениям, возникающим в результате действия внешних нагрузок.

Материалы в сооружениях под действием нагрузок могут испытывать различные внутренние напряжения: сжатие, растяжение, изгиб, срез, удар, кручение. Но чаще всего строительные материалы работают на сжатие или растяжение.

Прочность материалов характеризуется *пределом прочности*, т. е. напряжением в материале, соответствующим нагрузке, при которой

происходит разрушение образца. Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ или растяжении R_p равен отношению разрушающей силы $P_{разр}$, Н (кгс), к первоначальной площади образца S , см²:

$$R_{сж} \text{ (или } R_p) = P_{разр}/S. \quad (14)$$

Предел прочности определяют опытами на образцах установленных размера и формы.

Прочность материала одного и того же состава зависит от их плотности, а прочность пористых материалов — еще и от влажности.

На практике в сооружениях допускаются напряжения, которые в несколько раз меньше предела прочности. Таким образом создается запас прочности, установленный государственными нормами.

Расчетное сопротивление

$$R_{расч} = R_{сж}/Z, \quad (15)$$

где Z — запас прочности, обычно равный 2, 3 и более раз.

Устанавливая значение запаса прочности, учитывают неоднородность материалов, возможность значительной их деформации уже при 50—70% предела прочности, появление трещин, усталость материала при переменных нагрузках, влияние окружающей атмосферы, динамические воздействия и т. п.

Для определения предела прочности применяют гидравлические прессы различной мощности — от 50 до 5000 кН (от 5 до 500 тс). Принципиальная схема устройства гидравлического пресса приведена на рис. 6.

Предел прочности материала определяют не менее чем на трех образцах, считая окончательным результатом среднее арифметическое только тех показателей прочности, которые отличаются друг от друга не более чем на 15%. Результаты, отличающиеся от других больше чем на 15%, для вычисления среднего арифметического не берут.

Кроме определения прочности образцов на гидравлических прессах применяют также методы испытания материалов без их разрушения. Известны главным образом акустические методы, из которых наибольшее распространение получили импульсный и резонансный.

И м п у л ь с н ы й метод основан на определении скорости распространения упругих волн в испытываемом материале и характеристики их поглощения с помощью ультразвукового прибора.

Принцип действия ультразвукового прибора (рис. 7) заключается в следующем. Ультразвуковые импульсы, возбуждаемые высокочастотным генератором 3, периодически подаются на излучатель 2, в котором эти импульсы преобразуются в механические колебания. Последние,

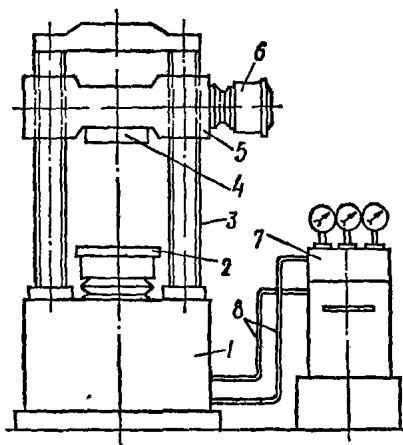


Рис. 6. Схема гидравлического пресса 2ПГ:

1 — чугунное основание, 2 — нижняя опорная плита, 3 — стальные колонны; 4 — верхняя опорная плита; 5 — образец; 6 — электродвигатель; 7 — пульт управления; 8 — маслопроводы.