Цена 40 коп.

Готовится к выпуску:

Ягупов Б. А. Строительное дело: Учеб. — М.: Стройиздат, 1988. — 22 л.

Изложены основные положения и понятия о строительных материалах, конструктивных решениях зданий, технологии их строительства. Рассмотрены свойства и характеристики различных природных материалов. Приведены сведения о типизации и унификации зданий. Даны основные положения по организации производства работ на строительной площадке, транспортированию строительных материалов и конструкций, производству работ нулевого цикла, монтажу надземной части здания, его отделке, охране труда и технике безопасности.

Для учащихся строительных техникумов.

Л. Н. Попов

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРЕДМЕТУ « СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ДЕТАЛИ»

П-58

Л. Н. ПОПОВ

ЛАБОРАТОРНЫЙ ПРАКТИКУМ ПО ПРЕДМЕТУ «СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ДЕТАЛИ»

3-е издание, переработанное и дополненное

Допущено Управлением руководящих кадров и учебных заведений Минтяжстроя качестве учебного пособия для учащихся техникумов, обучающихся по специальностям 1202 «Промышленное и гражданское строительство», 1223 «Строительство водопроводных и канализационных сетей и сооружений», 1225 «Сельскохозяйственное и гражданское строительство».

У 5150

МОСКВА СТРОЙИЗДАТ 1988

ББК 38.3
П 58
УДК 691:620.1(076.5)

Рецензент — канд. техн. наук, доцент МИСИ им. В. В. Куйбышева В. В. Козлов

Попов Л. Н.

П 58 Лабораторный практикум по предмету «Строительные материалы и детали»: Учеб. пособие для техникумов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. — 223 с.: ил.-ISBN 5-274-00024-X

Изложена методика проведения лабораторных работ по испытанию основных строительных материалов. Приведено краткое описание оборудования, дана методика расчета полученных результатов испытаний. 2-е изд. вышло в 1977 г.

Для учащихся строительных техникумов.

П $\frac{3203000000-403}{047(01)-88}$ Св. пл. вып. для ср. спец. учеб. заведений, 184—88

ББК 38.3

ISBN 5-274-00024-X

© Стройиздат, 1975
© Стройиздат, 1988
с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшим условием успешного выполнения большой программы капитального строительства, предусмотренной Основными направлениями экономического и социального развития [illegible]ла 1986—1990 годы и на период до 2000 года, является улучшение структуры применяемых строительных конструкций и материалов, расширение использования эффективных видов металлопроката, пластмасс, смол, полимеров, прогрессивных изделий из древесины, керамических и других неметаллических материалов. Эффективность использования обширной номенклатуры строительных материалов, изделий и деталей невозможна без их тщательного лабораторного контроля при поступлении на строительство.

Техник-строитель, являясь на строительной площадке руководителем и непосредственным организатором строительного производства, должен быть знаком с номенклатурой строительных материалов, их свойствами и рациональными областями применения, а также методами их лабораторного контроля, осуществляемого путем испытания образцов контролируемого материала в строительной лаборатории в соответствии с требованиями соответствующих Государственных стандартов (ГОСТ).

Учебной программой предмета «Строительные материалы и детали», помимо изучения способов получения, свойств и области применения строительных материалов, изделий и деталей, предусмотрено выполнение учащимися техникумов лабораторных работ. Основная цель лабораторных работ — углубление, расширение и закрепление знаний, полученных учащимися на теоретических занятиях по данному предмету. В процессе выполнения лабораторных работ учащиеся ознакомятся со свойствами строительных материалов, методами их лабораторных испытаний, применяемыми при этом приборами, инструментами, аппаратурой и машинами, а также с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к качеству материалов.

Лабораторные работы проводят подгруппами, состоящими из 12—15 учащихся. Для повышения самостоятельности в проведении испытаний подгруппы учащихся делят на бригады, при этом необходимо, чтобы каждый учащийся работал самостоятельно и активно.

В процессе выполнения лабораторных работ учащиеся должны вести систематические записи результатов испытаний материалов в журнале для лабораторных работ. В соответствующие графы таблиц заносят результаты испытаний и сопутствующих расчетов, а также делают схематическую зарисовку применяемых приборов и оборудования. Каждая работа должна завершаться заключением о проведенном испытании и соответствии качества испытанного материала требованиям стандарта.

При проведении испытаний необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

Для лучшего усвоения методики испытания различных строительных материалов учащийся должен самостоятельно ответить на контрольные вопросы, помещенные в конце каждой главы настоящего Практикума.

Автор выражает благодарность рецензенту данного учебного пособия доценту кафедры строительных материалов Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева канд. техн. наук В. В. Козлову за ценные замечания и пожелания, сделанные при рецензировании рукописи.

ББК 38.3
П 58
УДК 691:620.1(076.5)

Рецензент — канд. техн. наук, доцент МИСИ им. В. В. Куйбышева В. В. Козлов

Попов Л. Н.

П 58 Лабораторный практикум по предмету «Строительные материалы и детали»: Учеб. пособие для техникумов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. — 223 с.: ил.-ISBN 5-274-00024-X

Изложена методика проведения лабораторных работ по испытанию основных строительных материалов. Приведено краткое описание оборудования, дана методика расчета полученных результатов испытаний. 2-е изд. вышло в 1977 г.

Для учащихся строительных техникумов.

П $\frac{3203000000-403}{047(01)-88}$ Св. пл. вып. для ср. спец. учеб. заведений, 184—88

ББК 38.3

ISBN 5-274-00024-X

© Стройиздат, 1975
© Стройиздат, 1988
с изменениями

ПРЕДИСЛОВИЕ

Важнейшим условием успешного выполнения большой программы капитального строительства, предусмотренной Основными направлениями экономического и социального развития [illegible]а 1986—1990 годы и на период до 2000 года, является улучшение структуры применяемых строительных конструкций и материалов, расширение использования эффективных видов металлопроката, пластмасс, смол, полимеров, прогрессивных изделий из древесины, керамических и других неметаллических материалов. Эффективность использования обширной номенклатуры строительных материалов, изделий и деталей невозможна без их тщательного лабораторного контроля при поступлении на строительство.

Техник-строитель, являясь на строительной площадке руководителем и непосредственным организатором строительного производства, должен быть знаком с номенклатурой строительных материалов, их свойствами и рациональными областями применения, а также методами их лабораторного контроля, осуществляемого путем испытания образцов контролируемого материала в строительной лаборатории в соответствии с требованиями соответствующих Государственных стандартов (ГОСТ).

Учебной программой предмета «Строительные материалы и детали», помимо изучения способов получения, свойств и области применения строительных материалов, изделий и деталей, предусмотрено выполнение учащимися техникумов лабораторных работ. Основная цель лабораторных работ — углубление, расширение и закрепление знаний, полученных учащимися на теоретических занятиях по данному предмету. В процессе выполнения лабораторных работ учащиеся ознакомятся со свойствами строительных материалов, методами их лабораторных испытаний, применяемыми при этом приборами, инструментами, аппаратурой и машинами, а также с требованиями ГОСТ, предъявляемыми к качеству материалов.

Лабораторные работы проводят подгруппами, состоящими из 12—15 учащихся. Для повышения самостоятельности в проведении испытаний подгруппы учащихся делят на бригады, при этом необходимо, чтобы каждый учащийся работал самостоятельно и активно.

В процессе выполнения лабораторных работ учащиеся должны вести систематические записи результатов испытаний материалов в журнале для лабораторных работ. В соответствующие графы таблиц заносят результаты испытаний и сопутствующих расчетов, а также делают схематическую зарисовку применяемых приборов и оборудования. Каждая работа должна завершаться заключением о проведенном испытании и соответствии качества испытанного материала требованиям стандарта.

При проведении испытаний необходимо строго соблюдать правила техники безопасности.

Для лучшего усвоения методики испытания различных строительных материалов учащийся должен самостоятельно ответить на контрольные вопросы, помещенные в конце каждой главы настоящего Практикума.

Автор выражает благодарность рецензенту данного учебного пособия доценту кафедры строительных материалов Московского инженерно-строительного института им. В. В. Куйбышева канд. техн. наук В. В. Козлову за ценные замечания и пожелания, сделанные при рецензировании рукописи.

ГЛАВА 1. ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для правильного использования строительных материалов, изделий и деталей при возведении зданий и сооружений необходимо знать их физические и механические свойства. Сравнивать свойства материалов между собой можно только при стандартных методах и условиях их определения. В Государственных стандартах (ГОСТах) установлены методы испытаний строительных материалов. Соблюдение ГОСТов обязательно.

К основным физико-механическим свойствам строительных материалов относят истинную плотность, среднюю плотность, пористость, водопоглощение, прочность. С методикой определения этих свойств в первую очередь должны познакомиться учащиеся на лабораторных занятиях.

Для выполнения лабораторных работ по данной теме подгруппу учащихся разделяют на бригады по три-четыре человека. Каждая бригада должна определить истинную и среднюю плотность какого-либо одного строительного материала, а затем вычислить его пористость и определить водопоглощение. Результаты определений, полученные каждой бригадой, учащиеся заносят в сводную таблицу журнала для лабораторных работ.

Прочность образцов строительных материалов определяет преподаватель вместе с лаборантом на гидравлическом прессе. Учащиеся при этом самостоятельно фиксируют показания манометра, при котором разрушился образец, вычисляют предел прочности при сжатии, делают соответствующие записи в журнале для лабораторных работ.

Определение истинной плотности

Истинной плотностью материала называют физическую величину, равную отношению массы материала к его объему в абсолютно плотном состоянии. Истинную плотность материала ρ, кг/м^3, определяют по формуле

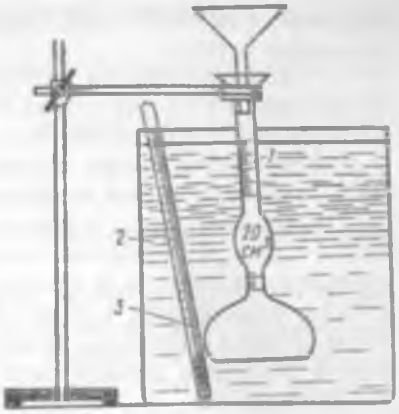
$$\rho = m/V,$$

где m — масса материала, кг; V — объем материала, м^3.

Для определения истинной плотности каменного материала из отобранной и тщательно перемешанной сред-

Рис. 1. Объемомер Ле Шателье

1 — объемомер; *2* — сосуд с водой; *3* — термометр



ней пробы отвешивают 200—220 г. Кусочки отобранной пробы материала сушат в сушильном шкафу при 110± ±5 °С до постоянной массы; затем их тонко измельчают в агатовой или фарфоровой ступке. Полученный порошок просеивают через сито с сеткой № 02 (размер ячейки в свету 0,2×0,2 мм). Отвесив в фарфоровой чашке навеску около 180 г просеянного порошка, его снова высушивают при 110±5 °С, а затем охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе, где порошок хранят до проведения испытания.

Истинную плотность твердого материала определяют при помощи объемомера Ле Шателье (рис. 1), который представляет собой стеклянную колбу объемом 120—150 см³ с узкой шейкой, несколько расширяющейся в средней части. На шейке колбы выше и ниже шаровидного уширения нанесены две черты, объем между которыми равен 20 см³. Шейка градуирована, цена деления 0,1 см³.

Объемомер наполняют до нижней, нулевой черты жидкостью, инертной по отношению к порошку материала: водой, безводным керосином или спиртом. После этого свободную от жидкости часть (выше нулевой черты) тщательно протирают тампоном из фильтровальной бумаги. Затем объемомер помещают в стеклянный сосуд с водой, имеющей температуру 20 °С (температура, при которой градуировали его шкалу). В воде объемомер остается все время, пока идет испытание. Чтобы объемомер в этом положении не всплывал, его закрепляют на

штативе, так чтобы вся градуированная часть шейки на ходилась в воде.

От подготовленной пробы, находящейся в эксикаторе отвешивают с точностью до 0,01 г на часовом стекле 80 материала и высыпают его ложечкой через воронк в прибор небольшими порциями до тех пор, пока уро вень жидкости в нем не поднимется до черты с делением 20 см³ или до черты в пределах верхней градуированно части прибора. Разность между конечным и начальны уровнями жидкости в объемомере показывает объем по рошка, всыпанного в прибор. Остаток порошка взвеши вают. Масса порошка, всыпанного в объемомер, буде равна разности между результатами первого и второг взвешивания.

Истинную плотность ρ, кг/м³, материала вычисляю по формуле

$$\rho = (m - m_1)/V,$$

где m — навеска материала до опыта, кг; m_1 — остаток от навески кг; V — объем жидкости, вытесненной навеской материала (объе порошка в объемомере), м³.

Истинную плотность материала вычисляют с точ ностью до 0,01 кг/см³ как среднее арифметическое дву определений, расхождение между которыми не должно превышать 0,02 г/см³.

Результаты определения истинной плотности ма териала записывают в журнал для лабораторных ра бот и сравнивают с данными, приведенными табл. 1.

Таблица 1. Истинная и средняя плотности некоторых строительных материалов

Материал	Истинная плотность, кг/м³	Средняя плотности, кг/м³
Гранит	2800—2900	2600—2700
Известняк плотный	2400—2600	2100—2400
Туф вулканический	2600—2800	900—2100
Кирпич керамический	2600—2800	1600—1800
Древесина сосны	1550—1600	500—600
Песок	2600—2700	1400—1600
Пенопласты	1300—1400	20—50
Стекло	2400—2600	2400—2600
Сталь строительная	7800—7850	7800—7850

Определение средней плотности

Средней плотностью называют отношение массы материала в естественном состоянии, т. е. вместе с порами и пустотами, к его объему. Среднюю плотность ρ_0, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_0 = m/V_1,$$

где m — масса материала, кг; V_1 — объем материала в естественном состоянии, м³.

Большинство строительных материалов имеет поры. Чем их больше в единице объема материала, тем меньше его средняя плотность. Для жидкостей и материалов, получаемых из расплавленных масс (стекло, металл), средняя плотность по значению практически равна истинной плотности (см. табл. 1).

От средней плотности материала в значительной мере зависят его физико-механические свойства, например прочность и теплопроводность. Значение средней плотности материала используют при определении его пористости, массы и размера строительных конструкций, при расчетах транспорта и подъемно-транспортного оборудования.

При определении средней плотности материала можно использовать образцы как правильной, так и неправильной геометрической формы. От формы образца зависит метод определения средней плотности материала.

Определение средней плотности образца правильной геометрической формы. Для определения средней плотности образцы материала могут быть изготовлены в форме куба, параллелепипеда или цилиндра. При этом необходимо учитывать, что для пористых материалов размер образца кубической формы должен быть не менее 100×100×100 мм, а для плотных — не менее 40×40×40 мм. У цилиндрических образцов диаметр и высота должны быть соответственно не менее 70 и 40 мм.

Образцы правильной геометрической формы (три для испытуемого материала) высушивают в сушильном шкафу при 110±5 °С, охлаждают в эксикаторе и хранят в нем до момента испытания.

При помощи штангенциркуля измеряют размер образцов и вычисляют его объем, после чего образец взвешивают на технических весах. Каждую грань образца кубической или близкой к ней формы измеряют в трех

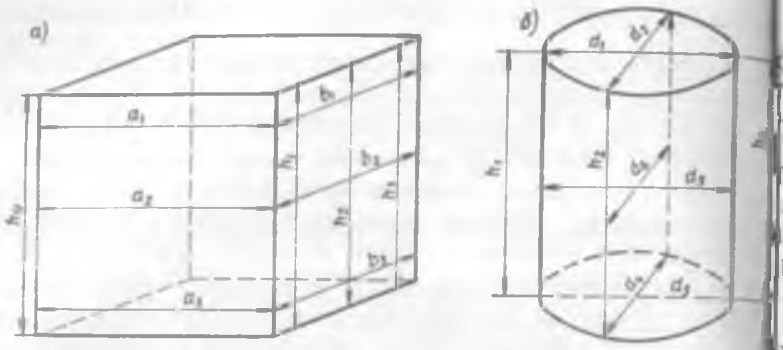


Рис. 2. Схема измерения объема образцов
а — кубической формы; *б* — цилиндрической формы

местах (a_1, a_2, a_3, b_1, b_2, b_3, h_1, h_2, h_3) по ширине и высоте, как показано на рис. 2, *а*, и за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех измерений каждой грани. На каждой из параллельных плоскостей образца цилиндрической формы проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (d_1, d_2, d_3, d_4), затем измеряют их; кроме этого, измеряют диаметры средней части цилиндра (d_5, d_6) в середине его высоты (рис. 2, *б*). За окончательный результат принимают среднее арифметическое шести измерений диаметра. Высоту цилиндра определяют в четырех местах (h_1, h_2, h_3, h_4) и за окончательный результат принимают среднее арифметическое четырех измерений.

Образцы любой формы со стороной размером до 100 мм измеряют с точностью до 0,1 мм, размером 100 мм и более — с точностью до 1 мм. Образцы массой менее 500 г взвешивают с точностью до 0,01 г, а массой 500 г и более — с точностью до 1 г.

Объем образца V, м³, имеющего вид куба или параллелепипеда, вычисляют по формуле

$$V = a_{ср}\, b_{ср}\, h_{ср},$$

где $a_{ср}$, $b_{ср}$, $h_{ср}$ — средние значения размеров граней образца, м.

Объем образца V, м³, цилиндрической формы вычисляют по формуле

$$V = \left(\pi d_{ср}^2\, h_{ср}\right)/4,$$

где $\pi = 3{,}14$; $d_{ср}$ — средний диаметр цилиндра, м; $h_{ср}$ — средняя высота цилиндра, м.

Зная объем и массу образца, по приведенной ранее формуле определяют его среднюю плотность. Среднюю плотность материала вычисляют как среднее арифметическое трех значений различных образцов.

Результаты испытания записывают в журнал для лабораторных работ и сравнивают с данными, приведенными в табл. 1; в журнале следует зарисовывать образцы правильной геометрической формы с указанием их размеров.

Определение средней плотности материала в образце неправильной геометрической формы. Для определения объема образца применяют метод, основанный на вытеснении образцом из сосуда жидкости, в которую его погружают, для чего используют объемомер или гидростатические весы.

Определение средней плотности при помощи объемомера. Этот прибор (рис. 3) представляет собой металлический цилиндр с внутренним диаметром 150 мм и высотой 320 мм. На высоте 250 мм в него впаяна латунная трубка диаметром 8—10 мм, имеющая загнутый вниз конец. Объемомер наполняют водой несколько выше трубки и ждут, пока избыток воды стечет, затем под трубку подставляют взвешенный стакан. Каждый образец высушивают, взвешивают, а затем покрывают (при помощи кисти) тонким слоем расплавленного парафина. После того как парафин застынет, образец осматривают, обнаруженные при осмотре на парафиновой пленке пузырьки или трещины удаляют, заглаживая нагретой металлической проволокой или пластинкой. После парафинирования образец перевязывают прочной нитью и вторично взвешивают.

При погружении испытуемого образца в объемомер вытесняемая вода будет вытекать из трубки в стакан. После того как падение капель прекратится, стакан с водой взвешивают и определяют массу воды, вытесненной образцом.

Среднюю плотность образца вычисляют следующим образом. Сначала определяют объем парафина $V_п$, м³, затраченного на покрытие образца по формуле

$$V_п = (m_1 - m)/\rho_п,$$

где m — масса сухого образца, кг; m_1 — масса образца, покрытого парафином, кг; $\rho_п$ — средняя плотность парафина, равная 930 кг/м³.

После этого вычисляют среднюю плотность образца

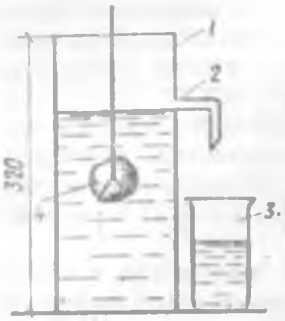
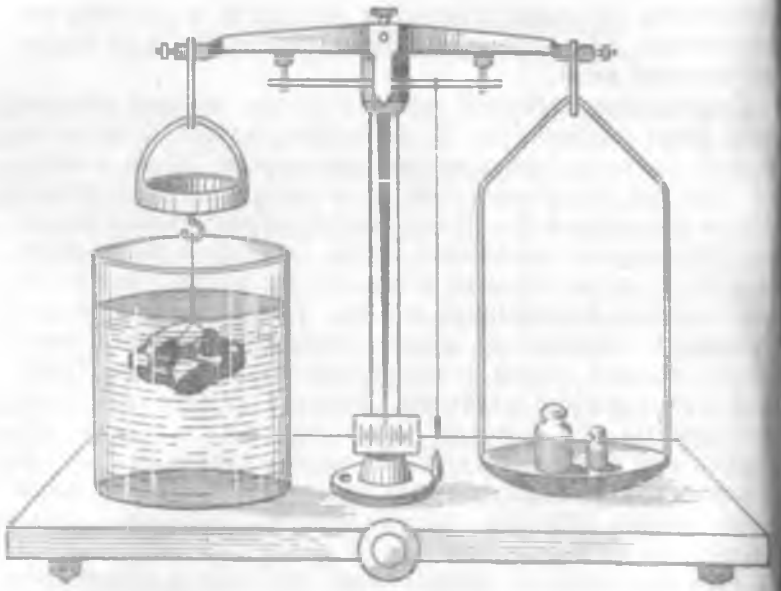


Рис. 3. Объемомер

1 — металлический цилиндр; *2* — латунная трубка; *3* — стакан; *4* — испытуемый образец

Рис. 4. Взвешивание образца на гидростатических весах



ρ_0, кг/м³, по формуле

$$\rho_0 = m/(V_1 - V_п),$$

где m — масса сухого образца, кг; V_1 — объем образца с парафином (численно равный массе воды, вытесненной образцом), м³; $V_п$ — объем парафина, м³.

Определение средней плотности материала методом гидростатического взвешивания. Сухой образец неправильной геометрической формы взвешивают на технических весах, затем парафинируют и снова взвешивают. После этого его подвешивают на тонкой нити к крючку приспособления, закрепленного на левом конце коро-

мысла гидростатических весов (рис. 4). Массу образца уравновешивают гирями, устанавливая их на правую чашку. После этого образец погружают в стакан с водой так, чтобы он не касался стенок и дна (при этом равновесие весов нарушается). Весы снова уравновешивают, сняв с правой чашки часть гирь, и определяют массу образца в воде.

Среднюю плотность образца ρ_0, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_0 = m/\left(m_1 - m_2 \frac{m_1 - m}{\rho_п}\right),$$

где m — масса сухого образца, кг; m_1 — масса образца, покрытого парафином, кг; m_2 — масса образца, покрытого парафином в воде, кг; $\rho_п$ — средняя плотность парафина, равная 930 кг/м³; $\frac{m_1 - m}{\rho_п}$ — значение, соответствующее объему образца, покрытого парафином, м³.

Среднюю плотность материала вычислят как среднее арифметическое определений трех — пяти образцов.

Результаты испытаний записывают в журнале для лабораторных работ и сравнивают с данными, приведенными в табл. 1. В журнале следует зарисовать схему прибора.

Определение насыпной плотности

Для сыпучих материалов (цемент, песок, щебень, гравий и др.) определяют насыпную плотность. В объеме таких материалов не только поры в самом материале, но и пустоты между зернами или кусками материала. Это определение выполняют с помощью прибора (рис. 5), который представляет собой стандартную воронку в виде усеченного конуса. Внизу конус переходит в трубку диаметром 20 мм с задвижкой. Под трубкой устанавливают заранее взвешенный мерный цилиндр объемом 1 л (1000 см³). Расстояние между верхним обрезом цилиндра и задвижкой должно быть 50 мм.

В воронку насыпают сухой исследуемый материал, затем открывают задвижку и заполняют цилиндр с избытком, закрывают задвижку и металлической или деревянной линейкой срезают от середины в обе стороны излишек материала вровень с краями цилиндра. При этом линейку держат наклонно, плотно прижимая к краям ци-

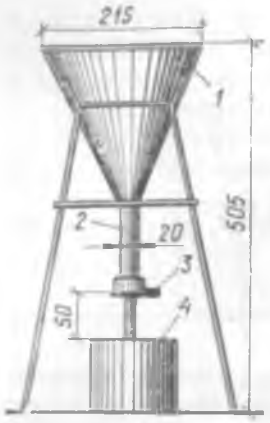


Рис. 5. Стандартная воронк
1 — корпус; *2* — трубка; *3* — [illegible] движка; *4* — мерный цилиндр

линдра. Необходимо, чтобы цилиндр был неподвижны так как при толчках сыпучий материал может уплот ниться, что увеличит его среднюю плотность. Затем ци линдр с материалом взвешивают с точностью до 1 Испытание повторяют пять раз и среднюю плотность ма териала в рыхлонасыпном состоянии $\rho_н$, кг/м^3, вычисл ют как среднее арифметическое пяти определений пользуясь формулой

$$\rho_н = (m_1 - m_2)/V,$$

где m_1 — масса цилиндра с материалом, кг; m_2 — масса цилиндра без материала, кг; V — объем цилиндра, м^3.

Результаты испытаний заносят в журнал для лабора торных работ, там же зарисовывают схему примененного прибора.

При транспортировании и хранении сыпучие материа лы уплотняются, при этом значение их насыпной плот ности оказывается на 15—30 % выше, чем в рыхлона сыпном состоянии. Определяют насыпную плотность материала в уплотненном состоянии по приведенной вы ше методике, однако после заполнения цилиндра мате риалом его уплотняют путем вибрации в течение 30— 60 с на виброплощадке или путем легкого постукива ния цилиндра с материалом о стол 30 раз. В процессе уплотнения материал досыпают, поддерживая некоторый избыток его в цилиндре. Затем избыток срезают и опре деляют массу материала в цилиндре, после чего вычис ляют насыпную плотность в уплотненном состоянии.

Определение пористости

Пористость материала характеризуется степенью за полнения его объема порами. Ее вычисляют по формуле

$$П = [1 - (\rho_0/\rho)]\,100,$$

где $П$ — пористость материалов, %; ρ_0 — средняя плотность мате риала, кг/м^3; ρ — истинная плотность материала, кг/м^3.

Для сыпучих материалов по приведенной выше фор муле определяют истинную пористость, называемую обычно пустотностью. В данном случае берут насыпную плотность, а вместо истинной плотности — среднюю плотность кусков (зерен) материала. Результаты вы числения пористости материала заносят в журнал для лабораторных работ.

В объеме материала одновременно могут находиться поры и пустоты. Поры представляют собой мелкие ячей ки в материале, заполненные воздухом или водой, пу стоты же — более крупные ячейки и полости, образую щиеся между кусками рыхло насыпанного материала.

Значения пористости строительных материалов раз личны, например для стекла и металла пористость со ставляет 0 %, кирпича — 25—35 %, обычного тяжелого бетона — 5—10 %, газобетона — 55—85 %, поропласта — 90—95 %.

Пористость в значительной степени определяет экспл уатационные свойства материалов, водопоглощение, водопроницаемость, морозостойкость, прочность, тепло проводность и др.

Определение водопоглощения

Водопоглощение — это способность материала впи тывать и удерживать в порах воду. Вода заполняет мельчайшие поры и капилляры в материале, но так как часть из них все же оказывается недоступной для воды, а в порах, заполняемых водой, частично остается воздух, то по количеству воды, поглощаемой материалом, только приблизительно можно установить открытую пористость. Определяют водопоглощение по массе и объему.

Водопоглощение по массе $B_{мас}$, %, равно отношению массы воды, поглощенной образцом при насыщении, к массе сухого образца

$$B_{мас} = [(m_1 - m)/m]\,100,$$

где m — масса сухого образца, кг; m_1 — масса насыщенного водо образца, кг.

Водопоглощение по объему, $B_{об}$, %, равно масс поглощенной образцом воды при насыщении его, отне сенной к объему образца V:

$$B_{об} = [(m_1 - m)/V]\,100.$$

Соотношение между водопоглощением по масс и объему равно средней плотности материала в сухо состоянии:

$$\frac{B_{об}}{B_{мас}} = \frac{m_1 - m}{V} : \frac{m_1 - m}{m} = \frac{m}{V} = \rho_0.$$

Зная значения водопоглощения по массе и средню плотность, можно получить формулу для расчета вод поглощения по объему:

$$B_{об} = B_{мас}\,\rho_0.$$

Водопоглощение строительных материалов определя ют следующим образом: три — пять образцов высушива ют до постоянной массы при 110±5 °С и охлаждают д комнатной температуры, после чего их погружают в вод и выдерживают там до постоянной массы. Однако поря док испытания различных видов материала регламенти руется соответствующими ГОСТами.

Водопоглощение природных каменных материало определяют на образцах как правильной, так и непра вильной геометрической формы в виде отколотых куско с длиной ребра не менее 4 см. Очищенные от рыхлы частиц и высушенные образцы взвешивают, помещаю в стеклянные сосуды или фарфоровые кюветы и залива ют на $^1/_4$ высоты дистиллированной водой. Через 2 доливают воды до $^1/_2$ и через 3 ч до $^3/_4$ высоты образцо и оставляют на 1 сут. После этого образцы заливаю полностью водой и вновь оставляют на 1 сут. Затем и вынимают, каждый образец слегка обтирают влажно полотняной тряпкой, взвешивают и снова опускают в во ду на 1 сут. Так поступают до тех пор, пока образцы н будут иметь постоянной массы.

Водопоглощение по массе $B_{мас}$ и объему $B_{об}$ вычис ляют по приведенным выше формулам с точностью до 0,1 %. За окончательный результат определения водо поглощения принимают среднее арифметическое трех оп ределений для однородных горных пород и пяти опреде лений для неоднородных горных пород. Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ

Определение прочности

Прочностью называют свойство материала сопротив яться разрушению под действием внутренних напряже ий, возникающих от внешних нагрузок. Под воздейст нием различных нагрузок материалы в зданиях и соору жениях испытывают различные внутренние напряжения сжатие, растяжение, изгиб, срез и др.).

Прочность является важным свойством большинства троительных материалов, от ее значения зависит нагруз а, которую может воспринимать данный элемент при аданном сечении. Если материал обладает большей рочностью, то размер сечения элемента может быть меньшен.

Прочность строительных материалов характеризует я пределом прочности при сжатии, при изгибе и при рас тяжении, ее определяют путем испытания образцов (рис.) в лаборатории на гидравлических прессах или раз рывных машинах.

Пределом прочности при сжатии материала называ от напряжение, соответствующее нагрузке, при которой происходит разрушение образца материала. Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа, определяют по формуле

$$R_{сж} = p/S,$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; S — площадь поперечного се ения образца, мм².

Для определения предела прочности при сжатии об разцы материала подвергают действию сжимающих внешних сил и доводят до разрушения. Испытуемые об разцы должны быть правильной геометрической формы (куб, параллелепипед, цилиндр). Образцы из природных каменных материалов, имеющих форму кубов, могут быть следующих размеров: 50×50×50, 70×70×70, 100×100× ×100 мм. Образцы из плотных материалов можно при нимать меньшего размера, а из пористых материалов — большего (см. рис. 6, *а* и *б*).

Образцы кубической формы изготовляют при помощи специальных дисковых пил. При распиливании камня под лезвие пилы вводят абразивный порошок в смеси с вязкой суспензией из тяжелой глины. Для очень твер дых горных пород, например кварцитов, применяют ко рундовые, алмазные и другие диски. Образец камня за крепляют захватами станка и распиливают поочередно в трех направлениях.

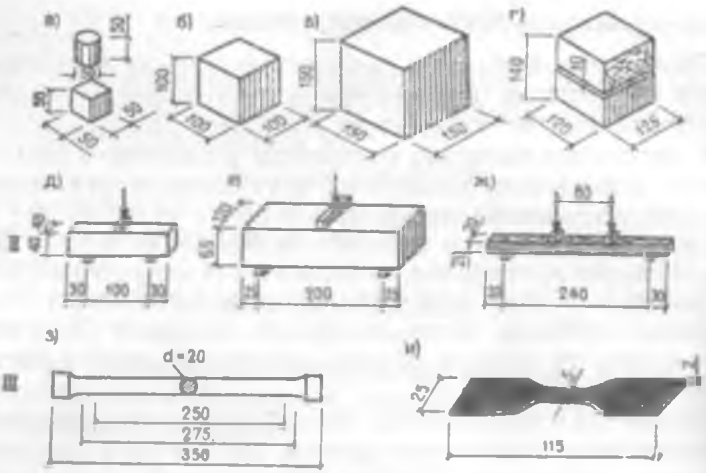


Рис. 6. Образцы для испытания материалов

I — на сжатие; *II* — на изгиб; *III* — на растяжение; *а* — плотный природный камень; *б* — пористый природный камень; *в* — бетон; *г* — кирпич (куб склеен из двух половинок); *д* — цементный раствор; *е* — кирпич; *ж* — древесина; *з* — сталь; *и* — пластмасса

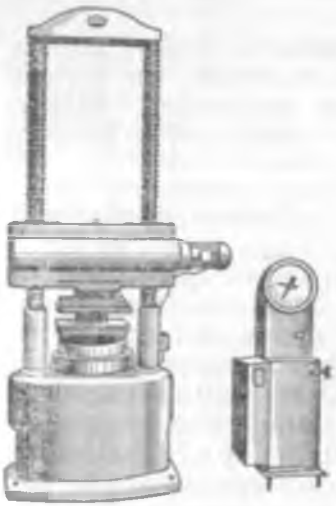


Рис. 7. Общий вид гидравлического пресса

Диаметр образцов цилиндров может быть 50 или 80 мм, а высота не более двух диаметров. Изготовлять цилиндрические образцы из каменных материалов (при помощи специальных полых сверл) значительно проще, чем кубические, так как в образцах-кубах требуется тщательная обработка шести граней.

Подготовленные образцы-кубы или цилиндры при-

шлифовывают на шлифовальном станке по двум противоположным плоскостям, которые должны быть параллельны. Правильность плоскостей проверяют металлическим угольником и штангенциркулем. После изготовления образцы нумеруют черной тушью. Параллельными линиями указывают направление сланцеватости. Форма и размеры образцов различных строительных материалов должны соответствовать требованиям ГОСТа для каждого вида материала.

Для испытания образцов материала на сжатие применяют гидравлические прессы (рис. 7) и универсальные испытательные машины. Перед испытанием образец очищают мягкой щеткой или тканью, взвешивают, обмеряют с точностью до 1 мм и устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса точно по ее центру. Верхнюю опорную плиту при помощи винта опускают на образец и плотно закрепляют его между двумя опорными плитами. Затем, убедившись в правильности установки образца, включают в действие насос пресса и дают на образец нагрузку, следя за скоростью ее нарастания (0,5—1 МПа в 1 с). В момент разрушения образца, т. е. в момент наибольшей нагрузки на образец, стрелка остановится и пойдет обратно. Этот момент необходимо зафиксировать.

Каждый материал испытывают не менее чем на трех образцах. За окончательный результат принимают среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов. Результаты испытаний как отдельные, так и средние заносят в журнал для лабораторных работ.

Физическое состояние материала оказывает большое влияние на значение прочности образцов. Прочность каменных материалов в сухом состоянии почти всегда выше прочности того же материала в насыщенном водой состоянии. Это учитывается коэффициентом размягчения.

Коэффициент размягчения $K_р$ определяют как частное от деления среднего арифметического значения предела прочности при сжатии образцов, испытанных в насыщенном водой состоянии $R_{нас}$, на предел прочности образцов в сухом состоянии $R_{сух}$.

Предел прочности при изгибе определяют на тех же прессах, что и предел прочности при сжатии, однако применяют специальные приспособления. К нижней опорной плите при помощи двух планок прикрепляют два катка,

У 5150

которые служат опорой для испытуемого образца, а к верхней опорной плите при помощи планок — нож изгиба. Образцы изготовляют согласно ГОСТу на испытуемый материал. Например, при испытании цемента изготовляют образцы-балочки размером 40×40×160 мм (см. рис. 6, *д*), а при испытании древесины — балочки размером 20×20×300 мм (см. рис. 6, *ж*). Нагрузка на образец передается одним или двумя грузами.

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$, МПа, определяют по формулам:

при одном сосредоточенном грузе и образце — балочке прямоугольного сечения

$$R_{изг} = (3pl)/(2bh^2),$$

при двух равных грузах, расположенных симметрично оси балочки

$$R_{изг} = [p\,(l - a)]/(2bh^2),$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; l — пролет между опорами, мм; a — расстояние между грузами, мм; b и h — ширина и высота поперечного сечения балочки, мм.

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов.

Предел прочности при растяжении определяют у таких строительных материалов, как древесина, строительные стали, пластмассы, рулонные кровельные материалы. Образцы изготовляют обычно в виде двусторонних лопаток; форму и размер образцов определяют по соответствующим ГОСТам на испытуемый материал.

Перед испытанием измеряют ширину и толщину образца с точностью до 0,01 мм, после чего образец закрепляют в зажимы разрывной машины. Нагружают образец равномерно с заданной ГОСТом скоростью. По силоизмерителю машины определяют максимальную нагрузку.

Предел прочности при растяжении $R_р$, МПа, вычисляют по формуле

$$R_р = p/S_0,$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; S_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца, мм².

Предел прочности при растяжении вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов.

Контрольные вопросы

1. При помощи какого прибора определяют истинную плотность каменных материалов?

2. Что такое средняя плотность материала и как ее определяют у образцов правильной геометрической формы?
3. Изложите последовательность определения средней плотности материала методом гидростатического взвешивания.
4. Каким образом определяют насыпную плотность сыпучих материалов?
5. Что такое водопоглощение материала?
6. Какова методика определения предела прочности при сжатии природных каменных материалов?
7. Что такое коэффициент размягчения и как его вычисляют?
8. Какова форма и размеры образцов различных материалов при определении пределов прочности при изгибе и растяжении?

ГЛАВА 2. ЛЕСНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лесные материалы получают преимущественно из древесины путем ее соответствующей обработки. Древесина — освобожденные от коры древесные ткани ствола дерева — является важным строительным материалом, широкое применение которого можно объяснить рядом его положительных свойств: высокой прочностью при небольшой плотности, малой теплопроводностью, легкостью механической обработки. Наряду с этим материалы из древесины имеют и существенные недостатки: неоднородность строения, неравнозначность ряда свойств в различных направлениях, способность усыхать, разбухать, коробиться и растрескиваться, высокую гигроскопичность, легкую загниваемость и возгораемость, а также наличие разнообразных пороков.

Эти недостатки устраняются путем химической и химико-механической переработки древесины в плитные и листовые материалы — древесно-волокнистые и древесно-стружечные плиты, фанеру. Пропитка древесины антисептиками, антипиренами, смолами, а также прессование существенно изменяют свойства натуральной древесины и позволяют получать материалы повышенной прочности, био- и огнестойкие, отличающиеся рядом ценных технологических и эксплуатационных свойств.

Из отходов лесопиления и деревообработки (стружки, щепы, реек, а также дровяной древесины) путем специальной подготовки сырьевой смеси (древесных стружек и древесной массы) с полимерами и последующим горячим прессованием получают соответственно древесно-стружечные и древесно-волокнистые плиты. Эти плиты широко применяют в современном индустриальном стро-

ительстве в качестве конструкционных, тепло- и звукоизоляционных материалов.

Изучение строения древесины

Растущее дерево состоит из кроны, ствола и корней. Каждая из частей имеет различное применение. Древесину, используемую в качестве строительного материала, дает ствол. Строение древесины, видимое невооруженным глазом или при незначительном увеличении, называют макроструктурой, видимое только при значительном увеличении (в микроскоп) — микроструктурой.

Макроскопическое строение древесины изучают с целью распознавания породы древесины, при этом оценивают цвет и поверхность коры, определяют наличие и вид ядра и заболони, степень видимости годичных слоев и их очертание, различие между ранней и поздней древесиной, наличие прожилок, размеры и распределение сосудов, величину и число вертикальных смоляных ходов, а также текстуру, блеск древесины и пр.

Для изучения макроскопического строения древесины каждой породы должны быть предварительно изготовлены комплекты образцов. Каждый комплект состоит из трех образцов (рис. 8), которые предназначены для одной бригады учащихся. Хранить образцы следует в сухом и темном месте, можно и в стеклянном шкафу, но обязательно в мешочке из полиэтиленовой пленки, чтобы сохранить их естественную свежесть и цвет.

Обычно ствол дерева рассматривают на трех основных разрезах: поперечном (торцевом), радиальном продольном (по диаметру или радиусу) и тангентальном продольном (по хорде).

При рассмотрении поперечного разреза ствола дерева (рис. 9) невооруженным глазом или с помощью лупы можно обнаружить следующие основные его части: кору, камбий, заболонь, ядро и сердцевину.

Кора защищает дерево от механических воздействий, она состоит из двух слоев — наружного (корки) и внутреннего (луба). По лубяному слою в растущем дереве движутся питательные вещества. Камбий находится между древесиной и корой; он состоит из живых клеток и имеет важное значение в процессе роста дерева. Слой камбия откладывает в сторону луба лубяные клетки, а к центру — клетки древесины, причем количество от-

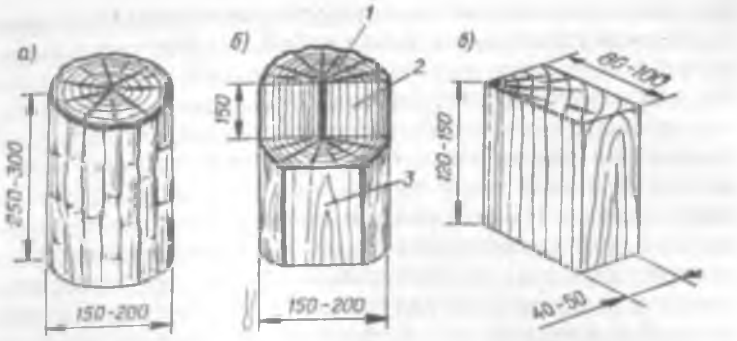


Рис. 8. Лабораторные образцы древесины

а — цилиндрический в коре; *б* — цилиндрический с разрезами; *в* — призматический

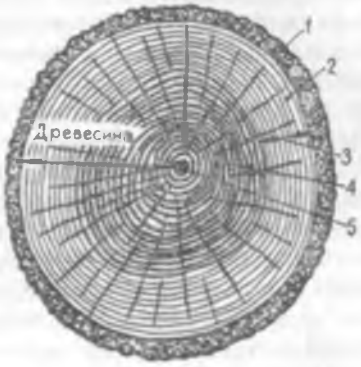


Рис. 9. Торцевой разрез ствола дерева

1 — кора; *2* — камбий; *3* — заболонь; *4* — сердцевина; *5* — ядро

кладываемых клеток древесины больше, чем число клеток луба.

Древесина состоит из ряда концентрических слоев, называемых годичными кольцами, которые светлее к поверхности ствола и темнее у центра. Светлая часть древесины называется заболонью, а темная — ядром. Заболонь состоит из молодых живых клеток. В растущем дереве по заболони движется влага с растворенными в ней минеральными веществами. Ядро состоит из мертвых клеток и не принимает участия в физиологических процессах, но обеспечивает прочность стволу дерева. В зависимости от наличия ядра и заболони древесные породы делят на ядровые (сосна, дуб, лиственница, кедр) и заболонные, не имеющие ядра (береза, осина, ольха, липа). Древесные породы, имеющие в поперечном сечении одинаковую окраску и содержащие различное количество влаги в центральной и периферической частях,

называют спелодревесными породами (ель, бук, пихта).

Сердцевина представляет собой слабую ткань первичного образования, которая легко поддается загниванию. На радиальном и тангентальном разрезах ствола, например сосны, лиственницы отчетливо видны годичные слои, причем на радиальном они имеют вид прямых или наклонных линий, а на тангентальном — вид параболических кривых. На поперечном разрезе годичные слои имеют вид концентрических колец. Каждый годичный слой состоит из двух различаемых глазом зон: внутренней светлой — ранней, образовавшейся весной, и наружной темной — поздней, образовавшейся к концу лета. Ранняя древесина — более пористая и слабая, чем летняя. В зависимости от условий роста годичные слои бывают различной ширины. Однако прочность древесины зависит не от ширины годичного слоя, а от степени развитости поздней древесины. Чем выше содержание в годичных слоях поздней древесины, тем прочнее материал. В древесине лиственных пород имеются мелкие и крупные сосуды, идущие вдоль ствола, по которым в растущем дереве передвигается влага от корней к кроне. По распределению сосудов в поперечном сечении лиственные породы разделяют на кольцесосудистые (дуб, вяз, ясень и др.) и рассеянно-сосудистые (бук, береза, липа, осина и др.).

На поперечном разрезе ствола дуба, бука, клена и других пород заметны узкие радиальные линии, так называемые сердцевинные лучи, направленные от коры к сердцевине; на радиальном разрезе они имеют вид широких и узких лент, а на тангентальном разрезе — вид коротких, слегка утолщенных штрихов. В растущем дереве сердцевинные лучи служат для перемещения влаги и питательных веществ.

Хвойные породы имеют смоляные ходы, расположенные в продольном и поперечном направлениях; в них сосредоточивается смола. Смоляные ходы на торцевом разрезе имеют вид светлых точек в поздней части годичного слоя, а на радиальном и тангентальном разрезах — вид темных черточек.

Ниже приведены характерные признаки древесины основных пород.

Сосна — годичные слои хорошо видны, заболонь широкая, смоляные ходы довольно крупные и многочисленные. **Ель** — ядра нет, древесина белого цвета, имеются

смоляные ходы разного диаметра. **Лиственница** — резко выражена разница между ранней и поздней древесиной годичных слоев, благодаря чему годичные слои весьма четкие, заболонь узкая, смоляные ходы мелкие и немногочисленные. **Дуб** — кольцесосудистая порода, имеющая широкие сердцевинные лучи, мелкие сосуды в поздней зоне образуют радиальные группы — язычки; заболонь узкая, резко ограниченная. **Ясень** — сердцевинные лучи на радиальном разрезе очень узкие, невидимые, мелкие сосуды в поздней зоне объединены в группы в виде точек и коротких черточек, у внешней границы широких годичных слоев мелкие сосуды образуют короткие волнистые линии; заболонь широкая, резко ограниченная, ядро светло-бурого цвета. **Береза** — наиболее характерным признаком являются часто встречающиеся сердцевинные повторения; древесина белая с легким красноватым или буроватым оттенком, средней массы и твердости; сердцевинные лучи видны только на торцевом разрезе. **Осина** — древесина белая легкая, довольно мягкая, сердцевинные лучи не видны ни на одном разрезе. **Липа** — древесина белая, мягкая, сердцевинные лучи узкие и видны на поперечном и радиальном разрезах.

На основании проведенного изучения образцов древесной породы каждый учащийся бригады записывает результаты в журнал для лабораторных работ и зарисовывает основные разрезы ствола дерева.

Микроскопическое строение древесины изучают на типичных представителях трех основных групп пород древесины. Например, микроскопическое строение хвойных пород изучают на готовых срезах древесины сосны, лиственных кольцесосудистых пород — на срезах древесины дуба, лиственных рассеянно-сосудистых — на срезах древесины березы.

Поперечный и тангентальный срезы древесины рассматривают при увеличении приблизительно в 100 раз, а радиальный — в 200—300 раз. Для этой цели можно использовать микроскопы: биологический МБИ-1 с общим увеличением от 56 до 1350 раз, школьный МШ-1, упрощенный МУ и студенческий МА с общим увеличением от 80 до 600 раз. Микроскопы МШ-1, МУ и МА просты в обращении и дают хорошие результаты наблюдений.

Перед началом занятий учащиеся должны ознакомиться по инструкции с оптической схемой и устройством

микроскопа, расположением винтов для грубой наводки и точной фокусировки.

Качество изображения препарата, рассматриваемого в микроскоп, зависит от освещения, которое может быть естественным и искусственным. В учебной лаборатории техникума препараты рекомендуется рассматривать при дневном освещении. Микроскоп устанавливают на массивный стол так, чтобы зеркало было обращено к окну. Прямые солнечные лучи не должны попадать в микроскоп. Подобранные объективы и окуляр вставляют в тубус микроскопа. Повертывая зеркало в разные стороны, добиваются яркого освещения поля зрения.

Препарат помещают на предметный столик микроскопа и закрепляют его пружинными клеммами так, чтобы изучаемый объект был в центре поля зрения. При фокусировке тубус нужно опускать осторожно, не касаясь объективом препарата (в противном случае препарат может быть раздавлен). Как только появится ясное изображение предмета, начинают точную фокусировку микроскопа микрометрическими винтами. Достигнув четкого и ясного изображения препарата, приступают к изучению микроскопического строения древесины.

Наблюдая под микроскопом строение древесины сосны, сравнивают ее с изображением на схеме (рис. 10). При изучении микроскопического строения древесины сосны в поперечном разрезе обращают внимание на границу между годичными слоями, на ранние и поздние трахеиды, сердцевинные лучи и вертикальные смоляные ходы. На разрезе трахеиды, которые занимают значительную часть древесины, имеют вид клеток квадратной или прямоугольной формы, расположенных радиальными рядами. В пределах годичного слоя различают ранние (образующиеся весной и в начале лета) и поздние (образующиеся в конце лета и осенью) трахеиды. Ранние трахеиды — с тонкими стенками и широкой полостью — проводящие клетки. Поздние трахеиды — с толстыми стенками и малой полостью — механические ткани. Сердцевинные лучи направлены поперек годичных слоев и имеют вид узких радиальных полосок. Вертикальные смоляные ходы представляют собой каналы, направленные вдоль трахеиды.

В радиальном разрезе сосны трахеиды имеют вид длинных волокон, на стенках которых хорошо видны окаймленные поры в виде концентрических окружностей.

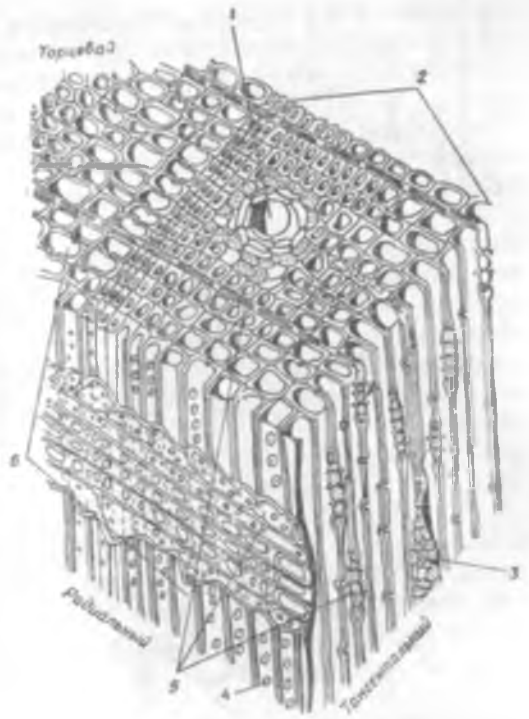


Рис. 10. Схема микроскопического строения древесины сосны

1 — вертикальный смоляной ход; 2 — годичный слой; 3 — многорядный луч; 4 — поры; 5 — сердцевинные лучи; 6 — ранние трахеиды

Узкие сердцевинные лучи видны хорошо; они длинными полосами пересекают трахеиды.

На тангентальном разрезе сосны трахеиды — длинные волокна преимущественно с гладкими стенками. Сердцевинные лучи имеют вид вертикальных цепочек и по высоте луча состоят из нескольких рядов клеток. Параллельно трахеидам проходят вертикальные смоляные ходы. Хорошо заметны горизонтальные смоляные ходы; они идут только по сердцевинным лучам и на тангентальном срезе представлены поперечным сечением.

Микроскопическое строение древесины лиственных пород изучают на образцах типичных лиственных кольцесосудистых — дуба и рассеянно-сосудистых — березы (рис. 11).

При изучении микроскопического строения древесины дуба (рис. 11, *а*) на поперечном разрезе обращают внимание на границу между годичными слоями, крупные и мелкие сосуды, широкие и узкие сердцевинные лучи, волокна либриформа и древесную паренхиму.

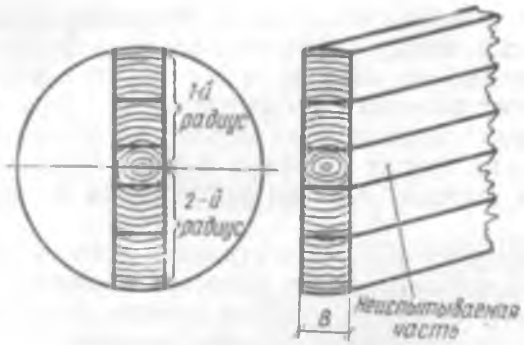


Рис. 12. Схе
распиливания
ски на рейки

Форма и размеры образцов приведены в описани
отдельных видов испытаний древесины.

При изготовлении образцов необходимо соблюдать
следующие требования: образцы не должны содержать
никаких пороков древесины; торцевые поверхности дол-
жны быть параллельными между собой и перпендикуляр-
ными боковым поверхностям; годовые слои на торцевых
противоположных ребрах должны иметь тангентальные
направления; грани образцов следует гладко обстругать
и выполнить точно под угольник; высота образцов дол-
жна иметь направление по образующей годовых слоев
(кроме образцов для испытания на растяжение поперек
волокон); отклонения в размерах допускаются в преде-
лах ±0,5 мм.

Определение влажности древесины. Влажность дре-
весины определяют в процентах по отношению к массе
абсолютно сухого образца. Образец размером 20×20×
×30 мм очищают от опилок, пыли и помещают в пред-
варительно взвешенную бюксу. Бюксу с образцом взве-
шивают на технических весах с точностью до 0,01 г и,
сняв крышку, ставят в сушильный шкаф, где при темпе-
ратуре 103±2 °С высушивают образец до абсолютно су-
хого состояния, которое определяют несколькими конт-
рольными взвешиваниями. Образцы мягких пород (сос-
на, ель, осина и т. п.) взвешивают через 6 ч после
начала сушки, твердых (дуб, бук, ясень и т. п.) — через
10 ч. Последующие контрольные взвешивания произво-
дят через каждые 2 ч. Сушку заканчивают, когда раз-
ность между результатами последних двух взвешиваний
будет не больше 0,02 г, после чего бюксу закрывают в су-
шильном шкафу крышкой и переносят из шкафа в экси-

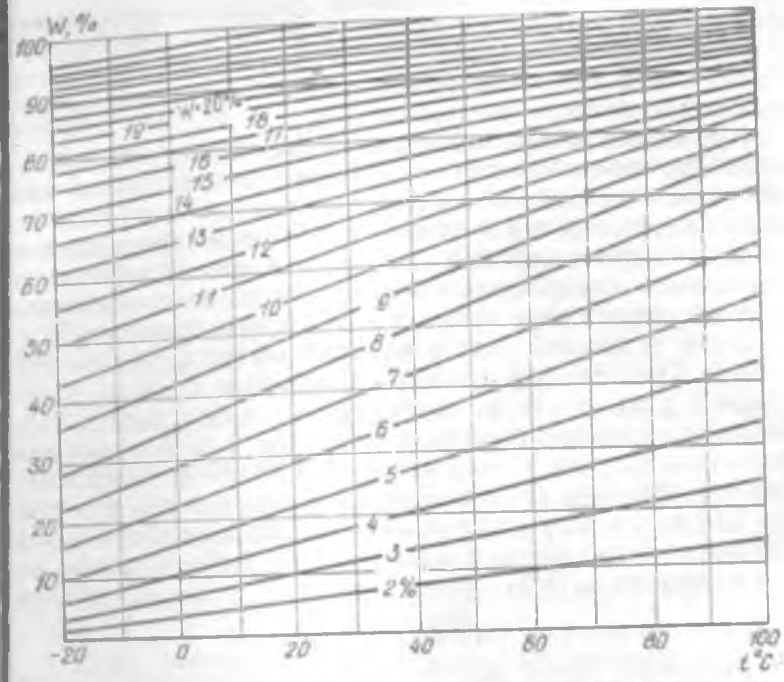


Рис. 13. Диаграмма Н. Н. Чулицкого для определения равновесной влажности древесины

катор, в конусообразную нижнюю часть которого поме-
щают безводный хлористый кальций. Бюксу с образцом
ставят на сетку эксикатора и охлаждают до комнатной
температуры.

Влажность W вычисляют с точностью до 0,1 % по фор-
муле

$$W = [(m_1 - m_2)/(m_2 - m)]\,100,$$

где m — масса пустой бюксы, г; m_1 — масса бюксы с влажным об-
разцом, г; m_2 — то же, с высушенным образцом, г.

В случае, когда древесина длительное время находи-
лась при постоянной температуре и относительной влаж-
ности воздуха и не увлажнялась атмосферными осадка-
ми, ее влажность (равновесную влажность) можно
определить по диаграмме Н. Н. Чулицкого (рис. 13). На-
пример, чтобы определить влажность древесины, храня-
щейся в помещении при температуре 20 °С и относитель-
ной влажности воздуха 60 %, по диаграмме устанавли-

вают, около какой наклонной линии вертикальная линия, соответствующая температуре 20 °С, пересекает с горизонтальной линией, соответствующей влажности 70 %. Это пересечение происходит на линии, соответствующей влажности древесины 13 %.

Определение плотности древесины. Плотность древесины определяют на образцах прямоугольной формы при влажности древесины в момент испытания в абсолютно сухом состоянии и с условной плотностью. Определение плотности древесины при влажности в момент испытания выполняют следующим образом. Из ранее изготовленных образцов в виде прямоугольных призм сечением 20×20 мм и высотой (вдоль волокон) 30 мм выбирают образцы. Подлежащие испытанию образцы должны иметь прямые углы и гладко выструганные поверхности. Размеры поперечного сечения и длину (a, b и l) измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм по осям симметрии образцов. Объем образца вычисляют с точностью до 0,01 см³. Сразу после измерения образец взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г и вычисляют плотность $\rho_m(W)$:

$$\rho_m(W) = m_W / V_W,$$

где m_W — масса образца при влажности W, г; V_W — объем образца при влажности W, см³.

Найденную плотность пересчитывают на стандартную 12 %-ную влажность древесины:

$$\rho_m(12) = \rho_m(W)\,[1 + 0{,}01\,(1 - K_0)\,(12 - W)],$$

где K_0 — коэффициент объемной усушки, %; W — влажность.

Если коэффициент объемной усушки не определялся, то при пересчете для древесины березы, бука и лиственницы значение его берут равным 0,6, а для прочих пород — 0,5.

Плотность древесины в абсолютно сухом состоянии определяют на тех же образцах, которые затем подсушивают в течение 3 ч при температуре 50—60 °С. После этого образцы высушивают в сушильном шкафу, при температуре 103±2 °С до постоянной массы так же, как описано выше (см. определение влажности). Высушенные образцы взвешивают с точностью до 0,01 г и штангенциркулем измеряют размеры поперечного сечения (a_0 и b_0) и длину l_0 по осям симметрии образцов.

Плотность древесины в абсолютно сухом состоянии ρ_0 вычисляют по формуле

$$\rho_0 = m_0 / (a_0\, b_0\, l_0),$$

где m_0 — масса образца в абсолютно сухом состоянии, г; a_0, b_0 и l_0 — размеры образца, см.

Условная плотность древесины определяется на образцах с влажностью равной или большей предела гигроскопичности. При этом допускается вымачивать образцы в дистиллированной воде при температуре 10—20 °С до изменения размеров на 0,1 мм. Образцы измеряют, высушивают и взвешивают, как указано выше.

Вычисляют условную плотность древесины с плотностью до 1 кг/м³ по формуле

$$\rho_{усл} = m_0 / (a_{max}\, b_{max}\, l_{max}),$$

где m_0 — масса образца в абсолютно сухом состоянии, г; a_{max}, b_{max}, l_{max} — размеры образца при влажности, равной или большей предела гигроскопичности, см.

Выполнив определение плотности образцов древесины, результаты необходимо записать в журнале лабораторных работ и сравнить со справочными данными, а также сделать вывод о плотности древесины (см. табл. 2).

Таблица 2. Средние значения физико-механических свойств основных хвойных и лиственных пород (при влажности 12 %)

Порода дерева	Средняя плотность, кг/м³	Предел прочности, МПа				
		вдоль волокон при			поперек волокон при	
		растяжении	сжатии	скалывании радиальном	сжатии радиальном	статическом изгибе
Сосна	500	100	48	7,5	3,6	85
Лиственница	660	125	62	11	4,6	105
Ель	450	120	44	6,8	3,3	80
Кедр	420	78	42	6,7	2,9	78
Пихта	370	70	40	6,5	3,1	70
Дуб	700	130	58	10	7,8	106
Бук	670	130	56	12	8,0	105
Береза	630	125	35	9,2	6,7	110
Осина	480	120	42	6,2	3,7	78

Определение усушки и разбухания древесины. При высыхании древесины от 30 % (точка насыщения волокон) уменьшаются ее линейные размеры и объем, т. е. происходит усушка. Обратное явление — разбухание, т. е. увеличение размеров древесины и ее объема при увлажнении до 30 %.

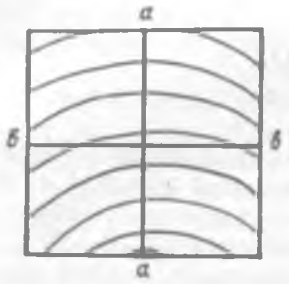


Рис. 14. Образец для определения усушки древесины

Различное строение древесины вдоль и поперек волокон, в тангентальном и радиальном направлениях, определяет и различное влияние влажности на величину усушки и разбухания. Так, в среднем изменение размеров древесины составляет по длине волокон 0,1 %, в радиальном направлении 3—6 % и тангентальном 6—12 %. Поскольку усушка вдоль волокон незначительна и не имеет практического значения ее обычно не определяют.

Линейную усушку древесины поперек волокон (радиальную и тангентальную) определяют на образце в виде прямоугольной призмы сечением 20×20 мм и высотой 30 мм. Все поверхности образцов следует гладко обработать точно под угольник и щеткой очистить от пыли. На каждый образец наносят номер.

Размеры поперечного сечения образцов измеряют штангенциркулем с точностью не более 0,01 мм по осям симметрии, размер a в радиальном направлении и размер b в тангентальном направлении (рис. 14).

На технических весах взвешивают пронумерованные бюксы с притертыми крышками с образцами до высушивания, затем помещают бюксы с образцами и снятыми крышки в сушильный шкаф для предварительного подсушивания при температуре 50—60 °С в течение 3 ч. Затем образцы высушивают при температуре 103±2 °С. Высушивание проверяют повторными взвешиваниями с точностью 0,01 г двух-трех образцов. Первое взвешивание при высушивании мягких пород выполняют не ранее чем через 6 ч высушивания при 103±2 °С, а при высушивании твердых пород — не ранее 10 ч. Повторные взвешивания проводят через 2 ч. Высушивание считается законченным, когда разница между двумя последними взвешиваниями будет не более 0,02 г. Перед взвешиванием образцы охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе с гигроскопическим веществом.

После окончания высушивания вторично измеряют поперечное сечение образцов с точностью до 0,1 мм по тем же направлениям и в тех местах, что и в первый раз. Эти измерения следует проводить как можно быстрее, чтобы древесина образцов не успела поглотить влагу из воздуха. По результатам взвешивания определяют влажность древесины по приведенной ранее формуле, а затем вычисляют с точностью до 0,1 % усушку по следующим формулам:

в радиальном направлении

$$У_р = [(a - a_1)/a_1]\,100;$$

в тангентальном направлении

$$У_т = [(b - b_1)/b_1]\,100,$$

где a, b — размеры влажного образца соответственно вдоль волокон, в радиальном и тангентальном направлениях, мм; a_1, b_1 — то же, после высушивания.

Коэффициент линейной усушки древесины, % (т. е. средней усушки на 1 % уменьшения ее влажности), по тем же направлениям вычисляют с точностью до 0,01 % по формулам:

$$K_р = У_р/W; \quad K_т = У_т/W,$$

где W — влажность образца, %, определяемая на отдельной пробе, вырезанной рядом с образцом при его изготовлении.

Объемная усушка характеризуется уменьшением объема образца древесины при изменении ее влажности от точки насыщения волокон до 0.

Объемную усушку определяют тем же способом и на том же образце, что и линейную, но кроме размеров a и b измеряют еще высоту образца l. По этим трем размерам определяют объем образца до V_W и после высушивания V_0 с точностью до 0,01 см³ по формулам:

$$V_W = abl; \quad V_0 = a_1\, b_1\, l_1.$$

Объемную усушку $V_{об}$ вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$У_{об} = (V_W - V_0)/V_0.$$

Коэффициент объемной усушки $K_{об}$ вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$K_{об} = У_{об}/W.$$

Разбухание древесины определяют на образцах того же размера. Образцы вымачивают в дистиллированной воде при температуре 20±5°С. Изменение размеров производят повторными измерениями двух-трех образцов в радиальном и тангентальном направлении через каждые 3 сут. Когда в тангентальном направлении между двумя последними измерениями будет расхождение более 0,02 мм, определяют размеры поперечного сечения образцов. Перед измерениями поверхность образцов следует обсушить фильтровальной бумагой. Измеряют и взвешивают образцы так, как описано выше.

Линейное разбухание древесины P, % с точностью до 0,1 %, вычисляют по формулам:

в радиальном направлении

$$P_р = [(b_{max} - b)/b]\,100;$$

тангентальном направлении

$$P_т = [(a_{max} - a)/a]\,100,$$

где a_{max} и b_{max} — размеры образца при влажности, равной и большей предела гигроскопичности (30 %), т. е. после вымачивания в воде, мм.

Затем вычисляют объемное разбухание древесины P_V, %, не учитывая продольного разбухания, с округлением до 0,1 % по приближенной формуле

$$P_V = [(ab - a_0 b_0)/a_0 b_0]\,100.$$

Коэффициент разбухания $K_р$ вычисляют с точностью до 0,01 на 1 % влажности по формуле

$$K_р = \frac{P}{W},$$

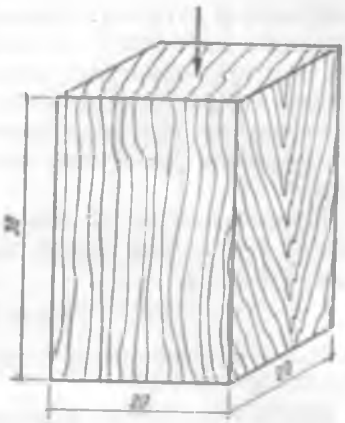
где P — линейное тангентальное или радиальное разбухание, %; W — начальная влажность образца, %, вычисленная с погрешностью до 0,1 %.

Полученные результаты при определении усушки и разбухания образцов древесины заносят в журнал лабораторных работ.

Определение механических свойств древесины

Механические свойства характеризуют способность древесины сопротивляться воздействию внешних сил (нагрузок). К механическим свойствам древесины относятся прочность, твердость, деформативность и ударная вязкость. Основным механическим свойством древесины является прочность, которая зависит от направления дей-

Рис. 15. Образец для испытания на сжатие вдоль волокон



ствующей нагрузки, породы дерева, плотности, наличия пороков.

В условиях учебной лаборатории техникума рекомендуется определять предел прочности при сжатии вдоль волокон, предел прочности на растяжение — вдоль волокон, условный предел прочности при местном сжатии — поперек волокон, предел прочности при статическом изгибе и предел прочности при скалывании — вдоль волокон. С целью сокращения времени на проведение данной лабораторной работы можно каждой из бригад учащихся поручить провести одно из перечисленных выше испытаний, а затем полученные результаты испытаний свести в общую таблицу физико-механических свойств древесины испытываемой породы.

Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон. Определение выполняют на образцах в виде прямоугольной призмы сечением 20×20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм (рис. 15). Перед испытанием измеряют размеры сечения образца (в середине его длины) штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Образец устанавливают торцевой поверхностью в центре шарнирной опоры приспособления. Приспособление с образцом помещают между головками испытательной машины и слегка зажимают его. При испытании образца скорость подачи нагрузки на образце должна быть равномерной и составлять 25 000±5000 Н/мин в течение всего времени испытания. Испытание ведут до разрушения образца, т. е. до момента, когда стрелка силоизмерителя пойдет

в обратную сторону. После разрушения немедленно определяют влажность, используя для этого целый образец. В целях экономии времени можно воспользоваться результатом определения влажности древесины, который был получен при выполнении предыдущей работы, так как образцы древесины хранились в одинаковых условиях.

Предел прочности при сжатии R_W вдоль волокон при данной влажности древесины вычисляют с точностью не более 0,5 МПа

$$R_W = P_{max}/ab,$$

где P_{max} — максимальная нагрузка, Н; a, b — размеры поперечного сечения образца, мм.

Предел прочности при сжатии вдоль волокон пересчитывают на стандартную влажность 12 % с точностью до 0,5 МПа по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности

$$R_{12} = R_W [1 + \alpha (W - 12)],$$

где α — коэффициент, равный 0,04 на 1 % влажности; R_W — предел прочности при сжатии образца с влажностью W, %, в момент испытания, МПа;

для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности (30 %):

$$R_{12} = R_W / K_{12}^{30},$$

где R_W — предел прочности при сжатии образца с влажностью W %, в момент испытания, МПа; K_{12}^{30} — коэффициент пересчета при влажности 30 %: 0,4 — для березы и лиственницы; 0,45 — для ели пихты, граба, груши, ореха, осины и тополя; 0,45 — для сосны и бука; 0,485 — для клена; 0,535 — для вяза и ясеня; 0,55 — для дуба липы и ольхи.

Пористость древесины в значительной мере влияет на величину сопротивления древесины сжатию, сама же пористость непосредственно зависит от процентного содержания в дереве поздней древесины. Отсюда возникает практическая оценка механических свойств лесных материалов по процентному содержанию в них поздней древесины

$$m = [(a_1 + a_2 + a_3 + \ldots + a_n)/l]\,100,$$

где a_1, a_2, a_3, ..., a_n — ширина поздних зон каждого годового слоя с точностью до 0,1 мм; l — расстояние между границами годовых слоев, мм.

Рис. 16. Определение процента поздней древесины

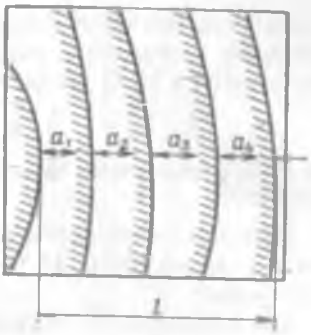


Рис. 17. Форма и размеры образца для испытания на растяжение вдоль волокон

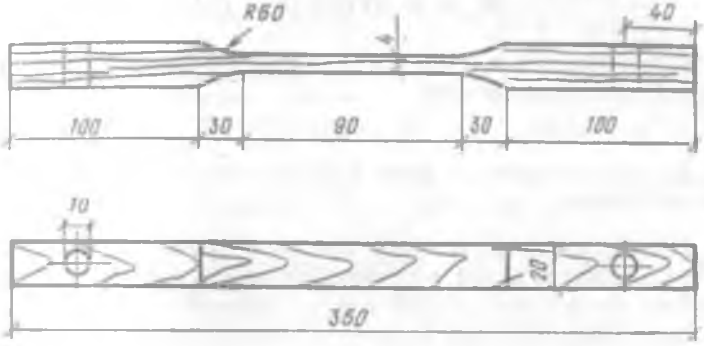


Схема определения содержания поздней древесины показана на рис. 16.

Определение предела прочности на растяжение вдоль волокон. Предел прочности на растяжение древесины вдоль волокон определяют на образцах точно установленных размеров (рис. 17). Заготовки для образцов получают путем выкалывания во избежание перерезывания волокон.

Предел прочности R_W с влажностью W в момент испытания вычисляют с точностью до 1 МПа по формуле

$$R_W = P_{max}/(ab),$$

где P_{max} — максимальная нагрузка, Н; a, b — размеры поперечного сечения рабочей части образца, мм.

Прочность образца с влажностью, отличающейся от стандартной (12 %) больше, чем на ±1 % (в пределах от 8 до 20 %), пересчитывают к влажности 12 % по указанной на с. 36,

где α — коэффициент, равный 0,01 для всех пород древесины.

Предел прочности образца с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности, пересчитывают к влажности 12 % по формуле

$$R_{12} = R_W K_{20},$$

где K_{20} — коэффициент, равный 1,3 для хвойных пород и 1,33 — для лиственных.

При необходимости предел прочности R_W пересчитывают к влажности 15 % с установленной точностью по формулам:

для образцов с влажностью, меньшей предела гигроскопичности,

$$R_{15} = R_W [1 + \alpha (W - 15)];$$

для образцов с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности

$$R_{15} = R_W K_{20},$$

где K_{20} — коэффициент, равный 1,275 для хвойных пород и 1,27 — для лиственных.

Определение условного предела прочности при местном сжатии поперек волокон. Используют образцы древесины сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 60 мм. Направление годичных слоев должно быть параллельно длине образца. Испытание в радиальном и тангентальном направлениях производят на разных образцах. Каждый образец измеряют с точностью до 0,1 мм.

Образец помещают в специальное приспособление (рис. 18) тангентальной или радиальной поверхностью кверху в зависимости от вида сжатия. Приспособление с образцом устанавливают в испытательную машину, где образец нагружается равномерно со скоростью 1000±±200 Н/мин. Через каждые 200 Н для легких пород и через 400 Н для твердых пород с помощью индикатора измеряют с точностью до 0,01 мм деформацию образца. Отсчеты по индикатору следует брать, не прекращая погружения. Испытания производят до явного условного предела прочности, что характеризуется резким увеличением деформации. По окончании испытания определяют влажность образца.

На основании парных отсчетов нагрузки и деформации вычерчивают диаграмму сжатия (рис. 19), откладывая по оси абсцисс значения деформации, а по ординат — значения нагрузки. Точка ординаты, где построенная

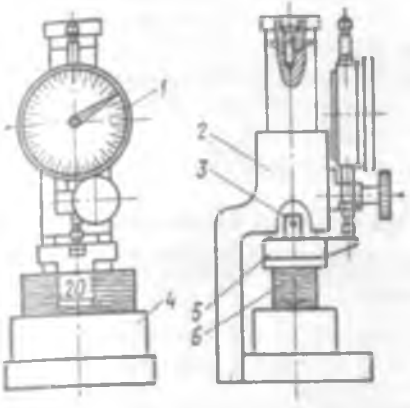


Рис. 18. Приспособление для испытания образцов древесины на сжатие поперек волокон

1 — индикатор; *2* — корпус; *3* — шток; *4* — подставка; *5* — съемный пуансон; *6* — образец

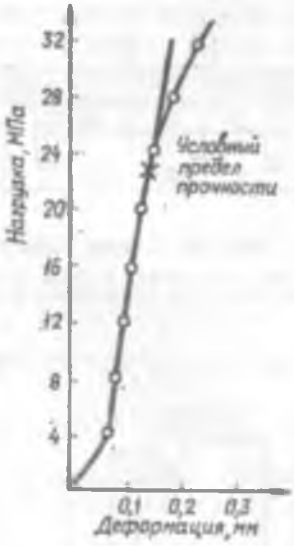


Рис. 19. Диаграмма сжатия древесины поперек волокон

линия переходит из прямолинейного очертания в криволинейное, соответствует условному пределу прочности. Значение условного предела прочности при данной влажности вычисляют с точностью до 0,1 МПа:

$$R_W = p/bl,$$

где p — нагрузка, соответствующая пределу прочности, Н; b и l — ширина и длина образца, мм.

При этом необходимо предел прочности образца R_W пересчитать к влажности 12 % с точностью до 0,1 МПа по указанной на с. 36 формуле

где α — коэффициент, равный 0,035 на 1 % влажности.

Предел прочности образца с влажностью, равной или большей предела гигроскопичности, пересчитывают к влажности 12 % с точностью до 0,1 МПа

$$R_{12} = R_W K_{12},$$

где K_{12} — коэффициент, равный 1,67 для лиственных пород в обоих направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии и 2,46 — для хвойных пород при тангентальном сжатии.

Определение предела прочности при статическом изгибе. Изготовляют образцы в форме бруска сечением 20×20 мм и длиной вдоль волокон 300 мм. Отклонения

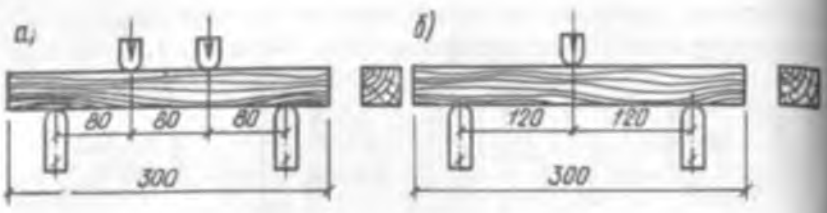
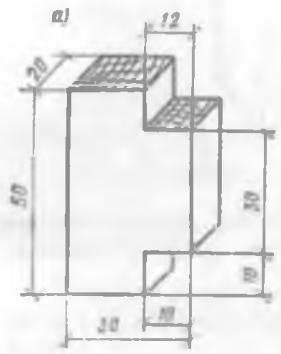


Рис. 20. Схемы испытания древесины на статический изгиб

а — при нагружении в двух точках на одной трети расстояния между опорами; *б* — при нагружении в одной точке посередине расстояния между опорами



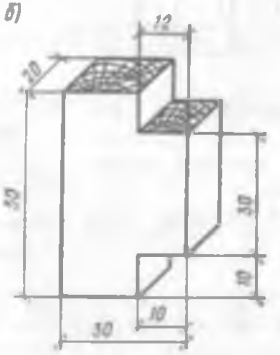


Рис. 21. Образцы для испытания древесины на скалывание вдоль волокон по плоскости

а — тангентальной; *б* — радиальной

от указанных размеров образца для поперечного сечения не должны превышать 0,5 мм, а по длине — 1 мм. Годовые слои на торцах должны быть параллельны одной паре противоположных граней.

При испытании образец укладывают на две неподвижные опоры с расстоянием между их центрами 240 мм. Нагрузка передается в двух или одной точке (рис. 20). Образец испытывают на изгиб таким образом, чтобы изгибающее усилие было направлено по касательной к годовым слоям тангентального изгиба. Скорость нагружения образца должна быть равномерной в течение всего времени испытания: 7±1,5 кН/мин — при испытании по схеме, изображенной на рис. 20, *а* и 5±1 кН — при испытании по схеме, на рис. 20, *б*. Испытание продолжают до разрушения образца, т. е. до момента движения стрелки силоизмерителя в обратную сторону. Максимальную нагрузку определяют с точностью до цены деления шкалы силоизмерителя. После испытания определяют влажность образцов, для чего пробу длиной 30 мм вырезают вблизи излома.

Предел прочности при статическом изгибе при данной влажности образца вычисляют с точностью до 1 МПа по формулам:

при нагружении в двух точках

$$R_W = (p_{max}\, l)/(bh^2);$$

при нагружении в одной точке

$$R_W = (3p_{max}\, l)/(2bh^2),$$

где p_{max} — максимальная разрушающаяся нагрузка, Н; l — расстояние между опорами, мм; b и h — ширина и высота образца, мм.

Предел прочности образцов пересчитывают на влажность 12 % по формуле на с. 36,

где α — коэффициент, равный 0,04 для всех пород.

Предел прочности образцов с влажностью, равной или больше предела гигроскопичности, пересчитывают на влажность 12 %:

$$R_{12} = R_W K,$$

где K — коэффициент, равный 1,54 для клена; 1,62 — для акации, вяза, дуба, липы, ясеня; 1,72 — для бука, груши, ивы, сосны кедровой и обыкновенной, пихты и тополя; 1,83 — для березы, граба, ели, лиственницы, ореха.

Определение предела прочности при скалывании вдоль волокон. Образцы (рис. 21) вырезают таким образом, чтобы годовые слои на торцах были параллельны плоскости скалывания при тангентальном и перпендикулярны при радиальном скалывании. Образующие годовых слоев должны быть параллельны длинным ребрам образца. Отклонения от указанных на рис. 21 размеров скалываемой части образца не должны превышать 0,5 мм. Перед испытанием штангенциркулем измеряют с точностью до 0,1 мм по ожидаемой плоскости скалывания ширину образца b и длину скалывания l.

Испытания проводят в специальном приспособлении, изображенном на рис. 22. Образец вставляют в приспособление и перемещением подвижной опоры обеспечивают прилегание опорных границ образца к соответствующим поверхностям приспособления. Подвижная опора должна прижиматься к образцу с силой 5—9 Н. Затем ставят приспособление с образцом в собранном виде на нижнюю головку испытательной машины так, чтобы верхняя торцевая поверхность длинной части образца находилась в центре приложения нагрузки. Испытывают об-

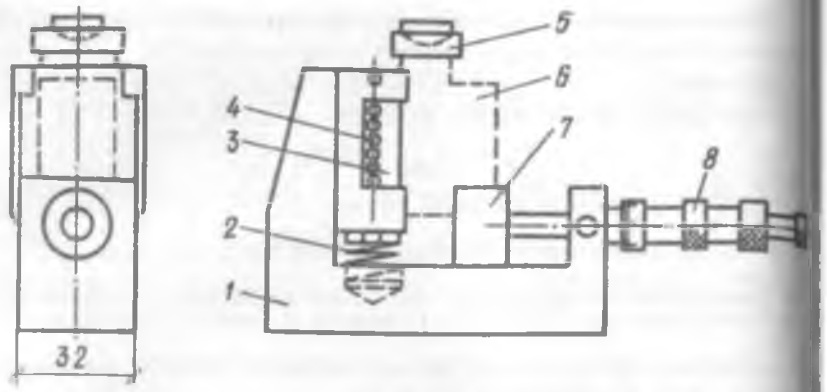


Рис. 22. Приспособление для испытания древесины на скалывание вдоль волокон

1 — корпус; *2* — пружина; *3* — подвижная планка; *4* — ролики; *5* — нажимная призма с шаровой опорой; *6* — образец; *7* — подвижная опора; *8* — устройство для прижима подвижной опоры

разцы на скалывание сначала в тангентальной плоскости, затем в радиальной. Для этого включают машину и испытание проводят до разрушения образца. Скорость нарастания нагрузки должна быть равномерной в течение всего испытания (4±1,0 кН/мин). По шкале силоизмерителя определяют максимальную нагрузку с погрешностью не более цены деления шкалы силоизмерителя. Большую часть разрушенного образца подвергают испытанию на влажность.

Предел прочности при скалывании в тангентальной плоскости при влажности в момент испытания вычисляют с точностью до $1 \cdot 10^5$ Н/м² по формуле

$$R_{ск}^{ск} = p_{max}/bl,$$

где p_{max} — максимальная нагрузка, Н; b — ширина образца, мм; l — длина скалывания, мм.

Предел прочности при скалывании пересчитывают к влажности древесины 12 % с учетом коэффициента K, равного: 1,39 — для дуба и вяза; 1,88 — для березы и ореха; 1,65 — для бука, сосны, ели и лиственницы; 1,76 — для граба, осины и тополя и 1,53 — для клена, липы, ольхи, пихты и ясеня.

Выполнив лабораторные испытания древесины каких-либо пород, учащиеся должны сравнить свои результаты со справочными данными (см. табл. 2).

Изучение пороков древесины

Древесина как строительный материал может иметь пороки различных видов, которые снижают ее качество, а иногда делают древесину непригодной для использования как в строительстве, так и в производстве изделий из нее.

Пороки древесины могут быть разделены на две основные группы: возникающие в растущем дереве и в свежесрубленной и мертвой древесине. К первой группе следует отнести пороки, связанные с условиями роста дерева, например, нарушение нормального строения дерева, наличие сучков и т. д.; ко второй группе — пороки, вызванные внешними факторами и различными грибами, насекомыми и др.

Учащиеся строительных техникумов при изучении пороков древесины используют основной учебник и данный «Практикум», а при выполнении лабораторных работ на специально подобранных образцах в виде дощечек подробно изучают сучки и трещины на сортаментах лесоматериалов.

Изучение пороков древесины целесообразно проводить в следующей последовательности: пороки формы ствола и строения древесины, сучки, трещины, химические окраски, грибные поражения древесины, повреждения древесины насекомыми.

Пороки формы ствола, как правило, образуются вследствие ненормальных условий роста дерева и климатических воздействий. К основным порокам ствола относят кривизну, сбежистость и закомелистость, которые затрудняют применение круглых лесоматериалов по назначению и усложняют их переработку, снижают сортность древесины, увеличивают количество отходов при распиловке и лущении, а также являются причиной возникновения пороков строения древесины.

Кривизна ствола в зависимости от направления изгиба бывает односторонняя и разносторонняя. Она значительно влияет на выход пиломатериала при распиловке бревен, а также оказывает отрицательное влияние на прочность древесины при продольном изгибе в случае применения круглых сортаментов в качестве стоек и других строительных элементов.

Сбежистость представляет собой резкое уменьшение диаметра ствола от комля (нижней части) к вершине.

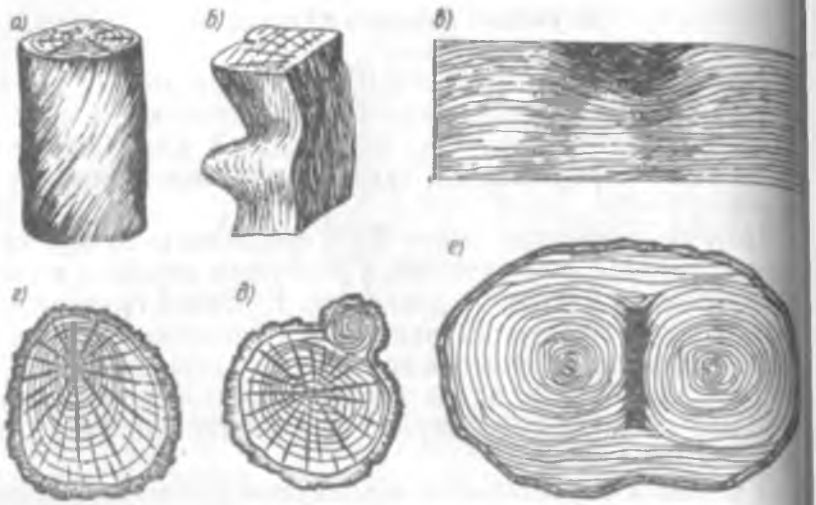


Рис. 23. Пороки строения древесины

а — косослой; *б* — свилеватость; *в* — завиток; *г* — крень; *д* — пасынок; *е* — двойная сердцевина

Этот порок наглядно наблюдается у необрезных пиломатериалов в виде ненормального уменьшения ширины досок по длине, превышающего допустимый предел. Сбежистость увеличивает отходы при распиловке бревен, обусловливает появление радиального наклона волокон в пиломатериалах, а следовательно, и снижение их прочности.

Закомелистость проявляется в виде резкого увеличения комлевой части ствола дерева. Различают округлую и ребристую закомелистость со звездчато-лопастной формой поперечного сечения бревна. При распиловке ствола на пиломатериалы закомелистую часть приходится предварительно отпиливать и пускать на дрова.

Пороки строения древесины (рис. 23) весьма разнообразны. К ним относят наклон волокон (косослой), свилеватость, завиток, крень, пасынок, двойная сердцевина, сухобокость, засмолок, водостой и др.

Наклон волокон (косослой) представляет собой непрямолинейность, а винтообразность волокон древесины (рис. 23, *а*) продольной оси изделий (бревен, брусьев, досок и т. п.). Косослойная древесина обладает повышенной величиной усушки и способна в большей степени к короблению.

Свилеватость (рис. 23, *б*) древесины характеризуется путаным или редко волнистым расположением волокон. Она чаще всего встречается у лиственных пород, преимущественно в комлевой части ствола. Свилеватость снижает прочность древесины при сжатии, изгибе и растяжении, а также затрудняет обработку древесины (строгание) вследствие возникновения выдиров и отщепов.

Завиток (рис. 23, *в*) представляет собой искривление годовых слоев древесины, вызванное сучками. На поверхности пиломатериалов завиток имеет вид скобообразных изогнутых частичек, прорезанных или замкнутых концентрических контуров, образованных искривленными годовыми слоями. Завиток снижает прочность древесины при сжатии вдоль волокон при статическом изгибе.

Крень (рис. 23, *г*) представляет собой резкое утолщение летней древесины, годичного слоя со значительным повышением его твердости на более узкой стороне и смещением сердцевины. Степень этого порока определяют в процентах по отношению к общей площади торца.

Пасынок (рис. 23, *д*) представляет собой толстый прилегающий к стволу, на значительном протяжении сросшийся с основным стволом сук. Ствол дерева с пасынком имеет овальную форму. В поперечном разрезе четко виден раздел между стволом и его пасынком. Пасынок резко снижает механические свойства и сортность древесины.

Двойная сердцевина (рис. 23, *е*) представляет собой ясно видные в поперечном разрезе ствола дерева две сердцевины. Снаружи древесного ствола обе сердцевины окружены сплошными кольцами годового слоя. Этот порок затрудняет переработку (распиловку) древесины, увеличивает количество отходов и склонность к растрескиванию.

Сухобокость — одностороннее омертвление ствола, возникающее от ненормальных условий роста дерева или его повреждения. Сухобокость вызывает местное искривление годовых слоев и нарушает правильность формы круглых материалов, что, в свою очередь, снижает выход пиломатериалов.

Засмолок — участок древесины, обильно пропитанный смолой. Присущ только хвойным породам. Он затрудняет отделку — лакировку и окраску поверхности древесных изделий.

Водослой — участок ядра или спелой древесины с по-

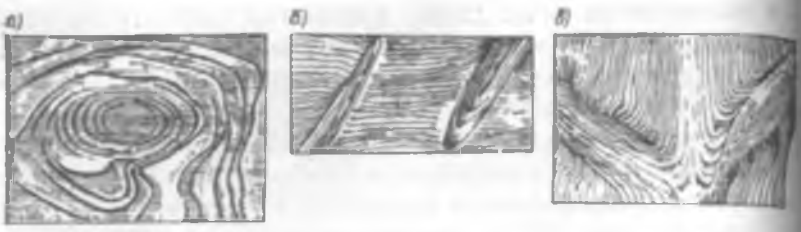


Рис. 24. Сучки

а — округло-овальный; *б* — сшивной; *в* — лапчатый

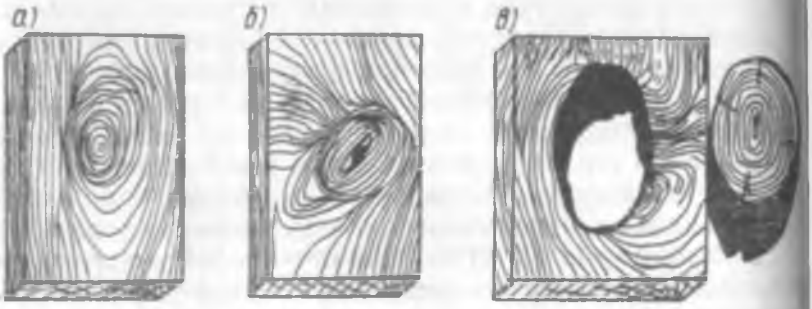


Рис. 25. Виды сучков по степени срастания с окружающей древесиной

а — сросшийся здоровый; *б* — сросшийся роговой; *в* — выпадающий

вышенной влажностью и более темной окраской; встреча-ется в комлевой части всех пород, но чаще хвойных. Водослой вызывает растрескивание сортамента.

Сучки представляют собой заключенные в древесине ствола живые или отмершие при жизни дерева основания ветвей. Количество, размеры и состояние сучков влияют на качество бревен, предназначаемых для распиловки. В зависимости от положения на стволе дерева и плоскости разреза при распиловке сучки могут выходить на поверхность пиломатериала в виде круга, овала, клина. Сучки, занимающие участок древесины округлой или овальной формы с самостоятельными концентрическими годовыми слоями, называют округло-овальными (рис. 24, *а*).

При попадании распила вдоль сросшегося сучка получают сшивной сучок (рис. 24, *б*), поперек двух рядом расположенных сучков — лапчатый сучок (рис. 24, *в*). Различают сучки сквозные, т. е. выходящие на обе про-

тивоположные плоскости пиломатериала (доски), и несквозные, выходящие только на одну плоскость доски.

В зависимости от состояния древесины сучка и степени срастания ее с древесиной ствола сучки бывают сросшиеся твердые, частично сросшиеся твердые и несросшиеся (рис. 25). Сросшиеся твердые сучки являются остатками отмерших плотно сросшихся с древесиной ветвей, отличающихся от нее лишь по цвету и твердости. Сросшиеся и частично сросшиеся твердые сучки могут быть здоровыми, т. е. не имеющими признаков гнили, окрашенными в более темный цвет, чем остальная древесина, и роговыми. Роговые сучки имеют здоровую древесину, но обильно пропитаны смолой или дубильными веществами, по цвету темнее окружающей древесины. К несросшимся относятся выпадающие твердые сучки, которые не связаны с окружающей ее древесиной; они обычно выпадают при высыхании и механической обработке. Рыхлые и табачные сучки представляют собой загнивающие омертвевшие ветви, древесина которых утратила механическую прочность. Табачные сучки при давлении легко превращаются в коричневый порошок.

Сучки ухудшают внешний вид древесины, вызывают искривление волокон и годичных слоев, нарушают однородность строения, а иногда и целостность ее, затрудняют механическую обработку, снижают прочность при растяжении вдоль волокон и изгибе. Табачные сучки указывают на наличие в древесине ядровой гнили.

Для проведения лабораторных занятий по данной теме необходимо иметь образцы древесины, сортамента лесоматериалов и образцы с сучками различных видов; металлические линейки с ценой деления шкалы 1 мм; плакаты с изображением сучков, альбом пороков древесины, учебный цветной диафильм «Лесные материалы и изделия»; ГОСТ 2140—81 (с изм.); чертежные инструменты.

Приступая к выполнению данной лабораторной работы, учащиеся должны изучить по настоящему Практикуму, ГОСТу, плакату, альбому и диафильму классификацию сучков, их основные виды и ознакомиться по стандартным схемам со способами измерения сучков.

Каждой бригаде учащихся выдаются образцы с 3—4 разновидностями сучков, которые они должны изучить и измерить, после чего в журнале для лаборатор-

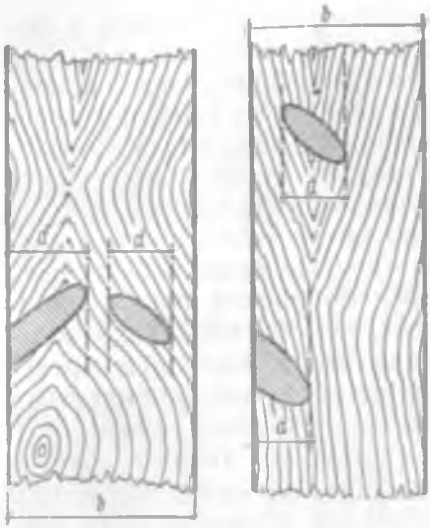


Рис. 26. Схема измерения сучков

ных работ зарисовать их, показать схемы измерения и результаты, а также дать краткое описание порока.

Измерение сучков производят согласно стандартной схеме измерения с помощью металлической линейки. Размеры сучков выражают в миллиметрах или в долях размеров сортамента, подсчитывают их количество в штуках; в круглых лесоматериалах и пилопродукции — на 1 м длины или всю сторону сортамента, в шпоне — на 1 м² или всю площадь листа.

Табачные, загнившие и гнилые сучки перед измерением зондируют щупом: разрушенная часть загнивших и гнилых сучков бывает не глубже 20—30 мм, а табачных часто достигает середины сортамента.

Круглые и овальные сучки, а также не выходящие на ребро продолговатые и разветвленные в пиломатериалах и строганом шпоне измеряют по расстоянию между касательными к контуру сучка, проведенными параллельно оси сортамента, а также по наименьшему диаметру сучка (рис. 26).

Сшивные сучки, а также выходящие на ребро продолговатые и разветвленные сучки в пиломатериалах измеряют по наименьшему диаметру продольного сечения сучка, а также по расстоянию между ребром и касательной к контуру сучка, проведенной параллельно ребру. При этом измерение выполняют на той стороне сортамента, куда выходит поперечное сечение сучка.

Продолговатые и разветвленные сучки, выходящие на ребро в пиломатериале, можно измерить также по расстоянию между ребром и касательной к контуру сучка, проведенной параллельно ребру. При этом измерение выполняют на той стороне сортамента, куда выходит продольное сечение сучка. Размеры разветвленных сучков в пиломатериале и строганом шпоне можно определять по сумме размеров составляющих сучков, измеряя каждый по способу, соответствующему его разновидности.

Ребровые сучки в пиломатериалах и строганом шпоне измеряют по расстоянию между ребром и касательной к контуру сучка, проведенной параллельно ребру, а также по протяженности сучка на ребре.

Размеры групповых сучков в пиломатериале и строганом шпоне равны сумме размеров составляющих сучков, выходящих на одну сторону сортамента. При этом каждый сучок измеряют по способу, соответствующему его разновидности.

Результаты изучения данного порока древесины оформляют в журнале для лабораторных работ, где кроме указанных выше записей, следует сделать выводы о влиянии сучков на качество древесины.

Трещины. В этой группе объединены пороки, образование которых связано с наличием внутренних, присущих каждому растущему дереву напряжений, а также напряжений, возникающих в срубленной древесине под влиянием факторов внешней среды. Трещины представляют собой разрыв древесины вдоль волокон; они нарушают однородность древесины, снижают прочность и способствуют образованию гнили. В зависимости от времени и условий трещин, а также характера повреждения в круглом лесе и пиломатериалах различают трещины следующих видов: метик, отлуп, морозобоина, трещины усушки. Трещины нарушают целостность материала и уменьшают механическую прочность древесины, а также снижают процент выхода качественных пиломатериалов и шпона.

Метик — одна или несколько продольных внутренних трещин, проходящих через сердцевину ствола и направленных радиально, но до периферии ствола не доходящих. Метик бывает простой и сложный. Простой метик (рис. 27, *а*) состоит из одной или двух трещин на торце, расположенных по одному диаметру и идущих по длине сортамента, в одной плоскости.

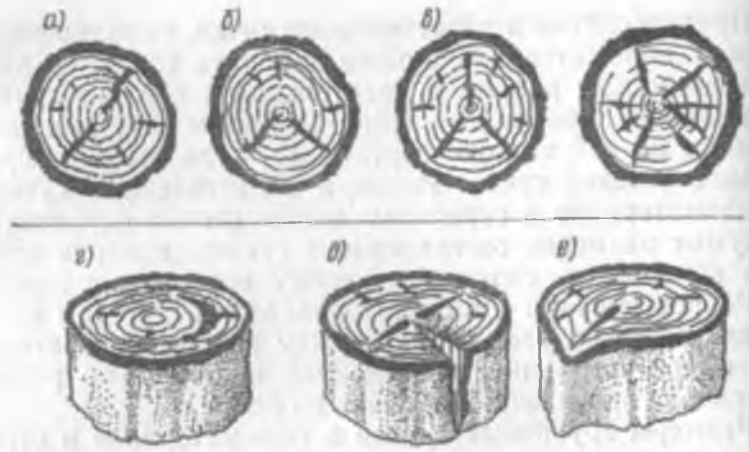


Рис. 27. Виды трещин

а — метик простой; *б* — метик сложный; *в* — метик крестовой; *г* — отлуп; *д* — морозобоина открытая; *е* — морозобоина закрытая

Рис. 28. Разновидности трещин усушки в зависимости от положения в сортаменте

а — торцевые; *б* — пластовые; *в* — кромочные; *г* — сквозные

Сложный метик состоит из одной или двух трещин на торце, расположенных по одному диаметру и идущих по длине сортамента не в одной плоскости (рис. 27, *б*), а по спирали. Сложный метик может состоять из двух или нескольких трещин на торце, расположенных под углом друг к другу и идущих по длине сортамента не в одной плоскости. Такой метик часто называют крестовым (рис. 27, *в*).

Метик нарушает целостность древесины, что вызывает снижение ее прочности. Простой метик, в отличие от сложного, в меньшей мере снижает сортность пиловочных бревен. В прочих сортаментах метики снижают сортность в зависимости от размера трещин и их расположения.

Отлуп — внутренняя трещина, идущая по годовому слою и распространяющаяся на некотором протяжении вдоль сортамента. Наблюдается в круглых сортаментах, чаще на комлевом торце, в виде дугообразной трещины (рис. 27, *г*), незаполненной смолой (частичный отлуп) или в виде кольцеобразной трещины (полный, или кольцевой отлуп). Отлуп образуется под влиянием напряжений, возникающих под воздействием ветра и мороза. Нарушая цельность древесины в пиломатериалах, отлуп портит пласть доски и понижает сортность.

Морозобоина — наружная радиальная трещина, возникающая зимой при резком охлаждении ствола. Она чаще всего располагается в комлевой части и идет на значительную глубину до сердцевины. Морозобоина бывает открытой (рис. 27, *д*) и закрытой (рис. 27, *е*). Нарушая цельность древесины и изменяя форму ствола, она может понижать сортность и выход пиломатериалов; кроме того, может способствовать появлению в древесине гнили.

Трещины усушки (рис. 28) — наружные трещины, появляющиеся в бревнах и пиломатериалах при высыхании древесины. Трещин усушки: торцевые, наблюдающиеся только на торце без выхода на боковую поверхность (рис. 28, *а*); торцевые односторонние (пластовые), наблюдающиеся на торце и выходящие на один пласт сортамента (рис. 28, *б*); кромочные (рис. 28, *в*), торцевые сквозные, наблюдающиеся на торце, причем трещина выходит на оба пласта (на противоположные боковые поверхности, рис. 28, *г*). При этом они нарушают цельность древесины и снижают ее сортность.

Для проведения лабораторных занятий по данной теме необходимо иметь образцы, выпиленные из лесоматериалов (бревен, досок и фанеры) с наличием разнообразных трещин; металлические линейки с ценой деления шкалы 1 мм; метр, щупы, альбом пороков древесины; учебный цветной диафильм «Лесные материалы и изделия»; плакат с изображением основных видов трещин и схем их измерения; ГОСТ 2140—81 (с изм.).

Приступая к выполнению данной лабораторной работы, учащиеся должны изучить по настоящему Практикуму, ГОСТу, плакату, альбому и диафильму разновидности сучков и схемы их измерения.

Каждой бригаде учащихся выдаются 3—4 образца с различными трещинами, которые они должны изучить, определить разновидность и измерить, после чего в жур-

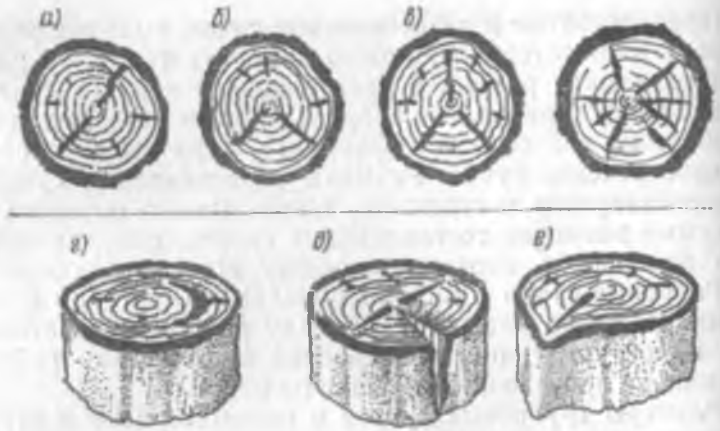


Рис. 27. Виды трещин

а — метик простой; *б* — метик сложный; *в* — метик крестовой; *г* — отлуп; *д* — морозобоина открытая; *е* — морозобоина закрытая

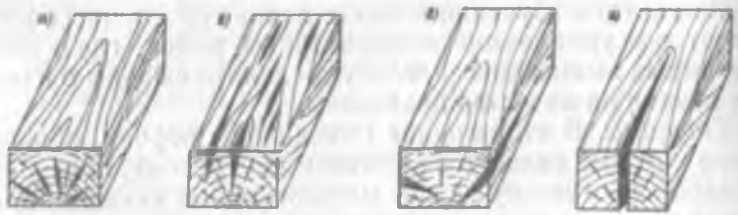


Рис. 28. Разновидности трещин усушки в зависимости от положения в сортаменте

а — торцевые; *б* — пластовые; *в* — кромочные; *г* — сквозные

Сложный метик состоит из одной или двух трещин на торце, расположенных по одному диаметру и идущих по длине сортамента не в одной плоскости (рис. 27, *б*), а по спирали. Сложный метик может состоять из двух или нескольких трещин на торце, расположенных под углом друг к другу и идущих по длине сортамента не в одной плоскости. Такой метик часто называют крестовым (рис. 27, *в*).

Метик нарушает целостность древесины, что вызывает снижение ее прочности. Простой метик, в отличие от сложного, в меньшей мере снижает сортность пиловочных бревен. В прочих сортаментах метики снижают сортность в зависимости от размера трещин и их расположения.

Отлуп — внутренняя трещина, идущая по годовому слою и распространяющаяся на некотором протяжении вдоль сортамента. Наблюдается в круглых сортаментах, чаще на комлевом торце, в виде дугообразной трещины (рис. 27, *г*), незаполненной смолой (частичный отлуп) или в виде кольцеобразной трещины (полный, или кольцевой отлуп). Отлуп образуется под влиянием напряжений, возникающих под воздействием ветра и мороза. Нарушая цельность древесины в пиломатериалах, отлуп портит пласть доски и понижает сортность.

Морозобоина — наружная радиальная трещина, возникающая зимой при резком охлаждении ствола. Она чаще всего располагается в комлевой части и идет на значительную глубину до сердцевины. Морозобоина бывает открытой (рис. 27, *д*) и закрытой (рис. 27, *е*). Нарушая цельность древесины и изменяя форму ствола, она может понижать сортность и выход пиломатериалов; кроме того, может способствовать появлению в древесине гнили.

Трещины усушки (рис. 28) — наружные трещины, появляющиеся в бревнах и пиломатериалах при высыхании древесины. Трещин усушки: торцевые, наблюдающиеся только на торце без выхода на боковую поверхность (рис. 28, *а*); торцевые односторонние (пластовые), наблюдающиеся на торце и выходящие на один пласт сортамента (рис. 28, *б*); кромочные (рис. 28, *в*), торцевые сквозные, наблюдающиеся на торце, причем трещина выходит на оба пласта (на противоположные боковые поверхности, рис. 28, *г*). При этом они нарушают цельность древесины и снижают ее сортность.

Для проведения лабораторных занятий по данной теме необходимо иметь образцы, выпиленные из лесоматериалов (бревен, досок и фанеры) с наличием разнообразных трещин; металлические линейки с ценой деления шкалы 1 мм; метр, щупы, альбом пороков древесины; учебный цветной диафильм «Лесные материалы и изделия»; плакат с изображением основных видов трещин и схем их измерения; ГОСТ 2140—81 (с изм.).

Приступая к выполнению данной лабораторной работы, учащиеся должны изучить по настоящему Практикуму, ГОСТу, плакату, альбому и диафильму разновидности сучков и схемы их измерения.

Каждой бригаде учащихся выдаются 3—4 образца с различными трещинами, которые они должны изучить, определить разновидность и измерить, после чего в жур-

нале для лабораторных работ зарисовать, записать результаты измерений и дать краткое описание порока трещин.

Боковые трещины измеряют по глубине и длине. Торцевые трещины, кроме трещин усушки, в круглых лесоматериалах измеряют по наименьшей толщине, сердцевинной вырезке, а также по наименьшему диаметру круга, в которые они могут быть вписаны, или по наименьшей ширине неповрежденной периферической зоны торца (в линейных мерах или долях диаметра торца). Торцевые трещины усушки в круглых лесоматериалах измеряют по глубине (в линейных мерах или долях диаметра торца), в пиломатериалах — по глубине и протяженности на торце.

Размеры отлупных торцевых трещин определяют (в линейных мерах или долях размера сортамента) по хорде, если трещины занимают менее половины окружности годичного сырья, или по диаметру, если трещина занимает половину или более половины окружности годичного слоя.

Результаты изучения данного порока древесины оформляют в журнале для лабораторных работ, где помимо рекомендуемых выше записей следует сделать выводы о влиянии трещин на качество лесоматериалов.

Ненормальные окраски и гнили. Нормальный цвет древесины изменяется в результате биохимических реакций окисления дубильных и красящих веществ, а также под влиянием поселившихся в ней грибов, в результате чего древесина приобретает различную окраску: светлую, темную синеву, выступающие отдельные желтые или бурые пятна.

Под воздействием грибов древесина либо только окрашивается и ее физико-механические свойства почти не изменяются, либо наряду с изменением цвета происходит существенное снижение физико-механических свойств древесины. Всякий разрушающий древесину гриб вначале вызывает изменение ее окраски, а впоследствии и заметное изменение структуры.

Наружные окраски и гнили появляются чаще всего в древесине после срубки дерева в виде заболонной красницы, гнили и мраморной гнили. К внутренним окраскам и гнилям относятся ложное ядро, внутренняя краснина, пятнистость.

Характерным признаком заражения древесины гри-

Рис. 29. Древесина, пораженная домовыми дереворазрушающими грибами

а — настоящим; *б* — белым; *в* — пленчатым

бами является появление на ее поверхности плесневатых налетов гнили, белого пушка или белых нитей.

Наибольшее разрушение древесины вызывают домовые грибы (рис. 29). Они разрушают древесные конструкции из всех пород древесины. Чаще других встречается настоящий домовый гриб (рис. 29, *а*), который в благоприятных для своего развития условиях (влажность свыше 25 % и температура окружающего воздуха 18—20 °С) сначала вызывает образование бурой гнили, а затем появление в древесине трещин вдоль и поперек волокон. В течение короткого времени деревянные конструкции зданий, пораженные домовыми грибами, могут прийти в аварийное состояние. Опасны для древесины белый домовый и домовый пленчатый грибы.

Другие грибы-разрушители при значительном разнообразии встречаются гораздо реже. При высыхании дре-

весины все грибы погибают и процесс гниения прекращается.

Степень поражения древесины грибом может быть различной. Если в древесине имеются плодовые тела грибов, хорошо развитая грибница и шнуры (гифы), то вид гриба может быть установлен по данным специальных таблиц. В том случае, когда обнаруживают только следы грибницы, следует произвести микроскопический анализ грибницы и древесины.

Повреждения насекомыми. Насекомые поражают древесину в периоды роста дерева, хранения на складах и в сооружениях. Они образуют в древесине различные ходы и отверстия, снижающие прочность древесины. Кроме того, насекомые часто заносят в эти ходы споры грибов. Особенно большой вред древесине приносят жуки-короеды, мебельный или домовый точильщик, шашель и др.

Жуки-короеды поражают древесину всех пород на корню, образуя неглубокие поверхностные извилистые ходы-борозды. Мебельный, или домовый точильщик поражает деревянные элементы зданий и сооружений. Признаком точильщика является наличие большого числа мелких круглых отверстий, из которых высыпается древесная мука желтого цвета. Морской червь — шашель — очень быстро разрушает подводные части деревянных портовых сооружений. Проникая в древесину, он проделывает в ней большое количество ходов, в результате чего древесина за короткий срок почти полностью теряет свою прочность.

При изучении повреждения древесины насекомыми необходимо ознакомиться с видами насекомых — разрушителей древесины и измерить величину червоточины. Последняя представляет собой совокупность ходов и отверстий, проделанных в древесине насекомыми и их личинками. Червоточина наблюдается на поверхности лесоматериалов в виде круглых и овальных отверстий или в виде бороздок и канавок. В зависимости от глубины проникания червоточина бывает поверхностная, неглубокая, глубокая и сквозная (рис. 30).

Поверхностная червоточина (рис. 30, *а*) проникает в древесину на глубину до 3 мм, неглубокая (рис. 30, *б*) — на глубину до 15 мм в круглых лесоматериалах и не более 5 мм в пиломатериалах, глубокая (рис. 30, *в*) — на глубину от 15 мм и более в круглых лесомате-

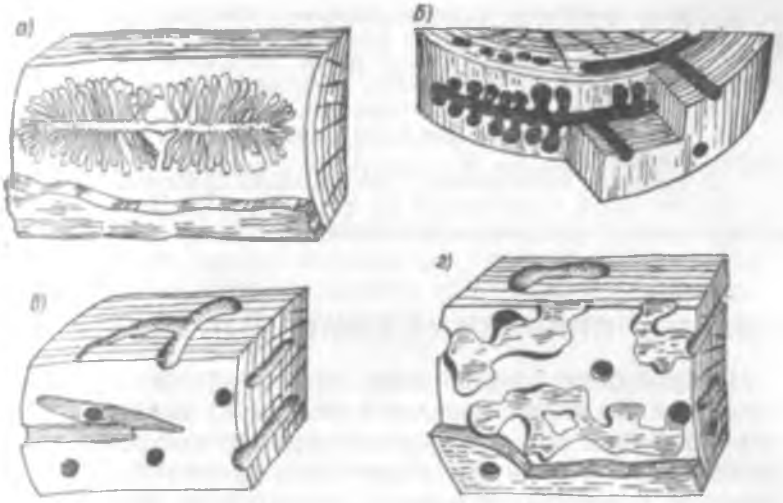


Рис. 30. Червоточина

а — поверхностная; *б* — неглубокая; *в* — глубокая; *г* — сквозная

риалах и более 5 мм в пиломатериалах. Сквозная червоточина (рис. 30, *г*) выходит на две противоположные стороны сортамента.

По размеру отверстий червоточину подразделяют на некрупную и крупную. Некрупная червоточина характеризуется отверстиями диаметром до 3 мм, а крупная — диаметром более 3 мм. Поверхностная червоточина не влияет на механические свойства древесины. Неглубокая и глубокая червоточины нарушают целостность древесины и снижают ее механические свойства.

Червоточину измеряют по наименьшему диаметру, мм, и по количеству, шт.: в круглых лесоматериалах и пилопродукции на 1 м длины или всю сторону сортамента; в шпоне — на 1 м^2 или всю площадь листа.

Контрольные вопросы

1. Назовите основные части ствола дерева, видимые невооруженным глазом на его поперечном разрезе.
2. Перечислите основные структурные элементы древесины сосны, наблюдаемые под микроскопом.
3. Перечислите основные физические свойства древесины.
4. Кратко изложите методику определения влажности древесины.
5. Назовите механические свойства древесины.
6. Изложите методику определения предела прочности при сжатии древесины вдоль волокон.

7. Нарисуйте общий вид образца для определения предела прочности древесины при скалывании вдоль волокон.

8. Какие пороки формы ствола дерева Вы знаете?

9. Перечислите пороки строения древесины.

10. Какие виды сучков Вам известны?

11. Что такое морозобоина и как она влияет на качество древесины ствола?

12. Назовите виды грибов — разрушителей древесины.

13. Что такое червоточина? На какие виды она подразделяется и как влияет на механические свойства древесины?

ГЛАВА 3. ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Природными каменными материалами называют строительные материалы, полученные из горных пород без обработки или в результате применения лишь механической обработки (раскалывание, распиливание, шлифование, полирование и др). Природные каменные материалы в этом случае полностью сохраняют физико-механические свойства горной породы, из которой они были получены.

Горная порода представляет собой камневидное тело, состоящее из одного или нескольких минералов. Минералы являются природными химическими соединениями, образовавшимися в результате различных физико-химических процессов, происходящих в земной коре. В природе насчитывается более 2000 минералов, но в образовании горных пород участвуют около 50; их называют породообразующими.

Изучение свойств породообразующих минералов

Строительные свойства горных пород определяются химическим составом породообразующих минералов и их основными физико-механическими свойствами. Каждый минерал характеризуется определенным химическим составом и физико-химическими свойствами: блеском, цветом, плотностью, твердостью, прочностью, стойкостью, характером излома и др. Большинство породообразующих минералов имеют кристаллическую структуру и обладают анизотропией.

Изучением минералогического состава горных пород и определением вида исследуемых минералов занимается наука петрография. В петрографических лабораториях при помощи поляризационных микроскопов опре-

деляют отдельные характеристики минералов (оси симметрии, гранные углы и др.), после чего, сравнивая полученные данные с характеристиками минералов-эталонов, определяют вид исследуемого минерала. Однако такие испытания сложны, требуют специального оборудования, теоретической подготовки и практических навыков.

В условиях учебной лаборатории вид породообразующего минерала можно определить, применяя молоток, стальную иглу, лупу, металлическую измерительную линейку, 10 %-ный раствор соляной кислоты, а также набор минералов-эталонов.

При проведении лабораторных занятий по данной теме учащимся выдают набор минералов-эталонов, свойства которых они изучают, пользуясь учебником, два-три образца для определения вида (названия) минерала. Прежде всего учащиеся сравнивают внешние признаки образца с эталоном (цвет, блеск, структру) и ориентировочно дают название исследуемому минералу. Затем для проверки предварительных выводов определяют твердость минерала при помощи шкалы твердости Мооса (табл. 3).

Таблица 3. Шкала твердости минералов

Показатель твердости	Минерал	Характеристика твердости
1	Тальк	Легко чертится ногтем
2	Гипс	Ноготь оставляет черту
3	Кальцит	Легко чертится стальным ножом
4	Плавиковый шпат	Чертится стальным ножом под небольшим давлением
5	Апатит	Чертится стальным ножом при сильном нажиме, стекло не чертит
6	Ортоклаз (полевой шпат)	Слегка царапает стекло, стальной нож черты не оставляет
7	Кварц	Легко чертит стекло, стальной нож черты не оставляет
8	Топаз	То же
9	Корунд	»
10	Алмаз	»

В шкале твердости 10 специально подобранных минералов расположены в такой последовательности, когда следующий по порядку минерал оставляет черту

Таблица 4. Характеристика минералов горных пород

Минерал	Структура	Твердость	Цвет	Истинная плотность, г/см³	Другие характерные признаки	Условия нахождения в природе
Каолин	Аморфная, зернистая	1	Белый, желтоватый	2,5	Излом землистый, материал легко рассыпается, жирный на ощупь	В чистом виде
Гипс	Кристаллическая, зернистая; бывает пластинчатой и волокнистой	1,5—2	Белый, желтоватый, розовый	2,2	Прозрачные кристаллы, материал иногда волокнистый, хрупкий	То же
Мусковит	Кристаллическая, листовая	1,5—2,5	Серебристый, белый, светло-желтый	2,8	Расщепляется на тончайшие прозрачные листочки большой упругости	В граните, сиените, гнейсе
Биотит	То же	2—3	Черный, бурый, темно-зеленый	2,8	Расщепляется на тонкие неломкие листочки	То же
Кальцит	Кристаллическая и зернистокристаллическая	3	Белый, серый, желтый	2,6	Прозрачен, при ударе распадается на ромбические кристаллы, вскипает в холодном растворе	В известняках, мраморе и других карбонатных породах
Доломит	Кристаллическая	3,5	Белый, серый	2,8	В растворе соляной кислоты вскипает только в порошкообразном состоянии при подогреве	То же
Авгит	То же	5—6	Черный и темно-зеленый	3,4	Просвечивает; блеск стеклянный	В магматических породах
Роговая обманка	»	5—6	Черный и зеленобурый	3,1	Отчетливая спайность в одном направлении	То же
Ортоклаз	»	6	Белый, серый, розовый, красный	2,5	На плоскостях спайности стеклянный блеск	В граните, сиените, гнейсе
Кварц	Кристаллическая	7	Бесцветный, белый, серый, черный, фиолетовый	2,6	Излом раковистый, острый	В граните, гнейсе, песчанике

Таблица 5. Основные свойства некоторых горных пород

Порода	Цвет	Минералы, входящие в состав породы	Структура породы	Средняя плотность, кг/м³	Предел прочности при сжатии, МПа
Гранит	Серый, голубовато-серый, розовый и темно-красный	Кварц, полевой шпат, слюда	Кристаллическая	2500—2800	100—250

Продолжение табл. 5

Порода	Цвет	Минералы, входящие в состав породы	Структура породы	Средняя плотность, кг/м³	Предел прочности при сжатии, МПа
Диорит	Серо-зеленый до темно-зеленого	Полевой шпат, роговая обманка, иногда кварц	Кристаллическая	2700—2900	150—300
Габбро	Серый до черного	Полевой шпат, авгит, оливин, слюда	То же	2800—3100	200—350
Лабродорит	Темный	Полевой шпат, авгит, оливин, лабрадор	»	2600—2900	150—250
Диабаз	Серый до темно-серого	Полевой шпат и авгит	Мелкозернистая, кристаллическая	2800—2900	200—300
Базальт	Темный, черный	Полевой шпат, авгит	Скрытокристаллическая	2900—3300	200—400
Известняк	Серый, желтый	Кальцит	Плотная аморфная, частично кристаллическая	1800—2600	50—150
Песчаник	Белый до темного	Кварц	Зерна кварца соединены глиной, известью, кальцитом, кремнеземом и др.	2300—2600	80—300
Мрамор	Белый, розовый до черного	Кальцит и доломит	Зернисто-кристаллическая	2600—2800	100—300
Кварцит	Белый до темно-вишневого	Кварц	Зерна кварца соединены природными цементами	2500—2700	300—400

(царапину) на предыдущем, а сам им не прочерчивается.

Твердость определяют следующим образом. На гладкой поверхности исследуемого образца минерала пробуют нанести черту каждым из минералов, указанных в шкале, начиная с самого мягкого. При этом устанавливают, какой минерал оставляет черту (царапает исследуемый образец). Например, если исследуемый минерал чертится апатитом, а сам оставляет черту (царапину) на плавиковом шпате, то его твердость соответствует 4,5. Чтобы иметь достоверные данные о твердости минерала, необходимо испытать не менее трех отдельных образцов, сделав для каждого образца по три определения, как указано выше.

Некоторые минералы могут иметь близкую по значению твердость и мало различаться по внешним признакам, например кальцит и гипс или ангидрит. В этом случае на образец из капельницы капают 10 %-ный раствор соляной кислоты. При этом карбонаты (например, кальцит) «вскипают», выделяя углекислый газ. Способ воздействия соляной кислотой является довольно эффективным для определения вида минерала. Значения прочности, плотности и другие сведения о минералах приведены в табл. 4. Данные лабораторных испытаний, а также сведения о минералах, изложенные в учебнике и в учебном пособии, учащиеся заносят в таблицы журнала для лабораторных работ.

Изучение свойств горных пород

Горные породы образовались в результате разнообразных геологических, химических и других процессов, которые происходили на протяжении многих миллионов лет. От условий образования в значительной мере зависят группа и физико-механические свойства горных пород.

Большое значение имеет их петрографическая характеристика, которая дает возможность не только установить вид горной породы и составить предварительные суждения о ее качестве, но и дополняет результаты лабораторных испытаний сведениями о таких важных свойствах, как степень однородности и выветрелости, строение, сложение, рисунок, характер раскола и др.

Для макроскопического исследования горных пород необходимо иметь молоток, стальную иглу, лупу, шкалу

твердости, металлическую линейку с миллиметровыми делениями и 10 %-ный раствор соляной кислоты. При проведении лабораторной работы по этой теме учащиеся получают два-три образца различных горных пород и выполняют макроскопические испытания их. Исследования горной породы начинают с осмотра и описания ее внешнего вида.

Цвет породы, его однородность и блеск дают возможность установить вид минералов, составляющих горную породу. Содержание в горной породе минералов карбонатной группы определяют действием 10 %-ного раствора соляной кислоты, которая вызывает «вскипание» на поверхности образца породы, содержащего углекислый кальций. Используя данные, приведенные в табл. 5, можно определить минералогический состав исследуемой горной породы.

Затем осмотром свежего излома определяют строение (структуру) и сложение (текстуру) породы.

По содержанию минералов, их цвету и структуре можно установить вид горной породы, а затем ориентировочно ее свойства (см. табл. 5). В том случае, когда учащиеся получают образцы известных горных пород они заполняют в журнале для лабораторных работ таблицу, занося в нее основные свойства горной породы. Для получения данных о свойствах горных пород рекомендуется использовать учебник и данное учебное пособие.

Контрольные вопросы

1. Что такое горная порода?
2. Что такое минерал?
3. Перечислите минералы шкалы твердости Мооса в порядке возрастания твердости от 1 до 10.
4. Какие приспособления используют в учебной лаборатории для макроскопических исследований горных пород?
5. Какие горные породы определяют, используя раствор соляной кислоты?

ГЛАВА 4. КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

Керамическими называют искусственные каменные материалы, получаемые из глиняных масс путем формования, сушки и последующего обжига. После обжига керамические материалы приобретают значительную

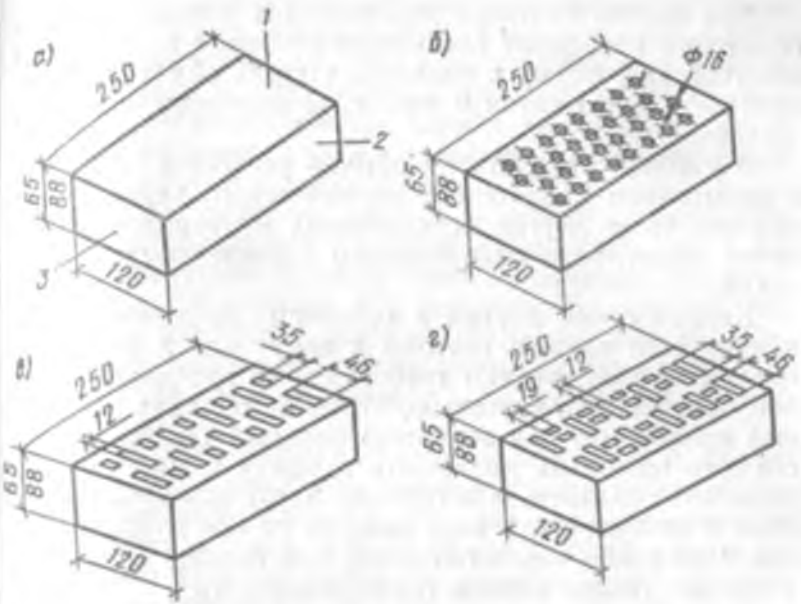


Рис. 31. Керамический кирпич — полнотелый (*а*), с 32 (*б*), 18 (*в*) и 28 (*г*) пустотами

1 — постель; *2* — ложок; *3* — тычок

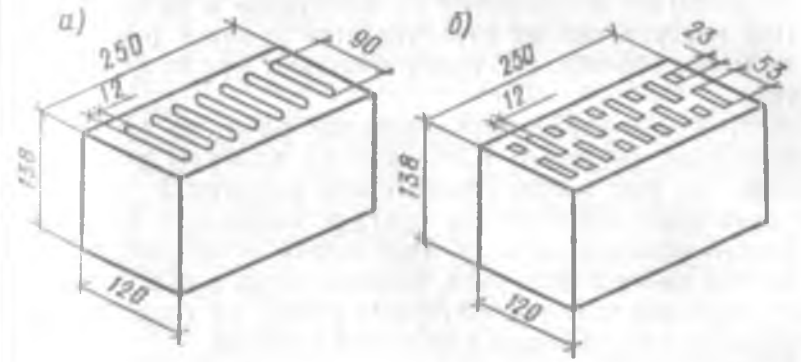


Рис. 32. Пустотелые керамические камни с 7 (*а*) и 18 (*б*) пустотами

прочность, водостойкость, морозостойкость и ряд других ценных свойств. Среди керамических материалов наибольшее распространение имеют керамический обыкновенный и пустотелый кирпич (рис. 31), пустотелые керамические камни (рис. 32), облицовочные плитки, керамическая черепица и керамзит.

Для оценки качества керамических материалов в лаборатории проверяют следующие основные их свойства: внешний вид, форму и размеры, степень обжига, предел прочности при сжатии и изгибе, водопоглощение, морозостойкость.

В учебной лаборатории обычно учащихся знакомят с испытанием полнотелого керамического кирпича, так как его чаще других керамических материалов приходится испытывать лабораториям строительных организаций.

Керамический кирпич в основном применяют для кладки стен зданий, поэтому к нему как к стеновому материалу предъявляют требования по прочности и теплопроводности. Желательно, чтобы он обладал наибольшей прочностью при возможно меньшей теплопроводности, что позволить уменьшить толщину и массу стены и снизить стоимость конструкции. Теплопроводность кирпича в значительной мере зависит от его водопоглощения. Чем выше водопоглощение, тем больше пористость и соответственно меньше теплопроводность.

Для оценки качества керамического кирпича согласно ГОСТ 530—80 отбирают среднюю пробу от каждой партии кирпича (за партию принимают 100 тыс. шт) и не менее 30 шт. направляют на испытание в лабораторию. При поступлении на строительство кирпича в количестве менее 100 тыс. шт. пробу отбирают как от целой партии.

Для выполнения лабораторных работ по этой теме подгруппу учащихся разделяют на бригады по два-три человека так, чтобы общее число испытаний кирпичей равнялось пяти. Каждая бригада выполняет испытание одного образца-кирпича. Результаты испытаний, полученные каждой бригадой, заносят затем в общую таблицу журнала для лабораторных работ, на основании которых делают выводы о качестве кирпича.

Определение качества кирпича по внешнему осмотру и обмеру

Внешним осмотром устанавливают наличие недожога в контролируемом кирпиче, для чего сравнивают отобранные образцы с эталоном (нормально обожженным кирпичом). Более светлый вид кирпича, чем у эталонного («алый» кирпич), и глухой звук при ударе по кирпичу молотком указывают на наличие недожога. Пережженный кирпич характеризуется оплавлением и вспучиванием, имеет бурый цвет и, как правило, искривлен. Недожженный и пережженный кирпич является браком.

После внешнего осмотра кирпич измеряют по длине, ширине и толщине, а также определяют искривление поверхностей ребер и длину трещин.

Линейные размеры кирпича и размеры трещин проверяют металлической линейкой с точностью до 1 мм. Кирпич одинарный должен иметь следующие размеры, мм: длину 250, ширину 120, толщину 65; кирпич модульный — длину 250, ширину 120 и толщину 88. Допускаемые отклонения от этих размеров для кирпича не должны превышать по длине ±5, по ширине ±4, по толщине ±3 мм.

Кирпич должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда с прямыми ребрами и углами, четкими гранями и ровными лицевыми поверхностями. Искривление поверхностей и ребер, отбитость или притупленность ребер и углов устанавливают при помощи металлического угольника и линейки с точностью до 1 мм. В лаборатории кирпич укладывают на ровный стол. К проверяемой поверхности прикладывают ребром металлическую линейку или треугольник в таком направлении, чтобы выявить максимальное значение прогиба поверхности (рис. 33). Максимальное значение зазора между ребром линейки и проверяемой поверхностью изделия измеряют специально изготовляемыми для этой цели калибрами. Результат измерений записывают в журнал для лабораторных работ и сравнивают с данными ГОСТ 530—80.

По форме и внешнему виду кирпича стандартом допускаются следующие отклонения:

искривление граней и ребер кирпича — по постели не более 3 мм и по ложку не более 4 мм;

сквозные трещины на ложковых гранях (т. е. на сторонах размером 250×65 и 250×88 мм) на всю толщину кирпича протяженностью по ширине кирпича до 30 мм включительно — не более одной (кирпич, имеющий сквозную трещину протяженностью более 30 мм, относится к половняку);

отбитости или притупленности ребер и углов размером по длине ребра не более 15 мм — не свыше двух.

Известковые включения (дутики), вызывающие разрушение кирпича, не допускаются.

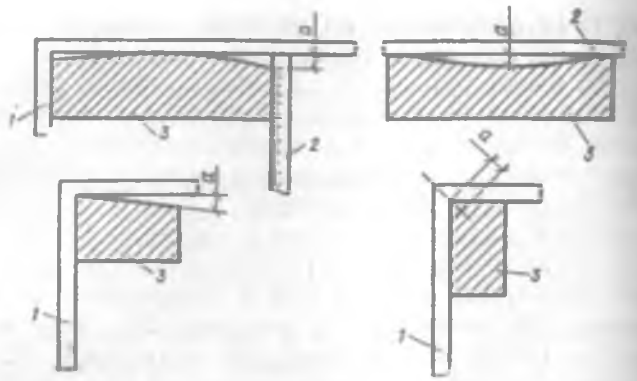


Рис. 33. Измерение искривления поверхности и ребер кирпича

1 — стальной угольник; *2* — стальная линейка; *3* — кирпич

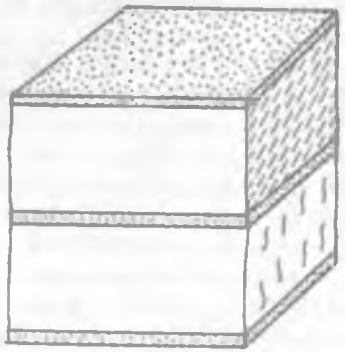


Рис. 34. Куб из кирпича для испытания на сжатие

Определение марки кирпича

Марку кирпича определяют по пределу прочности при сжатии и изгибе подготовленных и испытанных на гидравлическом прессе образцов.

Предел прочности при сжатии определяют следующим образом. Отобранные для испытания кирпичи (5 шт. от средней пробы) распиливают дисковой пилой на распиловочном станке по ширине на две равные части. Обе половинки постелями накладывают одна на другую так, чтобы поверхности распила были направлены в противоположные стороны, и склеивают цементным тестом из портландцемента марки не выше 400, при этом толщина слоя цементного теста между половинками не должна превышать 5 мм. Кроме того, цементным тестом слоем 3 мм выравнивают (подливают) обе внешние поверхности, параллельные соединительному шву.

Для склейки и подливки двух половинок кирпича на гладкой, горизонтально установленной плоскости (выверенной по уровню металлической плиты) кладут стекло, покрытое смоченной бумагой, и по бумаге расстилают цементное тесто слоем 3 мм. Затем одну половинку кирпича укладывают на цементное тесто и слегка прижимают, после чего верхнюю поверхость половинки кирпича покрывают тем же цементным тестом и на него укладывают вторую половинку кирпича, слегка прижимая. Верхнюю поверхность второй половинки также покрывают цементным тестом и прижимают стеклом со смоченной бумагой. Излишки цементного теста срезают, и края слоев выравнивают ножом.

Изготовленный таким образом образец должен быть близок по форме к кубу (рис. 34)*. Необходимо, чтобы плоскости образца были взаимно параллельны и перпендикулярны боковым граням, что проверяют угольником. Образцы до испытания следует выдерживать в лаборатории во влажных условиях в течение 3—4 сут для затвердевания цементного теста, после чего их испытывают на сжатие.

Перед испытанием на сжатие проверяют угольником параллельность поверхностей, покрытых затвердевшим цементным тестом, и измеряют с точностью до 1 см^2 площадь поперечного сечения образца, которая равна произведению результатов двух взаимно перпендикулярных измерений по плоскости склейки половинок кирпича.

При определении предела прочности при сжатии образец устанавливают на нижнюю опору гидравлического пресса так, чтобы геометрически его центр совпадал с центром опоры. Затем верхнюю опору опускают на образец и насосом пресса равномерно передают давление на образец, доводя его до разрушения. Значение разрушающего усилия фиксируют по показанию контрольной стрелки силоизмерительного пресса.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа:

$$R_{сж} = p/S,$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; S — площадь, мм^2.

* Допускается испытание кирпича на образцах из двух целых кирпичей, уложенных постелями один на другой, при этом число отбираемых кирпичей для испытания на сжатие увеличивают до десяти. Как и при испытании образца-кирпича из двух половинок, целые кирпичи соединяют цементным тестом и выравнивают их поверхности, соприкасающиеся с плитами пресса.

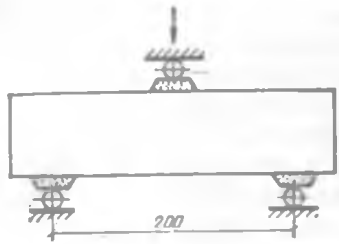


Рис. 35. Схема испытания кирпича на изгиб

Среднее значение предела прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое из результатов испытания пяти образцов. Кроме того, записывают минимальный результат испытаний.

Предел прочности при изгибе определяют путем испытания на гидравлическом прессе целого кирпича, уложенного плашмя на две опоры, расположенные на расстоянии 200 мм одна от другой (рис. 35). Опоры должны иметь закругления радиусом 10—15 мм. Нагрузку передают на середину кирпича через опору с таким же закруглением.

Для более плотного и правильного прилегания образца к опорам на кирпиче по уровню накладывают из цементного теста три полоски шириной 20—30 мм: две полоски — в местах опирания на нижние опоры, одну — под опору, передающую нагрузку. Если в кирпиче имеются трещины, то полоски располагают так, чтобы самые значительные трещины при испытании оказались на нижней поверхности образца.

Подготовленные образцы выдерживают в лаборатории в течение 3—4 сут для затвердевания цементного теста. Перед испытанием измеряют размеры поперечного сечения кирпича по середине пролета (между опорами) с точностью до 1 мм. Испытания кирпича проводят на 5-тонном гидравлическом прессе.

Предел прочности при изгибе $R_{из}$, МПа, вычисляют по формуле

$$R_{из} = (3pl)/(2bh^2),$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; l — расстояние между опорами мм (см); b — ширина кирпича, мм; h — высота (толщина) кирпича по середине пролета, мм.

За окончательный результат принимают среднее значение из пяти определений. Кроме того, записывают минимальный результат испытаний.

Полученные пятью бригадами учащихся результаты испытаний кирпича заносят в таблицу журнала лабораторных работ, после чего, сравнивая полученные результаты с данными, приведенными в табл. 6 (по среднему и минимальному значению прочности отдельных образцов), определяют марку кирпича.

Таблица 6. Марки керамического кирпича

Способ формования	Марка	Предел прочности, МПа, не менее			
		при сжатии		при изгибе	
		средний для пяти образцов	наименьший для отдельного образца	средний для пяти образцов	наименьший для одного образца
Пластическое	300	30	25	4,4	2,2
	250	25	20	3,9	2
	200	20	17,5	3,4	1,7
	175	17,5	15	3,1	1,5
	150	15	12,5	2,8	1,4
	125	12,5	10	2,5	1,2
	100	10	7,5	2,2	1,1
	75	7,5	5	1,8	0,9
Полусухое	300	30	25	3,4	1,7
	250	25	20	2,9	1,5
	200	20	17,5	2,5	1,3
	175	17,5	15	2,3	1,1
	150	15	12,5	2,1	1
	125	12,5	10	1,9	0,9
	100	10	7,5	1,6	0,8
	75	7,5	5	1,4	0,7

Определение водопоглощения кирпича

Испытание кирпича на водопоглощение производят путем насыщения образцов (целого кирпича или его половинок) в воде с температурой 15—20 °С в течение 48 ч или в кипящей воде в течение 4 ч. Образцы кирпича в количестве 3 шт. перед испытанием высушивают при температуре 105—110 °С до постоянной массы. Массу образца считают постоянной, если разница результатов двух последовательных взвешиваний после высушивания не превышает 0,2 %. Взвешивание образцов производят после их полного остывания. Время между двумя последовательными взвешиваниями, включающее сушку и остывание образцов, должно быть не менее 3 ч.

Образцы-кирпичи укладывают тычком на дно сосуда

с водой с температурой 15—20 °С так, чтобы уровень воды в нем был выше верха образцов на 2—10 см. Образцы выдерживают в воде в течение 48 ч, после чего вынимают из сосуда, обтирают влажной тканью и немедленно взвешивают. Массу воды, вытекающую из образца на чашку весов, включают в массу насыщенного водой образца.

Водопоглощение образца $B_{масс}$, %, определяют по формуле

$$B_{масс} = \left[\frac{(m_1 - m)}{m}\right] 100,$$

где m_1 — масса насыщенного водой образца, г; m — масса образца высушенного до постоянной массы, г.

Водопоглощение кирпича вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов.

С целью ускоренного определения водопоглощения кирпича можно применить метод кипячения, согласно которому подготовленные по приведенной ранее методике три образца-кирпича погружают в сосуд с водой, нагревают до температуры кипения воды. В кипящей воде образцы выдерживают в течение 4 ч, после чего охлаждают до температуры 20—30 °С путем непрерывного добавления в сосуд холодной воды. Взвешивание и вычисление водопоглощения производят по приведенной выше методике.

Водопоглощение кирпича должно быть не менее 8 %.

Определение морозостойкости кирпича

Для определения морозостойкости всех видов керамического кирпича, пустотелых керамических камней и облицовочных керамических плиток в качестве образцов используют обычно пять целых изделий. Перед испытанием на образцах несмываемой краской около ребер, углов фиксируют трещины и другие дефекты. Образцы со значительными дефектами испытанию не подлежат. Предназначенные для испытания образцы высушивают до постоянной массы и взвешивают, затем насыщают водой, как при определении водопоглощения.

Замораживание образцов в морозильной камере и их оттаивание производят в контейнерах, сваренных из стальных стержней или полос. В контейнеры образцы укладывают, соблюдая зазоры не менее 20 мм, чтобы

лучше обеспечить доступ холодного воздуха к образцам. При этом морозильную камеру можно загрузить не более чем на 50 % ее объема. Закрыв морозильную камеру после загрузки образцов, в ней поддерживают температуру в пределах от —15 до —20 °С. Началом замораживания образцов считают момент установления в камере температуры —15 °С. Продолжительность одного замораживания образцов при температуре воздуха в камере —15 °С должна быть 4 ч.

После окончания замораживания образцы в контейнерах полностью погружают в сосуд с водой. Температура воды в сосуде должна быть 15—20 °С в течение всего периода оттаивания образцов. Продолжительность одного оттаивания в воде должна быть не менее половины продолжительности замораживания.

При оценке морозостойкости кирпича по степени повреждения образцы осматривают через каждые 5 циклов при 15 и 25 циклах попеременного замораживания и оттаивания и через каждые 10 циклов при 35 и 50 циклах попеременного замораживания и оттаивания. Осмотр производят после их оттаивания. Образцы считают выдержавшими испытание, если после требуемого числа циклов замораживания и оттаивания они не разрушаются или на их поверхности не будет обнаружено видимых повреждений. Признаки повреждений (расслоение, шелушение, сквозные трещины, выкрашивания) устанавливаются стандартами на эти материалы и изделия.

При оценке морозостойкости кирпича по потере массы после проведения требуемого числа циклов замораживания и оттаивания образцы природного камня и керамических материалов высушивают при температуре 105—110 °С до постоянной массы, образцы других материалов взвешивают в насыщенном водой состоянии с погрешностью не более 0,2 %.

Потеря массы образцов кирпичей, %,

$$M_t = [(m_1 - m_2)/m_1]\,100,$$

где m_1 — масса насыщенного водой образца перед испытанием его на морозостойкость, г; m_2 — то же, после испытания, г.

Потерю массы образцов после испытания на морозостойкость вычисляют как среднее арифметическое результатов испытаний пяти образцов.

Допускаемая величина потери массы образцов после попеременного замораживания и оттаивания устанавли-

вается стандартами на эти материалы. Например, для керамического кирпича потеря массы не должна превышать 2 %.

Контрольные вопросы

1. Изложите методику проверки качества керамического кирпича по внешнему осмотру и обмеру.
2. Каким образом подготавливают кирпич для определения его марки?
3. Кратко изложите методику испытания кирпича для определения его марки?
4. Какие марки керамического кирпича Вы знаете?
5. Изложите методику определения водопоглощения кирпича.
6. При какой температуре осуществляется замораживание и оттаивание кирпича при определении его морозостойкости?

ГЛАВА 5. СТРОИТЕЛЬНЫЕ СТАЛИ

В строительных конструкциях сталь подвергается различным видам механического воздействия: растяжению, сжатию, удару; поэтому при расчете строительных конструкций необходимо иметь механические характеристики стали, определяемые по результатам испытания образцов стали на растяжение, твердость и ударную вязкость.

Преподаватель с помощью лаборанта испытывает заранее подготовленные образцы стали, при этом учащиеся фиксируют в журнале показания приборов и на основании полученных данных устанавливают предел текучести, предел прочности и относительное удлинение при растяжении, твердость и ударную вязкость. По результатам определения механических свойств стали при растяжении и сравнении этих результатов с табличными данными учащиеся определяют марку испытанной стали.

Определение марки строительной стали

Для определения марки стали изготовленные образцы испытывают на растяжение до разрыва. При этом определяют основные механические характеристики стали: пределы пропорциональности, текучести, прочности при растяжении, относительное удлинение, относительное сужение.

Для испытания стали на растяжение используют цилиндрические и плоские образцы, изготовленные путем

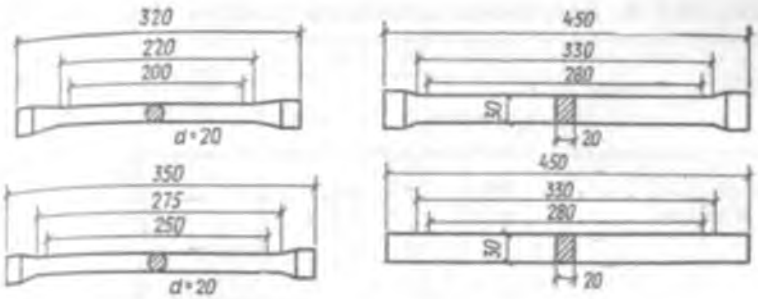


Рис. 36. Образцы стали для испытаний на растяжение

соответствующей механической обработки. Образцы цилиндрической формы должны иметь стандартные размеры (табл. 7, рис. 36).

Таблица 7. Размеры образцов стали для испытания на растяжение

Образец	Длина рабочей части l_0, мм	Площадь поперечного сечения рабочей части S_0, мм	Диаметр рабочей части круглого образца d_0, мм
Длинный / Короткий нормальный	200 / 100	314	20
Длинный / Короткий пропорциональный	$11{,}3\sqrt{S_0}$ / $5{,}65\sqrt{S_0}$	Произвольная	Произвольный

Нормальными называют образцы, у которых диаметр d_0 рабочей части равен 20 мм, а длина рабочей части l_0 в 10 или 5 раз больше диаметра d_0. Кроме нормальных применяют также пропорциональные образцы, диаметр d_0 рабочей части которых может иметь произвольное значение, но длина рабочей части l_0 всегда должна быть пропорциональна диаметру d_0 (больше в 10 или 5 раз). Форма головок образцов может быть различной в зависимости от типа захватов разрывной машины. Отклонения размеров образцов от стандартных не должны превышать значений, приведенных в табл. 8.

Для плоских образцов отклонения по ширине допускаются ±0,5 мм, по длиней рабочей части — ±0,1 мм.

Таблица 8. Допускаемые отклонения размеров образцов стали

Диаметр образцов, мм	Размеры рабочей части, мм		Разность наибольшего и наименьшего диаметра по длине рабочей части образца, мм
	по диаметру	по длине	
До 10	±0,1	±0,1	±0,02
10 и более	±0,2	±0,2	±0,05

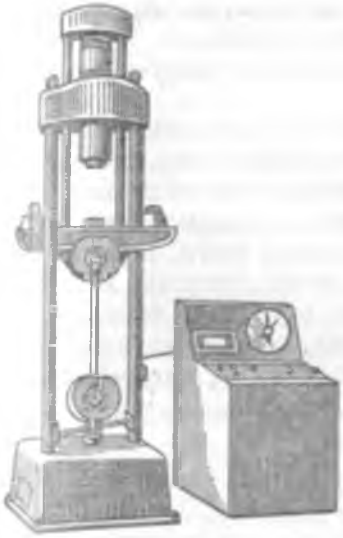
Смещение оси головки относительно оси рабочей части плоского образца не допускается. Переход от рабочей части образца к головкам, форма которых зависит от конструкции применяемых захватов, должен быть плавным.

Перед испытанием цилиндрические образцы тщательно измеряют при помощи штангенциркуля или микрометра с точностью до 0,05 см следующим образом: диаметр d_0 измеряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях в трех местах по длине рабочей части; ширину и толщину плоских образцов измеряют в середине и по краям расчетной длины образца. Затем вычисляют площадь поперечного сечения образца S_0 по наименьшим из полученных размеров с точностью до 0,5 %. Кроме того, на поверхности образца наносят керном риски и измеряют расстояние между ними — расчетную длину образца l_0 — с точностью до 0,1 мм. На обеих головках каждого образца набивают клейма (номер образца).

Сталь на растяжение испытывают на разрывных машинах различного типа. На рис. 37 показан общий вид универсальной испытательной машины типа УММ-50.

Подлежащий испытанию образец помещают в захваты машины и центрируют его. Для записи диаграммы растяжения на барабане автоматического самопишущего прибора закрепляют миллиметровую бумагу и устанавливают масштабы нагрузок и деформаций. После установки стрелки шкалы силоизмерителя машины на нуль включают ее двигатель и испытывают образец на растяжение до полного разрушения. При этом следят за нарастанием нагрузки по движению стрелки силоизмерителя и за деформацией образца по диаграмме деформации. Нарастание нагрузки должно быть плавным.

Результаты испытания стального образца на растя-



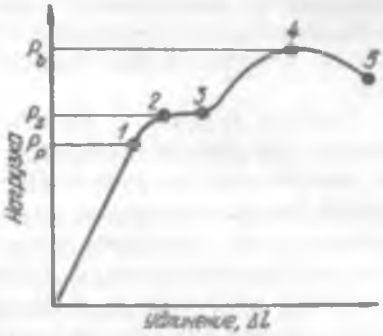


Рис. 38. Диаграмма деформаций при растяжении образца из малоуглеродистой стали

Рис. 37. Общий вид универсальной испытательной машины УММ-50

жение получают в виде зависимости между нагрузкой и деформацией (рис. 38).

Прямой участок диаграммы растяжения (от начала координат до точки *1* показывает, что удлинение (деформация) образца Δl возрастает пропорционально приложенной нагрузке p. Если образец подвергнуть растяжению нагрузкой, равной или меньшей p_p, а затем снять эту нагрузку, то образец примет первоначальную длину, т. е. в нем будут отсутствовать остаточные деформации. Точка *1* на кривой растяжения соответствует **пределу пропорциональности**, т. е. тому наибольшему напряжению, при котором растяжение металла прямо пропорционально нагрузке. Это напряжение σ_p, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_p = p_p / S_0,$$

где p_p — нагрузка при пределе пропорциональности, Н; S_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца, м².

При увеличении нагрузки (свыше p_p) испытываемый образец удлиняется быстрее, чем возрастает нагрузка. Таким образом, пропорциональность нарушается. На диаграмме это показано кривой *1—2*, которая затем переходит в горизонтальную *2—3*. Наличие горизонтального участка указывает на то, что образец самопроизвольно вытягивается (течет), хотя нагрузка остается

постоянной. Напряжение, при котором появляется текучесть стали, называют пределом текучести. Различают предел текучести физический и предел текучести условный.

Предел текучести физический — наименьшее напряжение, при котором образец деформируется без видимого увеличения нагрузки. При испытании образца стали следят за показаниями стрелки силоизмерителя. Как только сталь достигнет предела текучести, стрелка прибора останавливается, а затем вновь начинает двигаться. Значения нагрузки p_s в момент остановки стрелки фиксируют и принимают за нагрузку, соответствующую пределу текучести σ_s, МПа (физическому), который вычисляют по формуле

$$\sigma_s = p_s / S_0,$$

где p_s — нагрузка при пределе текучести, Н; S_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца, м².

Предел текучести условный $\sigma_{0,2}$ — напряжение, при котором образец получает остаточное удлинение, составляющее 0,2 % первоначальной длины. Его определяют в тех случаях, когда при растяжении образца не обнаруживают резко выраженного явления текучести и предел текучести физический не может быть определен указанными выше способами.

Пределом прочности при растяжении называют напряжение, которое соответствует максимальной нагрузке, предшествующей разрушению образца. Максимальная нагрузка может быть легко определена в процессе испытания стального образца, так как на циферблатах испытательных машин имеется вторая контрольная стрелка, которая увлекается рабочей стрелкой машины до крайнего положения и фиксирует наибольшее отклонение рабочей стрелки.

На диаграмме (см. рис. 38) точкой *4* зафиксирована максимальная нагрузка, которую выдерживает образец. Начиная с этой точки деформация концентрируется в каком-либо одном месте, которое начинает быстро растягиваться и уменьшать площадь поперечного сечения. При этом нагрузка падает до точки *5*, где происходит разрыв образца.

Предел прочности при растяжении σ_b, МПа, вычисляют по формуле

$$\sigma_b = p_b / S_0,$$

Рис. 39. Определение относительного удлинения образца

где P_b — наибольшая нагрузка, предшествующая разрыву образца, Н; S_0 — первоначальная площадь поперечного сечения образца, м².

Относительным удлинением называют отношение приращения расчетной длины образца после разрыва к ее первоначальной длине. Для определения относительного удлинения испытанного стального образца обе его части плотно прикладывают одну к другой и измеряют длину образца после разрыва l_1 (рис. 39).

Значение относительного удлинения, δ, %, вычисляют по формуле

$$\delta = [(l_1 - l_0)/l_0]\,100,$$

где l_1 — длина образца после разрыва, мм; l_0 — расчетная (начальная) длина образца, мм.

Относительное удлинение вычисляют как среднее арифметическое из результатов всех определений.

Относительное сужение площади поперечного сечения образцов определяют после их разрыва. Для этого в месте разрыва (в шейке) измеряют диаметр в двух взаимно перпендикулярных направлениях и по среднему арифметическому двух наименьших значений диаметра вычисляют площадь поперечного сечения шейки.

Относительное сужение φ, %, вычисляют по формуле

$$\varphi = [(S_0 - S_1)/S_0]\,100,$$

Таблица 9. Механические свойства углеродистых сталей обыкновенного качества

Марка стали группы А	Предел текучести, МПа, не менее	Предел прочности при растяжении, МПа	Относительное удлинение, %
Ст0	—	Не менее 310	20—23
Ст1 сп, пс	—	320—420	31—34
Ст2 сп, пс	200—230	340—440	29—32
Ст3 сп, пс	210—250	380—490	23—26
Ст4 сп, пс	240—270	420—540	21—24
Ст5Г пс	260—290	460—600	17—21
Ст6 сп, пс	300—320	Не менее 800	12—15

Примечание. Дополнительные индексы «сп» — спокойная сталь, «пс» — полуспокойная сталь; в стали марки Ст5Г пс повышенное содержание марганца.

где S_0 — начальная площадь поперечного сечения образца, мм²;
S_1 — площадь поперечного сечения в месте разрыва (в шейке), мм².

Результаты испытаний стали на растяжение заносят в журнал для лабораторных работ и по полученным результатам, а также по данным, приведенным в табл. 9, определяют марку исследуемой стали.

Определение твердости стали

Твердостью стали называют способность сопротивляться внедрению в ее поверхность другого, более твердого тела определенной формы и размера. Испытания твердости стали выполняют различными методами (метод Бринелля, метод Роквелла, метод Виккерса и др.). Как правило, в учебной лаборатории используют метод Бринелля.

Твердость стали по методу Бринелля определяют путем вдавливания в предварительно отшлифованную поверхность испытываемого образца стального закаленного шарика под определенной нагрузкой. По диаметру полученного на образце отпечатка судят о твердости стали.

Для испытания твердости стали по методу Бринелля применяют стационарные приборы гидравлического типа. Наибольшее распространение получил прибор ТШ с наконечником, заканчивающимся стальным закаленным шариком диаметром 5 и 10 мм. Шариковый твердомер (рис. 40) состоит из станины *1* с подъемным винтом *2*, на котором при помощи полушаровой опоры укреплены сменные столики *3* для испытываемых образцов. В головке прибора *5* помещен шпиндель *4*, в который вставляют сменные наконечники со стальными шариками различного диаметра. Шпиндель опирается на пружину *6*. Нагрузку на шпиндель подают при помощи системы рычагов *7* и *8* и шатуна *11*, закрепленного на оси *9*. На свободном конце рычага *8* имеется подвеска *10* для установки на ней грузов.

Электродвигатель, помещенный на станине сбоку, через эксцентрик приводит в движение шатун *11*, шатун опускается, постепенно освобождает рычаг *8*, при этом груз плавно опускается, в связи с чем сила давления шпинделя *4* на испытываемый образец равномерно нарастает. По истечении определенного промежутка времени шатун поднимается, подхватывает рычаг *8*, возвращая его в начальное положение, и снимает нагрузку со шпин-

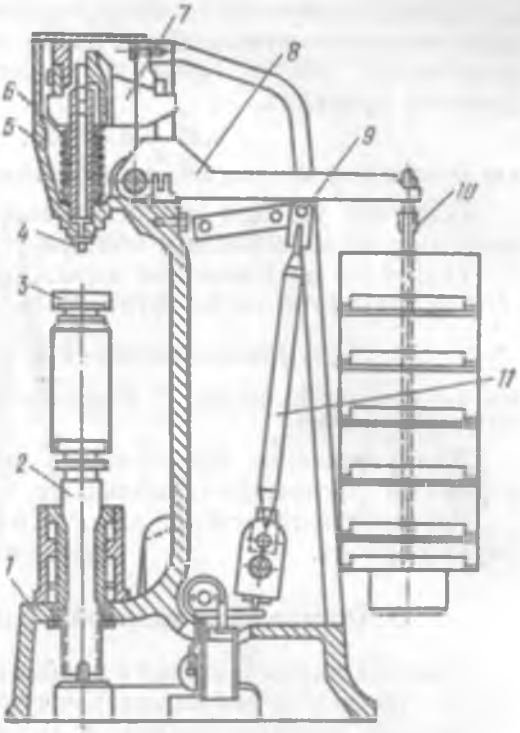


Рис. 40. Схема шарикового твердомера ТШ

деля. В этот момент электродвигатель автоматически выключается, о чем подается сигнал звонком.

Перед испытанием стальной образец подготавливают следующим образом: на его поверхности напильником или наждачным кругом тщательно зачищают небольшую плоскость, чтобы края полученного отпечатка были видны достаточно отчетливо при измерении его диаметра. Образец во время испытания не должен прогибаться и смещаться, поэтому перед испытанием его плотно прижимают к шариковому наконечнику столиком, прилагая нагрузку 1 кН. После этого указательную стрелку измерительного прибора устанавливают на нулевое деление и приступают к испытанию.

Для испытания обычно применяют стальные закаленные шарики диаметром 10 мм, через которые передается нагрузка 30 кН, и выдерживают эту нагрузку 30 с.

Диаметр отпечатка, полученного на образце, измеряют при помощи измерительного микроскопа с точностью

до 0,05 мм в двух взаимно перпендикулярных направлениях и за окончательный результат берут среднее арифметическое, причем значение диаметра должно находиться в пределах

$$0{,}2D < d < 0{,}6D,$$

где D — диаметр шарика, мм; d — диаметр отпечатка, мм.

Если это условие не выполнено, то испытание считают недействительным и повторяют его снова.

Твердость по Бринеллю выражают числом твердости HB и вычисляют по формуле, МПа

$$HB = 2p/[\pi D\,(D - \sqrt{D^2 - d^2})],$$

где p — нагрузка на шарик, Н; D — диаметр шарика, мм; d — диаметр отпечатка, мм.

Для упрощения вычисления следует пользоваться готовыми расчетными таблицами.

Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ.

Определение ударной вязкости стали

Ударной вязкостью стали называют вязкость, которая равна отношению работы, затраченной на излом образца, к рабочему сечению образца в месте надреза. Ударную вязкость определяют на маятниковом копре (рис. 41). Он состоит из станины *5* и маятника *3*, закрепленного на оси *2*, которая в свою очередь закреплена на массивном основании *6*. В верхней части станины имеется шкала *4*, градуировка которой дает возможность отсчитывать значение работы с точностью не менее 0,5 % максимальной энергии копра. В нижней части станины копра находится шаблон-кондуктор, при помощи которого образец *1* устанавливают надрезом в середине пролета.

Основные размеры образца, опор и ножа маятника указаны на рис. 42. Скорость ножа маятника в момент удара составляет 4—7 м/с, что соответствует подъему ударного ножа маятника на 0,8—2,5 м. Перед проведением испытания маятник проверяют на свободном полете.

Образцы (см. рис. 42), применяемые для испытания, имеют форму бруска квадратного сечения с надрезом посередине. Испытываемый образец укладывают плотно на опоры копра так, чтобы надрез был расположен симметрично опорам и противоположно наносимому удару.

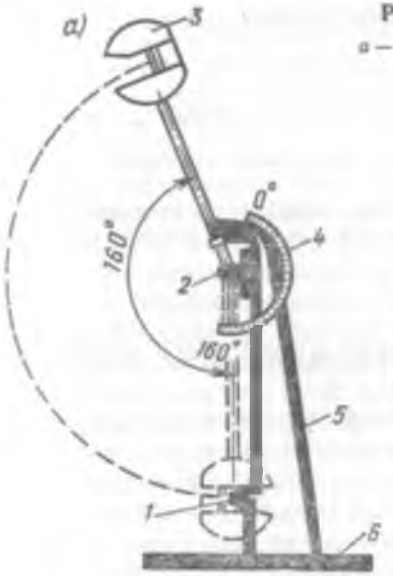


Рис. 41. Маятниковый копер

а — схема устройства; *б* — схема движения маятника

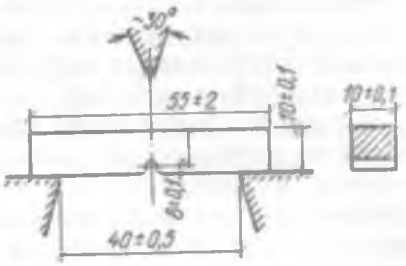


Рис. 42. Образец металла для определения ударной вязкости

По углу отклонения маятника после удара или по шкале определяют работу $A_н$, Дж, затраченную на разрушение образца, по формуле

$$A_н = pl(\cos\beta - \cos\alpha),$$

где p — вес маятника, Н; l — длина маятника — расстояние от оси до центра тяжести, м; α и β — углы подъема маятника соответственно до и после излома образца, град.

Ударную вязкость $a_н$, Дж/м², вычисляют по формуле

$$a_н = A_н/S,$$

где S — площадь поперечного сечения образца в месте надреза до испытания, м².

Результаты испытаний учащиеся заносят в журнал для лабораторных работ.

Контрольные вопросы

1. По каким механическим характеристикам определяют марку строительной стали?
2. Приведите значения механических свойств стали марки Ст3 сп и Ст5Гпс.
3. Кратко изложите методику испытания стального образца на растяжение.
4. При помощи какого прибора определяют твердость стали?
5. Что такое ударная вязкость стали и при помощи какого прибора ее определяют?

ГЛАВА 6. МИНЕРАЛЬНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Минеральными вяжущими веществами называют искусственно получаемые порошкообразные материалы, которые при затворении водой образуют пластичное тело, способное в результате физико-химических процессов затвердевать, т. е. переходить в камневидное состояние. Это свойство минеральных вяжущих веществ позволяет широко использовать их для приготовления строительных растворов и бетонов, а также для производства различных безобжиговых искусственных каменных материалов, изделий и деталей.

Качество минеральных вяжущих веществ определяют путем их лабораторных испытаний в соответствии с методикой, рекомендованной ГОСТами на эти вяжущие. Учебной программой предусмотрено испытание строительной воздушной извести, строительного гипса и портландцемента.

Строительная воздушная известь

Строительной воздушной известью называют вяжущее вещество, получаемое умеренным обжигом (не до спекания) карбонатных горных пород (известняков, мела, доломитов и т. п.), состоящих преимущественно из углекислого кальция $CaCO_3$ и небольшого количества углекислого магния $MgCO_3$, а также примесей кварца и глины, которые ухудшают качество строительной извести.

В результате обжига получают продукт в виде кусков белого цвета — называемый негашеной комовой известью (кипелкой). В зависимости от характера последующей обработки получают следующие виды извести:

негашеную молотую, молотую карбонатную, известковое молоко.

В зависимости от содержания оксида магния MgO строительную воздушную известь разделяют на кальциевую (MgO<5 %), магнезиальную (MgO от 5 до 20 %) и доломитовую (MgO от 20 до 40 %).

Строительную воздушную известь применяют для приготовления известково-песчаных и смешанных строительных растворов, в производстве силикатных изделий и т. д. Для оценки качества строительной воздушной извести необходимо от каждой партии (размер партии 100 т) отобрать пробу общей массой не менее 20 кг из 10 различных мест по всей толщине извести. При поступлении молотой извести в мешках пробу отбирают из 10 мешков по 2 кг из каждого мешка. Пробу гидратной извести отбирают примерно равными частями не менее чем из 5 различных мест по 2 кг из каждого места.

Пробу комовой или молотой извести квартуют и отобранное количество делят на две равные части, примерно по 10 кг в каждой, а гидратной извести — по 5 кг. Одну из проб извести подвергают испытанию, другую — помещают в герметически закрываемый сосуд, который опечатывают и хранят в течение 15 сут на случай необходимости повторных испытаний. Комовую известь необходимо перед квартованием измельчить в куски размером не более 3—5 см.

Пробу извести для испытания в лаборатории следует подготовить согласно ГОСТ 22688—77, для чего ее разбивают на куски размером до 1 см, тщательно перемешивают и последовательным квартованием отбирают 1000 г, которые измельчают до полного прохождения извести сквозь сито с сеткой № 09. От этой просеянной пробы отбирают (квартованием) около 150 г, затем эту известь растирают в ступке до полного прохождения сквозь сито с сеткой № 008. Полученный порошок помещают в герметически закрываемый сосуд и используют для химического анализа и определения скорости гашения извести. Остаток пробы хранят в геометрически закрываемый сосуд и используют для химического анализа и определения скорости гашения извести. Остаток пробы хранят в герметически закрытом сосуде.

Для выполнения лабораторных работ по данной теме подгруппу учащихся разделяют на бригады по три-четыре человека, при этом каждая бригада самостоятельно

определяет скорость гашения извести и содержания непогасившихся зерен.

Определение содержания в извести активных CaO+MgO. Суммарное содержание в извести активных CaO+MgO (при наличии оксида магния до 5 %) определяют титрованием навески извести соляной кислотой HCl до тех пор, пока все активные частицы CaO и MgO не будут нейтрализованы кислотой. Для этого негашеную комовую, молотую или карбонатную известь в количестве 4—5 г предварительно растирают в течение 5 мин в фарфоровой или агатовой ступке. Растертую известь в количестве 1 г (гидратную известь в количестве 1—1,2 г) помещают в коническую колбу вместимостью 250 мл, наливают 150 мл дистиллированной воды, добавляют 3—5 стеклянных бус или оплавленных кусочков стеклянных палочек (длиной 5—7 мм), закрывают стеклянной воронкой (или часовым стеклом) и нагревают содержимое колбы в течение 5—7 мин, не доводя до кипения. Затем раствор охлаждают до температуры 20—30 °С. По остывании смывают стенки колбы и стеклянную воронку (или часовое стекло) кипяченой дистиллированной водой, добавляют 2—3 капли 1 %-го спиртового раствора фенолфталеина и титруют при постоянном взбалтывании раствором соляной кислоты до полного обесцвечивания содержимого. Титрование считается оконченным, если по истечении 8 мин не изменится цвет окрашивания содержимого колбы. Титрование следует производить медленно, добавляя кислоту по каплям.

Содержание CaO+MgO для негашеной извести, %,

$$A = VT_{CaO} \cdot 100/m,$$

где V — объем раствора 1 н соляной кислоты, пошедшей на титрование, мл; T_{CaO} — титр 1 н раствора соляной кислоты, г по массе CaO; m — масса навески извести, г.

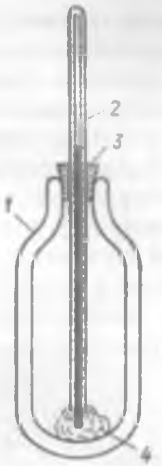
Содержание активных оксидов кальция и магния для гидратной извести, %,

$$A = VT_{CaO} \cdot 100/[m\,(100 - W)],$$

где W — влажность гидратной извести, %.

Результаты определения содержания в извести активных CaO и MgO заносят в журнал для лабораторных работ.

Рис. 43. Прибор для определения скорости гашения извести



Определение скорости гашения извести

При взаимодействии негашеной извести с водой происходит гидратация оксида кальция по реакции

$$CaO + H_2O = Ca(OH)_2 + q,$$

где q — количество тепла, выделяющееся при реакции.

Этот процесс называют гашением извести. Он сопровождается выделением значительного количества тепла. При этом температура гасящейся извести повышается до определенного максимума. С окончанием реакции прекращается выделение тепла, и температура смеси падает. Момент начала снижения температуры смеси является признаком прекращения реакции гашения извести.

Для определения скорости гашения извести используют прибор (рис. 43), который состоит из термосной колбы *1*, термометра со шкалой на 150° *2* и пробки *3*.

От измельченного порошка воздушной извести, хранившейся до испытания в герметичном сосуде, берут навеску.

Масса навески извести, г,

$$m = 1000/A,$$

где A — содержание активных оксидов кальция и магния в извести, %.

В условиях учебной лаборатории (не проводя испытаний на содержание активных $CaO+MgO$) можно при-

нять размер навески 12 г. Навеску засыпают в сосуд прибора, вливают 25 мл воды температурой 20 °С и закрывают пробкой, в которой плотно установлен термометр. При этом следят, чтобы ртутный шарик термометра был погружен в реагирующую смесь *4*. Через каждые 30 с фиксируют показания термометра и делают соответствующую запись в журнале для лабораторных работ. Температура смеси сначала возрастает, а затем начинает снижаться. Запись наблюдений прекращают с момента начала падения температуры. Время, прошедшее с момента затворения извести водой до начала падения температуры, характеризует скорость гашения извести.

На основании полученных данных в журнале для лабораторных работ учащиеся строят графики, откладывая по оси абсцисс время от начала опыта, по оси ординат — температуру, а по максимуму устанавливают скорость гашения извести. По результатам испытания учащиеся должны сделать вывод о скорости гашения извести и отнести известь к быстро-, средне- и медленногасящейся.

Определение содержания в извести непогасившихся зерен

В процессе гашения комовой извести некоторая часть ее может либо вообще не погаситься, либо гасится настолько медленно, что процесс гашения заканчивается в строительном растворе или даже в кладке.

Непогасившиеся зерна представляют собой различные примеси: кварцевый песок, неразложившийся при обжиге $CaCO_3$ (недожог), остеклованная трудногасящая окись кальция CaO (пережог). Если неразложившийся $CaCO_3$ в дальнейшем не гасится, то окись кальция (пережог) будет гаситься в растворе кладки или в штукатурке, что приведет к растрескиванию затвердевшего раствора. Поэтому от содержания непогасившихся зерен в извести зависит ее качество.

Для определения содержания в извести непогасившихся зерен предварительно готовят известковое тесто. С этой целью в металлический сосуд цилиндрической формы вместимостью около 10 л наливают 3,5—4 л нагретой до температуры 85—90 °С воды и всыпают 1 кг извести, непрерывно перемешивая содержимое до окончания интенсивного выделения пара (кипения). Полученное тесто закрывают крышкой и выдерживают 2 ч,

затем разбавляют холодной водой до консистенции известкового молока и промывают на сите с сеткой № 063 слабой непрерывной струей, слегка растирая мягкие кусочки стеклянной палочкой с резиновым наконечником. Остаток на сите высушивают при температуре 140—150 °С до постоянной массы. Содержание непогасившихся зерен, %,

$$НЗ = m \cdot 100/1000,$$

где m — остаток на сите после высушивания, г.

Результаты заносят в журнал для лабораторных работ.

Определение тонкости помола извести. Тонкость помола определяют просеиванием 50 г высушенной порошкообразной извести сквозь сита с сетками № 02 и № 008. Просеивание считается законченным, когда в течение 1 мин сквозь указанные сита проходит не более 0,1 г извести. Остаток на сите, умноженный на 2, соответствует содержанию зерен данной крупности, %.

Таблица 10. Технические требования к строительной воздушной извести

Показатель	Значения показателя извести								
	кальциевой			магнезиальной			доломитовой		
	Сорт								
	I	II	III	I	II	III	I	II	III
Содержание активных CaO+MgO, считая на сухое вещество, %, не менее:									
в негашеной извести без добавок	90	80	70	85	75	65	85	75	65
то же, с добавками	65	55	—	60	50	—	60	50	—
Скорость гашения, мин:									
быстрогасящаяся, менее	8	8	8	8	8	8	8	8	8
среднегасящаяся, не более	25	25	25	25	25	25	25	25	25
медленногасящаяся, более	25	25	25	25	25	25	25	25	25
Количество непогасившихся зерен в негашеной комовой извести, %, не более	7	11	14	10	15	20	10	15	20
Тонкость помола — остаток частиц, %, не более, на ситах с сеткой:									
№ 02	1	1	1	1	1	1	1	1	1
№ 008	10	10	10	10	10	10	10	10	10

Проведя лабораторные испытания строительной извести, следует определить ее качество в соответствии с техническими требованиями, приведенными в табл. 10.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой воздушная известь?
2. Изложите методику определения скорости гашения извести.
3. Какая известь относится к быстрогасящейся?
4. В чем состоит методика определения содержания в извести непогасившихся зерен?
5. Каково содержание непогасившихся зерен в кальциевой извести?

Строительный гипс

Строительным гипсом (ГОСТ 125—79) называют воздушное вяжущее вещество, получаемое путем термической обработки природного двуводного гипса ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) при 150—180 °С до превращения его в полуводный гипс ($CaSO_4 \cdot 0{,}5H_2O$) с измельчением в тонкий порошок до или после обработки. Строительный гипс применяют для изготовления строительных деталей и изделий, а также для штукатурных работ.

Для оценки качества гипса от каждой партии вяжущего, подлежащего испытанию, отбирают пробу массой от 10 до 15 кг. При поставке гипса без упаковки пробу отбирают непосредственно с транспортных средств равными частями из четырех мест. При поступлении гипса в мешках пробу отбирают из 10 мешков примерно по 1—1,5 кг из середины каждого мешка. Отобранные пробы тщательно смешивают и квартованием делят на две равные части по 5—7 кг каждая, одну из которых передают в лабораторию на испытание. При испытании гипса согласно ГОСТ 23789—79 в условиях учебной лаборатории определяют тонкость помола, нормальную густоту и сроки схватывания гипсового теста, предел прочности при изгибе и сжатии образцов из затвердевшего гипсового теста.

Определение тонкости помола гипса

От пробы гипса, предварительно высушенного в сушильном шкафу в течение 1 ч при 50—55 °С, на технических весах на часовом стекле отвешивают с точностью до 0,1 г навеску гипса в количестве 50 г. Навеску высыпают на сито с сеткой № 02 (рис. 44) и, закрыв крыш-

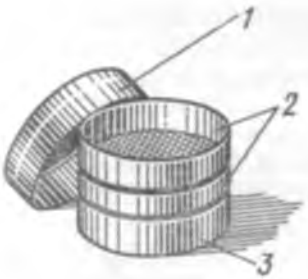


Рис. 44. Сито с крышкой и донышком

1 — сито с сеткой № 02; *2* — крышка; *3* — донышко

кой, производят просеивание вручную или устанавливают сито в прибор для механического просеивания и включают прибор. Длительность просеивания обычно составляет 5—7 мин, после чего прибор выключают, сито извлекают, осторожно снимают донышко и высыпают прошедший через сито гипс. Контрольное просеивание гипса производят вручную на бумагу при снятом донышке. Просеивание гипса считают законченным, если в течение 1 мин сквозь сито проходит не более 0,05 г гипса.

Тонкость помола гипса определяют с погрешностью не более 0,1 % как отношение массы, оставшейся на сите, к массе первоначальной пробы (50 г). За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

В зависимости от тонкости помола строительный гипс делят на три группы: I — грубого помола — остаток на сите не более 23 %, II — среднего помола — остаток на сите более 14 % и III — тонкого помола — остаток не более 2 %,

Определение нормальной густоты гипсового теста

Нормальную густоту гипсового теста определяют при помощи вискозиметра Суттарда (рис. 45), представляющего собой медный или латунный цилиндр, имеющий высоту 100 мм и внутренний диаметр 50 мм. Цилиндр должен иметь хорошо отполированные внутреннюю поверхность и место соприкосновения со стеклом, на которое его устанавливают при проведении опыта. На стекле диаметром более 240 мм или на бумаге под стеклом наносят ряд концентрических окружностей диаметром 150—220 мм, причем окружности диаметром от

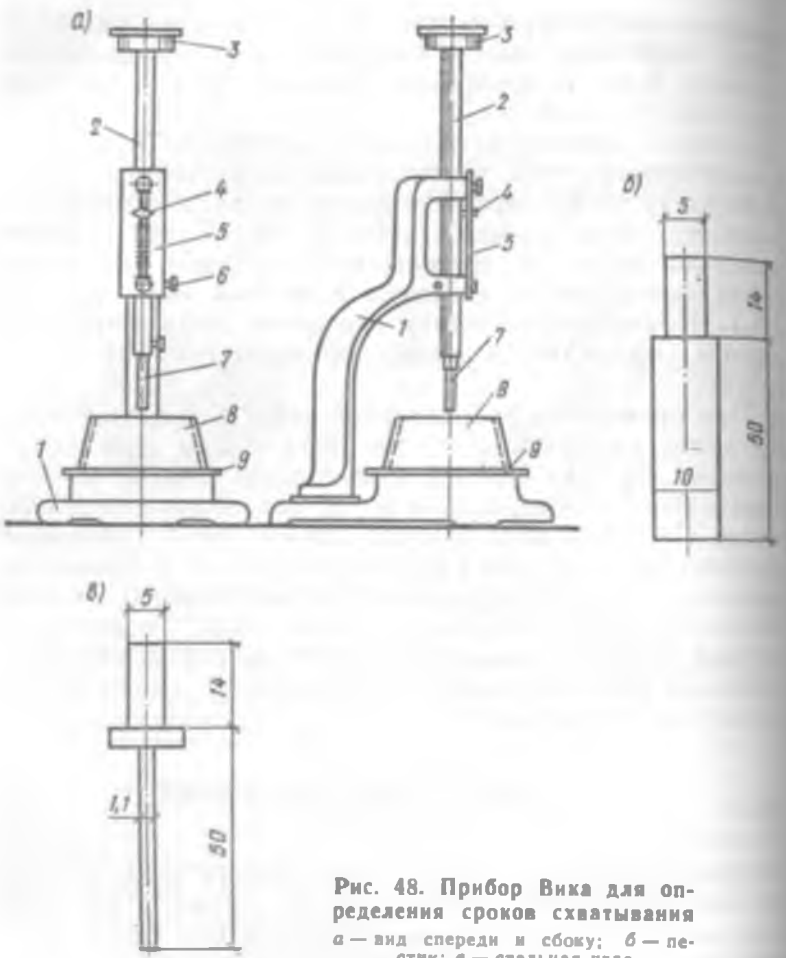


Рис. 48. Прибор Вика для определения сроков схватывания
а — вид спереди и сбоку; *б* — пестик; *в* — стальная игла

120 г. Кольцо *8* и пластинку *9* перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла.

Для определения сроков схватывания отвешивают 200 г гипса, равномерно всыпают его в воду, количество которой соответствует нормальной густоте теста, и перемешивают массу ручной мешалкой (см. рис. 47) в течение 30 с. Приготовленное тесто быстро вливают в кольцо прибора, установленное на стекле. Для удаления попавшего в гипсовое тесто воздуха кольцо с пластинкой 4—5 раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. Избыток

теста срезают и поверхность заглаживают ножом. Затем кольцо помещают под иглу прибора, приводят ее в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень зажимным винтом; затем иглу через каждые 30 с опускают в гипсовое тесто так, чтобы каждый раз она погружалась в новое место. После извлечения из теста иглу тщательно вытирают. Глубину погружения иглы в гипсовое тесто фиксируют по показанию стрелки, расположенной на подвижном стержне, и ее значение заносят в журнал для лабораторных работ.

По полученным значениям определяют начало и конец схватывания. Началом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипсового теста (всыпания гипса в воду) до момента, когда игла не доходит до дна пластинки на 0,5 мм. Концом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипсового теста до момента погружения иглы в тесто не более чем на 0,5 мм.

Сроки схватывания испытуемого гипсового теста заносят в журнал для лабораторных работ и сравнивают с требованиями стандарта.

В зависимости от сроков схватывания строительный гипс относят к одной из трех групп: А — быстротвердеющий (начало схватывания не ранее 2 мин, конец — не позднее 15 мин); Б — нормальнотвердеющий (начало схватывания не ранее 6 мин, конец — не позднее 30 мин); В — медленно твердеющий (начало схватывания не ранее 20 мин, конец схватывания не нормируется).

Определение прочности гипсового камня

Для оценки качества и сорта гипса его пробу подвергают испытанию в лаборатории, где определяют предел прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек, изготовленных из гипсового теста. Для изготовления трех образцов-балочек отвешивают от 1 до 1,6 кг гипса и доливают в чашку воду в количестве, которое соответствует нормальной густоте теста. Гипс в течение 5—20 с засыпают в чашку с водой и перемешивают ручной мешалкой в течение 60 с до получения однородой массы, которую заливают в металлическую форму (рис. 49). Предварительно внутреннюю поверхность формы слегка смазывают минеральным маслом. Продольные и поперечные

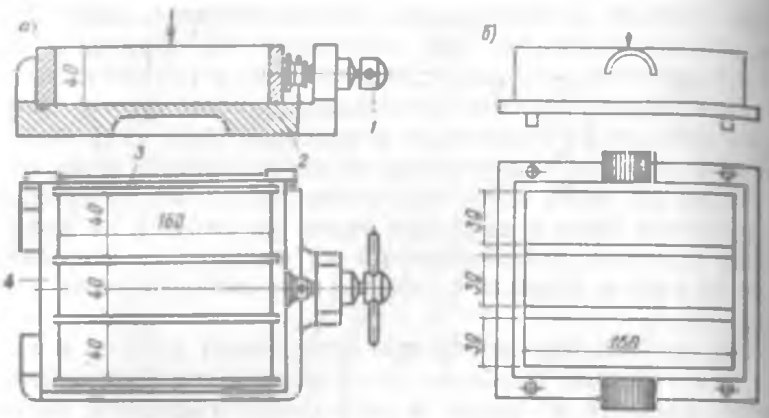


Рис. 49. Металлическая разъемная форма для изготовления образцов-балочек (*а*) и насадка к ней (*б*)

1 — зажимной винт; *2* — поддон; *3* — поперечные стенки; *4* — продольные стенки

стенки формы должны плотно прилегать к отшлифованной поверхности поддона. Поперечные стенки формы вместе с продольными стенками следует закреплять зажимным винтом таким образом, чтобы форма была плотно прижата к поддону, а угол между стенками и дном формы составлял 90°.

В каждой форме одновременно изготовляют три образца размером 40×40×160 мм. При изготовлении образцов отсеки формы наполняют одновременно, для чего чашку с гипсовым тестом равномерно продвигают над формой. Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего ее поднимают за торцевую сторону на высоту около 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки гипсового теста снимают линейкой, передвигая ее по верхним граням формы перпендикулярно поверхности образцов. Через 15±5 мин после конца схватывания образцы извлекают из формы и осматривают. Грани образцов-балочек, прилегающие к плитам пресса, должны быть параллельны и не иметь отклонения от плоскости более чем на 0,5 мм. Если на гранях образцов будут обнаружены дефекты, то испытывать их нельзя.

Через 2 ч после затворения теста три образца-балочки испытывают на изгиб на машине МИИ-100 или рычажном приборе Михаэлиса (рис. 50). Он состоит из станины *1*, нижнего рычага *2* с соотношением плеч 1 : 5,

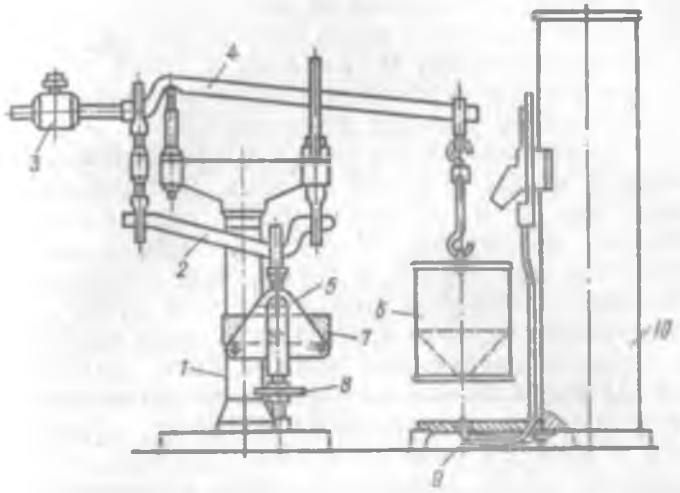


Рис. 50. **Рычажный прибор с приспособлением для испытания балочек на изгиб**

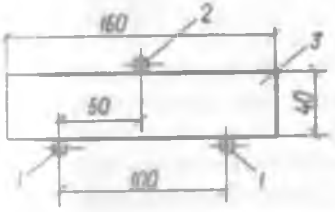


Рис. 51. **Схема испытания балочки на изгиб**

1 — опоры; *2* — нагружающий валик; *3* — балочка

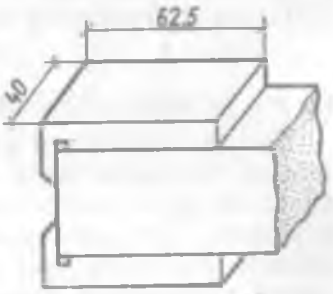


Рис. 52. **Расположение металлических пластинок при испытании половинок балочек на сжатие**

верхнего рычага *4* с соотношением плеч 1 : 10, приспособления *5* для испытания на изгиб, ведерка для дроби *6*, натяжного маховика *8*, бункера с дробью *10*. Система рычагов прибора увеличивает возникающее от массы дроби усилие на образце в 50 раз.

Перед началом испытания необходимо проверить равновесие прибора. Прибор Михаэлиса уравновешивают при снятом ведерке, перемещая груз *3* так, чтобы верхняя поверхность главного рычага *4* находилась на одном

уровне с риской, сделанной на внутренней поверхности скобы. Непосредственно перед испытанием образцы внимательно осматривают и удаляют с ребер заусенцы, чтобы при установке образцы в захваты прибора он опирался на валики чистыми поверхностями. Образец-балочку 7 устанавливают на опорные валики изгибающего устройства, чтобы те грани образца, которые при изготовлении его были горизонтальными, находились в вертикальном положении. Расстояние между центрами опорных валиков 100 мм, а передающий нагрузку валик расположен посередине между опорами (рис. 51). Затем нагружают ведерко дробью из бункера прибора, при этом скорость нагружения должна быть равномерной. Когда вес дроби вместе с ведерком достигнет величины, соответствующей разрушающей нагрузке, образец сломается, а ведерко, упав на педаль 9 бункера, прекратит поступление дроби. Ведерко с дробью взвешивают с точностью до 10 г.

Предел прочности при изгибе образца-балочки размером 40×40×160 мм при расстоянии между опорами 100 мм и соотношении плеч рычага 1 : 50, МПа

$$B_{изг} = 11{,}7p,$$

где p — вес ведерка с дробью, Н.

Предел прочности при изгибе образцов, изготовленных из гипсового теста, вычисляют как среднее арифметическое двух наибольших результатов испытаний трех образцов. При испытании на изгиб образцов-балочек на машине МИИ-100 необходимо руководствоваться методикой, изложенной ниже.

Предел прочности при сжатии определяют путем испытания шести половинок балочек, полученных при испытании образцов на изгиб, на 1-тонном гидравлическом прессе. Для передачи нагрузки на половинки балочек используют плоские стальные шлифованные пластинки размером 40×62,5 мм (площадь 25 см²). Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, совпали с рабочими поверхностями (рис. 52), а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца. Нагрузка при испытании должна возрастать непрерывно до разрушения образца. Время от начала равномерного нагружения образца до его разрушения

должно быть в пределах 5—30 с, средняя скорость нарастания нагрузки при испытании должна быть $1 \pm 0{,}1$ Н/с.

Предел прочности при сжатии каждого образца равен частному от деления значения разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластинки, равную 25 см². За окончательный результат принимают среднее арифметическое из четырех значений испытания шести образцов-половинок (без наибольшего и наименьшего результатов). Полученные результаты испытания гипсовых образцов записывают в журнал для лабораторных работ и сравнивают их с техническими требованиями стандарта, приведенными в табл. 11.

Таблица 11. Технические требования, предъявляемые к строительному гипсу

Марка вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размером 40×40×160 в возрасте 2 ч, МПа, не менее		Марка вяжущего	Предел прочности образцов-балочек размером 40×40×160 в возрасте 2 ч, МПа, не менее	
	при сжатии	при изгибе		при сжатии	при изгибе
Г-2	2	1,2	Г-10	10	4,5
Г-3	3	1,8	Г-13	13	5,5
Г-4	4	2	Г-16	16	6
Г-5	5	2,5	Г-19	19	6,5
Г-6	6	3	Г-22	22	7
Г-7	7	3,5	Г-25	25	8

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой строительный гипс?
2. С какой сеткой используют сито для определения тонкости помола строительного гипса?
3. Изложите методику определения нормальной густоты гипсового теста.
4. При помощи какого прибора определяют сроки схватывания гипсового теста и какова методика этого определения?
5. Каковы требования стандарта к срокам схватывания гипсового теста?
6. На каких образцах и каким образом определяют прочность гипса?
7. Перечислите марки строительного гипса в зависимости от предела прочности при сжатии.

Цемент

Среди минеральных вяжущих веществ наибольшее применение в строительстве имеют цементы на основе портландцементного клинкера. Цементы, полученные на

основе портландцементного клинкера по вещественному составу, в зависимости от содержания и вида активных минеральных добавок подразделяют согласно ГОСТ 23464—79 на портландцемент, портландцемент с минеральными добавками, быстротвердеющий портландцемент, шлакопортландцемент, быстротвердеющий шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и др.

Портландцемент — гидравлическое вяжущее вещество — продукт тонкого измельчения клинкера с добавкой гипса. Клинкер получают в результате обжига до спекания сырьевой смеси определенного состава, обеспечивающего преобладание в клинкере силикатов кальция.

Портландцемент с минеральными добавками — гидравлическое вяжущее вещество, получаемое измельчением клинкера с гипсом и активными минеральными добавками осадочного происхождения (кроме глиежей) в количестве не более 10 % или доменным гранулированным шлаком в количестве не более 20 %.

Быстротвердеющий портландцемент — портландцемент с минеральными добавками, отличающийся повышенной прочностью через трое суток твердения.

Шлакопортландцемент — гидравлическое вяжущее вещество — продукт совместного тонкого измельчения клинкера, гипса и доменного гранулированного шлака или тщательного смешения этих же раздельно измельченных материалов. Количество доменного гранулированного шлака, вводимое в это вяжущее, составляет 21—60 % по массе готового цемента.

Быстротвердеющий шлакопортландцемент — шлакопортландцемент, отличающийся повышенной прочностью через трое суток твердения.

Пуццолановый портландцемент — гидравлическое вяжущее вещество — продукт совместного тонкого измельчения клинкера, гипса и активной минеральной добавки или тщательного смешения этих же раздельно измельченных материалов. Количество добавок вулканического происхождения (пемза, туфы, трассы), обожженных глин, глиежа или топливных шлаков, добавок осадочного происхождения (диатомит, трепел, опока) — свыше 20 %, но не более 40 % по массе готового цемента.

Для оценки качества цемента согласно ГОСТ 22236—76 (с изм.) от каждой партии (размер партии 2000 т) цемента отбирают общую пробу массой 10 кг. Если цемент поступает навалом в вагонах, то пробу от-

бирают равными долями из каждого вагона в разных местах; если автотранспортом — равными долями от каждых 50 т цемента, если в мешках — равными долями из 10 мешков, отобранных от каждой партии из разных мест. Отобранные от каждой партии пробы цемента тщательно смешивают.

Пробы цемента доставляют в лабораторию в герметической таре и хранят до испытания в сухом помещении. Перед испытанием каждую просеивают через сито с сеткой № 09. Остаток на сите взвешивают и отбрасывают показатель массы остатка, а также его характеристику (наличие кусков металла, комков, дерева) заносят в журнал.

Цемент, песок и воду перед испытанием выдерживают до принятия ими температуры помещения лаборатории, которая должна быть равной 20±3 °С. Температуру помещения ежедневно отмечают в журнале. Воду для проведения испытаний и хранения образцов применяют обычную питьевую. Температура воды для хранения образцов должна быть 20±2 °С.

При испытании цемента в строительной лаборатории определяют его насыпную плотность и истинную плотность, тонкость помола, нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста, равномерность изменения объема цемента, предел прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек, изготовленных из цементного раствора (марки цемента).

При проведении лабораторных занятий с учащимся техникума можно ограничиться определением нормальной густоты и сроков схватывания цементного теста, определением равномерности изменения объема цемента и его марки.

Определение насыпной плотности цемента

Значения плотности цемента необходимо знать для расчета компонентов бетона, загружаемых в бетоносмеситель. Кроме того, по известной плотности можно подсчитать количество цемента, находящегося на складе или в какой-либо емкости. Определение выполняют на приборе (рис. 5), который состоит из воронки *1*, металлического мерного цилиндра *4*. Воронка представляет собой усеченный конус, переходящий внизу в трубку,

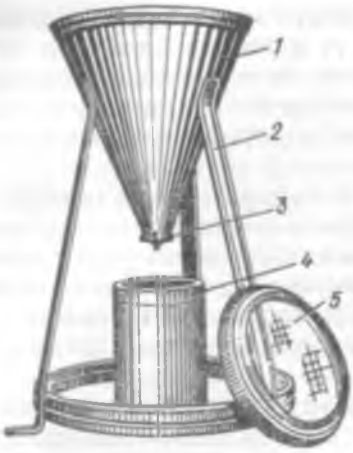


Рис. 53. Прибор для определения насыпной плотности цемента

которая перекрыта задвижкой *3*. Внутри воронки помещается сито *5*, предохраняющее от попадания крупных включений в трубку при засыпке цемента. Воронка опирается на подставку *2*.

Для определения плотности цемента в рыхлонасыпном состоянии прибор устанавливают на стол, в воронку при закрытой задвижке насыпают около 2 кг испытываемого цемента, под трубку устанавливают предварительно взвешенный мерный цилиндр известного объема (например, 1000 см³), открывают задвижку и заполняют цементом с избытком подставленный мерный цилиндр. Затем задвижку закрывают и осторожно металлической или деревянной линейкой срезают излишек цемента вровень с краями цилиндра. Линейку держат наклонно, плотно прижимая к краям сосуда. При этом сосуд должен быть неподвижным, иначе (при толчке) цемент может уплотниться.

После этого сосуд с цементом взвешивают и, вычитая из полученного результата массу сосуда, находят массу цемента. Разделив массу цемента на объем сосуда (1000 см³), определяют плотность цемента. В рыхлонасыпном состоянии она изменяется в пределах от 950 до 1350 кг/м³.

Определение истинной плотности цемента

Это определение выполняют с помощью объемомера — прибора Ле-Шателье (см. рис. 1). Объемомер,

закрепленный в штатив, помещают в стеклянный сосуд с водой так, чтобы его вся градуированная часть была погружена в воду. Необходимо, чтобы при отсчетах уровня жидкости в приборе температура воды в сосуде соответствовала температуре, при которой производили градуировку прибора. Прибор наполняют обезвоженным керосином до нижней черты по нижнему мениску. После этого часть прибора (выше нулевой черты), свободную от керосина, тщательно протирают тампоном из фильтровальной бумаги.

Для испытания используют пробу цемента, предварительно высушенную в сушильном шкафу при температуре 105—110 °С в течение 2 ч и охлажденную в эксикаторе. От этой пробы с точностью до 0,01 г отвешивают 65 г и высыпают в прибор ложечкой через воронку небольшими порциями. После того как вся проба цемента засыпана в прибор, уровень жидкости в приборе поднимается до одного из делений в пределах верхней градуированной части. Для удаления пузырьков воздуха, которые могут удерживаться на частицах цемента, прибор вынимают из сосуда с водой и в наклонном положении поворачивают в течение 10 мин на гладком резиновом коврике. После этого прибор снова помещают в сосуд с водой. Затем производят отсчет уровня жидкости в приборе.

Истинная плотность цемента $\rho_ц$, г/см^3,

$$\rho_ц = m/V,$$

где m — масса цемента, засыпанная в прибор, г; V — объем цемента или жидкости, вытесненной цементом (определяют как разность отсчетов по шкале после засыпки и до засыпки), см^3.

Для определения истинной и насыпной плотности проводят два испытания одного и того же цемента и из полученных результатов вычисляют среднее арифметическое. Расхождение между определениями не должно превышать 0,02 г/см^3. При большей разнице испытания повторяют до тех пор, пока это условие не будет выполнено.

Определение тонкости помола цемента

Тонкость помола определяют ситовым анализом с помощью прибора (рис. 54), который состоит из станины *1*, шатунно-эксцентрикового механизма *7*, кулачков *3*, набора цилиндрических сит *5* и электродвигателя

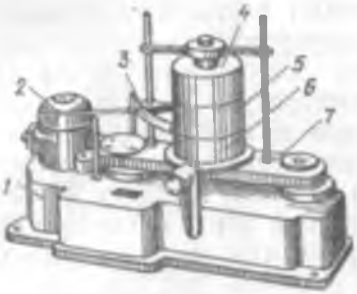


Рис. 54. Прибор для механического просеивания цемента

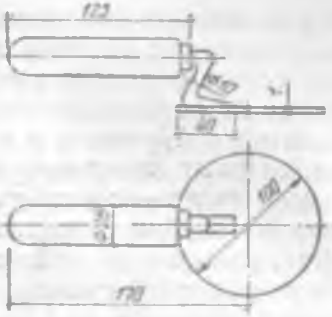
2. Для испытания отвешивают 50 г цемента, предварительно высушенного в сушильном шкафу в течение 2 ч при температуре 105—110 °С, и высыпают его на сито. Закрыв сито крышкой *4*, устанавливают его в прибор и включают электродвигатель на 5—7 мин. Затем его выключают, извлекают сито, снимают крышку и поддон *6* и выполняют контрольное просеивание вручную на лист глянцевой бумаги. Просеивание считается законченным, если в течение 1 мин через сито проходит не более 0,05 г цемента. По окончании просеивания остаток на сите взвешивают с точностью до 0,01 г.

Тонкость помола определяют как остаток на сите с сеткой № 008 в процентах от первоначальной массы просеиваемой пробы. Согласно требованиям ГОСТ 10178—76 (с изм.) тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании его через сито с сеткой № 008 проходило не менее 85 % пробы, взятой для просеивания, а остаток на указанном сите был не более 15 %. Если в лаборатории отсутствует прибор для механического просеивания, навеску просеивают через то же сито вручную.

Определение нормальной густоты цементного теста

Нормальную густоту определяют согласно ГОСТ 310.3—76 на приборе Вика (см. рис. 48). В этом случае иглу 7 прибора заменяют металлическим пестиком диаметром 10 и длиной 50 мм. Масса подвижного стержня прибора вместе с пестиком должна быть 300±2 г. Перед началом испытания проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положе-

Рис. 55. Лопатка для перемешивания



ние стрелки, которая должна стоять на 0 при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г испытываемого цемента, высыпают его в сферическую металлическую чашку, предварительно протертую влажной тканью. Затем в цементе делают углубление, куда в один прием вливают предварительно отмеренную воду в количестве, необходимом для получения цементного теста нормальной густоты. Количество воды для первого пробного затворения цемента может быть ориентировочно принято 110—112 $см^3$, т. е. 25—28 % по массе цемента. Углубление, в которое была налита вода, с помощью стальной лопатки (рис. 55) заполняют цементом и через 30 с после этого осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях, периодически поворачивая чашку на 90°. Продолжительность перемешивания и непрерывного растирания с момента затворения цемента водой — 5 мин.

После окончания перемешивания цементное тесто укладывают в один прием в кольцо, которое пять-шесть раз встряхивают, постукивают пластинкой с прижатым к ней кольцом о поверхность стола. Избыток цементного теста срезают ножом, предварительно протертым влажной тканью. Кольцо на стеклянной пластинке ставят под стержень прибора Вика, пестик приводят в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют его в таком положении зажимным винтом. Затем быстро отвинчивают зажимный винт, и стержень вместе с пестиком свободно погружается в тесто. Через

30 с с момента освобождения стержня по шкале прибора фиксируют глубину погружения пестика.

Густота цементного теста считается нормальной, если пестик не доходит до стеклянной пластинки на 5—7 мм. Если он, погружаясь в цементое тесто, остановится выше, то опыт повторяют с большим количеством воды, а если ниже — с меньшим, добиваясь погружения пестика на глубину, соответствующую нормальной густоте теста. Количество добавляемой воды для получения теста нормальной густоты, %, по массе цемента, определяют с точностью до 0,25 %.

Для выполнения данной лабораторной работы подгруппу учащихся разбивают на бригады по три-четыре человека, и каждая бригада проводит один опыт по определению нормальной густоты цементного теста с заданным преподавателем количеством воды (для портландцемента 22—28 %). Затем данные, полученные каждой бригадой, заносят в сводную таблицу журнала для лабораторных работ, на основании которой учащиеся делают выводы о нормальной густоте теста испытываемого цемента.

Определение сроков схватывания цементного теста

Сроки схватывания по ГОСТ 310.3—76 определяют с помощью прибора Вика (см. рис. 48), но вместо пестика на нижней подвижной части стержня закрепляют стальную иглу сечением 1 мм² и длиной 50 мм. Так как общая масса стержня (т. е. общая масса подвижной части прибора, воздействующей при испытании на цементное тесто) при замене пестика уменьшается, то на плоскую головку стержня накладывают дополнительный груз, чтобы масса стержня с иглой составляла 300 г.

Перед началом испытания проверяют свободное перемещение металлического стержня прибора Вика, положение стрелки, которая должна быть на нуле при опнрании иглы на стеклянную пластинку, чистоту и прямизну иглы. После этого смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Цементное тесто нормальной густоты приготовляют по методике, изложенной ранее; сразу после приготовления помещают в кольцо прибора Вика, установленное на стеклянной пластинке, и слегка встряхивают пять-

шесть раз для удаления воздуха. Избыток теста снимают ножом и поверхность выравнивают. Кольцо с цементным тестом устанавливают на столик прибора, опускают стержень до соприкосновения иглы с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом. Затем быстро отвинчивают зажимной винт, чтобы игла могла свободно погрузиться в тесто. Иглу погружают в тесто через каждые 5 мин до начала схватывания и через каждые 15 мин в последующее время до конца схватывания. Место погружения иглы в тесто меняют, передвигая кольцо, иглу вытирают мягкой тканью или фильтровальной бумагой.

За начало схватывания принимают время с момента затворения цемента водой до момента, когда игла не дойдет до стеклянной пластинки на 1—2 мм. За конец схватывания принимают время от начала затворения цементного теста до момента, когда игла будет опускаться в тесто более чем на 1—2 мм. Начало схватывания портландцемента, портландцемента с минеральными добавками, шлакопортландцемента и пуццоланового портландцемента должно наступать не ранее чем через 45 мин, а конец схватывания — не позднее 10 ч с момента затворения цементного теста.

Выполнение данной лабораторной работы требует много времени и, как правило, за одно учебное занятие не удается установить конец схватывания цемента. Приняв во внимание то, что учащиеся ранее познакомились с методикой определения сроков схватывания гипса, преподаватель при помощи лаборанта должен продемонстрировать всей подгруппе учащихся методику приготовления теста нормальной густоты и заполнения им кольца, а также показать, как погружают иглу прибора Вика в цементое тесто. Преподаватель сообщает учащимся сроки схватывания испытываемого цемента. Эти данные они заносят в журнал для лабораторных работ.

Определение равномерности изменения объема цемента

Процесс твердения цемента сопровождается изменением объема образовавшегося цементного камня. Однако наличие в цементе свободных CaO и MgO, которые гасятся с увеличением объема в уже затвердевшем цементном камне, может привести к неравномерным

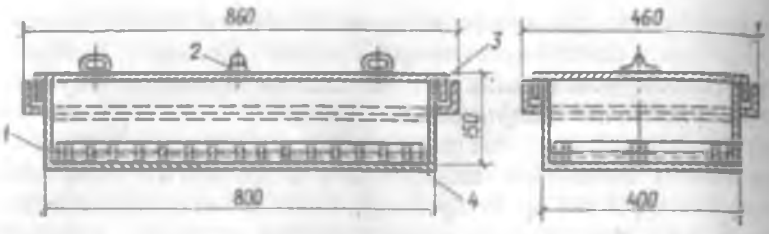


Рис. 56. Ванна с гидравлическим затвором

1 — ванна; *2* — пробка; *3* — гидравлический затвор; *4* — решетка для образцов

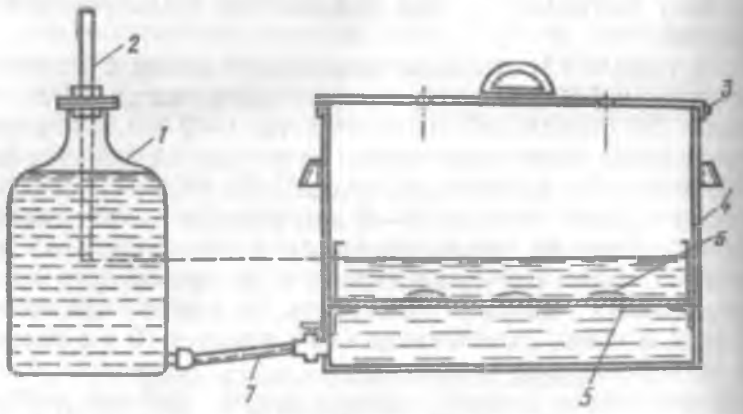


Рис. 57. Бачок для испытания лепешек кипячением и регулятор уровня воды

деформациям и образованию трещин в твердеющих бетонах и растворах.

Равномерность изменения объема цемента устанавливают кипячением в воде образцов-лепешек. Для изготовления лепешек берут 400 г цемента и из него приготовляют тесто нормальной густоты. Затем отвешивают четыре навески цементного теста по 75 г каждая и помещают каждую в виде шарика на отдельную стеклянную пластинку, предварительно протертую машинным маслом. Осторожно постукивая пластинкой о край стола, получают из шарика лепешку диаметром 7—8 см и толщиной в средней ее части около 1 см. Поверхность полученных лепешек заглаживают от наружных краев к центру смоченным в воде ножом. Приготовленные таким образом лепешки выдерживают на стеклянных пластинках 24 ч в ванне с гидравлическим затвором (рис. 56) при температуре 20±5 °С. Затем лепешки *6* снимают

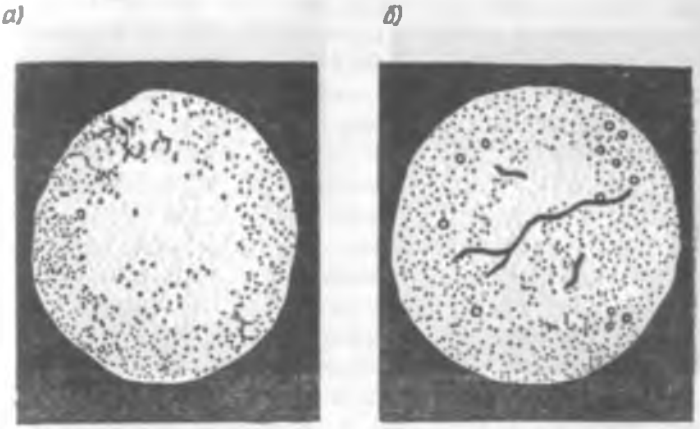


Рис. 58. **Лепешки, выдержавшие испытание на равномерность изменения объема**

а — нормальное изменение объема; *б* — трещины усыхания

со стеклянных пластинок и кладут на решетчатую полку *5* бачка *4* (рис. 57). Для поддержания постоянного уровня воды бачок резиновым шлангом *7* соединен с регулятором уровня воды *1*. При помощи подвижной трубки *2* уровень воды в бачке устанавливают на 4—6 см выше поверхности лепешек. Бачок закрывают крышкой *3* и ставят на нагревательный прибор. Воду в бачке за 30—45 мин доводят до кипения, которое поддерживают 4 ч. После кипячения лепешки охлаждают в бачке до температуры 20±5 °С, вынимают из бачка и тщательно осматривают. Цемент признают доброкачественным (рис. 58), если на лицевой стороне лепешек, подвергнутых испытанию кипячением, нет доходящих до краев радиальных трещин или сетки мелких трещин, видимых в лупу или невооруженным глазом, а также каких-либо искривлений (рис. 59).

При выполнении данной лабораторной работы учащиеся каждой бригады изготавливают из цементного теста нормальной густоты по одной лепешке и маркирует ее, при этом общее число лепешек должно быть четыре. Затем преподаватель объясняет методику проведения испытания, устройство аппаратуры и показывает учащимся эталоны лепешек, а также лепешки, выдержавшие и невыдержавшие испытание на равномерность изменения объема цемента при твердении.

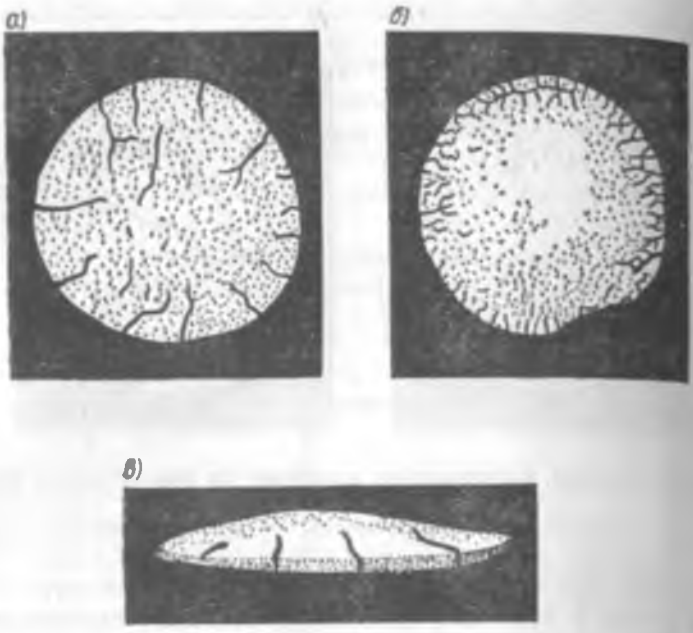


Рис. 59. Лепешки, не выдержавшие испытания на равномерность изменения объема

а — разрушение; *б* — радиальные трещины; *в* — искривление

На следующем занятии после испытания лепешек лаборантами каждый учащийся получает образец и устанавливает качество цемента по этому показателю.

В журнале для лабораторных работ зарисовывают вид лепешек, выдержавших и невыдержавших испытания на равномерность изменения объема.

Определение марки цемента

Марку цемента устанавливают по величине предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером 40×40×160 мм, изготовленных из пластичного цементного раствора состава 1 : 3 по массе (1 ч. цемента и 3 ч. нормального вольского песка).

Методика определения марки цемента (ГОСТ 310.4—81) состоит в следующем. Сначала определяют консистенцию цементного раствора, которая требуется для изготовления образцов-балочек. Для этого отвешивают 1500 г песка и 500 г цемента, высыпают их в сфе-

рическую чашку (см. рис. 46) и перемешивают цемент с песком лопаткой в течение 1 мин. Затем в центре сухой смеси делают лунку и вливают в нее 200 г воды (В/Ц = =0,4). После того как вода впитается, еще раз перемешивают смесь в течение 1 мин. Раствор переносят в механический смеситель (рис. 60), где его перемешивают в течение 2,5 мин (20 оборотов чаши мешалки).

По окончании перемешивания определяют консистенцию цементного раствора. Для этого используют встряхивающий столик и металлическую форму-конус (рис. 61). Встряхивающий столик состоит из чугунной станины *1*; на валу *2* находится кулачок *3*, который поднимает ось *4* с горизонтальным диском *5* и закрепленным на нем листом зеркального стекла *6* диаметром 300 мм. При вращении маховика *8* ось с укрепленным диском при помощи кулачка совершает возвратно-поступательное вертикальное движение. При этом столик поднимается на 10 мм, встряхивая форму *7*.

Перед укладкой смеси в конус внутреннюю поверхность его и стеклянный диск слегка увлажняют. Растворную смесь укладывают в форму-конус двумя слоями равной толщины. Каждый слой уплотняют металлической штыковкой (рис. 62). Нижний слой штыкуют 15 раз, верхний — 10. Во время укладки и уплотнения раствора конус прижимают рукой к стеклянному диску. Излишек раствора срезают ножом и форму-конус медленно поднимают. Затем, вращая рукоятку маховика, встряхивают столик 30 раз в течение 30 с, при этом конус цементного раствора расплывается. При помощи штангенциркуля или стальной линейки измеряют расплыв конуса по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях. Консистенцию раствора считают нормальной, если расплыв конуса оказался равным 106—115 мм. При меньшем расплыве конуса раствор приготовляют заново, несколько увеличивая количество воды затворения. Водопотребность раствора выражают в виде водоцементного отношения; его значение записывают в журнал и в дальнейшем пользуются при приготовлении раствора для изготовления образцов-балочек.

Образцы-балочки формуют в трехгнездовых металлических формах (см. рис. 49). Внутреннюю поверхность стенок и поддона слегка смазывают машинным маслом. На собранную форму надевают металлическую насадку

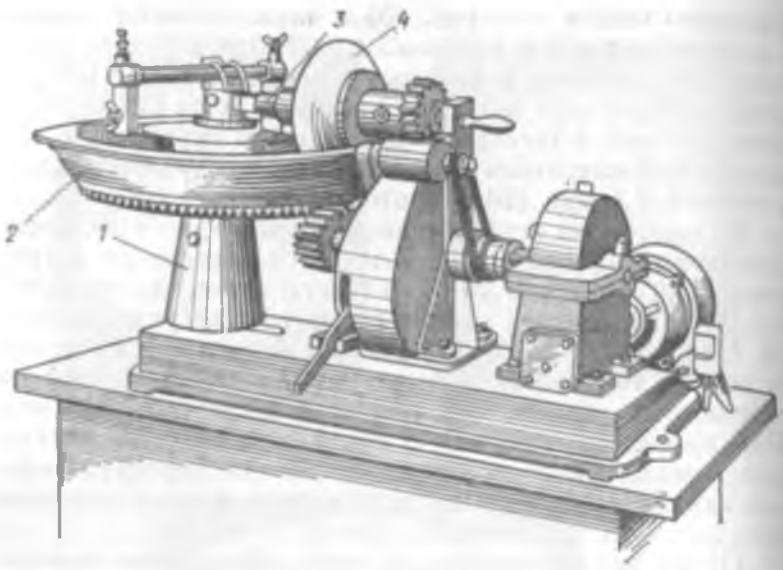


Рис. 60. Смеситель для перемешивания цементного раствора

1 — станина; *2* — смесительная чаша; *3* — откидная траверса; *4* — валик для перемешивания раствора

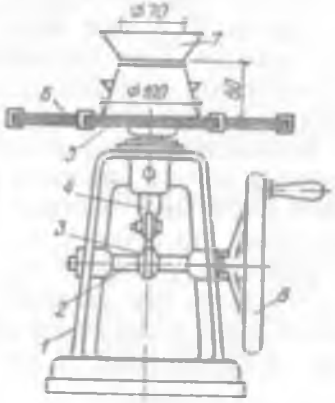


Рис. 61. Встряхивающий столик и форма-конус

Рис. 62. Штыковка для укладки раствора в форму-конус

1 — ручка; *2* — кольцо; *3* — стержень

(см. рис.45, *б*) и густой смазкой промазывают снаружи стык между формой и насадкой.

Цементный раствор нормальной консистенции для изготовления трех образцов-балочек приготовляют так же, как и для определения нормальной густоты раствора, т. е. из 500 г цемента и 1500 г песка. На каждый намеченный срок испытания изготовляют три образца.

Для уплотнения раствора подготовленную форму с насадкой прочно закрепляют на стандартной виброплощадке, создающей вертикальные колебания с амплитудой 0,35 мм и частотой 2800—3000 колебаний в 1 мин.

Готовый раствор укладывают в гнезда формы слоем приблизительно 1 см и включают виброплощадку. Затем в течение 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно небольшими порциями заполняют раствором. По истечении 3 мин (от начала вибрации) виброплощадку выключают и снимают форму. Затем смоченным ножом срезают излишек раствора, зачищают поверхность образцов вровень с краями формы и маркируют образцы.

Готовые образцы в формах хранят в ванне с гидравлическим затвором (см. рис. 56) в течение 24±2 ч. Затем образцы осторожно расформовывают и укладывают в горизонтальное положение в ванну с водой, где хранят до момента испытания. Образцы в воде не должны соприкасаться один с другим. Необходимо, чтобы объем воды в сосуде для хранения образцов был в 4 раза больше объема образцов. Температуру воды в ванне поддерживают 20±2 °С, ее значение ежедневно контролируют и заносят в журнал. Воду, в которой хранят образцы, рекомендуется менять через каждые 14 дн. Вынутые образцы испытывают не позднее чем через 10 мин.

Для определения марки цемента образцы-балочки в возрасте 28 сут с момента их изготовления испытывают на изгиб, а затем каждую из полученных половинок — на сжатие.

Образцы-балочки испытывают на изгиб с помощью машины МИИ-100 (рис. 63) или рычажного прибора Михаэлиса (см. рис. 50). Испытание на изгиб на машине МИИ-100 производят следующим образом. Стрелку *2* устанавливают на 0 шкалы *1*, перемещая винт с грузом *6* вдоль прорези *5*. Образец-балочку *11* устанавливают на опоры *13* изгибающего устройства (расстояние между центрами опор 100 мм) и маховичком *12* создают первичное натяжение валика *10*.. При отклонении стрел-

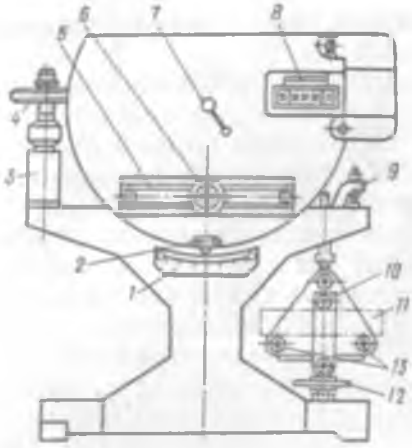


Рис. 63. Испытательная машина МИИ-100

ки *2* до деления 4,5 шкалы натяжение прекращают. После этого, поднимая рукоятку управления *7*, включают электродвигатель машины, который перемещают с постоянной скоростью по одному коромыслу рычага груз постоянной массы. Коромысло *9* этого рычага связано с серьгой изгибающего устройства. При перемещении груза плавно увеличивается усилие на испытываемую балочку.

Машина снабжена счетчиком *8*, который автоматически в зависимости от положения груза показывает напряжение в балочке в данный момент испытания. В момент разрушения образца коромысло, падая, ударяется о шайбу *4* амортизатора *3* и включает машину. На счетчике остается показание предела прочности при изгибе. Сняв половинки балочек, рукоятку управления опускают в крайнее нижнее положение. При этом машина возвращает груз в начальное положение, а счетчик сбрасывает показания до нуля.

При испытании на изгиб образцов-балочек на рычажном приборе Михаэлиса следует руководствоваться методикой, изложенной выше.

Предел прочности при изгибе образцов цементного раствора вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших результатов испытания трех образцов-балочек. Половинки балочек испытывают на сжатие на гидравлическом прессе. Для передачи нагрузки на половинки балочек применяют плоские стальные шлифованные пластинки размером 40×62,5 мм (площадь

25 см²). Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, совпадали с рабочими поверхностями пластинок (см. рис. 54), а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца. При испытании образца на сжатие скорость увеличения нагрузки должна быть около 5 кН/с.

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$, МПа,

$$R_{сж} = p/S,$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; S — площадь грани, мм².

Предел прочности при сжатии образцов, изготовленных из испытываемого цементного раствора, вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов шести испытанных образцов.

Испытание образцов-балочек на изгиб и их половинок на сжатие может быть выполнено учащимися на следующем занятии через 7 или 14 сут, а если позволяет время, то и через 28 сут. Для перевода 7- или 14-суточной прочности образцов в 28-суточную прочность могут быть приняты ориентировочно коэффициенты: 1,5 для 7-суточной прочности, 1,25 — для 14-суточной.

Результаты определения предела прочности при изгибе образцов-балочек и предела прочности при сжатии половинок балочек учащиеся заносят в журнал для лабораторных работ. Затем полученные результаты сравнивают с требованиями ГОСТ 10178—76 (с изм.) для портландцемента, приведенными в табл. 12, и делают заключение о марке испытанного цемента.

Таблица 12. Требования к маркам портландцемента и его разновидностей

Цемент	Марка	Предел прочности в возрасте 28 сут, МПа	
		при изгибе	при сжатии
Портландцемент обыкновенный и с минеральными добавками	400	5,5	40
	500	6	50
	550	6,2	55
	600	6,5	60
Шлакопортландцемент	300	4,5	30
	400	5,5	40
	500	6	50

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой портландцемент?
2. Изложите методику определения насыпной плотности цемента.
3. Каковы требования стандарта к тонкости помола портландцемента?
4. Изложите методику определения нормальной густоты цементного теста.
5. Каким образом определяют сроки схватывания цементного теста и каковы требования стандарта?
6. Кратко изложите методику определения равномерности изменения объема цемента.
7. Какова методика определения марки портландцемента?
8. Какие марки портландцемента предусмотрены действующим стандартом?

ГЛАВА 7. ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Заполнители — основная часть бетона. Занимая 80—85 % его объема, они образуют жесткий скелет бетона и этим уменьшают его усадку и предотвращают образование усадочных трещин. Качество заполнителей в значительной мере влияет на технические свойства тяжелого бетона. В зависимости от размера зерен заполнитель делят на мелкий (песок) и крупный (щебень).

Песок

В качестве мелкого заполнителя для приготовления тяжелого бетона применяют природный песок, который представляет собой рыхлую смесь зерен крупностью 0,14—5 мм, образовавшуюся в результате естественного разрушения прочных горных пород. Природные пески в зависимости от условий залегания могут быть речные, морские и горные (овражные). Речные и морские пески имеют округлую форму зерен, горные пески содержат остроугольные зерна, что обеспечивает их лучшее сцепление с бетоном. Однако горные пески обычно больше загрязнены вредными примесями, чем речные и морские.

Для оценки качества песка, предназначенного для тяжелого бетона, в лаборатории определяют его истинную плотность, насыпную плотность, пустотность, влажность, содержание пылевидных и глинистых частиц, ор-

ганических примесей, зерновой состав и модуль крупности.

Для испытания песка от каждой партии отбирают среднюю пробу. Размер партии 500 м³. Среднюю пробу получают путем отбора 10—15 отдельных частичных проб из различных мест партии.

Размер частичных проб принимают в пределах 10—20 кг с расчетом, чтобы масса средней пробы в четыре раза превышала количество песка, необходимого для проведения предусмотренных испытаний.

Отдельные пробы соединяют, тщательно перемешивают и перед отправкой в лабораторию сокращают методом квартования или при помощи желобчатого делителя.

Метод квартования (рис. 64) состоит в том, что после перемешивания среднюю пробу песка в виде усеченного конуса разравнивают слоем толщиной 8—10 см и делят через центр перпендикулярными линиями, проходящими через центр, на четыре равные части, из которых две любые противоположные части удаляют, а две, оставшиеся после перемешивания и разравнивания, снова делят на четыре части. Такое деление продолжают до тех пор, пока не остается требуемое количество песка.

Желобчатый делитель (рис. 65) состоит из приемного бункера *1*, желобов *2*, лотков *3* и бункеров готовой пробы *4*. Ширина желобов делителя должна в 1,5 раза превышать наибольшие размеры зерен песка. Засыпая пробу песка в приемный бункер, ее равномерно делят на две части. Для дальнейшего сокращения пробы снова пропускают через делитель и повторяют процесс деления до получения средней пробы требуемого размера.

Общий размер пробы песка для проведения лабораторных испытаний может быть принят 10 кг при условии выполнения нескольких видов испытаний, если в процессе испытаний определяемые свойства песка не изменяются. Например, можно определить зерновой состав песка и содержание пылевидных и глинистых (илистых) частиц после определения насыпной плотности.

Отобранную пробу упаковывают в тару и доставляют в лабораторию для испытания согласно ГОСТ 8735—75. В лаборатории пробы взвешивают и высушивают до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105—110 °С.

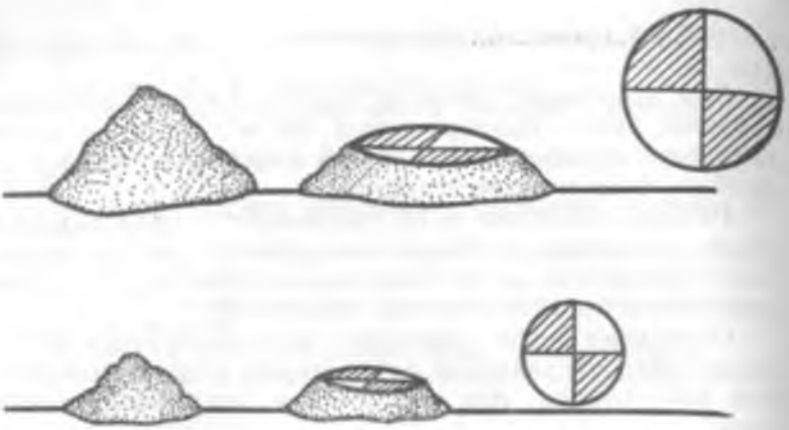


Рис. 64. Метод квартования сыпучих и кусковых материалов

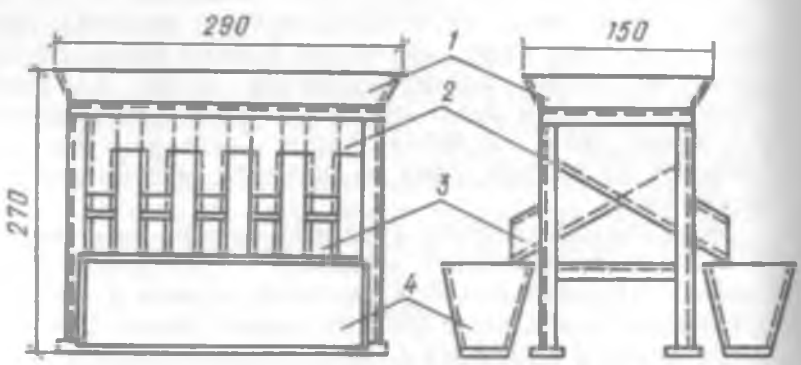
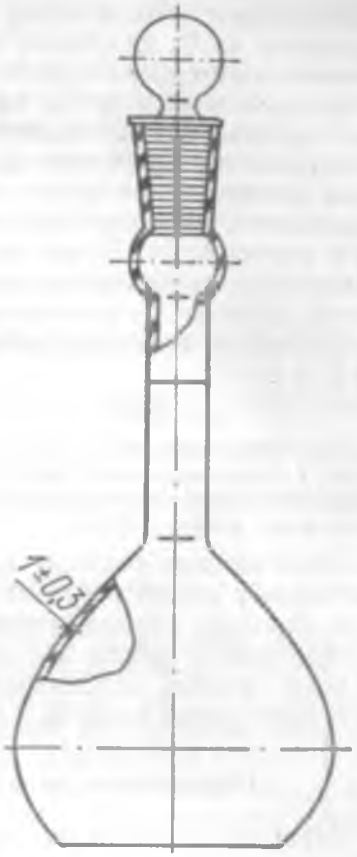


Рис. 65. Желобчатый делитель

Для оценки качества песка, предназначенного для тяжелого бетона, в лаборатории определяют его истинную плотность, насыпную плотность, пустотность, влажность, содержание пылевидных и глинистых частиц, органических примесей, зерновой состав и модуль крупности.

На лабораторных занятиях учащиеся определяют истинную и насыпную плотность песка и его гранулометрический состав. С остальными испытаниями знакомятся по данному Практикуму, зарисовывают приборы и делают необходимые записи в журнале для лабораторных работ.

Рис. 66. Пикнометр



Определение истинной плотности песка

Истинная плотность песка определяется в пикнометре объемом 100 мл с риской на шейке. От средней пробы песка берут навеску 30—40 г и просеивают через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм. Прошедший через сито песок переносят в бюкс или фарфоровую чашку и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 110+5 °С. Затем бюкс с песком охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлористым кальцием. Из высушенного песка отвешивают две навески по 10 г каждая, всыпают их в два чистых, предварительно высушенных взвешенных пикнометра (рис. 66). Затем каждый пикнометр с песком

взвешивают. После этого оба пикнометра с навесками заливают на $^2/_3$ их объема дистиллированной водой, перемешивают содержимое и ставят каждый пикнометр в наклонном положении на песчаную или водяную баню. Содержимое пикнометра кипятят в течение 20 мин для удаления пузырьков воздуха. После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до температуры помещения, доливают дистиллированной водой до метки и взвешивают. Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют дистиллированной водой до метки и снова взвешивают.

Истинную плотность песка $\rho_п$ вычисляют с точностью до 0,01 г/см³:

$$\rho_п = [(m - m_1)\,\rho_в]/(m - m_1 + m_2 - m_3),$$

где m — масса пикнометра с песком, г; m_1 — то же, пустого, г; m_2 — то же, с дистиллированной водой, г; m_3 — то же, с песком и дистиллированной водой после удаления пузырьков воздуха, г; $\rho_в$ — плотность воды, равная 1 г/см³.

Определение считают законченным, если расхождение между двумя результатами не превысит 0,02 г/см³. При больших расхождениях истинную плотность песка определяют вторично. За окончательный результат принимают среднее арифметическое определения истинной плотности обеих навесок.

Определение насыпной плотности песка

Насыпную плотность песка необходимо знать для расчета состава бетона, определения пустотности песка, а также для расчетов, связанных с перевозкой песка, проектированием складов заполнителей и т. д. Для определения насыпной плотности песка в сухом состоянии среднюю пробу песка массой около 5 кг высушивают в сушильном шкафу при температуре 110+5 °С до постоянной массы и просеивают через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм. Затем охлажденный песок всыпают металлическим совком с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный цилиндр вместимостью 1 л. Когда цилиндр заполнится песком с некоторым избытком в виде конуса, избыток осторожно без толчков и встряхиваний удаляют деревянной или металлической линейкой. После этого цилиндр с песком взвешивают и вычисляют насыпную плотность

$$\rho_п = (m_1 - m_2)/V,$$

где m_1 — масса мерного цилиндра с песком, кг; m_2 — то же, без песка, кг; V — объем цилиндра, м³.

Определение повторяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию песка. Окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое двух определений. Плотность песка в состоянии естественной влажности определяют так же, как и сухого песка, только среднюю пробу предварительно не высушивают.

Определение пустотности песка

Пустотность определяют по предварительно найденным значениям плотности.

Пустотность песка $V_п$, % по объему, вычисляют с точностью до 0,1 %:

$$V_п = [1 - (\rho_н/\rho_п)]\,100,$$

где $\rho_н$ — насыпная плотность песка в сухом состоянии, кг/м³; $\rho_п$ — истинная плотность песка, кг/м³.

Определение влажности песка

Влажность песка определяют следующим образом. От средней пробы песка берут две навески массой не менее 500 г, взвешивают с точностью до 1 г и помещают каждую в отдельный плоский сосуд, затем высушивают в сушильном шкафу при температуре 110+5 °С до постоянной массы. В процессе высушивания песок рекомендуется через каждые 30 мин перемешивать металлическим совком.

После достижения постоянной массы песок охлаждают и взвешивают. Влажность песка W, % по массе, вычисляют по формуле

$$W = [(m_1 - m_2)/m_2]\,100,$$

где m_1 — масса пробы влажного песка, кг; m_2 — масса пробы сухого песка, кг.

Влажность песка вычисляют как среднее арифметическое влажности двух проб.

Определение содержания в песке пылевидных частиц

Пылевидные, илистые и глинистые частицы — вредные примеси в песке; они обволакивают зерна песка и препятствуют сцеплению их с цементным камнем. Кро-

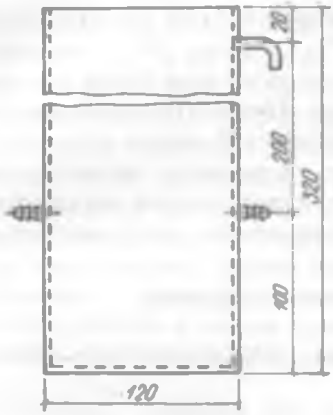


Рис. 67. Сосуд для отмучивания песка

ме того, эти примеси повышают водопотребность бетонной смеси и приводят к понижению прочности и морозостойкости бетона.

Суммарное содержание в песке пылевидных, глинистых и илистых частиц (примесей) определяют методом отмучивания. Указанные частицы (размером менее 0,05 мм), будучи взмучены вместе с песком в воде, осаждаются значительно медленнее зерен песка и благодаря этому могут быть легко отделены от песка.

Данное испытание выполняют следующим образом. Из пробы песка, высушенного до постоянной массы и просеянного сквозь сито диаметром отверстий 5 мм, отвешивают 1000 г, высыпают в сосуд для отмучивания (рис. 67) и заливают водой с таким расчетом, чтобы высота слоя над песком была около 200 мм. Песок выдерживают в воде около 2 ч, периодически перемешивая его стеклянной палочкой. По истечении 2 ч содержимое сосуда энергично перемешивают и оставляют на 2 мин в покое, затем сливают мутную воду через два нижних сливных отверстия, оставляя над песком слой воды 30 мм. Взамен слитой воды доливают чистую воду до первоначального уровня, содержимое сосуда энергично перемешивают, оставляют в покое на 2 мин и вновь сливают воду, как описывалось ранее. Песок промывают до тех пор, пока сливаемая вода не станет прозрачной.

Промытую пробу высушивают до постоянной массы и вычисляют суммарное содержание в песке пылевидных, глинистых и илистых частиц $П_{отм}$, %, с точностью

до 0,1 % по формуле

$$П_{отм} = [(m_1 - m_2)/m_1]\,100,$$

где m_1 — масса навески песка до отмучивания, кг; m_2 — масса высушенной навески песка после отмучивания, кг.

Испытание проводят дважды и за окончательный результат принимают среднее арифметическое двух определений.

Суммарное содержание пылевидных, илистых и глинистых частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать в песке, % по массе: для бетонов 3, для кладочных растворов 10, для штукатурных растворов 15.

Определение содержания в песке органических примесей

Органические примеси (например гумусовые) выделяют органические кислоты, которые разрушают цементный камень, снижая прочность бетона.

Степень загрязненности песка органическими примесями определяют методом окрашивания (колориметрическая проба). Для испытания берут навеску песка в состоянии естественной влажности массой 250 г. Песок насыпают при легком постукивании в стеклянный мерный цилиндр объемом 250 мл до отметки 130 мл и заливают 3 %-ным раствором едкого натра NaOH до отметки 200 мл. После энергичного взбалтывания содержимое цилиндра оставляют в покое на 24 ч и по истечении этого срока сравнивают цвет раствора над песком с цветом эталона.

Эталон приготовляют следующим образом: 2,5 мл 2 %-ного раствора танина в 1 %-ном растворе этилового спирта смешивают с 97,5 мл 3 %-ного раствора едкого натра. Полученную смесь наливают в мерный цилиндр вместимостью 250 мл, взбалтывают и оставляют в покое на 24 ч. Эталон в свежеприготовленном виде имеет цвет крепкого чая.

Если жидкость над песком не окрашена или ее цвет не темнее эталона, то песок будет пригоден для приготовления бетона. Когда окраска жидкости незначительно светлее эталона, содержимое мерного цилиндра подогревают в течение 2—3 ч на водяной бане при температуре 60—70 °С и вновь сравнивают цвет жидко-

сти с эталоном. Если цвет жидкости остается светлее эталона, значит, количество органических веществ не превышает допустимого значения. При цвете жидкости над песком темнее цвета эталона необходимо выполнить специальное исследование для установления пригодности песка для приготовления бетона.

Определение зернового состава песка

Зерновой (гранулометрический) состав песка имеет большое значение для получения тяжелого бетона заданной марки. В тяжелом бетоне песок служит для заполнения пустот между зернами крупного заполнителя. В то же время все пустоты между зернами песка должны быть заполнены цементным тестом. Кроме того, этим же тестом должны быть покрыты и поверхности всех частиц. Для уменьшения расхода цементного теста следует применять пески с малой пустотностью и наименьшей суммарной поверхностью частиц. Крупный песок имеет небольшую поверхность зерен, но значительную пустотность. Мелкий же, наоборот, обладает меньшей пустотностью, но очень большой суммарной поверхностью зерен. Поэтому для получения бетона плотной структуры при наименьшем расходе цемента целесообразно применять крупные пески, содержащие оптимальное количество средних и мелких частиц.

Зерновой состав песка характеризуется процентным содержанием в нем зерен различного размера. Для определения зернового состава песка применяют ситовой анализ. Среднюю пробу песка массой 2 кг высушивают, а затем просеивают сквозь сита с круглыми отверстиями диаметром 5 и 10 мм. Полученные на ситах остатки взвешивают и определяют с точностью до 0,1 % содержание в песке зерен крупностью 5—10 ($Гр_5$) и выше 10 мм ($Гр_{10}$) по формулам:

$$Гр_5 = m_5/m \cdot 100; \quad Гр_{10} = m_{10}/m \cdot 100,$$

где $Гр_5$ и $Гр_{10}$ — содержание в песке зерен крупностью 5—10 мм и выше 10 мм, %; m — масса пробы, г; m_5 и m_{10} — остатки на ситах с круглыми отверстиями, равными соответственно 5 и 10 мм, г.

Из пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску 1000 г и просеивают ее ручным или механическим способом через комплект сит, последовательно расположенных по мере

уменьшения размера отверстий в ситах (сита с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм, ниже сита с сетками, имеющими квадратные отверстия размером 1,25; 0,63; 0,315 и 0,14 мм). Просеивание считается законченным, если через сито на чистый лист бумаги за 1 мин проходит не более 0,1 % зерен песка от общей массы просеиваемой навески.

Остатки песка на каждом сите взвешивают и вычисляют частные остатки на каждом сите с точностью до 0,1 % по формуле

$$a_i = m_i/m \cdot 100,$$

где a_i — частный остаток, %; m_i — масса остатка на данном сите, г; m — масса просеиваемой навески, г.

Затем с точностью до 0,1 % определяют полные остатки на каждом сите. Полный остаток A_i, %, определяют как сумму частных остатков на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите по формуле

$$A_i = a_{2,5} + \ldots + a_i,$$

где $a_{2,5} + \ldots + a_i$ — частные остатки на ситах с большим размером отверстий, начиная с сита с размером отверстий 2,5 мм, %; a_i — частный остаток на данном сите, %.

Для оценки зернового состава песка и его пригодности для приготовления бетона результаты просеивания (по полным остаткам) наносят на график (рис. 68). На графике по оси абсцисс в определенном масштабе откладывают размеры отверстий на ситах с сеткой № 014, 0,315, 0,63; 1,25; 2,5 и 5, а по оси ординат — значения полных остатков на соответствующих ситах, %. Полученные точки соединяют ломаной линией. Если кривая, характеризующая зерновой состав испытуемого песка, располагается в заштрихованной части графика, то такой песок признают годным для приготовления бетона. Если кривая располагается выше заштрихованной части, то песок считается мелким, а если ниже — крупным. В песке для бетонов и растворов не допускается наличие зерен размером более 10 мм. Зерен размером от 5 до 10 мм не должно быть более 5 % по массе. Количество мелких частиц, прошедших через сито № 014, не должно превышать 10 %.

Зерновой состав песка характеризуется также модулем крупности $M_к$, который вычисляют с точностью до

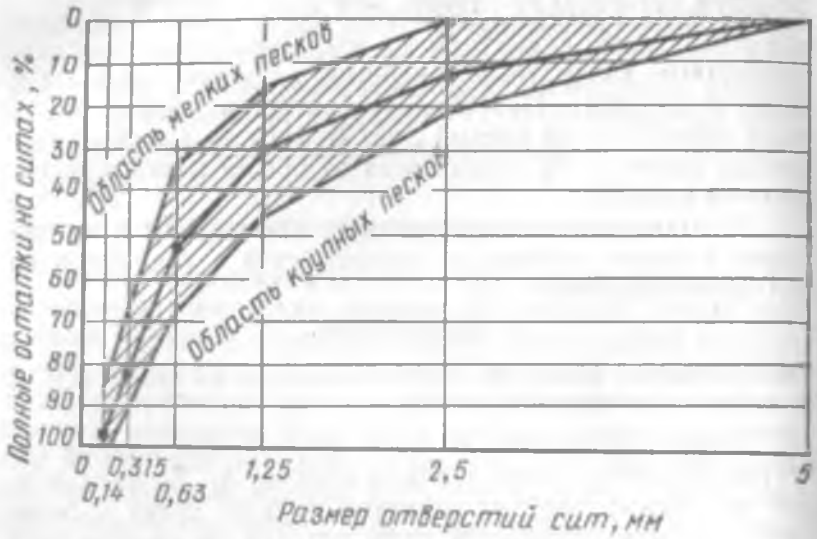


Рис. 68. График зернового состава песка

0,1 по формуле

$$M_к = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{063} + A_{0315} + A_{014})/100,$$

где $A_{2,5}$, $A_{1,25}$, A_{063}, A_{0315}, A_{014} — полные остатки на ситах, %.

Пески для строительных работ (ГОСТ 8736—77, с изм.) в зависимости от зернового состава подразделяют на следующие группы: крупные, средние, мелкие и очень мелкие. Для каждой группы песков значения $M_к$ и полный остаток на сите с сеткой № 063 должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 13.

Для выполнения данной лабораторной работы подгруппу учащихся разбивают по три-четыре человека и каждая бригада определяет зерновой состав песка. Учащиеся каждой бригады рассеивают пробу на наборе стандартных сит, после чего рассчитывают частные и полные остатки на ситах в процентах, а также вычисляют модуль крупности песка. Результаты заносят в таблицу журнала для лабораторных работ. В этом же журнале по полученным результатам каждый учащийся строит график зернового состава испытанного песка. Для сравнения рекомендуется наносить на график кривые состава песков, испытанных учащимися смежных бригад.

Таблица 13. Классификация песков по зерновому составу

Группа песков	$M_н$	Полный остаток на сите № 063, % по массе
Крупный	Свыше 2,5	Свыше 45
Средний	2—2,5	30—45
Мелкий	1,5—2	10—30
Очень мелкий	1—1,5	До 10

Пример. После просеивания навески песка 1000 г масса частных остатков песка на каждом сите составила $m_{2,5}=120$ г; $m_{1,25}=180$ г; $m_{063}=220$ г; $m_{0315}=320$ г; $m_{014}=140$ г, прошло через сито с сеткой № 014 20 г.

Вычислим частные остатки на ситах по приведенной на с. 123 формуле:

$$a_{2,5} = m_{2,5}/m \cdot 100 = 120/1000 \cdot 100 = 12\%;$$

$$a_{1,25} = m_{1,25}/m \cdot 100 = 180/1000 \cdot 100 = 18\%;$$

$$a_{063} = m_{063}/m \cdot 100 = 220/1000 \cdot 100 = 22\%;$$

$$a_{0315} = m_{0315}/m \cdot 100 = 320/1000 \cdot 100 = 32\%;$$

$$a_{014} = m_{014}/m \cdot 100 = 140/1000 \cdot 100 = 14\%.$$

Вычислим полные остатки на ситах по формуле:

$$A_{2,5} = a_{2,5} = 12\%;$$

$$A_{1,5} = a_{2,5} + a_{1,25} = 12 + 18 = 30\%;$$

$$A_{063} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{063} = 12 + 18 + 22 = 52\%;$$

$$A_{0315} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{063} + a_{0315} = 12 + 18 + 22 + 32 = 84\%;$$

$$A_{014} = a_{2,5} + a_{1,25} + a_{063} + a_{0315} + a_{014} = 12 + 18 + 22 + 32 + 14 = 98\%.$$

Результаты определения частных и полных остатков на ситах испытуемого песка запишем в табл. 14.

Таблица 14. Зерновой состав песка

Остаток	Размеры отверстий сит, мм					Прошло через сито с сеткой № 014
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
Частный:						
г	120	180	220	320	140	20
%	12	18	22	32	14	2
Полный, %	12	30	52	84	98	—

Нанесенная на график (см. рис. 68) ломаная линия, характеризующая зерновой состав испытываемого песка,

расположена в заштрихованной области графика, что свидетельствует о пригодности песка для приготовления бетона.

Модуль крупности песка вычислим по формуле

$$M_к = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14})/100 =$$
$$= (12 + 30 + 52 + 84 + 98)/100 = 2,76.$$

По значениям модуля крупности (2,76) и полному остатку на сите с сеткой № 063 (52 %) испытываемый песок относится к крупному песку (см. табл. 13).

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой песок?
2. В какой последовательности отбирают среднюю пробу песка?
3. Как определяют истинную плотность песка при помощи пикнометра?
4. В чем состоит методика определения насыпной плотности песка?
5. Как определяют степень загрязненности песка глинистыми и пылевидными частицами?
6. Изложите последовательность определения зернового состава песка.
7. Как вычисляют модуль крупности песка?

Щебень и гравий

В качестве крупного заполнителя для приготовления тяжелого бетона принимают щебень и гравий.

Щебень представляет собой рыхлый материал, получаемый путем дробления крупных кусков твердых горных пород. Смеси зерен щебня различных размеров подвергают рассеву на отдельные фракции. Отсеянные частицы размером менее 3 мм используют в качестве мелкого заполнителя. Зерна щебня остроугольной формы, поверхность их шероховата, в связи с чем щебень хорошо сцепляется с цементно-песчаным раствором.

Гравий — рыхлый материал, образовавшийся в результате естественного разрушения (выветривания) прочных горных пород и состоящий из зерен округлой формы. Гравий может быть горным (овражным), речным и морским. Горный гравий имеет шероховатые поверхности и содержит обычно примеси песка, глины, пыли и органических веществ. Речной и морской гравий чище горного, но зерна его имеют гладкую поверхность, что ухудшает сцепление с цементно-песчаным раствором.

Для оценки качества крупного заполнителя, предна-

значенного для приготовления тяжелого бетона, в лаборатории его подвергают испытанию, определяя истинную плотность, среднюю плотность, насыпную плотность, пустотность, влажность, водопоглощение, содержание пылевидных, илистых, глинистых частиц и органических примесей, зерновой состав, прочность зерен, содержание пластинчатых и игловатых зерен; кроме того, при технической необходимости и наличии в строительной лаборатории соответствующего оборудования определяют прочность исходной горной породы, истираемость, сопротивление удару и морозостойкость.

Для испытания щебня (гравия) от каждой поступившей партии (500 т) отбирают среднюю пробу, соединяя 10—15 отдельных проб, взятых из различных мест. Отобранные пробы тщательно перемешивают и путем квартования или при помощи желобчатого делителя сокращают обычно до 80—150 кг. Сокращенную пробу упаковывают в тару и доставляют в лабораторию для испытания по ГОСТ 8269—76.

Определение истинной плотности зерен щебня (гравия)

Истинную плотность зерен щебня (гравия) определяют пикнометрическим методом. Для этого отбирают среднюю пробу, масса которой должна составлять при наибольшей крупности зерен 10 мм — 0,5 кг; 20 мм — 1 кг; 40 мм — 2,5 кг; 70 мм — 5 кг. Зерна отобранной пробы очищают щеткой от грязи и пыли, затем дробят до зерен размером 5 мм и сокращают квартованием до 150 г, подвергая повторному измельчению до зерен размером 1,25 мм. Эту пробу сокращают до массы 30 г, растирают в чугунной или фарфоровой ступке, насыпают в бюкс и высушивают в сушильном шкафу при температуре 110±5 °С до постоянной массы, после чего охлаждают в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или безводным хлористым кальцием. В эксикаторе пробу хранят до момента испытания.

Испытанию подвергают две навески по 10 г каждая, отвешенные на аналитических весах. Каждую навеску высыпают в чистый высушенный пикнометр и наливают в него дистиллированную воду. Испытание ведут по методике (см. с. 117). Плотность зерен щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

Определение средней плотности зерен щебня (гравия)

Средняя плотность зерен щебня (гравия) определяют путем гидростатического взвешивания. Для этого отбирают среднюю пробу щебня (гравия) массой 2,5 кг при крупности зерен до 40 мм и 5 кг — более 40 мм. В последнем случае крупные зерна дробят вручную или при помощи лабораторной дробилки до зерен размером 40 мм, сокращая при этом массу пробы в 2 раза. Полученную пробу высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы, просеивают через сито с размерами отверстий, соответствующими наименьшему размеру зерен данной фракции исследуемого щебня (гравия), и из остатка на сите отвешивают две навески по 1000 г каждая.

Затем щебень (гравий) погружают на 2 ч в воду комнатной температуры. Уровень воды в сосуде должен быть выше поверхности щебня (гравия) на 20 мм. Насыщенный водой щебень (гравий) вынимают из воды, вытирают мягкой влажной тканью и сразу взвешивают: сначала на технических, а затем на гидростатических весах (рис. 69), помещая его в сетчатый (перфорированный) стакан, погруженный в воду.

Разность массы навески щебня в насыщенном водой состоянии на воздухе и в насыщенном водой состоянии в воде дают объем навески. Плотность ρ_m вычисляют с точностью до 0,01 г/см^3 по формуле

$$\rho_m = (m\rho_в)/(m_1 - m_2),$$

где m — масса навески в сухом состоянии, г; m_1 — масса навески в насыщенном водой состоянии на воздухе, г; m_2 — масса навески в насыщенном водой состоянии в воде, г; $\rho_в$ — полтность воды, г/см^3.

Испытания проводят два раза и среднюю плотность зерен щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое двух определений. Расхождение между результатами двух определений не должно превышать 0,02 г/см^3. При больших расхождениях производят третье определение и находят среднее арифметическое двух ближайших значений.

Определение насыпной плотности щебня (гравия)

Насыпную плотность щебня (гравия) необходимо знать для расчета состава бетона, определения пустотности крупного заполнителя, а также для расчетов, связан-

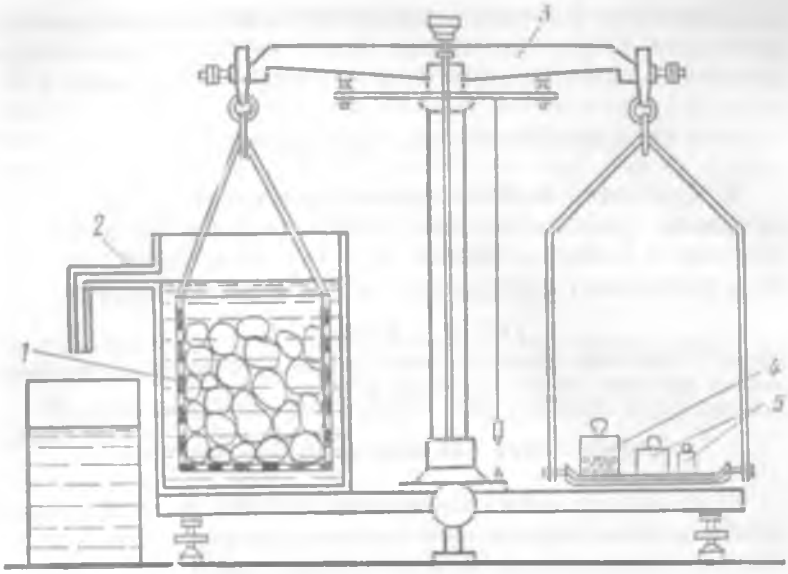


Рис. 69. Весы технические для гидростатического взвешивания щебня (гравия)

1 — сетчатый (перфорированный) стакан; *2* — сосуд со сливом для воды; *3* — коромысло; *4* — стаканчик с дробью; *5* — разновесы

ных с перевозкой щебня (гравия), проектированием складов крупного заполнителя и т. д.

Насыпную плотность определяют при помощи мерного цилиндра, объем которого зависит от крупности щебня (гравия). Например, при наибольшей крупности щебня (гравия) 10 мм объем мерного цилиндра должен быть 5 л, при крупности 20 мм — 10 л, 40 мм — 20 л и свыше 40 мм — 50 л.

Предназначенный для испытания щебень (гравий) в необходимом количестве высушивают до постоянной массы и охлаждают.

Щебень (гравий) насыпают совком с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный цилиндр до образования конуса над краями цилиндра. Излишек щебня (гравия) срезают стальной линейкой вровень с краями, цилиндр со щебнем (гравием) взвешивают и вычисляют насыпную плотность с точностью до 10 кг/м^3 по формуле

$$\rho_н = (m_1 - m_2)/V,$$

где m_1 — масса цилиндра с заполнителем, кг; m_2 — масса цилиндра, кг; V — объем цилиндра, м^3.

Насыпную плотность щебня (гравия) определяют три раза (при этом каждый раз берут новую порцию) и вычисляют среднее арифметическое трех определений.

Определение пустотности щебня (гравия)

Пустотность щебня (гравия) определяют по предварительно найденным значениям средней и насыпной плотности щебня (гравия). Пустотность $V_п$, % по объему, вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$V_п = [1 - (\rho_н/\rho_т)] \cdot 100,$$

где $\rho_т$ — истинная плотность зерен щебня (гравия), кг/м³; $\rho_н$ — насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³.

Определение влажности щебня (гравия)

Для определения влажности щебня (гравия) берут пробу испытываемого заполнителя в определенном количестве в зависимости от его наибольшей крупности. Например, при наибольшей крупности заполнителя 20 мм берут навеску 1 кг, крупности 40 мм — 2,5 кг, 70 мм — 5 кг.

Пробу заполнителя в состоянии естественной влажности взвешивают, после чего помещают в плоский сосуд и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы. Затем пробу заполнителя охлаждают и взвешивают.

Влажность щебня (гравия) W, %, вычисляют по формуле

$$W = [(m_1 - m_2)/m_2] 100,$$

где m_1 — масса пробы в состоянии естественной влажности, г; m_2 — масса пробы в сухом состоянии, г.

Влажность щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

Определение водопоглощения щебня (гравия)

От средней пробы подлежащего испытанию заполнителя отбирают пробу, масса которой зависит от наибольшей крупности заполнителя. Например, при наибольшей крупности до 10, 20 и 40 мм берут пробу соответственно массой 0,5; 1 и 2,5 кг.

Зерна отобранной пробы очищают металлической щеткой от рыхлых частиц и пыли, промывают и высуши-

вают в сушильном шкафу до постоянной массы, затем помещают в сосуд с водой комнатной температуры на 48 ч так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности щебня (гравия) на 20 мм. Затем его вынимают, вытирают мягкой влажной тканью и немедленно взвешивают. Массу воды, вытекающей из пор зерен щебня (гравия) на чашку весов, включают в массу пробы.

Водопоглощение щебня (гравия) $W_{погл}$, %, вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$W_{погл} = [(m_2 - m_1)/m_1]\,100,$$

где m_1 — масса пробы в сухом состоянии, г; m_2 — масса пробы в насыщенном водой состоянии, г.

Водопоглощение вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

Определение содержания в щебне (гравии) пылевидных, илистых и глинистых частиц

Пылевидные, илистые и глинистые частицы — вредные примеси в крупном заполнителе, так как покрывая поверхность зерен заполнителя, они препятствуют сцеплению его с цементным камнем и этим снижают прочность и морозостойкость бетона. Суммарное содержание этих примесей определяют методом отмучивания.

Пробу щебня (гравия) высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы. От сухой пробы берут навеску 5 кг при наибольшей крупности зерен щебня (гравия) 40 мм и 10 кг при наибольшей крупности 70 мм. Отобранную пробу щебня (гравия) помещают в сосуд для отмучивания, который имеет несколько большие размеры, чем сосуд для отмучивания песка (см. рис. 67). Высота сосуда 350 мм, внутренний диаметр 230 мм. Пробу заливают водой до верхнего сливного отверстия и выдерживают в таком состоянии до полного размокания глинистой пленки на зернах щебня (гравия) или комков глины, если они имеются в пробе. Затем в сосуд со щебнем (гравием) доливают воду в таком количестве, чтобы высота слоя над пробой была не менее 200 мм, энергично перемешивают содержимое сосуда деревянной мешалкой и оставляют в покое на 2 мин. После этого через два нижних отверстия сосуда сливают полученную при промывании щебня (гравия) суспензию с таким расчетом, чтобы над пробой оставался слой суспензии не

менее 30 мм. Затем щебень (гравий) вновь заливают водой и испытание повторяют до тех пор, пока после промывки вода не будет прозрачной. Закончив промывку, пробу высушивают до постоянной массы.

Содержание в щебне (гравии) отмучиваемых пылевидных, илистых и глинистых частиц $П_{отм}$, %, вычисляют с точностью до 0,1 % по формуле

$$П_{отм} = [(m - m_1)/m]\,100,$$

где m — масса пробы до отмучивания, г; m_1 — масса пробы после отмучивания, г.

Содержание в щебне (гравии) отмученных пылевидных, илистых или глинистых частиц вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

В щебне из изверженных и метаморфических горных пород, предназначенном для бетонов, содержание пылевидных, илистых и глинистых частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать 1 %. В щебне из осадочных горных пород марок до 400 и от 400 до 1200 содержание этих частиц не должно превышать соответственно 3 и 2 %.

Определение содержания в гравии органических примесей

Испытанию подвергают фракции гравия с наибольшей крупностью зерен 20 мм. Для испытания берут среднюю пробу этой фракции в воздушно-сухом состоянии массой 1 кг и просеивают сквозь сито с диаметром отверстий 20 мм. Прошедшим сквозь сито гравием наполняют мерный цилиндр вместимостью 250 мл до уровня 130 мл, после чего заливают в цилиндр 3 %-ный раствор едкого натра до деления 200 мл. В остальном методика испытания та же, что и при испытании песка (см. с. 121).

Цвет раствора едкого натра при обработке гравия не должен быть темнее эталона.

Определение зернового состава щебня (гравия)

Зерновой состав крупного заполнителя (щебня или гравия) в значительной мере влияет на качество приготовления на нем бетона. При выборе зернового состава крупного заполнителя для бетона необходимо исходить

из основного требования: получить наименьший объем пустот в крупном заполнителе, а следовательно, наименьший расход цемента в бетоне заданной марки.

В зависимости от размера зерен щебень (гравий) подразделяют на следующие фракции: 5—10, 10—20; 20—40 и 40—70 мм. В каждой фракции гравия или щебня должны быть зерна всех размеров от наибольшего до наименьшего для данной фракции. Зерновой состав загрязненного нефракционированного щебня (гравия) определяют просеиванием с одновременной промывкой водой пробы заполнителя. В условиях учебной лаборатории при испытании щебня (гравия), зерна которого не имеют примесей глины, зерновой состав рекомендуется определять без одновременного промывания водой по приведенной ниже методике. В данном случае крупный заполнитель высушивают до постоянной массы и берут для испытания пробу в количестве 5; 10; 20; 30 и 50 кг при наибольшей крупности его соответственно 10; 20; 40 и 70 мм. Щебень (гравий) просеивают через набор сит с отверстиями размером 1,25 $D_{наиб}$; $D_{наиб}$ 0,5 ($D_{наиб}+D_{наим}$); $D_{наим}$, собранных в колонку, и определяют частные и полные остатки на каждом сите, % по массе рассеиваемой пробы. При отсутствии сит с отверстиями, диаметр которых точно равен 1,25 $D_{наиб}$ и 0,5 ($D_{наиб}+D_{наим}$), разрешается пользоваться ситами стандартного набора, размеры отверстий которых наиболее близки требуемым. Обычно рассеивают пробу через набор сит следующих размеров: 70; 40; 20; 10 и 5 мм.

В случае, когда остаток образовался на сите с отверстиями диаметром 70 мм, определяют также необходимый для построения кривой просеивания предельный размер зерен щебня (гравия), используя проволочные кольца-калибры различного диаметра — 100, 120 мм или более в зависимости от крупности.

Далее вычисляют остатки на каждом сите, % к суммарной массе просеянной пробы:

$$a_i = (m_i \cdot 100)/\Sigma m,$$

где m_i — масса остатка на данном сите, кг; Σm — сумма частных остатков на всех ситах, кг.

По известным значениям частных остатков рассчитывают полные остатки, % на каждом сите:

$$A_i = a_{70} + \ldots + a_i,$$

где $a_{70} + \ldots + a_i$ — частные остатки на всех ситах с большими размерами отверстий плюс остаток на данном сите, %.

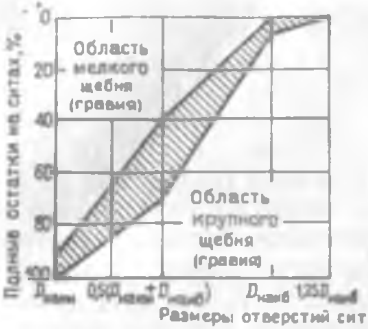


Рис. 70. График зернового состава щебня (гравия)

Затем устанавливают наибольшую $D_{наиб}$ и наименьшую $D_{наим}$ крупность зерен щебня (гравия). За наибольшую крупность зерен принимают размер отверстия того верхнего сита, на котором полный остаток не превышает 5 %, а за наименьшую крупность — размер отверстия нижнего сита, полный остаток на котором составляет не менее 95 %. Кроме того, вычисляют значения $0{,}5(D_{наим}+D_{наиб})$ и $1{,}25\ D_{наиб}$. Зерновой состав каждой фракции или смеси фракций должен находиться в пределах, указанных в табл. 15.

Таблица 15. Зерновой состав щебня (гравия)

Размер контрольных сит	$D_{наим}$	$0{,}5(D_{наим}+D_{наиб})$	$D_{наиб}$	$1{,}25D_{наиб}$
Полный остаток на ситах, % по массе	от 90 до 100	от 30 до 80	До 10	До 0,5

Качество зернового состава щебня (гравия) оценивают значением полных остатков в процентах на ситах с контрольными отверстиями $D_{наим}$; $0{,}5\ (D_{наим}+D_{наиб})$; $D_{наиб}$ и $1{,}25\ D_{наиб}$. Откладывая на графике (рис. 70) по оси ординат эти значения, получают четыре точки, которые соединяют ломаной линией. Щебень (гравий) признают годным по зерновому составу для приготовления бетона, если кривая его зернового состава располагается в заштрихованной части графика.

При выполнении данной лабораторной работы учащиеся определяют зерновой состав щебня или гравия, на зернах которого нет примесей глины и он не сильно за-

грязнен пылью. При этом условии можно отказаться от промывания заполнителя водой. Пробу щебня (гравия) с наибольшей крупностью зерен 40 и 70 мм, высушенную до постоянной массы, просеивают на наборе стандартных сит, после чего рассчитывают частные и полные остатки на ситах в процентах и результаты заносят в таблицу журнала для лабораторных работ. Затем наносят на график полные остатки на ситах с размерами отверстий $D_{наим}$; $0{,}5\,(D_{наим}+D_{наиб})$; $D_{наиб}$ и $1{,}25\,D_{наиб}$, соединяют полученные точки и оценивают пригодность щебня (гравия) для приготовления бетона.

Для сравнения рекомендуется наносить на график кривые зернового состава щебня или гравия, испытанного учащимися смежных бригад.

Пример. При просеивании навески 20 кг щебня наибольшей крупностью 40 мм частные остатки на каждом сите составили: m_{40} — 0,8 кг, m_{20} — 10,2 кг, m_{10} — 7,8 кг, m_5 — 1 кг, m_{05} — 0,2 кг. Эти значения заносят в табл. 16. Сюда же заносят частные остатки a_i,

Таблица 16. Зерновой состав щебня (масса 20 кг)

Остаток на сите	Размеры отверстий сит, мм					
	70	40	20	10	5	Прошло через сито № 05
Частный						
кг	—	0,8	10,2	7,8	1	0,2
%	—	4	51	39	5	1
Полный, %	—	4	55	94	99	100

%, вычисленные по приведенной ранее формуле. Σm можно принять равной массе взятой пробы, т. е. 20 кг. Затем вычисляют полные остатки A_i, %, по формуле, приведенной выше, и заносят их в табл. 16.

По значению полных остатков устанавливают: $D_{наим}=5$ мм; $D_{наиб}=40$ мм; $0{,}5\,(D_{наим}+D_{наиб})=0{,}5\,(5+40)\approx 20$ мм и $1{,}25\,D_{наиб}=50$ мм. После этого на график (см. рис. 70) наносят значения соответствующих полных остатков, %: $A_5=99$, $A_{20}=55$, $A_{40}=4$ и A_{50} (в данном примере A_{70}) $=0$. Соединяя полученные точки ломаной линией, находят, что кривая зернового состава щебня располагается в заштрихованной части графика, а это свидетельствует о пригодности щебня для приготовления бетона.

Определение прочности щебня (гравия)

Прочность щебня (гравия) оценивают косвенным показателем дробимости при сжатии в цилиндре. Это

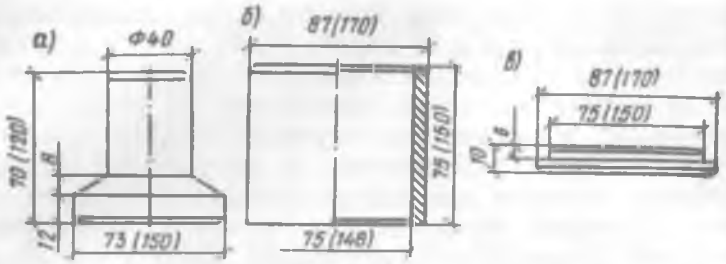


Рис. 71. Стальной цилиндр со съемным дном и плунжером

а — цилиндр; *б* — плунжер; *в* — съемное дно

испытание крупного заполнителя выполняют следующим образом. Щебень (гравий) фракций 5—10; 10—20 или 20—40 мм просеивают через сита с отверстиями, соответствующими наибольшей $D_{наиб}$ и наименьшей $D_{наим}$ крупности испытуемой фракции. Щебень (гравий) крупнее 40 мм предварительно дробят до фракции 10—20 и 20—40 мм, которые затем подвергаются испытанию. Из остатка на сите с отверстиями размером, равным $D_{наим}$, отбирают пробу массой не менее 0,5 кг для испытания в цилиндре диаметром 75 мм или не менее 4 кг для испытания в цилиндре диаметром 150 мм. Щебень (гравий) испытывают в сухом или насыщенном водой состоянии, для чего заполнитель высушивают до постоянной массы и погружают в воду на 2 ч. После насыщения в воде его обтирают мягкой влажной тканью.

Для определения марки щебня (гравия) по дробимости в цилиндре пробу помещают в цилиндр со съемным дном (рис. 71) диаметром 150 мм; для текущего контроля качества щебня (гравия) фракции 5—10 и 10—20 мм используют цилиндр диаметром 75 мм. Для испытания щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм из подготовленной пробы берут навеску 0,4 кг, а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм — 3 кг. Навеску щебня (гравия) высыпают с высоты 5 см в соответствующий цилиндр, разравнивают верхний уровень материала так, чтобы он примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем вставляют в цилиндр плунжер, при этом его плита должна быть на уровне верхнего края цилиндра. В случае если верх плиты не совпадает с краем цилиндра, удаляют или добавляют несколько зерен испытываемого заполнителя (масса этих зерен должна быть учтена в расчете). После этого цилиндр

устанавливают на нижнюю плиту гидравлического пресса. Повышая усилие пресса со скоростью 1—2 кН/с, доводят его при испытании щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм до 50 кН, а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм — до 200 кН. После сжатия испытуемую пробу заполнителя высыпают из цилиндра и взвешивают. Затем раздробленный в цилиндре щебень (гравий) просеивают через сито, диаметр отверстий которого зависит от размера испытываемой фракции. Для фракции 5—10 мм размер отверстия сита — 1,25 мм, для фракции 10—20 мм — 2,5 мм и для фракции 20—40 мм — 5 мм.

В случае, когда заполнитель подвергают испытанию в насыщенном водой состоянии, пробу на сите промывают водой и удаляют поверхностную влагу с зерен с помощью мягкой влажной ткани.

Остаток щебня (гравия) после просеивания на сите взвешивают и определяют показатель дробимости Др с точностью до 1 %:

$$Др = [(m_1 - m_2)/m_1]\,100,$$

где m_1 — масса навески щебня (гравия) до испытания, кг; m_2 — остаток на сите после просеивания раздробленного в цилиндре щебня (гравия), кг.

Испытания проводят два раза и показатель дробимости щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое двух определений. При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, показатель дробимости вычисляют как средневзвешенное результатов испытания отдельных составляющих фракций. В зависимости от показателя дробимости гравий подразделяют на следующие марки: Др8 (при потере массы до 8 %), Др12 (при потере массы от 8 до 12 %), Др16 (при потере массы от 13 до 16 %) и Др24 (при потере массы от 16 до 24 %).

Приведенным выше данным для марок гравия по дробимости в цилиндре соответствуют следующие ориентировочные значения интервалов прочности при сжатии горных пород, слагающих зерна гравия: Др8 — свыше 100 МПа; Др12 — 80—100 МПа; Др16 — 60—80 МПа; Др24 — 40—60 МПа.

Для предварительной оценки пригодности гравия (щебня) по их прочности (дробимости) в цилиндре для бетона различной прочности пользуются следующими данными:

Прочность бетона, МПа	40 и выше	30	20 и ниже
Марка гравия и щебня из гравия по дробимости в цилиндре, не более	8	12	16

Определение содержания в щебне (гравии) пластических и игловатых зерен

Пластинчатыми (лещадными) считают такие зерна, которые по толщине имеют размер меньше любого наименьшего размера зерна более чем в 3 раза; игловатыми считают такие зерна, которые по вытянутой оси имеют размер, превышающий любой наибольший размер зерна более чем в 3 раза.

Пластинчатые и игловатые зерна крупного заполнителя нарушают структуру бетона и создают в нем пространства, неравномерно заполненные цементным раствором. Такая структура бетона приводит к появлению микротрещин, которые, в свою очередь, снижают прочность бетона.

Для определения содержания в крупном заполнителе пластинчатых и игловатых зерен рекомендуется использовать остатки на ситах, полученные при определении зернового состава щебня (гравия). При этом от фракции 5—10 мм берут 0,25 кг; 10—20 — 1 кг; 20—40 — 5 кг и 40—70 — 15 кг. Рассыпав отобранный заполнитель на листе чистой бумаги или фанере, выбирают визуально из общей массы зерна пластинчатой и игловатой формы. В сомнительных случаях зерна измеряют шаблоном или штангенциркулем.

Сначала взвешивают все пластинчатые и игловатые зерна, а затем все остальные. Содержание в каждой фракции пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен $П$, %, вычисляют с точностью до 1 % по формуле

$$П = [m_1/(m_1 + m_2)]\,100,$$

где m_1 — масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, кг; m_2 — масса остальных зерен, кг.

Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы определяют как среднее арифметическое результатов испытаний каждой фракции.

Щебень по форме зерен подразделяется на три груп-

пы в зависимости от содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы: кубовидная форма с содержанием указанных зерен до 15 %, улучшенная — 25 % и обычная — 35 %.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой щебень и гравий?
2. Как определяют истинную плотность зерен щебня (гравия)?
3. Изложите последовательность определения насыпной плотности щебня (гравия).
4. Как определяют водопоглощение щебня (гравия)?
5. Содержание каких примесей является вредным для крупного заполнителя и почему?
6. Изложите последовательность определения зернового состава щебня (гравия).
7. Какие марки гравия по дробимости в цилиндре Вы знаете?
8. Как определяется содержание в крупном заполнителе пластинчатых и игловатых зерен?

ГЛАВА 8. БЕТОНЫ

Бетоном называют искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения правильно подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси минерального вяжущего вещества, воды, заполнителей и в необходимых случаях специальных добавок. Смесь из указанных выше материалов до начала ее затвердения называют бетонной смесью.

Наибольшее применение среди минеральных вяжущих веществ имеют цементы различных видов. Цемент и вода являются активными составляющими бетонной смеси. Цементное тесто, образующееся при затворении цемента водой, обволакивает зерна песка, щебня или гравия, заполняет промежутки между зернами заполнителя и играет роль своеобразной смазки, придающей бетонной смеси необходимую подвижность. Цементное тесто, затвердевая, переходит в камневидное состояние и надежно связывает зерна заполнителя. Последний образует жесткий скелет бетона и уменьшает его усадку, возникающую в результате усадки цементного камня при твердении. Структура затвердевшего бетона представлена на рис. 72. Применяя различные заполнители, получают бетоны с разнообразными физико-механическими свойствами: тяжелые, легкие, жаростойкие.

Прочность бетона, МПа	40 и выше	30	20 и ниже
Марка гравия и щебня из гравия по дробимости в цилиндре, не более	8	12	16

Определение содержания в щебне (гравии) пластических и игловатых зерен

Пластинчатыми (лещадными) считают такие зерна, которые по толщине имеют размер меньше любого наименьшего размера зерна более чем в 3 раза; игловатыми считают такие зерна, которые по вытянутой оси имеют размер, превышающий любой наибольший размер зерна более чем в 3 раза.

Пластинчатые и игловатые зерна крупного заполнителя нарушают структуру бетона и создают в нем пространства, неравномерно заполненные цементным раствором. Такая структура бетона приводит к появлению микротрещин, которые, в свою очередь, снижают прочность бетона.

Для определения содержания в крупном заполнителе пластинчатых и игловатых зерен рекомендуется использовать остатки на ситах, полученные при определении зернового состава щебня (гравия). При этом от фракции 5—10 мм берут 0,25 кг; 10—20 — 1 кг; 20—40 — 5 кг и 40—70 — 15 кг. Рассыпав отобранный заполнитель на листе чистой бумаги или фанере, выбирают визуально из общей массы зерна пластинчатой и игловатой формы. В сомнительных случаях зерна измеряют шаблоном или штангенциркулем.

Сначала взвешивают все пластинчатые и игловатые зерна, а затем все остальные. Содержание в каждой фракции пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен $П$, %, вычисляют с точностью до 1 % по формуле

$$П = [m_1/(m_1 + m_2)]\,100,$$

где m_1 — масса зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм, кг; m_2 — масса остальных зерен, кг.

Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы определяют как среднее арифметическое результатов испытаний каждой фракции.

Щебень по форме зерен подразделяется на три груп-

пы в зависимости от содержания зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы: кубовидная форма с содержанием указанных зерен до 15 %, улучшенная — 25 % и обычная — 35 %.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой щебень и гравий?
2. Как определяют истинную плотность зерен щебня (гравия)?
3. Изложите последовательность определения насыпной плотности щебня (гравия).
4. Как определяют водопоглощение щебня (гравия)?
5. Содержание каких примесей является вредным для крупного заполнителя и почему?
6. Изложите последовательность определения зернового состава щебня (гравия).
7. Какие марки гравия по дробимости в цилиндре Вы знаете?
8. Как определяется содержание в крупном заполнителе пластинчатых и игловатых зерен?

ГЛАВА 8. БЕТОНЫ

Бетоном называют искусственный каменный материал, получаемый в результате твердения правильно подобранной, тщательно перемешанной и уплотненной смеси минерального вяжущего вещества, воды, заполнителей и в необходимых случаях специальных добавок. Смесь из указанных выше материалов до начала ее затвердения называют бетонной смесью.

Наибольшее применение среди минеральных вяжущих веществ имеют цементы различных видов. Цемент и вода являются активными составляющими бетонной смеси. Цементное тесто, образующееся при затворении цемента водой, обволакивает зерна песка, щебня или гравия, заполняет промежутки между зернами заполнителя и играет роль своеобразной смазки, придающей бетонной смеси необходимую подвижность. Цементное тесто, затвердевая, переходит в камневидное состояние и надежно связывает зерна заполнителя. Последний образует жесткий скелет бетона и уменьшает его усадку, возникающую в результате усадки цементного камня при твердении. Структура затвердевшего бетона представлена на рис. 72. Применяя различные заполнители, получают бетоны с разнообразными физико-механическими свойствами: тяжелые, легкие, жаростойкие.

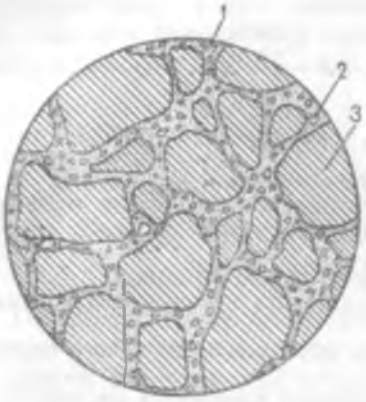


Рис. 72. Схема структуры затвердевшего тяжелого бетона
1 — цементный камень; *2* — песок; *3* — щебень

Подбор состава тяжелого бетона

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона заключается в установлении наиболее рационального соотношения между составляющими бетон материалами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием). Такое соотношение должно обеспечивать требуемую удобоукладываемость бетонной смеси для принятого способа ее уплотнения, а также приобретение бетоном заданной прочности в назначенный срок при наименьшем расходе цемента. В отдельных случаях вводят также требования о получении бетона необходимой плотности, морозостойкости, водонепроницаемости.

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов по массе на 1 м^3 уложенной и уплотненной бетонной смеси или отношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента, принимаемой за единицу, т. е. $1 : x : y$ (цемент : песок : щебень или гравий) при $В/Ц = Z$. Например, в первом случае состав бетона: цемента — 280, песка — 670, щебня — 1300, воды — 170 кг/м^3, а во втором случае: 1 : 2,4:4,7 при $В/Ц = 0{,}6$.

Различают два состава бетона: номинальный (лабораторный), рассчитанный для материалов в сухом состоянии, и производственный (полевой) — для материалов в естественно-влажном состоянии.

Для расчета состава тяжелого бетона имеется несколько методов, среди которых наиболее простым и удобным является метод расчета по «абсолютным объе-

мам». При этом методе предполагается, что свежеприготовленная бетонная смесь после укладки в форму или в опалубку и уплотненная в ней не будет иметь пустот.

Состав бетона по методу «абсолютных объемов» подбирают в два этапа. Вначале рассчитывают ориентировочный состав бетона, затем расчет проверяют и уточняют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

Расчет ориентировочного состава бетона. Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные: заданную марку бетона $R_б$, требуемую удобоукладываемость бетонной смеси, определяемую осадкой конуса ОК, см, а также характеристику исходных материалов — вид и активность цемента $R_ц$, насыпную плотность составляющих $\rho_{н.ц}$, $\rho_{н.п}$, $\rho_{н.щ(г)}$ и их истинную плотность $\rho_ц$, $\rho_п$, $\rho_{щ(г)}$, пустотелость щебня или гравия $V_{п.щ(г)}$, наибольшую крупность их зерен и влажность заполнителей $w_п$, $w_{щ(г)}$.

Состав бетона для пробных замесов рассчитывают в следующей последовательности: вычисляют водоцементное отношение, расход воды, расход цемента, после чего определяют расход крупного и мелкого заполнителя на 1 м³ бетонной смеси.

Водоцементное отношение $В/Ц$ вычисляют исходя из требуемой марки бетона, активности цемента и с учетом вида и качества составляющих по следующим формулам:

для бетонов с водоцементным отношение $В/Ц \geqslant 0{,}4$

$$R_б = AR_ц/(Ц/В - 0{,}5);$$

для бетонов с водоцементным отношением $В/Ц < 0{,}4$

$$R_б = A_1 R_ц (Ц/В + 0{,}5),$$

где $R_б$ — марка бетона, МПа; $R_ц$ — активность цемента, МПа; A и A_1 — коэффициенты, учитывающие качество материалов (табл. 17).

После преобразования относительно $В/Ц$ приведенные выше формулы имеют следующий вид:

$$В/Ц = (AR_ц)/(R_б + 0{,}5AR_ц) \text{ или } В/Ц = (A_1 R_ц)/(R_б - 0{,}5A_1 R_ц).$$

Расход воды (водопотребность), л/м³, ориентировочно определяют исходя из заданной удобоукладываемости бетонной смеси по табл. 18, которая составлена с учетом вида и крупности зерен заполнителя.

Расход цемента на 1 м³ бетона вычисляют по уже

Таблица 17. Значения коэффициентов A и A_1

Характеристика заполнителей и цемента	A	A_1
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,6	0,4
Пониженного качества	0,55	0,37

Примечания: 1. К высококачественным материалам относят щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности и портландцемент высокой активности без добавок или с минимальным количеством гидравлической добавки в его составе; заполнители должны быть чистые и фракционированные. 2. К рядовым материалам относят заполнители среднего качества, в том числе гравий, портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент. 3. К материалам пониженного качества относят крупные заполнители низкой прочности, мелкие пески, цементы низкой активности.

известному водоцементному отношению и определенной по табл. 18 водопотребности бетонной смеси. Если расход цемента на 1 м³ бетона окажется меньше минимально допустимого (200—220 кг/м³), то из условия получения плотного бетона расход цемента увеличивают до требуемой нормы или вводят тонкомолотую добавку.

Таблица 18. Водопотребность бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси			Расход воды, кг/м³, при наибольшей крупности заполнителя, мм					
Осадка конуса, см	Жесткость, с		гравия			щебня		
	по ГОСТ 10181.1—81	по техническому вискозиметру	10	20	40	10	20	40
0	31	120—90	150	135	125	160	145	135
0	30—20	80—60	160	145	130	170	155	145
0	20—11	50—30	165	150	135	175	160	150
0	10—5	15—30	175	160	145	185	170	155
1—2	—	—	185	170	155	195	180	165
3—4	—	—	195	180	165	205	190	175
5—6	—	—	200	185	170	210	195	180
7—8	—	—	205	190	175	215	200	185
9—10	—	—	215	200	185	225	210	195

Примечание. Данные таблицы справедливы для бетонной смеси на портландцементе и песке средней крупности. При использовании пуццоланового портландцемента расход воды увеличивается на 20 кг/м³; в случае применения мелкого песка взамен среднего расход воды также увеличивается на 10 кг, а при использовании крупного песка уменьшается на 10 кг.

Расход заполнителей (песка, щебня или гравия), кг/м³, бетона вычисляют исходя из двух условий:

1. Сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м³ уплотненной бетонной смеси, т. е.

$$Ц/\rho_ц + В/\rho_в + П/\rho_п + Щ(Г)/\rho_{щ(г)} = 1,$$

где $Ц$, $В$, $П$, $Щ(Г)$ — расход цемента, воды, песка и щебня (гравия), кг/м³; $\rho_ц$, $\rho_в$, $\rho_п$, $\rho_{щ(г)}$ — истинная плотность этих материалов, кг/м³; $Ц/\rho_ц$, $В/\rho_в$, $П/\rho_п$, $Щ(Г)/\rho_{щ(г)}$ — абсолютные объемы материалов, м³.

Цементно-песчаный раствор заполнит пустоты в крупном заполнителе с некоторой раздвижкой зерен, т. е.

$$Ц/\rho_ц + В/\rho_в + П/\rho_п = V_{п.щ(г)}\,(Щ(Г)/\rho_{н.щ(г)})\,\alpha,$$

где $V_{п.щ(г)}$ — пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии; $\rho_{н.щ(г)}$ — насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³; α — коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия), принимают в зависимости от расхода цемента и водоцементного отношения (для пластичных смесей по табл. 19, для жестких — 1,05—1,2).

Таблица 19. Значения коэффициента α для пластичных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м³	Коэффициент α при $В/Ц$				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	—	—	1,26	1,32	1,38
300	—	1,3	1,36	1,42	—
350	1,32	1,38	1,44	—	—
400	1,4	1,46	—	—	—

Примечание. При других значениях $Ц$ и $В/Ц$ коэффициент α находят интерполяцией.

Решая совместно эти два уравнения, находят формулу для определения расхода щебня (гравия), кг/м³ бетона:

$$Щ(Г) = 1/[(V_{п.щ(г)}\,\alpha)/(\rho_{н.щ(г)}) + 1/\rho_{щ(г)}].$$

После определения расхода щебня (гравия) рассчитывают расход песка, кг/м³, как разность между проектным объемом бетонной смеси и суммой абсолютных объемов цемента, воды и крупного заполнителя по формуле

$$П = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_ц} + \frac{В}{\rho_в} + \frac{Щ(Г)}{\rho_{щ(г)}}\right)\right]\rho_п.$$

Определив расход компонентов $Ц$, $В$, $П$, $Ш(Г)$ на 1 м³ бетонной смеси, кг, вычисляют ее расчетную сред-

нюю плотность $\rho_{б.см} = Ц + В + П + Ш\,(Г)$, кг/м³, и коэффициент выхода бетона β — делением объема бетонной смеси (1 м³) в уплотненном состоянии на сумму объемов сухих составляющих, затраченных на ее приготовление:

$$\beta = 1/(V_ц + V_п + V_{ш(г)}) = 1/\left(\frac{Ц}{\rho_{н.ц}} + \frac{П}{\rho_{н.п}} + \frac{Ш\,(Г)}{\rho_{н.ш(г)}}\right),$$

где $V_ц$, $V_п$, $V_{ш(г)}$ — объем сухих составляющих, затраченных на приготовление 1 м³ бетонной смеси, м³; $Ц$, $П$, $Ш\,(Г)$ — расход сухих материалов, кг/м³ бетона; $\rho_{н.ц}$, $\rho_{н.п}$, $\rho_{н.ш(г)}$ — насыпная плотность сухих материалов, кг/м³.

Значение коэффициента выхода бетона β обычно находится в пределах 0,55—0,75.

Уточнение расчетного состава бетона пробными замесами. После выполнения расчета состава бетона готовят пробный замес бетонной смеси объемом 30—50 л и определяют ее подвижность или жесткость. Методика определения подвижности и жесткости бетонной смеси приведена на с. 150. Если бетонная смесь получилась менее подвижной, чем требуется, то увеличивают количество цемента порциями по 10 % первоначального и добавляют соответствующее цементно-водному отношению количество воды. В том случае, когда подвижность смеси получалась больше требуемой, добавляют небольшими порциями песок и крупный заполнитель, сохраняя отношение их постоянным. Таким путем добиваются заданной подвижности бетонной смеси.

Объем замеса бетонной смеси, полученной после корректирования состава ее по подвижности, может быть определен делением общей массы израсходованных материалов на среднюю плотность бетонной смеси:

$$V_з = (Ц_з + В_з + П_з + Ш\,(Г)_з)/\rho_{б.см},$$

где $V_з$ — объем замеса бетонной смеси, м³; $Ц_з$, $В_з$, $П_з$, $Ш(Г)_з$ — соответственно масса цемента, воды, песка и щебня (гравия), израсходованных на замес, кг; $\rho_{б.см}$ — средняя плотность бетонной смеси, кг/м³.

Зная объем бетонной смеси и расход материалов для получения этого объема, можно рассчитать расход материалов на 1 м³ бетонной смеси:

$$Ц = (Ц_з \cdot 1)/V_з; \quad В = В_з \cdot 1/V_з;$$
$$П = П_з \cdot 1/V_з; \quad Ш\,(Г) = Ш\,(Г)_з \cdot 1/V_з.$$

Помимо данного замеса для уточнения состава бетона рекомендуется готовить еще два пробных замеса то-

го же объема, что и первый, но в одном—водоцементное отношение принимается больше на 20 %, а в другом — меньше на 20 %, чем у основного замеса. Для двух дополнительных составов бетона определяют расход воды, цемента, крупного заполнителя и песка аналогично приведенному выше расчету.

Из бетонной смеси каждого замеса изготовляют по три контрольных образца-куба размером 150×150×150 мм, которые испытывают на сжатие через 28 сут нормального твердения. По результатам испытаний строят график $R_б = f(В/Ц)$, по которому выбирают водоцементное отношение, обеспечивающее получение бетона заданной марки.

Методика приготовления пробного замеса в условиях строительной лаборатории состоит в следующем. Цемент тщательно перемешивают и просеивают через сито с сеткой № 1,25, остаток на сите удаляют. Заполнители высушивают до постоянной массы при температуре не выше 80 °С. Компоненты дозируют по массе с точностью взвешивания ±0,1 %. Составляющие бетонной смеси перемешивают вручную или механическим способом. Объем бетонной смеси одного замеса при ручном перемешивании (лопатами) не должен превышать 50 л.

На металлическую форму-боек размером в плане 1×2 м сначала высыпают отвешенное количество песка, затем добавляют цемент и перемешивают до получения смеси однородного цвета; затем добавляют крупный заполнитель и всю смесь перемешивают до тех пор, пока щебень (гравий) не будет равномерно распределен в сухой смеси; в середине смеси делают углубление, куда вливают половину отмеренной воды, осторожно перемешивают и, добавив остальную часть воды, энергично перемешивают бетонную смесь до достижения ею однородности; длительность перемешивания (от момента приливания воды) должна составлять при объеме замеса до 3 л — 5 мин, до 50 л — 10 мин.

При механическом перемешивании материалы в бетоносмеситель загружают в следующей последовательности: песок, цемент, крупный заполнитель, вода; длительность перемешивания должна составлять 2 мин с момента окончания загрузки всех материалов.

На пробных замесах проверяют подвижность или жесткость бетонной смеси, а также определяют ее среднюю плотность, которая должна совпадать с расчетной.

4. Расход щебня в сухом состоянии на 1 м³ бетона

$$Щ = 1/(V_{пщ}\,\alpha/\rho_{н.щ} + 1/\rho_{щ}) = 1/(0{,}43 \cdot 1{,}3/1600 + \\ + 1/2800) = 1416 \text{ кг}$$

Значение коэффициента раздвижки зерен $\alpha = 1{,}3$ выбрано по табл. 16.

5. Расход песка в сухом состоянии на 1 м³ бетона

$$П = [1 - (Ц/\rho_{ц} + В/1000 + Щ/\rho_{щ})]\,\rho_{п} = \\ = [1 - (259/3100 + 175/1000 + 1416/2800)]2620 = 617 \text{ кг}.$$

В результате расчетов получают ориентировочный номинальный (лабораторный) состав бетона, кг/м³:

Цемент — 259
Вода — 175
Песок — 617
Щебень — 1416

Итого — 2467

Полученное в итоге значение является расчетной средней плотностью бетонной смеси, т. е. $\rho_{б.см} = 2467$ кг/м³.

6. Коэффициент выхода бетона

$$\beta = 1/(V_{ц} + V_{п} + V_{щ}) = 1/(Ц/\rho_{н.ц} + П/\rho_{н.п} + Щ/\rho_{н.щ}) = \\ = 1\,(259/1200 + 617/1500 + 1416/1600) = 0{,}66.$$

7. Расход материалов на 0,5 м³ (50 л) бетонной смеси пробного замеса рассчитывают исходя из приведенного выше номинального состава бетона, кг:

Цемент — $259 \cdot 0{,}05 = 12{,}95$

Вода — $175 \cdot 0{,}05 = 8{,}75$

Песок — $617 \cdot 0{,}05 = 30{,}85$

Щебень — $1416 \cdot 0{,}05 = 70{,}8$

Отвешивают расчетное количество материалов и приготовляют бетонную смесь, подвижность которой определяют с помощью стандартного конуса. Если осадка конуса 1 см, т. е. меньше заданной (как в нашем примере), то для увеличения подвижности бетонной смеси добавляют 10 % цемента и воды (цемента $12{,}95 \cdot 0{,}1 = 1{,}295$ кг; воды $8{,}75 \cdot 0{,}1 = 0{,}875$ кг). Бетонную смесь с добавкой цемента и воды дополнительно хорошо перемешивают и проверяют подвижность. Если при проверке подвижности осадка конуса окажется 3 см, т. е. будет соответствовать заданной, опыт заканчивают и устанавливают действительный расход материалов с учетом добавления 10 % цемента и воды, определяя их абсолютный объем, м³:

Цемент — $(12{,}95 + 1{,}295)/3100 = 0{,}0046$

Вода — $(8{,}75 + 0{,}875)/1000 = 0{,}0097$

Песок — $30{,}85/2620 = 0{,}117$

Щебень — $70{,}1/2800 = 0{,}0254$

Всего 0,0513

8. Зная объем бетонной смеси пробного откорректированного замеса $V_з$ и фактический расход материалов $Ц_з$, $В_з$, $П_з$, $Щ_з$, рассчитывают расход материалов на 1 м³ (1000 л) бетонной смеси, кг/м³:

$$Ц = Ц_з \cdot 1/V_з = 14{,}25/0{,}0513 = 277$$

$$В = В_з \cdot 1/V_з = 9{,}63/0{,}0513 = 187$$

$$П = П_з \cdot 1/V_з = 30{,}85/0{,}0513 = 599$$

$$Щ = Щ_з \cdot 1/V_з = 70{,}1/0{,}0513 = 1366$$

Всего 2429

Фактическая плотность свежеуложенной бетонной смеси $\rho_{б.см} = 2429$ кг/м³, т. е. отличается от расчетной менее чем на 1 %.

9. Производственный (полевой) состав бетона вычисляют, принимая во внимание влажность заполнителей (в данном примере влажность песка 3 % и щебня 1 %), в связи с чем необходимое количество воды уменьшают: $188 - (3 \cdot 599/100 + 1 \cdot 1366/100) = 188 - (18 + 14) = 156$ кг. При этом количество заполнителей соответственно увеличивают:

$$\text{Песок} - 599\,(1 + 3/100) = 599 + 18 = 617 \text{ кг}$$

$$\text{Щебень} - 1366\,(1 + 1/100) = 1366 + 14 = 1380 \text{ кг}$$

Для получения производственного состава в соотношениях по массе расход каждого компонента бетонной смеси, кг, делят на расход цемента:

$$Ц/Ц : П/Ц : Щ/Ц = 277/277 : 617/277 : 1380/277 = 1 : 2{,}2 : 5$$

при $В/Ц = 0{,}56$.

10. Дозировку составляющих бетонной смеси на один замес бетоносмесителя с полезным объемом барабана 1,2 м³ (1200 л) определяют по формулам:

$$Ц_V = \beta V Ц/1 = 0{,}68 \cdot 1{,}2 \cdot 277/1 = 226 \text{ кг};$$

$$П_V = \beta V П/1 = 0{,}68 \cdot 1{,}2 \cdot 617/1 = 503 \text{ кг};$$

$$В_V = \beta V В/1 = 0{,}68 \cdot 1{,}2 \cdot 156/1 = 127 \text{ кг};$$

$$Щ_V = \beta V Щ/1 = 0{,}68 \cdot 1{,}2 \cdot 1380/1 = 1125 \text{ кг}.$$

11. В лаборатории из приготовленной бетонной смеси пробных замесов объемом по 50 л делают контрольные образцы-кубы размером 150×150×150 мм, которые после хранения в нормальных условиях испытывают в заданные сроки (обычно 7 и 28 сут) на гидравлическом прессе. По результатам испытаний строят график и уточняют водоцементное отношение, обеспечивающее получение бетона заданной марки.

В учебной лаборатории в целях экономии материалов объем замеса бетонной смеси может быть принят 25 л при изготовлении 6 образцов-кубов размером 150×150×150 мм и 10 л при изготовлении такого же количества образцов-кубов размером 100×100×100 мм.

Определение основных свойств бетонной смеси

Свойства бетонной смеси в значительной мере предопределяют качество полученного из нее бетона, поэтому их систематически контролируют работники лабораторий заводов железобетонных изделий и строительных организаций. От контролируемой бетонной смеси отбирают среднюю пробу. На месте приготовления бетонной смеси среднюю пробу отбирают при выгрузке смеси из бетоносмесителя. Если смесь выгружают из бетоносмесителя периодического действия, пробу отбирают в три приема: в начале, середине и конце разгрузки; если из смесителя непрерывного действия, то также в три приема, но с интервалами 1 мин.

После выгрузки бетонной смеси на месте укладки из транспортных средств пробу отбирают из нескольких мест одинаковыми порциями. Объем средней пробы бетонной смеси не должен быть менее 20 л. Отобранную пробу тщательно перемешивают вручную и не позднее чем через 10 мин после окончания перемешивания начинают испытывать, определяя удобоукладываемость и среднюю плотность.

Удобоукладываемость характеризует способность бетонной смеси заполнять форму бетонируемого изделия и уплотняться в ней под действием силы тяжести или внешних механических воздействий. Это свойство бетонной смеси оценивают подвижностью или жесткостью.

Подвижность бетонной смеси с наибольшей крупностью заполнителя 40 мм включительно определяют при помощи стандартного конуса (рис. 73, *а*), который представляет собой металлическую форму без дна в виде усеченного конуса высотой 300 мм, диаметром верхнего основания 100 и нижнего — 200 мм. Форму, предварительно очищенную, протирают изнутри влажной тканью и устанавливают на плоскую горизонтальную поверхность, не впитывающую влагу (например, на металлический противень, фанеру или кусок линолеума). Затем через воронку форму заполняют тремя равными по высоте слоями бетонной смеси с уплотнением каждого слоя 25-кратным штыкованием металлическим стержнем диаметром 16 и длиной 600 мм с округленными концами. Во время штыкования бетонной смеси форма должна быть прижата к основанию.

После укладки и штыкования последнего слоя во-

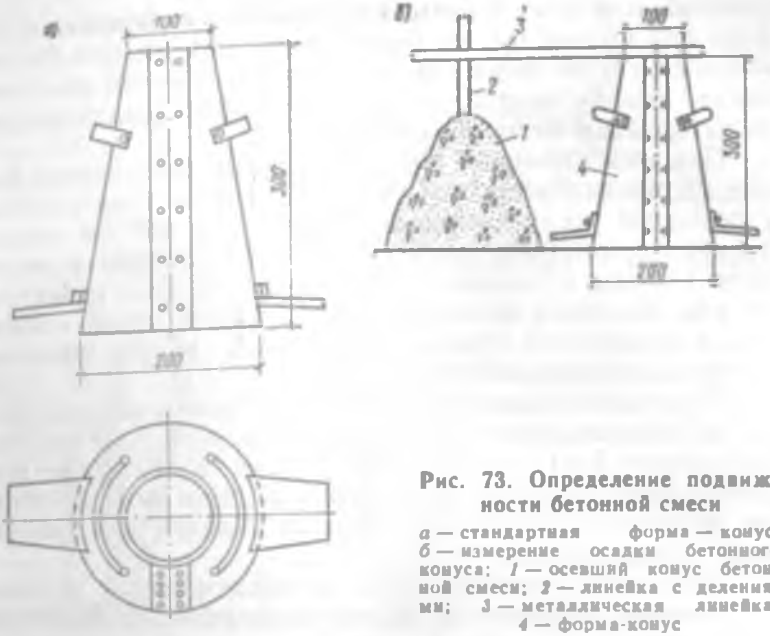


Рис. 73. Определение подвижности бетонной смеси

а — стандартная форма — конус; *б* — измерение осадки бетонного конуса; *1* — осевший конус бетонной смеси; *2* — линейка с делениями; *3* — металлическая линейка; *4* — форма-конус

ронку снимают и избыток бетонной смеси срезают кельмой вровень с краями формы. Затем форму снимают строго вертикально так, чтобы не разрушить бетонный конус. Освобожденная от формы бетонная смесь под действием собственной массы начинает оседать. После окончания осадки снятую форму осторожно устанавливают рядом с осевшим конусом бетона. На верхнее основание формы конуса укладывают металлическую или деревянную линейку, от нижнего ребра которой другой линейкой измеряют осадку бетонной смеси с точностью до 0,5 см (рис. 73, *б*). В тех случаях, когда после снятия конуса бетонная смесь сильно деформируется (разваливается) и приобретает форму, затрудняющую определение ее осадки, измерение не выполняют и повторяют испытание на новой порции бетонной смеси.

При проведении данного испытания время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5—7 с. Общее время испытания с начала наполнения конуса и до момента измерения осадки бетонной смеси не должно превышать 10 мин.

Осадку бетонной смеси определяют дважды, за результат принимают среднее арифметическое двух опре-

делений, отличающихся одно от другого не более чем на 1 см при ОК=4 см, не более чем на 2 см при ОК=5—9 см и не более чем на 3 см при ОК=10 см. Значение осадки конуса, см, характеризует подвижность испытываемой бетонной смеси.

При максимальной крупности зерен заполнителя более 70 мм подвижность бетонной смеси определяют с помощью увеличенного конуса высотой 450 мм с внутренним диаметром нижнего основания 300 мм и верхнего 150 мм и каждый слой в форме-конусе штыкуют 56 раз. Значение осадки конуса бетонной смеси приводится к значению осадки стандартного конуса умножением на коэффициент 0,67.

По степени подвижности бетонные смеси подразделяют на малоподвижные с осадкой конуса 1—3 см, подвижные — 5—15 см и литые — более 15 см. Если при определении подвижности бетонной смеси осадка конуса равна нулю, смесь признают не обладающей требуемой подвижностью.

Жесткость бетонной смеси с максимальной крупностью зерен заполнителя 40 мм включительно определяют с помощью прибора (рис. 74), который состоит из кольца *1*, конуса *3*, воронки *4*, изготовленных из листовой стали с гладкой поверхностью. На вертикальной стенке кольца *1* закреплена фиксирующая втулка, в которой вращается штатив *9* с диском *8*, прикрепленным через шайбу *6* к штанге *5*. На диске имеется шесть отверстий *7* диаметром по 5 мм.

При определении жесткости бетонной смеси кольцо *1* устанавливают на лабораторную виброплощадку с частотой 2800—3000 кол/мин и амплитудой 0,5 мм и закрепляют его. В кольцо вставляют конус *3* и закрепляют его нажимным кольцом *2* с ручками, заходящими в специальные пазы, и устанавливают воронку *4*. Конус заполняют бетонной смесью в той же последовательности, как и при определении подвижности, т. е. тремя равными по высоте слоями со штыкованием каждого слоя по 25 раз металлическим стержнем. После снятия конуса вращают вокруг вертикальной оси штатив *9* и на отформованную бетонную смесь опускают диск *8* вместе со штангой *5*, масса которых должна составлять 2750±±50 г. Штатив в требуемом положении закрепляют зажимным винтом в фиксирующей втулке *10*. Затем одновременно включают виброплощадку и секундомер

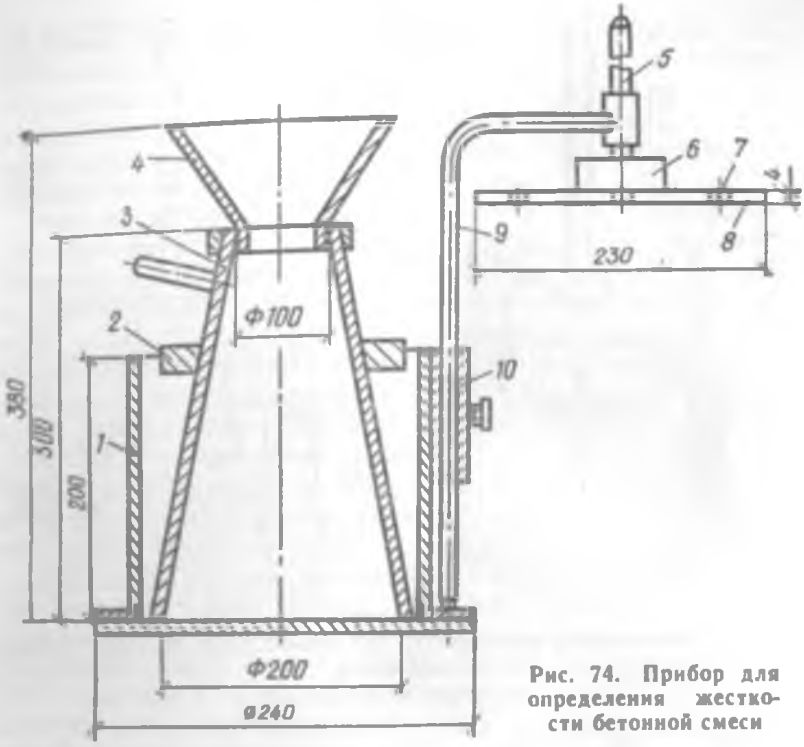


Рис. 74. Прибор для определения жесткости бетонной смеси

и наблюдают за тем, как выравнивается и уплотняется бетонная смесь. Вибрирование продолжают до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из любых двух отверстий диска. В этот момент выключают секундомер и виброплощадку. Полученное время в секундах характеризует жесткость бетонной смеси.

Жесткость бетонной смеси вычисляют с погрешностью до 1 с как среднее арифметическое результатов двух определений жесткости из одной пробы смеси, отличающихся между собой не более чем на 20 %. Общее время испытания с начала заполнения конуса бетонной смесью в установленном приборе при новом определении и до окончания определения жесткости при втором определении не должно превышать 15 мин.

Результаты определения жесткости бетонной смеси заносят в журнал для лабораторных работ.

Жесткость бетонной смеси согласно ГОСТ 10181.1—81 разрешается определять с помощью *техни-*

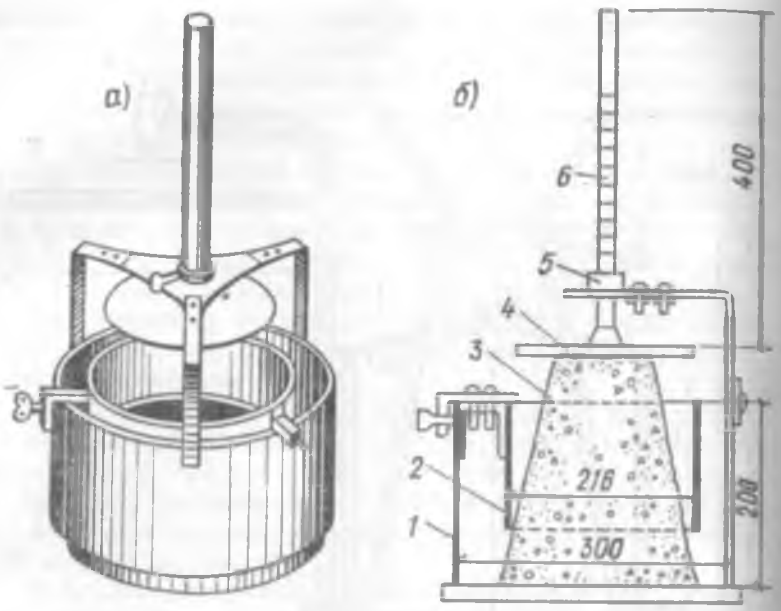


Рис. 75. Технический вискозиметр для определения жесткости бетонной смеси

а — общий вид; *б* — разрез

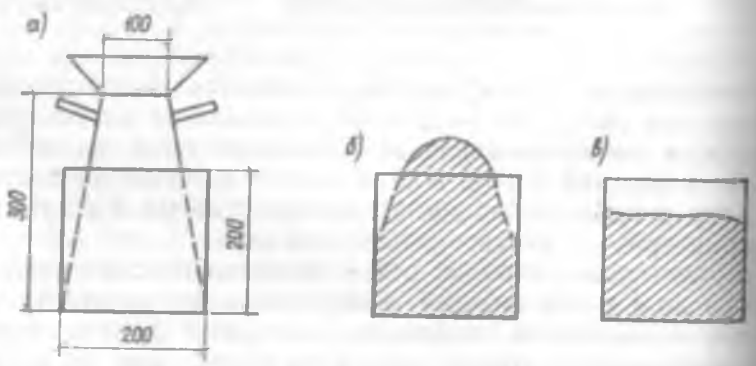


Рис. 76. Упрощенный метод определения жесткости бетонной смеси

а — общий вид прибора с конусом и насадкой; *б* — бетонная смесь после снятия конуса; *в* — то же, после вибрирования

ческого вискозиметра. Технический вискозиметр (рис. 75) представляет собой цилиндрический сосуд *1* высотой 200 и диаметром 300 мм. Внутри сосуда помещается цилиндрическое кольцо *2*. К верхнему краю кольца при-

креплены три пленки, с помощью которых кольцо закрепляют на бортах сосуда в подвешенном состоянии на расстоянии 70 мм от дна сосуда. В комплекте технического вискозиметра имеется усеченный металлический конус с насадкой и съемный штатив со штангой, на нижнем конце которого закреплен диск.

Жесткость бетонной смеси с наибольшей крупностью заполнителя 40 мм определяют следующим образом. Цилиндрический сосуд *1* вискозиметра устанавливают на лабораторной виброплощадке, затем в сосуд вставляют кольцо *2* и закрепляют его зажимами. В кольцо помещают стандартный конус с бетонной смесью тремя равными по высоте слоями с предварительным уплотнением штыкованием каждого слоя. Окончательно уплотняют смесь в конусе вибрированием до тех пор, пока на поверхности смеси и из под нижнего основания конуса не будет выделяться цементное тесто. Время вибрирования должно быть не менее 5 и не более 50 с.

По окончании вибрирования насадку снимают, избыток бетонной смеси срезают кельмой вровень с краями конуса, затем поднимают конус строго вертикально без перекосов. После этого устанавливают на прибор штатив с диском *4* и штангой *6* (масса диска и штанги должна быть в пределах 800—1000 г), затем полностью освобождают зажимной винт *5* штанги и опускают диск на поверхность отформованного конуса *3* бетонной смеси. Одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за опусканием штанги. Когда риска штанги совпадает с верхней плоскостью направляющей головки штатива, выключают секундомер и вибратор и отмечают время, прошедшее от момента включения вибратора до его выключения. Полученное время в секундах, умноженное на коэффициент 0,45, характеризует жесткость бетонной смеси. Испытание проводят дважды, причем каждый раз с новой порцией бетонной смеси. Показатель жесткости вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

Жесткость бетонной смеси с максимальной крупностью заполнителя 70 мм определяют упрощенным методом (рис. 76). Металлическую форму для изготовления бетонного образца-куба размером 200×200×200 мм устанавливают на лабораторную виброплощадку и закрепляют на ней. В форму вставляют стандартный конус без нижних планок и заполняют его бетонной

смесью как указано выше. Затем конус осторожно снимают и пускают одновременно вибратор и секундомер. Когда бетонная смесь заполнит все углы формы, а поверхность ее станет горизонтальной (рис. 78, *в*), виброплощадку и секундомер выключают. Время в секундах, необходимое для выравнивания поверхности бетонной смеси в форме, умноженное на 1,5, характеризует жесткость бетонной смеси, определенную техническим вискозиметром.

Виды бетонных смесей по показателям подвижности или жесткости приведены в табл. 20.

Таблица 20. Классификация бетонных смесей по показателям подвижности или жесткости

Бетонная смесь	Подвижность ОЖ, см	Жесткость Ж, с	
		по прибору по ГОСТ 10181.1—81	по техническому вискозиметру
Особо жесткая	—	31	200
Повышенно жесткая	—	30...21	200...150
Жесткая	—	20...11	150...75
Умеренно жесткая	—	10...5	75...50
Малоподвижная	—	4	50...15
Подвижная	1...4	—	15...0
Пластичная	5...9	—	—
Весьма пластичная	10...15	—	—
Литая	16	—	—

Среднюю плотность бетонной смеси определяют в металлическом мерном цилиндре объемом 5 или 15 л (в зависимости от наибольшей крупности заполнителя соответственно 40 и 70 мм). При уплотнении ручным способом — штыкованием — мерный цилиндр наполняют бетонной смесью приблизительно равными порциями в три слоя. Каждый слой штыкуют равномерно по всей площади стальным стержнем, причем число штыкований на один слой для сосудов объемом 5 или 15 л соответственно равно 16 и 35. Нижний слой бетонной смеси штыкуют на всю толщину слоя, при штыковании следующих слоев стержень должен проникать в лежащий ниже слой на глубину не более 2—3 см. При уплотнении механическим способом — вибрированием — мерный цилиндр наполняют бетонной смесью, устанавливают и укрепляют на лабораторной виброплощадке, после чего вибрируют до момента появления на поверхности

бетонной смеси цементного теста. Во время вибрирования в цилиндр небольшими порциями добавляют бетонную смесь. По окончании уплотнения виброплощадку выключают, избыток бетонной смеси срезают стальной линейкой и поверхность тщательно выравнивают вровень с краями мерного цилиндра.

Цилиндр с бетонной смесью взвешивают с точностью до 1 г и вычисляют среднюю плотность по формуле

$$\rho_{б\,см} = (m - m_1)/V,$$

где $\rho_{б\,см}$ — средняя плотность бетонной смеси, кг/м³; m — масса мерного цилиндра с бетонной смесью, кг; m_1 — масса пустого цилиндра, кг; V — объем цилиндра, м³.

Среднюю плотность каждой пробы бетонной смеси определяют дважды, за результат принимают среднее арифметическое двух определений.

Определение прочности бетона

Определение прочности бетона выполняют путем испытания до разрушения специально изготовленных контрольных образцов. В условиях лаборатории строительного техникума рекомендуется определять предел прочности при сжатии бетона по результатам испытания образцов-кубов размером 100×100×100 и 150×150×150 мм, а также знакомить с методикой определения предела прочности при изгибе образцов-призм размером 150×150×600 мм и с методикой определения прочности бетона на осевое растяжение по результатам испытания образцов-восьмерок, изготовленных в специальных формах. Кроме того, следует ознакомить учащихся с определением прочности бетона в конструкциях без их разрушения механическими и физическими методами.

Предел прочности при сжатии бетона по результатам испытания образцов-кубов. Для изготовления образцов-кубов отбирают среднюю пробу бетонной смеси. Методика отбора проб зависит от вида конструкции, метода укладки и твердения бетонной смеси и других факторов. Массу средней пробы устанавливают в зависимости от числа подлежащих изготовлению и испытанию образцов.

Для определения предела прочности бетона при сжатии изготовляют образцы-кубы, размеры которых зависят от наибольшей крупности зерен заполнителя:

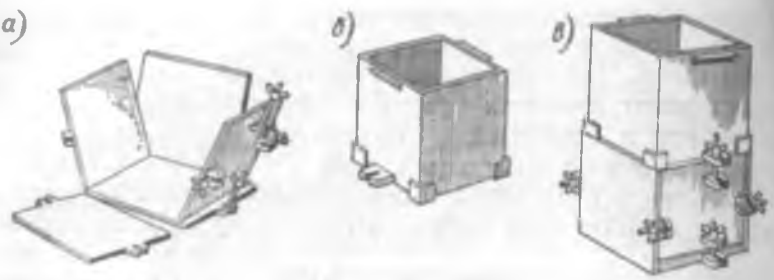


Рис. 77. Форма для изготовления бетонных образцов-кубов
а — форма; *б* — насадка; *в* — собранная форма с насадкой

Длина грани образца-куба, мм	70	100	150	200	300
Наибольшая крупность зерен, мм	10 и менее	20	40	70	100 и более

Образцы изготовляют в разборных чугунных или стальных формах (рис. 77) со строганой или шлифованной внутренней поверхностью, формы должны быть достаточно жесткими, не деформирующимися во время формования образцов, с соединениями элементов, включающими потерю цементного молока при формовании. Размер собранных форм необходимо строго выдерживать, не допуская отклонений по длине ребер внутри куба более 1 %. Углы между гранями прямоугольных форм должны быть прямыми.

Перед укладкой бетонной смеси формы очищают от остатков бетона, внутреннюю поверхность смазывают отработанными минеральными маслом или смазкой, например ОЭ—2, препятствующей сцеплению затвердевшего бетона с поверхностью форм. Укладка бетонной смеси в формы и ее уплотнение должны быть закончены не позднее чем через 20 мин после отбора пробы бетонной смеси. Методы укладки и уплотнения бетонной смеси в формах зависят от ее подвижности. Особо подвижную бетонную смесь с осадкой конуса более 12 см укладывают в форму высотой до 150 мм включительно в один слой, а формы высотой 200 мм и более — в два слоя равной толщины и каждый слой уплотняют штыкованием металлическим стержнем диаметром 16 мм по спирали от краев к центру образцов. При штыковании нижнего слоя стержень должен достигать дна формы, при штыковании второго слоя стержень должен проникать на глубину

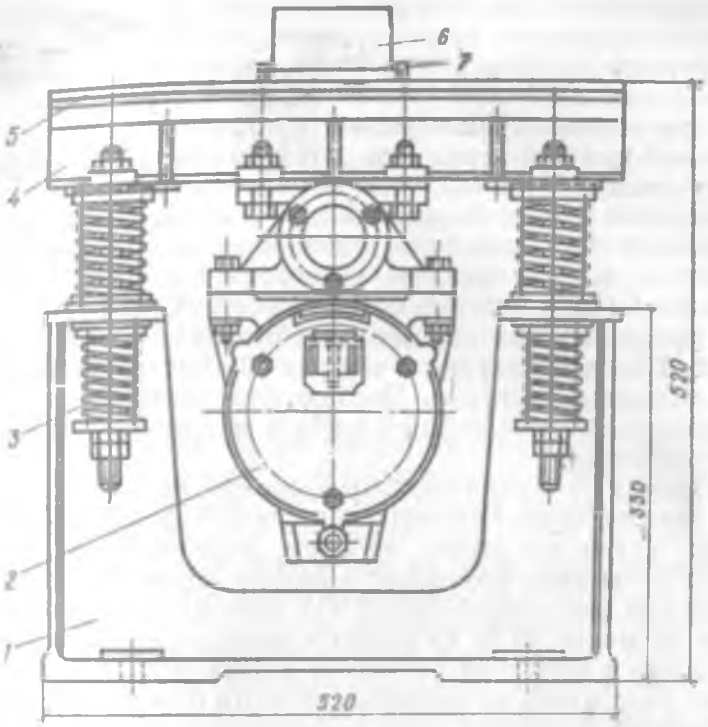


Рис. 78. Лабораторная виброплощадка с формой

1 — станина; *2* — электродвигатель с неуравновешенным грузом; *3* — пружина; *4* — рама; *5* — площадка; *6* — форма; *7* — зажим

2—3 см в лежащий ниже слой. Число штыкований каждого слоя бетонной смеси принимают из расчета 10 погружений стержня на каждые 100 см² поверхности. По окончании штыкования верхнего слоя избыток бетона срезают металлической линейкой вровень с краями формы, а поверхность образца заглаживают.

Для пластичных (ОК < 12 см) и жестких бетонных смесей, уплотняемых при формовании изделий вибрированием, образцы изготовляют также с применением вибрирования. Бетонную смесь укладывают в форму с некоторым избытком, после чего форму устанавливают на стандартную лабораторную площадку и закрепляют зажимами (рис. 78). Затем включают виброплощадку и секундомером фиксируют время вибрирования. Вибрирование должно продолжаться до полного уплотнения, ха-

рактеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности и появлением на ней цементного раствора. Обычно это время соответствует показателю жесткости, увеличенному на 30 с.

При изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью более 20 с перед укладкой смеси на форме закрепляют насадку высотой, равной высоте формы. Форму с насадкой жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке и заполняют бетонной смесью (примерно до половины высоты насадки), устанавливают сверху на поверхность смеси пригруз, обеспечивающий давление, равное принятому при производстве изделий, но не менее 0,001 МПа, и вибрируют в течение 30—60 с до прекращения оседания пригруза. После этого снимают пригруз и насадку, срезают избыток смеси и заглаживают поверхность образца.

После уплотнения образцы в формах, покрытых влажной тканью, хранят в помещении при (16—20) °С в течение 1 сут, затем вынимают из форм, маркируют и до момента испытания помещают в камеру нормального твердения при температуре 20±2 °С с относительной влажностью не менее 95 %. Образцы в камере укладывают на стеллажи в один ряд по высоте с промежутками между ними. Увлажнять их непосредственным орошением водой не следует. В случае, если железобетонные изделия изготовляют с применением тепловой обработки, все образцы в формах подвергают одновременному обогреву в тех же условиях, что и изделия, после чего освобождают из форм и хранят в нормальных условиях до момента испытания.

Предел прочности при сжатии образцов-кубов определяют следующим образом. Образцы извлекают из камеры влажного хранения, осматривают и обнаруженные на опорных гранях дефекты в виде наплывов удаляют напильником или шлифовальным кругом, а мелкие раковины заполняют густым цементным тестом. Затем определяют рабочее положение образца при испытании и отмечают краской или мелом грани, которые будут прилегать к опорам. Опорные грани выбирают так, чтобы сжимающая сила при испытании образца была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в форму. Образцы-кубы измеряют металлической линейкой с точностью до 1 мм, а затем взвешивают на технических весах. Рабочую площадь сечения образца, мм², определяют как

среднее арифметическое площадей обеих опорных граней. Образцы перед испытанием должны в течение 2—4 ч (с момента извлечения из камеры) находиться в помещении лаборатории.

Во время испытания образец устанавливают одной из граней на нижнюю опорную плиту пресса центрально по оси последнего. Затем включают электродвигатель гидравлического привода пресса. Нагрузка на образец при испытании должна возрастать непрерывно со скоростью 0,4—0,8 МПа/с до разрушения образца.

Предел прочности при сжатии бетона $R_б$, МПа, определяют как отношение разрушающей силы $p(H)$ к первоначальной площади поперечного сечения образца S, мм²:

$$R_б = p/S.$$

Предел прочности при сжатии бетона вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания трех образцов при условии, что наименьший результат испытания одного из трех образцов отличается от следующего показателя не более чем на 15 %. Если наименьший результат отличается больше чем на 15% следующего большего показателя, то предел прочности вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших результатов. Марку (класс) бетона определяют как предел прочности при сжатии бетонного образца-куба с длиной ребра 150 мм. При длине ребра куба 70, 100, 200, 300 мм предел прочности пересчитывают, пользуясь соответственно коэффициентами: 0,85, 0,95, 1,05 и 1,1.

По пределу прочности при сжатии в образцах-кубах размером 150×150×150 мм для тяжелых бетонов установлены следующие марки (классы): М 100 (В 7,5), М 150 (В 10), М 200 (В 15), М 250 (В 20), М 300 (В 25), М 350 (В 27,5), М 400 (В 30), М 450 (В 35), М 500 (В 40), М 600 (В 45), М 700 (В 55), М 800 (В 60).

Для определения прочности бетона в любой срок, а также для решения вопроса о возможности распалубки монолитных железобетонных конструкций можно пользоваться приближенной эмпирической формулой

$$R_n = R_{28} \frac{\lg n}{\lg 28},$$

где R_n — прочность бетона в возрасте n сут, МПа; R_{28} — то же, в возрасте 28 сут, МПа.

Данная формула применима для ориентировочного расчета прочности бетона на портландцементе средних

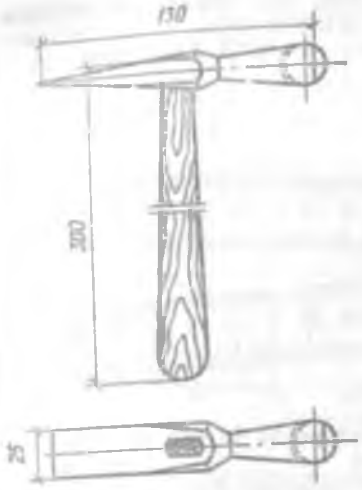
марок в возрасте более 3 сут. Фактическую прочность бетона в конструкциях определяют путем испытания контрольных образцов, изготовленных из той же бетонной смеси и твердеющих в условиях, аналогичных тем условиям, в которых находились конструкции.

Определение прочности бетона в конструкциях

Рассмотренное выше определение прочности бетона по результатам испытаний на сжатие образцов-кубов не всегда отражает действительную прочность бетона в конструкциях. Кроме того, часто возникает необходимость дополнительно определить прочность бетона в более поздние сроки, чем предполагалось ранее. Однако отсутствие контрольных образцов не позволяет это сделать. Не представляется возможным оценить прочность бетона ранее возведенных железобетонных конструкций и сооружений. В последние годы разработан ряд механических и физических методов, позволяющих определить прочность бетона в различных местах железобетонных изделий и конструкций без их разрушения.

В механических методах используются различные приборы, основанные на принципе заглубления в бетон бойка (шарика) при ударе с определенной силой и получения значения пластической деформации, а также на принципе отскока от поверхности бетона и получения значения упругой деформации. К таким приборам относятся шариковый молоток конструкции И. А. Физделя, эталонный молоток НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова, прибор системы КМ и др.

Шариковый молоток конструкции И. А. Физделя (рис. 79) состоит из самого металлического молотка массой 250 г, который с одной стороны заострен, а с другой (ударной) оканчивается вращающимся шариком с завальцованной сферической частью гнезда, и деревянной ручки длиной 300 мм и массой 100 г. При ударе молотком шарик вминается в бетон и образует лунку, глубина которой зависит от прочности бетона (прочности главной составной части структуры бетона — цементного камня). Бетон следует испытывать со стороны боковых поверхностей конструкции, предварительно очистив их от пыли и посторонних предметов. При испытании со стороны верхней поверхности намечаемые места ударов должны быть очищены от слабой цементной пленки.



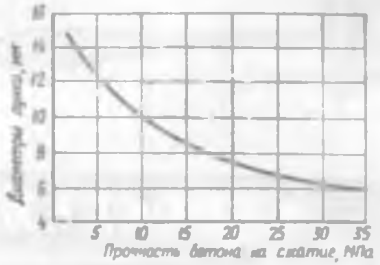


Рис. 80. График зависимости между диаметром лунок и прочностью бетона

Рис. 79. Шариковый молоток конструкции И. А. Физделя

Для оценки прочности бетона в данном месте конструкции необходимо сделать не менее 6—10 ударов молотком и измерить (с точностью до 0,1 мм) диаметр получившихся лунок штангенциркулем или увеличительной градуированной лупой с 10 кратным увеличением. Диаметр лунок вычисляют как среднее арифметическое близких по значению диаметров 4—6 лунок. Лунки, полученные при неточном ударе, а также образованные при попадании шарика в раковины или щебень, не измеряют. Прочность бетона в данном месте конструкции определяют, пользуясь графиком зависимости диаметра лунки от прочности (рис. 80). Точность данного метода в значительной мере зависит от умения и опыта работника, выполняющего испытания.

Метод определения прочности бетона эталонным молотком НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова (рис. 81) заключается в том, что при ударе им по поверхности железобетонной конструкции одновременно образуются два отпечатка: первый диаметром $d_б$ на бетоне, второй диаметром $d_э$ на введенном в молоток эталонном стержне. За косвенную характеристику прочности бетона принимают отношение $d_б : d_э$, по которому определяют прочность бетона в данном месте конструкции. Эталонный стержень изготовлен из стали Ст3 длиной 150 и диаметром 10 мм, конец стержня заострен.

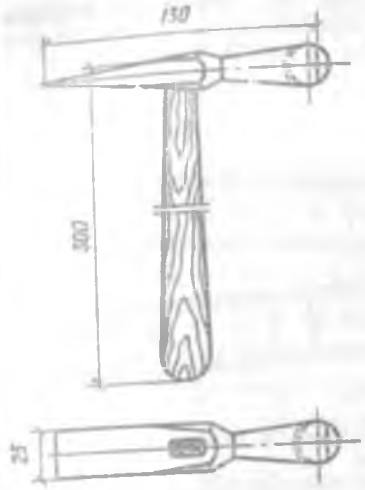
марок в возрасте более 3 сут. Фактическую прочность бетона в конструкциях определяют путем испытания контрольных образцов, изготовленных из той же бетонной смеси и твердеющих в условиях, аналогичных тем условиям, в которых находились конструкции.

Определение прочности бетона в конструкциях

Рассмотренное выше определение прочности бетона по результатам испытаний на сжатие образцов-кубов не всегда отражает действительную прочность бетона в конструкциях. Кроме того, часто возникает необходимость дополнительно определить прочность бетона в более поздние сроки, чем предполагалось ранее. Однако отсутствие контрольных образцов не позволяет это сделать. Не представляется возможным оценить прочность бетона ранее возведенных железобетонных конструкций и сооружений. В последние годы разработан ряд механических и физических методов, позволяющих определить прочность бетона в различных местах железобетонных изделий и конструкций без их разрушения.

В механических методах используются различные приборы, основанные на принципе заглубления в бетон бойка (шарика) при ударе с определенной силой и получения значения пластической деформации, а также на принципе отскока от поверхности бетона и получения значения упругой деформации. К таким приборам относятся шариковый молоток конструкции И. А. Физделя, эталонный молоток НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова, прибор системы КМ и др.

Шариковый молоток конструкции И. А. Физделя (рис. 79) состоит из самого металлического молотка массой 250 г, который с одной стороны заострен, а с другой (ударной) оканчивается вращающимся шариком с завальцованной сферической частью гнезда, и деревянной ручки длиной 300 мм и массой 100 г. При ударе молотком шарик вминается в бетон и образует лунку, глубина которой зависит от прочности бетона (прочности главной составной части структуры бетона — цементного камня). Бетон следует испытывать со стороны боковых поверхностей конструкции, предварительно очистив их от пыли и посторонних предметов. При испытании со стороны верхней поверхности намечаемые места ударов должны быть очищены от слабой цементной пленки



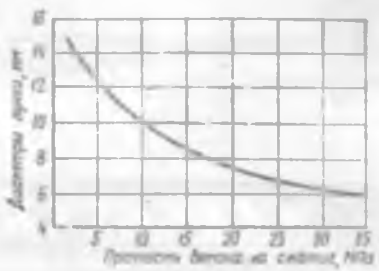


Рис. 80. График зависимости между диаметром лунок и прочностью бетона

Рис. 79. Шариковый молоток конструкции И. А. Физделя

Для оценки прочности бетона в данном месте конструкции необходимо сделать не менее 6—10 ударов молотком и измерить (с точностью до 0,1 мм) диаметр получившихся лунок штангенциркулем или увеличительной градуированной лупой с 10 кратным увеличением. Диаметр лунок вычисляют как среднее арифметическое близких по значению диаметров 4—6 лунок. Лунки, полученные при неточном ударе, а также образованные при попадании шарика в раковины или щебень, не измеряют. Прочность бетона в данном месте конструкции определяют, пользуясь графиком зависимости диаметра лунки от прочности (рис. 80). Точность данного метода в значительной мере зависит от умения и опыта работника, выполняющего испытания.

Метод определения прочности бетона эталонным молотком НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова (рис. 81) заключается в том, что при ударе им по поверхности железобетонной конструкции одновременно образуются два отпечатка: первый диаметром $d_б$ на бетоне, второй диаметром $d_э$ на введенном в молоток эталонном стержне. За косвенную характеристику прочности бетона принимают отношение $d_б : d_э$, по которому определяют прочность бетона в данном месте конструкции. Эталонный стержень изготовлен из стали Ст3 длиной 150 и диаметром 10 мм, конец стержня заострен.

Рис. 81. Эталонный молоток НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова

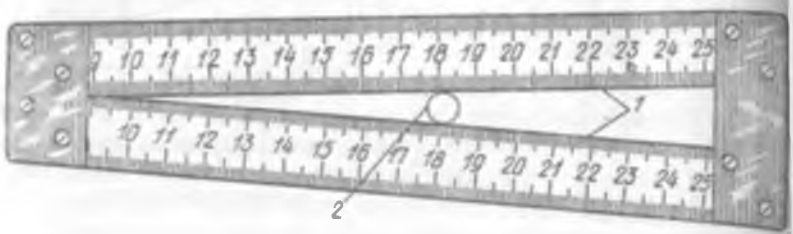


Рис. 82. Определение диаметра отпечатка на бетоне угловым масштабом

1 — угловой масштаб; *2* — измеряемая лунка

Эталонным молотком наносят не менее 10 ударов в различных точках по длине или площади конструкции. Во время испытания необходимо следить за тем, чтобы ось головки молотка была перпендикулярна поверхности испытываемой конструкции. После каждого удара эталонный стержень передвигают таким образом, чтобы расстояние между центрами соседних отпечатков было не менее 10 мм. Удары по поверхности испытываемой конструкции наносят так, чтобы расстояние между отпечатками не превышало 30 мм. Диаметр лунок на бетонной поверхности в эталонном стержне измеряют с точностью до 0,1 мм угловым масштабом (рис. 82), состоящим из двух стальных измерительных линеек, склепанных под углом.

Прочность бетона в конструкциях устанавливают по графику (рис. 83) согласно вычисленному отношению $d_б : d_э$ как среднее арифметическое результатов 10 ударов молотка. Полученные таким образом значения $R_{сж}$ справедливы для бетона с влажностью 2—6 %. В случае повышенной влажности значение предела прочности бетона необходимо умножить на коэффициент влажности $K_в$, принимаемый при влажности 8 % — 1,1 и при влажности 12 % — 1,2. При мокрой поверхности бетона $K_в = 1{,}4$.

При контроле прочности бетона в конструкциях без их разрушения используются и другие приборы механи-

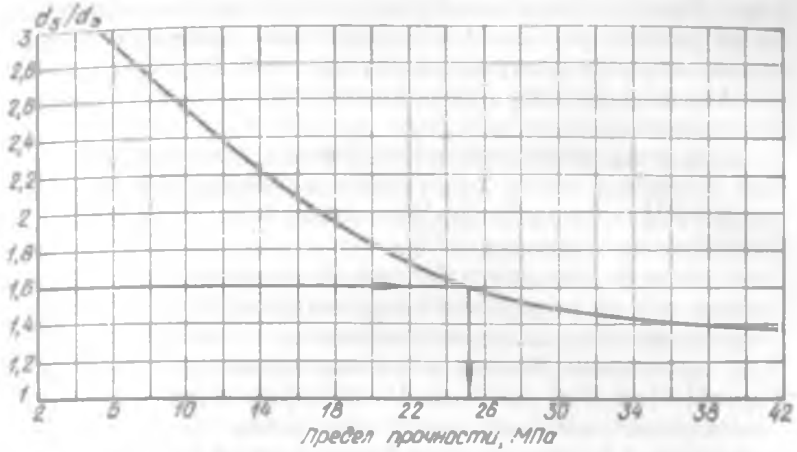


Рис. 83. График для определения прочности бетона, приготовленного на щебне

Рис. 84. Ультразвуковой прибор «Бетон 12»

ческого действия. Например, дисковые приборы ДПГ-4 и ДПГ-5. Определить прочность бетона методом упругого отскока можно с помощью молотков (склерометров) Шмидта, прибора КМ и др.

В настоящее время широко применяются физические методы контроля: импульсный ультразвуковой, волны удара и радиометрический.

Импульсный ультразвуковой метод контроля прочности бетона основан на измерении скорости распростране-

ния в бетоне продольных ультразвуковых волн и степени их затухания. По ранее составленным графикам зависимости скорости ультразвука от прочности бетона данного состава определяют прочностью бетона контролируемой конструкции.

Для испытания прочности бетона импульсным методом наиболее часто применяют приборы «Бетон», «Бетон-8-УРЦ» и «Бетон-12» (рис. 84), разработанные ВНИИжелезобетоном.

Контроль прочности бетона методом волны удара основывается на измерении скорости распространения в бетоне продольных волн, вызванных механическим ударом. Для испытания бетона этим методом используют приборы ПИК-6, МК-1, «Удар-1», «Удар-2» и др.

Радиометрический метод испытания бетона состоит в измерении интенсивности проникающей радиации через исследуемое изделие. По изменению интенсивности γ-лучей судят о плотности бетона и других характеристиках. Этот метод применяют для выявления скрытых дефектов в железобетонных изделиях и конструкциях.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой тяжелый бетон?
2. Изложите последовательность подбора состава тяжелого бетона.
3. Как определяют подвижность бетонной смеси?
4. При помощи каких приборов определяют жесткость бетонной смеси?
5. Какие классы бетона вы знаете?
6. Изложите последовательность определения прочности бетона.
7. Назовите приборы, при помощи которых определяют прочность бетона в конструкциях.
8. Кратко изложите последовательность определения прочности бетона в конструкциях с помощью эталонного молотка НИИМосстроя.

ГЛАВА 9. СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Строительным раствором называют искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания рационально подобранной смеси вяжущего вещества, воды, мелкого заполнителя (песка) и в необходимых случаях различных добавок (минеральных, поверхностно-активных, химических и др.). Смесь этих материалов до затвердевания называют растворной смесью.

Вяжущее вещество, затворенное водой, образует тесто, которое обволакивает частицы песка, заполняет промежутки между ними и играет роль смазки зерен заполнителя, придающей растворной смеси заданную пластичность. В процессе твердения вяжущее прочно связывает между собой зерна заполнителя с образованием искусственного камня-раствора.

Вяжущее для приготовления строительного раствора выбирают в зависимости от его назначения и режима твердения. В качестве вяжущего используют цемент, известь, гипс и др. Растворы, приготовленные на одном вяжущем, называют простыми (цементные, известковые и гипсовые), а на нескольких вяжущих — сложными (цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые и др.). Строительные растворы, приготовленные с применением плотных мелких заполнителей, называют тяжелыми, плотность их 1500 кг/м³ и более. Легкими называют растворы, имеющие плотность менее 1500 кг/м³.

По прочности на сжатие (0,1 МПа) строительные растворы бывают следующих марок: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200 и 300.

Строительные растворы применяют для различных видов каменной кладки, монтажа зданий из крупных блоков и панелей, внутренних и наружных штукатурок, заводской отделки лицевых поверхностей стеновых панелей и крупных стеновых блоков, гидроизоляции помещений и других целей.

Подбор состава сложного строительного раствора

Подбор состава сложного строительного раствора состоит в установлении рационального соотношения между составляющими раствор материалами (цементом, минеральной, поверхностно-активной добавкой, водой и песком). Такое соотношение должно обеспечивать получение растворной смеси заданной подвижности и приобретение раствором требуемой прочности в назначенный срок.

Состав сложного раствора обычно подбирают исходя из заданной марки раствора, активности цемента и степени подвижности растворной смеси. Сначала рассчитывают ориентировочный состав раствора а затем пробными замесами уточняют расход воды.

Расчет состава сложного раствора. Чтобы рассчитать

состав сложного строительного раствора, необходимо иметь следующие данные: марку раствора $R_р$, подвижность растворной смеси, активность цемента $R_ц$, насыпную плотность цемента $P_{н.ц}$, вид минеральной добавки, плотность теста добавки $P_д$. Расчет ведут в такой последовательности: определяют количество цемента на 1 м³ песка, необходимое для получения раствора заданной марки, затем устанавливают количество минеральной добавки (известкового или глиняного теста), необходимое для получения удобоукладываемой и нерасслаивающейся растворной смеси, после этого вычисляют ориентировочный расход воды.

Расход цемента на 1 м³ песка в рыхло-насыпном состоянии, кг,

$$Q_ц = R_р \cdot 1000/KR_ц,$$

где $R_р$ — заданная марка раствора, 0,1 МПа; $R_ц$ — активность цемента при испытании цемента в образцах из пластического раствора по ГОСТ 310.4—81 0,1 МПа; K — коэффициент (при использовании портландцемента $K=1$; при использовании пуццоланового или шлакопортландцемента $K=0{,}88$).

Расход цемента на 1 м³ песка, м³,

$$V_ц = Q_ц/P_{н.ц},$$

где $P_{н.ц}$ — плотность в рыхло-насыпном состоянии, кг/м³; принимают $P_{н.ц}=1100$ кг/м³.

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³ песка, кг,

$$Q_д = V_д P_д.$$

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³, м³,

$$V_д = 0{,}17\,(1 - 0{,}002Q_ц).$$

Плотность известкового теста принимают равной 1400 кг/м³, а глиняного теста из пластичной глины с содержанием песка до 5 %—1300 кг/м³, из глины средней пластичности с содержанием песка до 15 % — 1450 кг/м³.

На практике часто используют известковое молоко, которое легко перекачивается насосами. Дозировка его назначается из расчета содержания в известковом молоке (плотность 1200 кг/м³) 25 % извести.

Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают путем деления расхода каждого компонента растворной смеси на расход цемента по объему:

$$\frac{V_ц}{V_ц} : \frac{V_д}{V_ц} : \frac{1}{V_ц} = 1 : \frac{V_д}{V_ц} : \frac{1}{V_ц}.$$

Ориентировочный расход воды на 1 м³ песка для получения растворной смеси заданной подвижности:

$$B = 0{,}5\,(Q_{ц} + Q_{д}\,P_{д}),$$

где $Q_{ц}$ и $Q_{д}$ — расход цемента, извести или глины на 1 м³ песка, кг; $P_{д}$ — плотность неорганической добавки, кг/л.

Найденный по расчету расход воды уточняют опытным путем при приготовлении пробных замесов.

Приготовление пробного замеса. Рассчитав расход материалов по приведенным выше формулам, приступают к приготовлению пробного замеса объемом 5 л. Для этого отвешивают компоненты растворной смеси (из расчета на 5 л) согласно выполненному расчету. Песок высыпают на противень, к нему добавляют цемент и тщательно перемешивают вручную мастерком в течение 5 мин, затем вводят известковое (или глиняное) тесто и снова перемешивают. После этого добавляют воду и окончательно перемешивают смесь в течение 3—5 мин.

Подвижность растворной смеси определяют по погружению стандартного конуса (см. с. 174). Когда фактическое погружение конуса отличается от заданного, состав раствора корректируют. Если погружение конуса оказалось больше заданного, добавляют песок в количестве 5—10 % его расхода на опытный замес; если меньше заданного, — добавляют воду в количестве 5—10 % ее расхода на опытный замес. Пробный замес перемешивают 5 мин, вновь определяют его подвижность и корректируют до тех пор, пока подвижность растворной смеси не станет соответствовать заданной.

Затем из растворной смеси требуемой подвижности изготовляют контрольные образцы-кубы размером 70,7××70,7×70,7 мм согласно методике, приведенной ниже (см. с. 177). В результате испытания контрольных образцов в возрасте 28 сут определяют марку раствора и ее соответствие запроектированной.

Образцы можно испытывать и в другие сроки — через 7 или 14 сут. Для приведения полученных при этом результатов к их марочной 28-суточной прочности следует пользоваться следующими данными:

Возраст образцов, сут	3	7	14	28	60	90
Прочность раствора, %	33	55	80	100	120	130

Приведенные выше данные относятся к растворам, приготовленным на портландцементе, шлакопортландцементе или пуццолановом портландцементе.

Пример. Требуется подобрать состав сложного строительного раствора марки $R_р = 75$ при следующих данных: подвижность растворной смеси 9—10 см; активность используемого шлакопортландцемента $R_ц = 320 \cdot 0{,}1$ МПа; насыпная плотность цемента $P_{н.ц} = 1100$ кг/м³; песок средней крупности ($M_к = 1{,}5$); минеральная добавка — известковое тесто плотностью $P_д = 1400$ кг/м³.

1. Расход цемента на 1 м³ песка

$$Q_ц = R_р\,1000/0{,}88R_ц; \quad Q_ц = (75 \cdot 1000)/(0{,}88 \cdot 320) =$$

$$= 282 \text{ кг}; \quad V_ц = Q_ц/P_{н.ц}; \quad V_ц = 282/1100 = 0{,}255 \text{ м}^3.$$

2. Расход известкового теста на 1 м³

$$Q_д = V_д P_д; \quad Q_д = 0{,}063 \cdot 1400 = 88 \text{ кг};$$

$$V_д = 0{,}17\,(1 - 0{,}002Q_ц) = 0{,}17\,(1 - 0{,}002 \cdot 282) = 0{,}057 \text{ м}^3.$$

2. Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают путем деления расхода каждого компонента раствора на расход цемента по объему

$$\frac{V_ц}{V_ц} : \frac{V_д}{V_ц} : \frac{1}{V_ц} = 0{,}255/0{,}255 : 0{,}057/0{,}255 : 1/0{,}255 = 1 : 0{,}2 : 3{,}9.$$

4. Ориентировочный расход воды на 1 м³ песка

$$B = 0{,}5\,(Q_ц + Q_д) = 0{,}5\,(282 + 88 \cdot 1{,}4) = 202 \text{ кг}.$$

Расход материалов на 1 м³ песка для приготовления сложного строительного раствора марки 75

Цемент	282 кг
Вода	202 кг
Известковое тесто	0,057 м³
Песок	1,0 м³.

Выбор составов строительных растворов. Прочность, монолитность и долговечность каменной кладки во многом зависит от правильности выбора состава растворов. В современном строительстве чаще всего применяют растворы марок 25, 50, 75 и 100. Для их приготовления обычно используют портландцемент, пластифицированные и гидрофобные портландцементы, шлако- и пуццолановые портландцементы, а также специальные низкомарочные цементы.

В качестве заполнителя обычных строительных растворов применяют пески, удовлетворяющие требованиям действующего стандарта. Кроме того, в качестве заполнителя можно использовать пески — ракушечный, из топливных шлаков, а также керамзитовый.

При установлении приведенных в табл. 21 составов растворов принято, что цементы марок 200—500 имеют насыпную плотность 1100 кг/м³. Если насыпная плотность имеющегося цемента отличается от вышеуказанно-

Таблица 21. Составы растворов для каменной кладки

Марка цемента	Составы о объемной дозировке для растворов марок			
	100	75	50	25
Цементно-известковые и цементно-глиняные				
500	1:0,5:5,5	1:0,8:7	—	—
400	1:0,4:4,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8	—
300	1:0,2:3,5	1:0,3:4	1:0,6:6	1:1,4:10
200	—	1:0,1:2,5	1:0,3:4	1:0,8:7
Цементные				
500	1:5,5	1:6	—	—
400	1:4,5	1:5,5	—	—
300	1:3	1:4	1:6	—
200	—	1:2,5	1:4	—

го более чем на 10 %, то состав раствора необходимо пересчитать. Песок принят в рыхлонасыпном состоянии с естественной влажностью 1—3 %. Известь II сорта плотностью 1400 кг/м³; при применении известкового теста I сорта количество теста уменьшают на 10 %. Глина принята в виде теста с глубиной погружения стандартного конуса на 13—14 см.

Для повышения пластичности растворов в их состав обычно вводят неорганические пластификаторы (известь или глину) или органические поверхностно-активные добавки (например, мылонафт, ЦНИПС-1, подмыльный щелок и др.).

Подбор состава строительного раствора с добавкой поверхностно-активных веществ

При приготовлении строительных растворов широко используют органический пластификатор подмыльный щелок (ПМЩ), который является отходом мыловаренных заводов. Согласно требованиям ТУ 18 РСФСР 780—78 Минпищепрома РСФСР «Пластификатор для строительных растворов» подмыльный щелок содержит, % по массе: жирных кислот до 1, хлорида натрия до 15, свободной едкой щелочи до 0,2, свободной углекислой соды до 1,5 и воды от 85 до 90.

При приготовлении строительных растворов ПМЩ

как добавка не требует предварительной подготовки. Она действует на растворную смесь как пластифицирующе-воздухововлекающая добавка.

Количество вводимого в кладочный раствор пластификатора ПМЩ зависит от содержания в нем жирных кислот и назначается из расчета от 0,1 до 0,8 г жирных кислот на 1 кг цемента в зависимости от марки раствора, г:

Для растворов марок	150 и 200			—0,1
»	»	»	100	—0,2
»	»	»	75	—0,3—0,4
»	»	»	50	—0,5—0,6
»	»	»	25	—0,7—0,8

Рекомендации по приготовлению строительных растворов с пластификатором ПМЩ и их применению изложены в ВНС 11-82 Минпромстроя СССР.

Пример. Требуется приготовить цементно-песчаный раствор марки 50 — пластичностью 9—10 см с применением органического пластификтора подмыльного щелока.

Исходные материалы для приготовления раствора:

шлакопортландцемент марки 300, песок с влажностью 2 %, удовлетворяющий требованиям ГОСТ 8736—77 (с изм.) «Песок для строительных работ», подмыльный щелок, содержащий 1 % жирных кислот.

Состав цементно-песчаного раствора марки 50 на имеющемся цементе марки 300 в объемном соотношении будет 1 : 6 (цемент : песок).

Количество подмыльного щелока с указанной концентрацией жирных кислот 1 % для приготовления цементно-песчаного раствора марки 50 согласно данным табл. 22 составляет 6 л на 100 кг цемента.

Таблица 22. Ориентировочный расход подмыльного щелока, л, на 100 кг цемента в цементно-песчаных кладочных растворах

Содержание в подмыльном щелоке жирных кислот, %	Марка раствора				
	200 и 150	100	75	50	25
0,5	2	4	8	12	16
0,75	1,5	3	6	9	12
1	1	2	4	6	8

Путем ранее выполненного лабораторного подбора состава раствора установлено, что расход цемента марки 300 на 1 м³ раствора требуемой марки 50 составляет 200 кг. Следовательно, количество ПМЩ, которое необходимо затратить для приготовления 1 м³ раствора, на основании данных таблицы составит

$$(6 \cdot 200)/100 = 12 \text{ л}.$$

С целью уточнения расхода ПМЩ в лаборатории готовят четыре контрольных замеса раствора по 5 л каждый.

В первый замес пластификатор не вводят. В остальные три замеса вводим различные количества ПМЩ из расчета 10, 12 и 14 л на 1 м³ раствора (расход пластификатора 12 л определен по табл. 22, два других — с изменением указанной выше величины приблизительно на 20 %). Приготовление каждого замеса следует поручать бригаде учащихся. При введении подмыльного щелока постоянство заданной подвижности (9—10 см) растворимых смесей во всех четырех замесах регулируют соответствующим добавлением воды.

Определяют плотность растворной смеси с каждым из контрольных замесов.

Плотность растворной смеси без добавки ПМЩ равна 2060 кг/м³, с добавкой ПМЩ из расчета 10 л на 1 м³ раствора — 2010 кг/м³, с добавкой 14 л — 1920 кг/м³. Подсчитывают отношение плотности растворных смесей с пластификатором и без него:

при добавке пластификатора 10 л на 1 м³ раствора

$$2010/2060 = 0{,}97;$$

при добавке пластификатора 12 л на 1 м³ раствора

$$1960/2060 = 0{,}95;$$

при добавке пластификатора 14 л на 1 м³ раствора

$$1920/2060 = 0{,}93.$$

Количество подмыльного щелока для приготовления 1 м³ раствора заданной марки принимаем 12 л (см. табл. 22). При этом оптимальном количестве ПМЩ отношение величин плотности растворной смеси с пластификатором и без него составило 0,95, что удовлетворяет требованиям ВСН 11-82.

Результаты заносят в журнал для лабораторных работ.

Определение основных свойств растворной смеси

Основными свойствами растворимой смеси являются: подвижность, расслаиваемость и плотность. Для оценки качества растворной смеси среднюю пробу отбирают в строительной лаборатории при приготовлении опытных замесов, при выгрузке замеса из растворосмесителя или бункера (в начале, середине и конце выгрузки смеси), из автомашин или расходных ящиков каменщика в трех местах с глубины 10—15 см лопатами или совками. В двух последних случаях объем каждой пробы должен быть не менее 1—2 л. Перемешивая отдельные пробы, получают среднюю пробу раствора в количестве не менее 3—5 л, которую направляют в лабораторию, где смесь перед испытанием перемешивают в течение 30 с. Растворную смесь испытывают по ГОСТ 5802—86.

Определение подвижности растворной смеси. Подвижность растворной смеси — это способность растекаться по поверхности камня тонким слоем и заполнять все не-

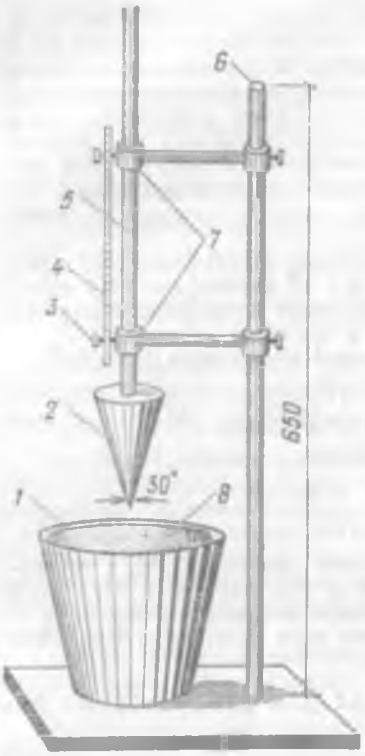


Рис. 85. Прибор для определения подвижности растворной смеси

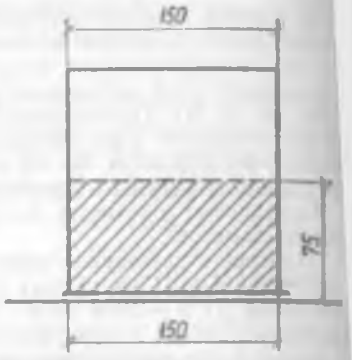


Рис. 86. Схема определения расслаиваемости растворной смеси

ровности основания. Степень подвижности растворной смеси определяют с помощью прибора по глубине погружения в растворную смесь стального эталонного конуса.

Прибор для определения подвижности растворной смеси (рис. 85) состоит из штатива, на стойке *6* которого закреплены держатели *7*. На конце нижнего держателя имеется зажимной винт *3*, удерживающий скользящий стержень *5* конуса *2*. К держателям прикреплена шкала с делениями *4*, по которой отсчитывают глубины погружения конуса в растворную смесь и объем погружения части конуса. Масса конуса со стержнем *5* и балластом должна быть 300 г, высота конуса — 145 мм, диаметр основания — 75 мм. Сосуд *1* для растворной смеси изготовлен из листовой стали в виде усеченного конуса.

Для определения подвижности раствора сосуд *1* наполняют смесью примерно на 1 см ниже его краев. Уложенный раствор штыкуют 25 раз стержнем диаметром

10—12 мм и встряхивают 5—6 раз легким постукиванием сосуда о стол. Острие конуса приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде и закрепляют стержень в таком положении зажимным винтом *3*, отмечая при этом положение стрелки на шкале. Затем поворачивают зажимной винт, предоставляя конусу свободно погружаться в раствор и по окончании погружения конуса записывают второй отсчет по шкале. Глубину погружения конуса в раствор в сантиметрах определяют как разность между вторым и первым отсчетами. Значение подвижности раствора в сантиметрах вычисляют как среднее арифметическое результатов двух испытаний.

Рабочую подвижность в летних и зимних условиях в зависимости от назначения раствора принимают следующей см:

Обычная кладка из сплошного кирпича, а также кладка из бетонных и природных камней легких пород	9—13
Обычная кладка из дырчатого кирпича или керамических камней с щелевыми пустотами .	7—8
Бутовая кладка	4—6
Заливка пустот при бутовой кладке	13—15
Вибрированная бутовая кладка	1—3

Для кладки из сухих и пористых каменных материалов применяют растворы с большей подвижностью, а для кладки из влажных и плотных материалов — с меньшей.

Определение расслаиваемости растворной смеси

Расслаиваемость растворной смеси, характеризующую ее связность при динамическом воздействии, определяют путем сопоставления содержания массы заполнителей в нижней и верхней частях свежеотформованного образца размером 150×150×150 мм (рис. 86).

Для определения расслаиваемости растворную смесь укладывают в стальную форму с внутренним размером 150×150×150 мм, уплотняют и выравнивают верхнюю поверхность образца. Затем форму с уплотненной смесью устанавливают на лабораторную виброплощадку и жестко закрепляют зажимами к поверхности вибростола. После вибрации в течение 1 мин форму освобождают от зажимов и снимают с виброплощадки. Из формы металлическим совком отбирают верхний слой раствора высотой 75±0,5 мм и укладывают на противень, затем ниж-

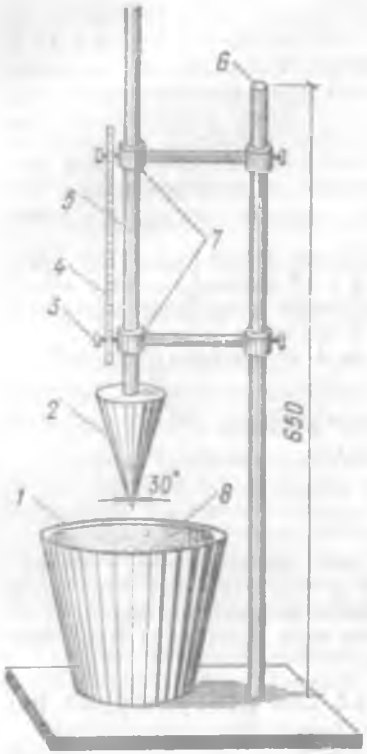


Рис. 85. Прибор для определения подвижности растворной смеси

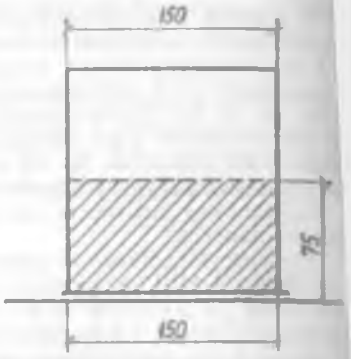


Рис. 86. Схема определения расслаиваемости растворной смеси

ровности основания. Степень подвижности растворной смеси определяют с помощью прибора по глубине погружения в растворную смесь стального эталонного конуса.

Прибор для определения подвижности растворной смеси (рис. 85) состоит из штатива, на стойке *6* которого закреплены держатели *7*. На конце нижнего держателя имеется зажимной винт *3*, удерживающий скользящий стержень *5* конуса *2*. К держателям прикреплена шкала с делениями *4*, по которой отсчитывают глубины погружения конуса в растворную смесь и объем погружения части конуса. Масса конуса со стержнем *5* и балластом должна быть 300 г, высота конуса — 145 мм, диаметр основания — 75 мм. Сосуд *1* для растворной смеси изготовлен из листовой стали в виде усеченного конуса.

Для определения подвижности раствора сосуд *1* наполняют смесью примерно на 1 см ниже его краев. Уложенный раствор штыкуют 25 раз стержнем диаметром

10—12 мм и встряхивают 5—6 раз легким постукиванием сосуда о стол. Острие конуса приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде и закрепляют стержень в таком положении зажимным винтом *3*, отмечая при этом положение стрелки на шкале. Затем поворачивают зажимной винт, предоставляя конусу свободно погружаться в раствор и по окончании погружения конуса записывают второй отсчет по шкале. Глубину погружения конуса в раствор в сантиметрах определяют как разность между вторым и первым отсчетами. Значение подвижности раствора в сантиметрах вычисляют как среднее арифметическое результатов двух испытаний.

Рабочую подвижность в летних и зимних условиях в зависимости от назначения раствора принимают следующей см:

Обычная кладка из сплошного кирпича, а также кладка из бетонных и природных камней легких пород	9—13
Обычная кладка из дырчатого кирпича или керамических камней с щелевыми пустотами	7—8
Бутовая кладка	4—6
Заливка пустот при бутовой кладке	13—15
Вибрированная бутовая кладка	1—3

Для кладки из сухих и пористых каменных материалов применяют растворы с большей подвижностью, а для кладки из влажных и плотных материалов — с меньшей.

Определение расслаиваемости растворной смеси

Расслаиваемость растворной смеси, характеризующую ее связность при динамическом воздействии, определяют путем сопоставления содержания массы заполнителей в нижней и верхней частях свежеотформованного образца размером 150×150×150 мм (рис. 86).

Для определения расслаиваемости растворную смесь укладывают в стальную форму с внутренним размером 150×150×150 мм, уплотняют и выравнивают верхнюю поверхность образца. Затем форму с уплотненной смесью устанавливают на лабораторную виброплощадку и жестко закрепляют зажимами к поверхности вибростола. После вибрации в течение 1 мин форму освобождают от зажимов и снимают с виброплощадки. Из формы металлическим совком отбирают верхний слой раствора высотой 75±0,5 мм и укладывают на противень, затем ниж-

нюю часть раствора выгружают из формы на второй про тивень.

Отобранные пробы растворной смеси взвешивают с погрешностью до 2 г и подвергают мокрому рассеву на сите с отверстиями 0,14 мм. При мокром рассеве отдельные части пробы, уложенные на сито, промывают струей чистой воды до полного удаления вяжущего. Промывку смеси считают законченной, когда из сита выте кает чистая вода.

Отмытые порции заполнителя переносят на чистый противень, высушивают до постоянной массы при температуре 105—110 °С и взвешивают с погрешностью до 2 г.

Содержание заполнителя в верхней (нижней) частях уплотненной растворной смеси V, %, определяют по формуле

$$V = (m_1/m_2)\,100,$$

где m_1 — масса отмытого высушенного заполнителя из верхней (нижней) части, г; m_2 — масса отобранной пробы растворной смеси из верхней (нижней) части образца, г.

Показатель расслаиваемости растворной смеси $П$, %, определяют по формуле

$$П = (\Delta V/\Sigma V)\,100,$$

где ΔV — абсолютная величина разности между содержанием заполнителя в верхней и нижней частях образца, %; ΣV — суммарное содержание заполнителя верхней и нижней частей образца, %.

Показатель расслаиваемости для каждой пробы растворной смеси определяют дважды и вычисляют с округлением до 1 % как среднее арифметическое результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20 % от меньшего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе растворной смеси.

Результаты испытаний заносят в журнал для лабораторных работ.

Определение плотности растворной смеси. Плотность определяют с помощью цилиндрического сосуда *1* объемом 1 л с насадкой *2* (рис. 87). Сосуд наполняют растворной смесью с некоторым избытком, удерживаемым насадкой. После этого смесь уплотняют 25-кратным штыкованием стальным стержнем диаметром 10—12 мм с последующим встряхиванием сосуда пять-шесть раз и легким постукиванием его о стол. Затем насадку снимают

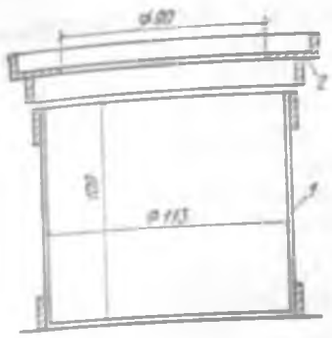


Рис. 87. Сосуд для определения плотности растворной смеси

и срезают избыток растворной смеси вровень с краями. Сосуд со смесью взвешивают и из полученного значения вычитают показатель массы сосуда. За плотность смеси принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

Определение марки строительного раствора

Основным качественным показателем строительного раствора является его марка, которую определяют путем испытания в возрасте 28 сут трех образцов-кубов размером 70,7×70,7×70,7 мм. При испытании растворной смеси подвижностью 5 см и более образцы-кубы изготовляют в металлических формах без поддонов, установленных на кирпич (рис. 88), а растворных смесей подвижностью менее 5 см — в формах с поддонами.

Образцы-кубы из растворных смесей подвижностью 5 см и более изготовляют следующим образом: трехгнездовую металлическую форму без поддона предварительно смазывают машинным маслом и устанавливают на кирпич, поверхность которого покрыта мокрой газетной бумагой. Керамический кирпич должен иметь влажность не более 2 % и водопоглощение 10—15 % по массе. Все три отделения формы заполняют растворной смесью за один прием с некоторым избытком, затем уплотняют ее в каждом отделении формы 25 нажимами стального стержня диаметром 10—12 мм, избыток растворной смеси срезают смоченным водой ножом вровень с краями формы и заглаживают поверхность. Повторное использование кирпича в качестве отсасывающего воду основания не допускается.

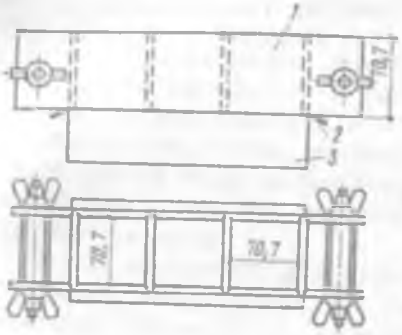


Рис. 88. Форма для изготовления образцов при определении марки раствора

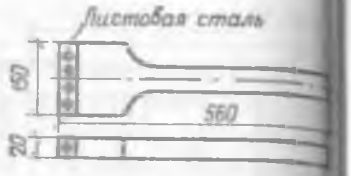


Рис. 89. Шпатель для уплотнения растворной смеси

При изготовлении образцов-кубов из растворных смесей подвижностью менее 5 см в летних условиях собранную и смазанную металлическую форму заполняют растворной смесью в два слоя высотой примерно по 4 см. Уплотнение слоев смеси в каждом отделении формы производят 12 нажимами шпателя (рис. 89) — шестью нажимами вдоль одной стороны и шестью в перпендикулярном направлении. Избыток растворной смеси срезают ножом, смоченным водой вровень с краями формы, и заглаживают поверхность.

Образцы, изготовленные из растворных смесей на гидравлических вяжущих веществах, выдерживают в формах в камере нормального хранения при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха 95—100 %, а изготовленные на воздушных вяжущих веществах — в помещении при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха 65±10 %. Время выдерживания образцов в формах 24±2 ч. Затем их извлекают из форм и каждый образец нумеруют на верхней грани нестираемой краской. Образцы, изготовленные из медленно твердеющих растворных смесей, можно освобождать из форм в возрасте 2—3 сут. После извлечения из форм образцы хранят при температуре 20±2 °С с соблюдением следующих условий: образцы, изготовленные из растворных смесей на гидравлических вяжущих, в течение первых 3 сут следует хранить в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95—100 %, а время, оставшееся до испытаний — в помещении при относительной влажности воздуха 65±10 % (из растворов, твердеющих на воздухе) или в воде (из растворов, твердеющих во влажной среде); образцы, изготовленные из

растворных смесей на воздушных вяжущих, следует хранить в помещении при относительной влажности воздуха 65±10 %.

Образцы, хранившиеся в помещении, перед испытанием очищают волосяной щеткой от песчинок и пыли, а хранившиеся в воде извлекают из нее не более чем за 10 мин до испытания и вытирают влажной тканью. Каждый образец перед испытанием осматривают, измеряют и определяют объем с точностью до 1 см³, затем взвешивают на технических весах и вычисляют плотность раствора с точностью до 10 кг/м³.

Испытание должно производиться в лабораторных условиях при температуре 20±2 °С и относительной влажности воздуха в помещении 50—70 %. При испытании необходимо следить, чтобы плоскости пресса, соприкасающиеся с испытываемым образцом, были очищены. Испытываемый образец устанавливают на нижнюю опорную плиту пресса центрально относительно его оси так, чтобы основанием служили грани, соприкасающиеся со стенками формы при изготовлении образцов.

При испытании образцов на сжатие величина разрушающей нагрузки должна составлять от 20 до 80 % максимального усилия, соответствующего выбранному диапазону. Во время испытания нагрузка на образец должна возрастать непрерывно с постоянной скоростью не более 0,6±0,4 МПа/с до его разрушения. Максимальное усилие принимают за разрушающую нагрузку.

Предел прочности на сжатие для каждого образца вычисляют как частное от деления разрушающей нагрузки, Н, на рабочую площадь образца, мм². За конечный результат принимают среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов-кубов. Определение предела прочности раствора можно выполнять испытанием на изгиб и на сжатие образцов-балочек размером 40×40×160 мм по ГОСТ 5802—86.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой строительный раствор?
2. Изложите последовательность подбора состава сложного строительного раствора.
3. В какой последовательности подбирают оптимальную дозировку органического пластификатора ПМЩ?
4. Приведите составы строительных растворов марки 75.
5. Как определяют подвижность растворной смеси?
6. Как определяют расслаиваемость растворной смеси?
7. Что называют маркой раствора и как ее определяют?

ГЛАВА 10. БИТУМНЫЕ ВЯЖУЩИЕ ВЕЩЕСТВА

Битумные вяжущие (битумы) представляют собой сложные смеси высокомолекулярных углеводородов и их неметаллических производных. Битумы бывают природными и искусственными (нефтяными); последние широко применяют в строительстве и в производстве различных гидроизоляционных материалов. Нефтяные битумы — продукты переработки нефти и ее смолистых остатков. В зависимости от способа получения различают остаточные, окисленные и крекинговые нефтяные битумы.

Нефтяные битумы по внешнему виду представляют собой твердую или вязкую массу черного цвета со слабым запахом минерального масла. Ценными свойствами этих битумов являются водонепроницаемость, химическая стойкость, способность размягчаться при нагревании и сцепляться с деревом, камнем и металлом, а также быстрота нарастания вязкости при остывании. Нефтяные битумы применяют для приготовления асфальтовых бетонов и растворов, кровельных, гидроизоляционных и дорожных мастик, паст, эмульсий и т. д., а также в производстве кровельных и гидроизоляционных материалов.

Для оценки качества поступившего на строительство нефтяного битума, упакованного в таре, вскрывают 2 % числа ящиков, бочек или мешков и отбирают от каждого упаковочного места один кусок массой около 1 кг. Затем каждый кусок разбивают на части размером не более 25 мм, тщательно перемешивают, разравнивают, последовательным квартованием доводят массу средней пробы до 2—3 кг и направляют в строительную лабораторию для испытания. В лаборатории пробу делят на две равные части: одну используют для проведения испытаний; вторую — в опечатанном виде хранят в течение 2 мес на случай повторного испытания.

Перед определением показателей физико-механических свойств битума его необходимо обезводить, для чего пробу в чашке помещают в сушильный шкаф или на песчаную баню и доводят до подвижного состояния, нагревая твердые и полутвердые битумы до температуры не выше 120—180 °С в зависимости от их вязкости. Затем расплавленный битум процеживают через сито с отверстиями 0,6—0,8 мм и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. После остывания про-

ба битума считается подготовленной к проведению испытаний.

При оценке качества нефтяных битумов в лаборатории определяют вязкость, растяжимость, температуру размягчения и вспышки.

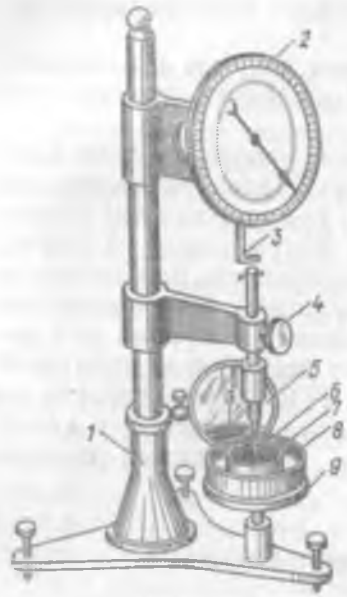
Для выполнения лабораторной работы по теме «Битумные вяжущие» подгруппу учащихся разделяют на бригады по три-четыре человека, при этом каждая бригада испытывает по одному разу битум одной из марок, определяя три основных свойства: вязкость, растяжимость и температуру размягчения. Результаты, полученные при испытании битума, учащиеся заносят в журнал для лабораторных работ. На основании результатов испытаний и сравнения их с требованиями ГОСТа (см. таблицу на с. 188), учащиеся должны сделать заключение, к какой марке следует отнести битум, испытанный каждой бригадой.

Определение вязкости битума

Вязкость (пенетрацию) нефтяного битума определяют при помощи стандартного прибора — пенетрометра. По глубине проникания в битум иглы прибора под нагрузкой 1Н в течение 5 с при температуре 25 °С судят о вязкости битума. Вязкость выражают в градусах, причем 1° соответствует глубине проникания иглы 0,1 мм.

Пенетрометр (рис. 90) состоит из металлического штатива *1*, нижняя часть которого представляет собой опорную площадку с тремя установочными винтами для приведения ее в горизонтальное положение. К опорной площадке прикреплен вращающийся предметный столик *9* для установки кристаллизатора *8* объемом не менее 0,3 л и высотой 45—50 мм с металлической цилиндрической чашкой 7 высотой 35 мм и диаметром 55 мм, в которую помещают испытываемый битум. На верхнем кронштейне штатива укреплен циферблат *2*, разделенный на 360°, и контактная рейка (кремальера) *3*, движение которой передается стрелке циферблата. На нижнем кронштейне закреплен свободно падающий стержень с иглой *6* и грузом общей массой 100±0,01 г, удерживаемый стопорной кнопкой *4*. Сбоку, несколько выше предметного столика, к стойке шарнирно прикреплено зеркало *5*. Стальная игла пенетрометра длиной 50,8 мм и диаметром 1—1,02 мм должна быть закалена и тщательно

Рис. 90. Пенетрометр



отполирована. Острие иглы должно быть затуплено. Диаметр затупленной части 0,14—0,16 мм.

Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют на песчаной или масляной бане или в сушильном шкафу до подвижного состояния (не перегревая битум) и тщательно перемешивают до полного удаления пузырьков воздуха. Затем битум наливают в металлическую чашку на высоту не менее 30 мм и выдерживают при температуре 18—20 °С в течение 1 ч, предохраняя образец от пыли. После этого чашку с битумом помещают в ванну с водой, нагретой до 25 °С, и оставляют на 1 ч до испытания. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 25 мм. Температуру в ванне поддерживают постоянной, добавляя горячей или холодной воды. Колебания температуры воды в ванне не должны превышать ±0,5 °С.

Через 1 ч чашку с битумом помещают в кристаллизатор, наполненный водой, имеющей температуру 25 °С. Кристаллизатор устанавливают на столик пенетрометра. Подводят острие иглы к поверхности битума, при этом игла должна слегка касаться битума, но не входить в него. Для облегчения этой операции служит зеркало. Кремальеру доводят до верхней площадки стержня, несущего иглу, и устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно пускают секундомер и нажимают стопорную кнопку, давая игле свободно входить в битум в течение 5 с. По истечении этого времени кнопку отпускают. Затем доводят нижнюю часть кремальеры до верхней площадки стержня с иглой, и стрелка, передвигающаяся вместе с кремальерой, показывает расстояние, град, пройденное иглой за 5 с.

Определение повторяют три раза в различных точках на поверхности битума, отстоящих не менее чем на 10 мм от краев чашки и одна от другой. Среднее арифметическое этих определений дает значение проникания в градусах, соответствующее глубине проникания иглы в десятых долях миллиметра. Расхождение между результатами определения глубины проникания, полученными в каждом из трех опытов, не должно превышать следующих значений:

Глубина проникания иглы, град	150—200	75—150	25—75	До 25
Расхождение, град	10	5	3	1

При больших расхождениях результатов испытание следует повторить.

После каждого погружения (определения) иглу вынимают из гнезда, обмывают бензином острие и насухо вытирают.

Определение растяжимости битума

Растяжимостью (дуктильностью) называют свойство битумов вытягиваться в тонкие нити под влиянием приложенной растягивающей нагрузки. Растяжимость характеризуется длиной нити до разрыва ее при температуре 25 °С и скорости вытягивания 5 см/мин и выражается в сантиметрах.

Растяжимость битумов определяют на приборе — дуктилометре (рис. 91), который представляет собой деревянный ящик, покрытый внутри оцинкованной сталью. По всей длине ящика проходит червячный винт *1* с насаженными на него двумя салазками *2*, которые передвигают по винту при помощи маховичка вручную или при помощи электродвигателя *3*. Ящик снабжен шкалой, по которой скользит указатель, закрепленный на салазках.

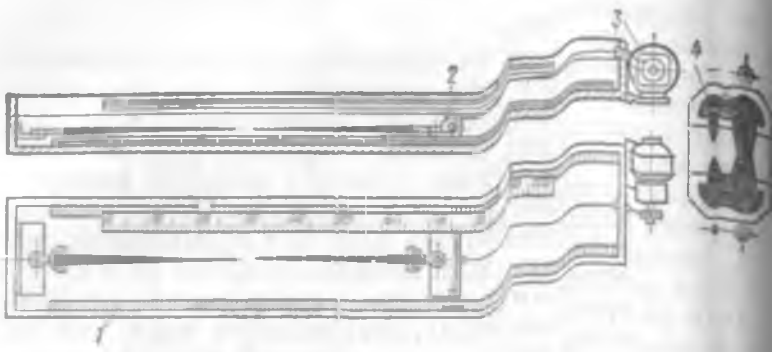
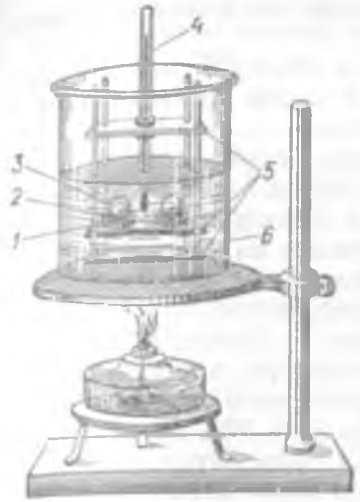


Рис. 81. Дуктилометр

Подготовленный к испытанию битум расплавляют, перемешивают и тонкой струей наливают в латунные, сборные формы *4* с небольшим избытком. Перед заливкой битума внутренние поверхности форм смазывают смесью талька с глицерином (состав 1 : 3) и устанавливают на металлическую пластинку. Формы с битумом охлаждают в течение 30 мин в помещении с температурой 18—20 °С и после этого горячим ножом срезают избыток битума в два приема, от середины к ее краям. Образец битума с формой и пластинкой помещают в ящик дуктилометра, куда предварительно налита вода и выдерживают в нем в течение 1,5 ч, следя за тем, чтобы температура воды была постоянной 25±0,5 °С. Слой воды над образцом должен быть не менее 25 мм. Затем, проверяют скорость движения салазок и температуру воды, открепляют формы, укрепленные в дуктилометре (надевают ее на шипы боковые части на салазках и стойке ящика), отнимают или начинают вращать маховик, растягивая битум со скоростью 5 см/мин. Длину нити битума, см, отмеченную указателем в момент ее разрыва, принимают за показатель растяжимости битума. Испытание проводят три раза и за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех определений.

При определении растяжимости битумов, имеющих плотность значительно больше (или меньше) единицы, повышают растворимость воды соответственно или добавлением спирта поваренной соли, или понижают ее, чтобы нить растягиваемого битума не всплыла и не потонула.



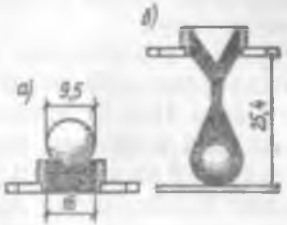


Рис. 93. Положение шара в приборе «кольцо и шар»
а — начальное; *б* — конечное

Рис. 92. Прибор «кольцо и шар» для определения температуры размягчения битума

Определение температуры размягчения битума

Температура размягчения позволяет судить об относительной теплостойкости и степени размягчаемости битумов при нагревании. Температуру размягчения определяют на приборе «кольцо и шар» (рис. 92), который состоит из трех металлических пластин *5*, скрепленных на определенном расстоянии одна от другой, проходящими через них и прикрепленными к ним металлическими стержнями. Расстояние между двумя нижними пластинами равно 25,4 мм. В средней пластине имеются два отверстия, в каждое из которых вставляют латунные кольца *1* внутренним диаметром 15,88, высотой 6,25 и толщиной стенок 2,38 мм. В середине верхней пластины имеется отверстие, в которое вставляют термометр *4*.

Температуру размягчения битума по методу «кольцо и шар» определяют следующим образом. Латунные кольца укладывают на металлическую пластинку и смазывают смесью талька с глицерином (состав 1 : 3). Затем заполняют их с некоторым избытком расплавленным и перемешанным в течение 15 мин битумом *2*. После охлаждения избыток битума срезают нагретым ножом вровень с краями. Кольца устанавливают горизонтально в отверстия на средней пластине прибора. Термометр вставляют в среднее отверстие верхней пластины точно

по оси так, чтобы ртутный шарик его был на нижнем уровне кольца.

Прибор с кольцами ставят в стакан *6*, наполненный дистиллированной охлажденной водой с температурой 5 °С. Через 15 мин прибор вынимают из стакана, на каждое кольцо в центре поверхности битума кладут стальной шарик *3* диаметром 9,5 мм и массой 3,45—3,55 г и помещают прибор в тот же стакан. Стакан с прибором ставят на асбестовую сетку, нагревают на газовой горелке или спиртовке так, чтобы скорость подъема температуры составляла 5 °С/мин. При нагревании битум размягчается и стальной шарик вместе с битумом проходит сквозь отверстие кольца. Температура, при которой деформирующийся битум под действием массы шарика коснется нижнего диска прибора (рис. 93), принимают за температуру размягчения. Если температура размягчения битума по методу «кольцо и шар» окажется, например, равной 70 °С, то сокращенно записывают «70 °К и Ш». В том случае, когда температура размягчения битума выше 80 °С, прибор заполняют не водой, а глицерином; образец перед испытанием выдерживают в течение 15 мин при температуре 32 °С.

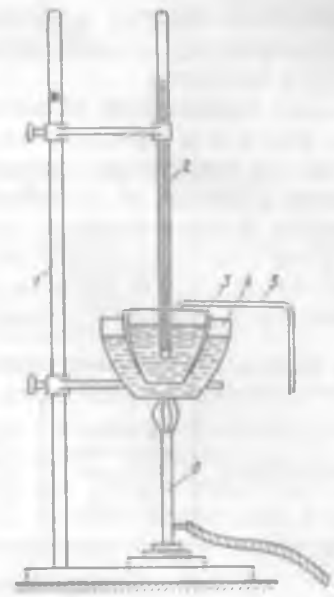
Испытание проводят два раза и температуру размягчения вычисляют как среднее арифметическое двух определений.

Определение температуры вспышки битума

Температурой вспышки называют температуру, при которой газообразные продукты, выделяющиеся из битума, при нагревании образуют с воздухом смесь, вспыхивающую на короткое время при поднесении к ней пламени. Температуру вспышки битумов определяют для установления безопасного технологического режима их расплавления, а также смешивания с наполнителями.

Для определения температуры вспышки используют стандартный прибор (рис. 94), состоящий из наполненного песком стального тигля *4*, подогреваемого газовой горелкой *6*, и внутреннего стального тигля *3* диаметром 64, высотой 47, толщиной стенок 1 мм, в который наливают расплавленный битум. До начала испытания малый тигель промывают бензином и просушивают над зажженной горелкой, после чего помещают в большой тигель с прокаленным песком так, чтобы уровень песка

Рис. 94. Прибор для определения температуры вспышки битума



был на 12 мм ниже края тигля, а между дном этого тигля и наружным тиглем был слой песка толщиной 5—8 мм.

Расплавленный битум с ожидаемой температурой вспышки до 210 °С наливают во внутренний тигель так, чтобы уровень его был на 12 мм ниже края тигля.

Большой тигель (вместе с малым тиглем) устанавливают в кольцо, закрепленное на штативе *1*; под него подводят газовую горелку, а сверху в испытываемый битум погружают термометр *2* так, чтобы ртутный шарик его находился примерно в геометрическом центре меньшего тигля. К поверхности битума подводят зажигательное приспособление *5*, состоящее из трубки, присоединенной к газопроводу. Наружный тигель нагревают пламенем газовой горелки с таким расчетом, чтобы повышение температуры в начале испытания было в пределах 10 °С/мин; за 40 °С до ожидаемой температуры вспышки скорость нагрева уменьшают до 4 °С/мин. За 10 °С до ожидаемой температуры вспышки поджигают зажигательное приспособление и медленно проводят им по краю тигля на расстоянии 10—14 мм от поверхности битума. Длина пламени у зажигательного приспособления должна быть около 4 мм. Появление синего пламени над по-

верхностью битума принимают за момент его вспышки, а температуру, отмеченную в этот момент, — за температуру вспышки.

При проведении испытания следует избегать движения воздуха и яркого освещения, что затрудняет наблюдение за моментом вспышки. Определение следует проводить дважды, за окончательный результат принимают среднее арифметическое двух определений.

При проведении лабораторных испытаний дорожных, строительных или кровельных битумов следует руководствоваться данными, приведенными в табл. 23.

Таблица 23. Физико-механические свойства нефтяных битумов

Марка битума	Глубина проникания иглы при 25 °С, 0,1 мм	Растяжимость при 25 °С, см, не менее	Температура	
			размягчения, °С, не ниже	вспышки, °С, не ниже
Строительные битумы				
БН-50/50	41—60	40	50	220
БН-70/30	21—40	3	70	230
БН-90/10	5—20	1	90	240
Кровельные битумы				
БНК-45/180	140—220	Не нормируется	40—50	240
БНК-90/40	35—45	То же	85—95	240
БНК-90/30	25—35	»	85—95	240
Дорожные битумы				
БНД-200/300	201—300	—	35	200
БНД-130/200	131—200	65	39	220
БНД-90/130	91—130	60	43	220
БНД-60/90	61—90	50	47	220
БНД-40/60	40—60	40	51	220

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой нефтяные битумы?
2. Как определяют вязкость битума?
3. Изложите методику определения растяжимости битума.
4. Изложите последовательность определения температуры размягчения битума.

5. Как определить температуру вспышки битума?
6. Приведите примеры марок строительных битумов и показатели их физико-механических свойств.

ГЛАВА 11. ПЛАСТИЧЕСКИЕ МАССЫ

Пластическими массами называют материалы, получаемые из синтетических или природных высокомолекулярных соединений (смол) без добавок или с добавкой к ним наполнителей, пластификаторов, красителей, стабилизаторов и др. Из пластических масс изготовляют разнообразные строительные материалы и изделия: для покрытия полов, облицовки стен и потолков помещений различного назначения, погонажные изделия, санитарно-техническое оборудование и др. Применение материалов и изделий из пластических масс позволяет повышать индустриальность строительных работ, сокращать трудовые затраты, снижать стоимость строительства, а также добиваться значительной экономии цветных и черных металлов, древесины и других дефицитных материалов.

Эффективность применения в строительстве материалов и изделий из пластических масс можно объяснить рядом их положительных физико-механических свойств— малой плотностью, высокой стойкостью к агрессивным средам, малой теплопроводностью, возможностью получения красиво окрашенных изделий. Недостатком их является низкая теплостойкость, сравнительно небольшая твердость и, кроме того, склонность к «старению» под воздействием солнечного света, воздуха и др.

Таким образом, основными физико-механическими свойствами пластических масс, по которым определяют их качество и возможность применения в различных условиях, следует считать твердость и теплостойкость. Для отдельных пластических масс и изделий из них важными свойствами являются истираемость (материалы для полов), средняя плотность и теплопроводность (теплоизоляционные материалы), прочность (конструкционные материалы) и др. Методика определения этих свойств для различных материалов характеризуется большим разнообразием, и ознакомление с ними учащихся техникума не предусмотрено учебной программой.

Для выполнения лабораторных работ по данной теме

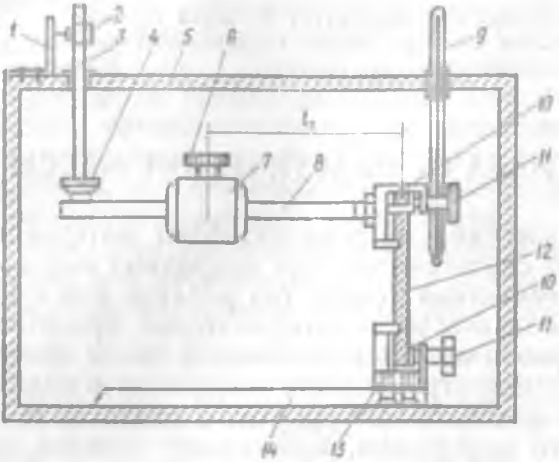


Рис. 95. Схема прибора Мартенса для определения теплостойкости пластических масс

подгруппу учащихся разделяют на бригады по три-четыре человека. Каждая бригада должна определить теплостойкость и твердость какого-либо материала. При этом подгруппа учащихся сможет испытать три-четыре вида материала и сравнить их свойства.

Определение теплостойкости пластических масс по Мартенсу

Метод определения теплостойкости пластмасс по Мартенсу основан на установлении температуры, при которой образец под действием изгибающей нагрузки 5 МПа прогибается. Для этой цели используют прибор Мартенса (рис. 95). Прибор состоит из металлической плиты *14*, на которой смонтировано зажимное устройство *13*. В зажиме закрепляют образец *12* путем передвижения планок *10* винтом *11*. Верхние зажимы соединены жестко со стержнем *8*, на котором закрепляют винтом *6* подвижный груз *7*. Положение и массу груза подбирают таким образом, чтобы в образце *12* толщиной 10 и шириной 15 мм возникло напряжение, равное 5 МПа. На расстоянии 240 мм от оси образца находится площадка *4*. На площадку опирается тонкий стержень *3*. Прибор устанавливают в термостат *5*, в крышке которого имеются два отверстия: одно — для стержня *3*, другое —

для термометра *9*. Наверху стержня *3* закреплен указатель деформации *2*, а на термостате — миллиметровая шкала *1*. Термостат должен иметь регулирующее устройство, позволяющее повышать температуру со скоростью 50 °С/ч.

Образцы для испытания должны иметь форму бруска прямоугольного сечения длиной 120, шириной 15 и толщиной 10 мм. Способ и режим изготовления образцов предусмотрены в стандартах или технических условиях на соответствующие материалы из пластических масс. Предназначенные для испытания образцы должны быть ровными, гладкими, без вздутий, раковин, пор, заусенцев, трещин и околов. Число образцов для испытания должно быть не менее трех.

Теплостойкость материала определяют следующим образом. Испытываемый образец закрепляют в нижнем зажиме *10*, а на свободный конец образца надевают верхний зажим *10* со стержнем *8* и грузом *7*. При этом следят за тем, чтобы образец был установлен строго вертикально, а стержни — горизонтально. Затем размещают груз на расстоянии l_1 от оси образца так, чтобы изгибающий момент M вызвал в образце напряжение 5 МПа. Изгибающий момент определяют по формуле

$$M = [6\,(pl + p_1 l_1 + p_2 l_2)]/(bh^2),$$

где p, p_1, p_2 — вес стержня без груза, груза с винтом и указателя деформации, Н; l, l_1, l_2 — расстояние от оси образца до центра тяжести стержня (без верхнего зажима), от оси образца до центра тяжести груза и от оси до точки опора указателя, мм; b — ширина образца, мм; h — толщина образца, мм.

Прибор устанавливают в термостат и выдерживают в нем 5 мин при температуре 25 °С. Стрелку указателя прогиба устанавливают на нуль. Затем включают ток, температура при этом должна повышаться равномерно со скоростью 50 °С/ч. Шарик термометра, которым измеряют температуру в термостате, должен находиться на уровне центра образца на расстоянии не более 25 мм от него.

При соответствующей температуре пластмассовый образец деформируется под нагрузкой, вызывая опускание стержня 8 с указателем деформации. Как только указатель опустится по шкале на 6 мм, отмечают температуру, которая определяет теплостойкость материала по Мартенсу. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение теплостойкости трех образцов.

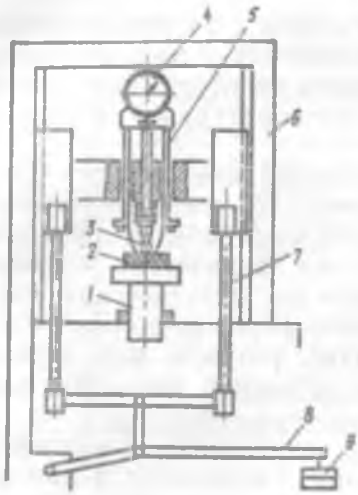


Рис. 96. Схема прибора для определения твердости пластических масс

Результаты испытаний заносят в журнал для лабора-торных работ, там же делают запись о внешнем виде образцов после испытания (сломался, расслоился, вспучился и т. п.).

Определение твердости пластических масс по Бринеллю

Метод определения твердости по Бринеллю основан на вдавливании с определенной силой стального шарика в испытываемый материал и вычислении числа твердости по замеру глубины вдавливания.

Для определения твердости пластических масс применяют любой прибор с плавным возрастанием нагрузки до 2,5 кН (схема одного из таких приборов показана на рис. 96). Прибор состоит из станины *6*, на которой свободно двигается рама *7*. На станине имеется опора *1*, на которую помещают испытываемый образец *2*. На раме закреплен индикаторный прибор *5* с циферблатом *4*, указывающим глубину погружения шарика, и устройство для закрепления шарика *3*. Рама шарнирно соединена с рычагом *8*, на конец которого кладут груз *9*. Рычаг должен быть снабжен устройством, дающим плавное увеличение нагрузки.

Твердость пластических масс на этом приборе определяют следующим образом. Из подлежащего испыта-

нию материала изготовляют образцы в форме пластин или брусков толщиной не менее 5 и шириной 15 мм. Испытание проводят в лаборатории при 20±2 °С. Перед испытанием образцы следует выдерживать при этой температуре не менее 16 ч. Образец помещают на опору *1* таким образом, чтобы шарик находился в центре ширины бруска. Затем шарик прижимают пружиной к испытываемому материалу и на конец рычага помещают груз, сообщающий усилие на шарик 500 Н для пластмасс с твердостью до 200 МПа или 2,5 кН для пластмасс с твердостью выше 200 МПа. Стрелку на циферблате индикаторной головки устанавливают на нулевое деление. Нагрузку следует прикладывать плавно, без толчков, увеличивая ее от нуля до выбранного значения в течение 30 с. Максимальную нагрузку выдерживают в течение 1 мин, после чего плавно снимают. Глубину отпечатка при выбранной нагрузке фиксируют с точностью до 0,01 мм через 1 мин после начала приложения нагрузки и через 1 мин после снятия нагрузки.

После проведения испытания с рычага снимают груз и переводят рычаг в первоначальное положение, затем повторно определяют твердость, переставляя образец на опоре так, чтобы центр второго отпечатка находился на расстоянии не менее 7,5 мм от центра первого.

Испытанию подвергают пять образцов, и на каждом образце проводят по два определения. Число твердости по Бринеллю *HB*, МПа, определяют по формуле

$$HB = p/(\pi dh),$$

где p — нагрузка, прилагаемая к шарику, Н; d — диаметр шарика, мм; h — глубина отпечатка шарика, мм.

Окончательным результатом является среднее арифметическое определение твердости пяти образцов.

Отношение упругой деформации к остаточной, Н, вычисляется по формуле, %

$$H = [(h - h_0)/h_0]\,100,$$

где h — глубина отпечатка шарика при нагрузке, мм; h_0 — глубина отпечатка шарика при снятии нагрузки, мм.

Результаты испытания заносят в журнал для лабораторных работ.

Рис. 97. Маятниковый копер

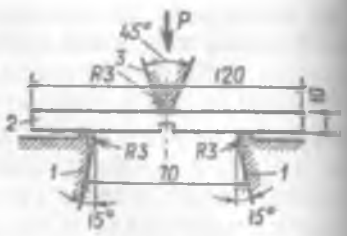


Рис. 98. Положение образца при ударе

Определение прочности пластических масс на ударный изгиб

Предел прочности на ударный изгиб, или, как часто называют, ударная вязкость пластических масс, представляет собой работу, необходимую для разрушения стандартного образца, лежащего на двух опорах, ударной нагрузкой, отнесенной к единице площади поперечного сечения образца. Эта величина характеризует хрупкость материала.

Определение прочности на ударный изгиб выполняют на маятниковом копре (рис. 97), представляющем собой чугунную станину *14*, на которой жестко закреплены две литые стойки *11*. Маятник, состоящий из двух решетчатых ферм *7* и медведки *5*, закреплен на оси *8*, которая легко поворачивается на подшипниках *9*. Для закрепления маятника в поднятом положении служит зажим *6*, который захватывает маятник за укрепленный между фермами валик *4*. Для поворота зажима на его ось жестко насажена ручка *3*. На оси маятника имеется поводок *2*, который при проскоке маятника за положение

равновесия увлекает за собой стрелку *10*. Последняя крепится к втулке подвижно, чтобы удержать стрелку на шкале, когда маятник при проскоке займет наивысшее положение. Отсчет угла проскока производится по шкале *1*, имеющей 160 делений, каждое из которых соответствует 1°. К нижней части стоек *11* привинчены две опоры *12*, на которые укладывают испытываемый образец *13*.

Копры изготовляют со сменными маятниками с различным запасом энергии и со сменными опорами, позволяющими испытывать образцы разной площади сечения.

Боек маятникового рычага (рис. 98) скошен под углом 45° и оканчивается закруглением радиусом $R=3$ мм. Опоры *1*, на которых лежит испытываемый образец *2*, имеют скосы под углом 15°, кромки опор должны быть с закруглением радиусом $R=3$ мм.

Для испытания на изгиб изготовляют образцы в форме брусков прямоугольного сечения размерами, мм: длиной 120 ± 2, шириной $15\pm0{,}5$, толщиной $10\pm0{,}5$ и длиной 55 ± 1, шириной 6 ± 2 и толщиной $4\pm0{,}2$.

При изготовлении образцов из листовых материалов толщина образца должна находиться в пределах 5—10 мм для образцов первого вида и 1—5 мм — для образцов второго вида. Образцы ячеистых пластмасс изготовляют толщиной $10\pm0{,}5$ мм без надреза. Они должны иметь гладкую поверхность без трещин и других видимых дефектов.

Для испытания от одной партии материала берут не менее трех образцов. Перед испытанием замеряют толщину и ширину образцов в средней части с точностью до 0,1 мм. Для образцов с надрезами толщину замеряют непосредственно в местах надрезов. Испытание проводят при температуре помещения 20 ± 2 °С. При данной температуре образцы должны находиться до испытания не менее 16 ч. Перед проведением испытания маятник проверяют на свободное падение. Затем его поднимают до верхнего исходного положения (на 160°), закрепляют зажимом и устанавливают стрелку шкалы в начальном положении. Образец укладывают на опоры, чтобы удар пришелся по его широкой стороне. При этом образец должен плотно прилегать к стенкам опор. Образцы с надрезами размещают на опорах, чтобы удар приходился по противоположной надрезу стороне, а плоскость удара совпадал с плоскостью надреза, как указано на рис. 98.

Затем поворотом ручки *3* освобождают маятник, давая ему свободно падать. Маятник, вращаясь на оси *8*, падает вниз, ломает помещенный на его пути образец и поднимается на некоторую высоту по другую сторону станины, при этом поводок *2* захватывает стрелку *10*, которая фиксирует на шкале *1* угол проскока маятникового рычага. После разрушения образца маятник останавливают и по отсчетам шкалы определяют работу, затраченную на его разрушение, с точностью, равной половине цены деления соответствующей шкалы копра.

По шкале копра ведут отсчет с точностью до 1° и значение затраченной работы, Дж, вычисляют по формуле

$$\Delta A = ml\left[(\cos\beta - \cos\alpha) - (\cos\gamma - \cos\alpha)\frac{\alpha+\beta}{\alpha+\gamma}\right],$$

где m — масса маятника, кг; l — длина маятника (расстояние от оси подвеса до центра тяжести), см; α — угол зарядки маятника, град; β — угол взлета маятника после разрушения образца, град; γ — то же, при холостом ходе, град.

Удар по образцу наносят только один раз. Образец, не разрушившийся при испытании, должен быть заменен другим для испытания на копре с бо́льшей энергией удара при той же скорости.

Ударная вязкость образцов без надреза, Дж/см²

$$a_н = \Delta A/(bh),$$

где ΔA — работа, затраченная на разрушение образца без надреза, Дж; b, h — ширина и толщина образца в середине, см.

Ударная вязкость образцов с надрезом

$$a_к = \Delta A\,(lh_к),$$

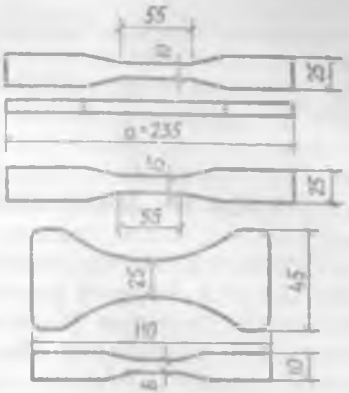
где ΔA — работа, затраченная на разрушение образца с надрезом, Дж; l, $h_к$ — ширина и толщина образца в середине надреза, см.

Коэффициент ослабления показателя ударной вязкости

$$K_z = a_к/a_н.$$

Полученные значения ударной вязкости округляют. При максимальной энергии удара до 5 Дж значения $a_н$ и $a_к$ округляют до 1 Дж/см², при энергии более 5 Дж — до 5 Дж/см². За окончательный результат испытаний принимают среднее арифметическое всех определений.

Рис. 99. Образцы для испытания пластических масс на растяжение



Определение предела прочности пластических масс при растяжении

Испытание пластических масс на расстяжение по методу, предусмотренному ГОСТ 11262—80, базируется на определении значения разрушающей силы при растяжении образца постепенно увеличивающейся нагрузкой (рис. 99). Закрепив образец зажимами разрывной машины, включают электродвигатель и постепенно увеличивают нагрузку. Скорость движения зажимов должна быть при холостом ходе 10—15 мм/мин для твердых пластмасс и 100—500 мм/мин — для эластичных. Испытания проводят до полного разрушения образца и отмечают разрушающую нагрузку.

Предел прочности при растяжении, МПа

$$R_p = p/(bh),$$

где p — разрушающая нагрузка, Н; b, h — ширина и толщина образца до испытания, мм.

При испытании пластических масс, растяжение которых сопровождается пластической деформацией (образование шейки), за величину для расчета предела прочности при растяжении принимают максимальную нагрузку. Вычисление производят с точностью до 0,1 МПа. Результатом испытаний считают среднее арифметическое трех определений.

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой пластические массы?
2. Изложите методику определения теплостойкости пластических масс.

3. Как определяют твердость пластических масс?

4. Кратко изложите методику определения прочности пластических масс на ударный изгиб.

5. Как определяют предел прочности пластических масс на растяжение?

ГЛАВА 12. ЛАКОКРАСОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Лакокрасочными материалами называют составы, наносимые в жидком состоянии тонким слоем на поверхность строительных изделий, и конструкций и образующие после высыхания твердые покровные пленки. Эти пленки должны прочно сцепляться с окрашиваемой поверхностью, защищать основной материал конструкций от воздействия агрессивных сред, придавать окрашиваемым поверхностям декоративный внешний вид, а также улучшать санитарно-гигиенические условия в помещениях. Основными компонентами лакокрасочных материалов являются пигменты, наполнители и связующие вещества.

Пигменты

Пигменты — это тонкодисперсные красящие вещества, обладающие определенным цветом. Они нерастворимы в воде, органических растворителях и связующих материалах, но способны хорошо смешиваться с ними, образуя при этом красочные составы. По происхождению пигменты бывают минеральные и органические. При оценке качества пигментов определяют их дисперсность, укрывистость и маслоемкость.

Определение дисперсности

Дисперсность или степень измельчения пигмента может быть определена способом сухого или мокрого просеивания. Предпочтение отдают способу мокрого просеивания. Сухое просеивание применяют только в случае невозможности подбора смачивающей жидкости или при наличии соответствующего указания в ГОСТе. Для просеивания пигментов используют набор сит с сетками № 02, 015, 01, 008, 0075, 0071, 0063 и 006.

Мокрое просеивание производят следующим образом. Навеску пигмента, высушенного до постоянной массы 10 г, помещают в фарфоровую чашку и перемешивают с 250 мл воды. Образующиеся при этом комочки расти-

рают на дне чашки легким нажатием пальца и осторожно сливают образовавшуюся суспензию на сито, смоченное водой (номер сита указывается в стандартах на пигменты). Убедившись в отсутствии комочков, на сито переносят из чашки весь остаток; затем сито ставят на чашку, наполненную 250 мл воды, и проводят по нему мягкой кисточкой. При этом слипшиеся частицы распадаются. Воду несколько раз меняют, пока в чашке совершенно не будет заметно следов пигмента. Остаток на сите смачивают сначала спиртом, а затем эфиром, выдерживают на воздухе в течение 30 мин и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре 105—110 °С. После этого остаток на сите снимают мягкой кисточкой на часовое стекло и взвешивают.

Остаток на сите, %,

$$O = m_1 100/m,$$

где m_1, m — масса пигмента до и после просеивания, г.

Расхождение в результатах двух определений допускают не более 5 %, считая максимальный отсев в граммах за 100 %. Если пигмент растворим в воде, то используют другую жидкость, в которой он не растворился бы и не разрушился.

Сухое просеивание производят следующим образом. Навеску пигмента, высушенного до постоянной массы, в количестве 10 г (сажи — 2 г) высыпают на сито, номер которого указан в ГОСТе на соответствующий пигмент. Затем производят просев пигмента сквозь данное сито ручным или механическим способом. Просеивание считается законченным, когда на глянцевой или мелованной бумаге, отличающейся по цвету от пигмента, после просеивания в течение 30 с не будет обнаружено следов испытываемого пигмента. Остаток пигмента на сите собирают и переносят на часовое стекло, а затем взвешивают с точностью до 0,001 г. Остаток на сите, %, определяют по приведенной выше формуле.

Определение дисперсности пигмента сухим способом производят два раза. Расхождение между двумя результатами не должно превышать 5 %, считая максимальный отсев за 100 %.

Определение укрывистости

Укрывистостью или кроющей способностью называют способность красочного состава закрывать цвет окраши-

Рис. 100. Пластинка для определения укрывистости пигментов и красочных составов

ваемой поверхности непросвечивающим слоем. Укрывистость измеряется расходом пигмента в граммах на 1 м² окрашиваемой поверхности.

Укрывистость определяют следующим образом. На стеклянную пластинку размером 100×300 мм и толщиной 2—2,5 мм наносят на равном расстоянии друг от друга по всей длине пластинки три цветные полосы: по краям черные и посередине белую; ширина каждой полосы 15 мм.

Полосы наносят масляными красками: черную — газовой сажей, белую — цинковыми белилами (рис. 100). После высыхания краски пластинку взвешивают на технических весах с точностью до 0,01 г. Затем приготовляют краску на испытываемом пигменте, для чего отвешивают 5 г пигмента, добавляют к нему натуральной олифы и растиранием доводят до малярной консистенции.

Приготовленную краску на испытываемом пигменте тонким слоем с помощью щетинной филенчатой кисти наносят на одну сторону стеклянной пластинки, обратную той, на которую нанесены цветные полосы. Окрашивают площадь размером 100×250 мм, оставляя полосу 50×100 мм, чтобы во время окрашивания было удобно держать пластинку в руках. Краску наносят сначала вдоль, а затем поперек пластинки до тех пор, пока у пластинки, положенной на лист белой бумаги, перестанут быть заметными в отраженном свете цветные полосы. Перед проверкой нанесенную краску разравнивают флейцем. Пластинку с нанесенной краской взвешивают и, вычтя массу пластинки с тремя нанесенными полосами, определяют количество нанесенной краски.

Расчет укрывистости $У$, г/м², производят по формулам:

считая на краску малярной консистенции

$$У = a \cdot 10\,000/S;$$

считая на сухой пигмент

$$У = a\,(100 - b)\,100/S,$$

где a — количество нанесенной краски малярной консистенции, г; b — содержание олифы в краске малярной консистенции, %; S — окрашенная площадь пластинки, см².

Определение укрывистости производят дважды. Расхождение в результатах испытаний допускается не более 5 % для красок с укрывистостью до 100 г/м² и не более 7 % для красок с укрывистостью до 300 г/м², считая максимальную укрывистость за 100 %.

Определение маслоемкости

Маслоемкость характеризуется количеством сырого льняного масла для превращения 100 г пигмента в красочную пасту. Маслоемкость является важным техническим свойством пигмента и в основном зависит от степени его измельчения. Чем меньше масла требует пигмент для получения красочной пасты, тем экономичнее и долговечнее слой покраски.

Маслоемкость определяют следующим образом. На технических весах с точностью до 0,01 г отвешивают 5 г сухого пигмента, который затем высыпают в стеклянный или фарфоровый стакан с верхним диаметром 100 мм. Затем из бюретки на 2 мл с делениями до 0,01 мл приливают отбельное льняное масло в последовательно уменьшающемся количестве: сначала 0,3 мл, затем две-три капли, потом по одной капле. При этом пигмент перемешивают стеклянной палочкой. Момент, когда весь пигмент в стакане будет смочен маслом и образуется комок, означает, что наступило насыщение пигмента, и отражает маслоемкость последнего. Количество израсходованного масла в миллилитрах определяют по разности уровней в бюретке до начала опыта и после его окончания. Маслоемкость пигмента, %,

$$M = Vp \cdot 100/m,$$

где V — количество израсходованного масла, мл; p — плотность масла, г/см³; m — масса сухого пигмента, г.

Определение маслоемкости производят дважды. Допускается расхождение в результатах испытаний не более 4 %, считая максимальную маслоемкость за 100 %.

Связующие вещества

Связующими называют жидкости, которые в смеси с пигментами после высыхания на окрашенной поверхности образуют тонкую пленку декоративного или анти-

коррозионного покрытия. Связующие для приготовления красочных составов условно делят на следующие основные группы: для масляных составов, для водных составов и эмульсионные. При оценке качества связующих веществ определяют цвет, вязкость и скорость высыхания. Основные свойства красочных составов (удобоносимость, прочность, укрывистость и стойкость) в значительной мере зависят от вида связующего и относительного содержания его в составе.

Определение цвета

Цвет связующих (олифы, лака и др.) определяют по иодометрической шкале, состоящей из растворов с различным содержанием иода в 10 %-ном растворе иодистого калия. Вследствие разного содержания иода эти растворы имеют окраску различной интенсивности. Наиболее концентрированным является раствор, содержащий 4000 мг иода в 100 мл 10 %-ного раствора иодистого калия. Каждый следующий раствор шкалы содержит иода вдвое меньше, чем предыдущий: 4000, 3076, 2366, 1820, 1400, 1076, 827, 636, 489, 376, 289, 200, 170, 130, 76, 58, 45, 35, 27, 21, 16, 12, 9, 7, 2, 0,5; 0,25; 0.

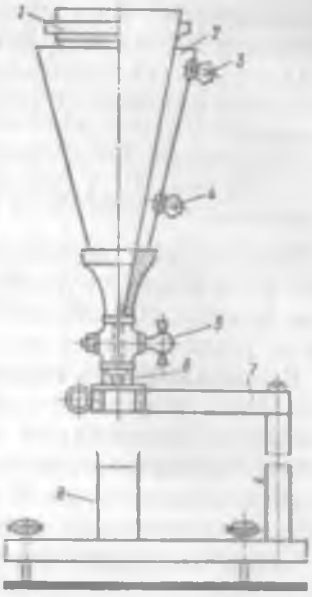
Растворы хранят в ампулах из бесцветного стекла с внутренним диаметром 7,5, наружным 9,5 и высотой 80 мм.

Шкала помещается в плотном ящике с выдвижными штативами (постоянное пребывание амплитуд в темноте предохраняет растворы от быстрого обесцвечивания). В штативах позади ампул есть матовое стекло для рассматривания сравниваемых материалов в проходящем рассеянном свете. Испытываемый материал наливают в пробирку такого же размера и из такого же стекла, что и запасные пробирки, и сравнивают его цвет с цветом различных растворов шкалы. Так, если цвет испытываемого материала темнее цвета раствора, содержащего, например, 827 мг иода, и светлее раствора, содержащего 1076 мг иода, то цвет материала выражают двумя цифрами: «827—1076» или «не темнее 1076».

Определение вязкости связующего

Вязкость связующего вещества является важным показателем, так как определяет способ нанесения приго-

Рис. 101. Воронка НИЛКа



товленного на нем лакокрасочного материала на окрашиваемую поверхность.

Для определения вязкости пользуются специальным прибором (вискозиметром) — воронкой НИЛКа (рис. 101). Метод заключается в определении времени, необходимого для истечения 100 мл жидкости через отверстие определенного диаметра. Прибор для определения вязкости состоит из металлической воронки *1*, закрепленной на штативе *7*. Верхний внутренний диаметр воронки 64 мм; высота ее 142 мм; нижний диаметр выходного отверстия 7 мм. Воронка *1* вставлена в конус *2*, несколько больший по размерам и являющийся водяной рубашкой, по которой во время испытания циркулирует вода с температурой 20—25 °С.

Воду впускают через штуцер *4*, а выпускают через штуцер *3*. Под выходное отверстие воронки *6* помещают мерную колбу или цилиндр *8* вместимостью 100 мл. Воронки до краев наполняют испытываемой жидкостью и пропускают через водяную рубашку нагретую воду; когда в жидкости установится температура 20 °С, открывают кран *5* и одновременно пускают секундомер. После того как вытечет точно 100 мл жидкости, секундомер

останавливают и определяют время, с, необходимое для истечения 100 мл жидкости.

Определение повторяют три раза и за окончательный результат принимают среднее арифметическое трех определений.

Определение скорости высыхания

Высыханием называется процесс превращения тонкого слоя жидкого лакокрасочного состава в затвердевшую пленку. Различают две стадии высыхания: высыхание от пыли и полное высыхание.

Высыханием от пыли считают момент образования тончайшей поверхностной пленки, на которой не задерживаются пылевидные частицы. Полным высыханием считают такое состояние пленки, когда она обладает достаточной механической прочностью и способна противостоять механическим воздействиям.

Скорость высыхания определяют в специальном шкафу, имеющем стеклянные стенки и полки. Размеры шкафа: площадь 1000×600 мм, высота 1000 мм. В верхней и нижней обвязках шкафа просверливают отверстия диаметром 15 мм на расстоянии 50 мм один от другого. Для предохранения от проникания пыли в шкаф отверстия затягивают марлей. Внизу в четырех углах для поглощения влаги устанавливают стеклянные стаканчики с хлористым кальцием, который меняют не реже одного раза в неделю. Для поддержания в шкафу постоянной температуры в пределах 20±2 °С его оборудуют электронагревателем с терморегулятором.

На поверхность стеклянной пластинки размером 60×90 мм и толщиной 2—2,5 мм пипеткой наносят 3—4 капли исследуемого материала и распределяют его ровным слоем с помощью кисти. Для удаления избытка материала с поверхности пластинки ее ставят на 0,5 ч под углом 45°. Затем эту пластинку помещают горизонтально в сушильный шкаф с температурой около 20 °С и относительной влажностью воздуха 60—70 %.

По истечении 3—4 ч после нанесения материала пластинку вынимают из шкафа и дышат на пленку, держа ее на расстоянии 10 см от рта. Появление матового пятна указывает на наступление момента высыхания от пыли, а промежуток времени от начала высыхания до появления матового пятна характеризует скорость высыха-

ния от пыли. Затем пластинку снова помещают в шкаф и выдерживают 2—4 ч.

Для определения момента полного высыхания на пластинку с нанесенным покрытием накладывают ватный тампон, прижимая его деревянной пластинкой площадью 1 см² с грузом массой 200 г. Через 30 с грузпластинку и тампон снимают и проверяют наличие на поверхности волокон ваты или следов от них. Отсутствие прилипших волокон или следов от них характеризует момент полного высыхания покрытия.

Красочные составы

При испытании красочных составов определяют их вязкость, а также твердость пленки и прочность ее при ударе и изгибе.

Определение вязкости красочных составов

Вязкость красочного состава характеризует удобоноснмость его на окрашиваемую поверхность. При малой вязкости происходит стекание красочного состава с вертикальной или наклонной поверхности, а большая препятствует нанесению на окрашиваемую поверхность тонкого слоя.

Вязкость красочных составов определяют с помощью вискозиметра ВЗ-4 (рис. 102), который представляет собой цилиндрический резервуар *3*, переходящий в полый конус с соплом *2*. Объем вискозиметра — 100 мл, высота сопла — 4 мм, диаметр отверстия сопла — 4 мм. Вискозиметр закрепляют в штативе.

Условной вязкостью красочных составов называют время, с, истечения 100 мл через калиброванное сопло вискозиметра при определенной температуре (обычно 20 °С). Испытываемый материал необходимо профильтровать через сетку № 028, тщательно перемешать и оставить в покое на 5—10 мин, чтобы вышли пузырьки воздуха. Резервуар вискозиметра необходимо промыть растворителем, обратив особое внимание на чистоту отверстия сопла, и, если нужно, еще раз промыть растворителем; закрепить вискозиметр в штативе *4* и с помощью винтов установить его в требуемом положении.

При проведении испытания под вискозиметр подставляют сосуд *1* объемом не менее 110 мм для стока испы-

Рис. 102. Вискозиметр ВЗ-4

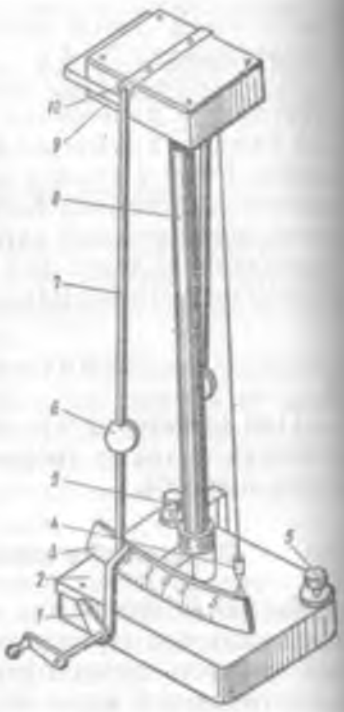


Рис. 103. Прибор М-3 для определения твердости пленки

тываемого материала. Затем зажимают снизу пальцем отверстие сопла и заполняют резервуар вискозиметра красочным составом, имеющим температуру 20 °С, быстро отнимают палец от отверстия и одновременно пускают секундомер. Секундомер останавливают при появлении прерывистой струи. Время истечения 100 мл испытываемого материала из вискозиметра ВЗ-4 и будет его условной вязкостью. Опыт повторяют три раза. Значение вязкости вычисляют как среднее арифметическое трех определений.

Определение твердости пленки

Твердость пленки является одним из основных свойств, определяющих качество лакокрасочного покрытия. Ее определяют на маятниковом приборе М-3 (рис. 103), состоящем из основания *2*, штатива *8*, верхней плиты *9*,

маятника *7* и пускового приспособления *1*. Маятник имеет вверху на плите две точки опоры в виде стальных шариков. Для регулировки времени затухания колебаний маятника на нем укреплены передвижные грузики *6*. Установка маятника в нулевое положение производится посредством рамки *10*. Масса маятника с остальными деталями в собранном виде 120±1 г, длина его 500± ±1 мм. Прибор снабжен шкалой *3* для отсчета, а также установочными винтами *5* и отвесом *4* для придания ему строго горизонтального положения. Во избежание влияния движения воздуха весь прибор помещают в застекленный футляр.

Проверку маятникового прибора производят не реже одного раза в сутки «по стеклянному числу», т. е. по времени затухания колебаний маятника от 5 до 2°, точки опоры которого лежат на стекле. При этом «стеклянное число» должно равняться 440±6 с; если же оно выходит из указанных пределов, то перемещением грузиков *6* вдоль маятника доводят его до нормы. Перед испытанием шарики протирают сначала ватой, смоченной в эфире или бензине, а затем сухой марлей.

Определение твердости пленки состоит в следующем. На стеклянную пластинку наносят лакокрасочный материал способом, указанным выше, причем количество наносимых слоев, толщина их, срок высушивания и выдержки покрытия до испытания установлены соответствующим ГОСТом на данный лакокрасочный материал. После высыхания покрытия окрашенную стеклянную пластинку кладут на плиту прибора пленкой вверх под стальные шарики. Последние устанавливают на поверхности пленки так, чтобы маятник находился вблизи нуля шкалы. Затем поднимают рамку, прижимают к ней соединительную пленку и устанавливают маятник на нуль. Придерживая соединительную планку, маятник с помощью пускового приспособления осторожно отводят влево до деления шкалы 5°, при этом следят, чтобы шарики не сдвинулись с места, после чего осторожно опускают рамку, освобождают маятник и дают ему свободно качаться; одновременно пускают секундомер. Когда амплитуда колебаний маятника достигнет 2°, секундомер останавливают и отмечают прошедший промежуток времени. Твердость пленки

$$T = t/t_1,$$

где t — время затухания колебаний от 5° до 2° маятника; точки опо-

ры которого лежат на испытываемой пленке, с; t_1 — время затухания колебаний маятника от 5° до 2°, точки опоры которого лежат на стекле, с.

Определение твердости пленки производят дважды, причем каждый раз на новом месте. За окончательный результат принимают среднее арифметическое двух определений, если разница между ними не превышает 3 %.

Определение прочности пленки при ударе

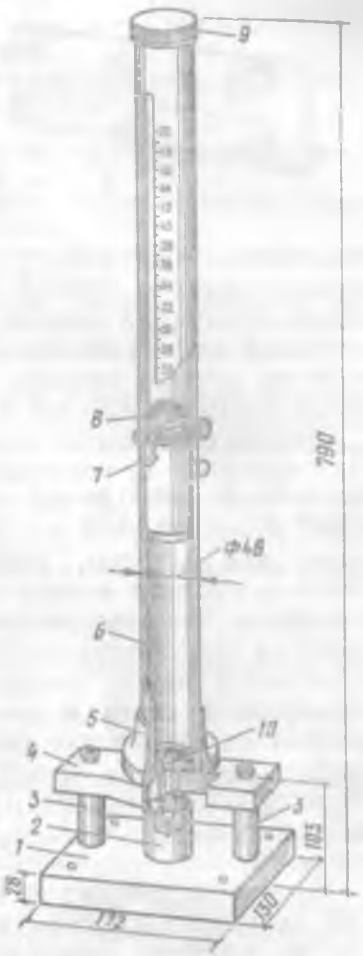
Метод определения прочности пленки лакокрасочного материала при ударе основан на установлении максимальной высоты, при падении с которой груз весом 10 Н не вызывает разрушения пленки.

Прочность пленки при ударе определяют на приборе У-1А (рис. 104). Прибор состоит из станины *1*, наковальни *2*, двух стоек *3*, скрепленных траверсой *4*, бойка с шариком *10*, конуса *5*, направляющей трубы *6* со свободно падающим грузом и приспособлением для удержания и сбрасывания груза *8*, указательной стрелки *7*; в верхней части трубы имеется колпак *9*.

На поверхности направляющей трубы имеется шкала длиной 50 см с делением через 1 см, а внутри трубы свободно перемещается груз весом 10 Н. Этот груз может быть закреплен на любой высоте с помощью специального приспособления. В траверсе под центром наковальни имеется отверстие, в котором свободно перемещается боек с наконечником в виде шарика диаметром 8 мм.

Подвергаемый испытанию лакокрасочный материал наносят вышеприведенным способом на металлическую пластинку размером 90×20×0,8 мм. После высыхания пленки пластинку помещают на наковальню пленкой вверх. Закрепляющие винты удерживающего приспособления устанавливают на заданную высоту. Затем нажимом спусковой кнопки освобождают груз, который передает ударное усилие через боек на пластинку с нанесенной на ней лакокрасочной пленкой. После удара пластинку вынимают и тщательно осматривают место удара через лупу с четырехкратным увеличением. Если после удара на пластинке не обнаружится разрушений (трещин, смятин и отслоения) пленки, то высоту падения груза увеличивают на 2—10 см. Испытание ведут до разрушения пленки или до тех пор, пока высота падения груза не достигнет 50 см.

Рис. 104. Прибор У-1А для определения сопротивления пленки удару



Прочность пленки при ударе выражают максимальной высотой, с которой падает груз весом 10 Н, не вызывая разрушений пленки, или работой удара. Определяют прочность дважды, принимая в качестве окончательного результата среднее арифметическое результатов двух испытаний при условии, что расхождение между ними не превышает ±10 мм.

Определение прочности пленки на изгиб

Прочность пленки на изгиб характеризует ее эластичность и способность изгибаться без разрушения. Это свой-

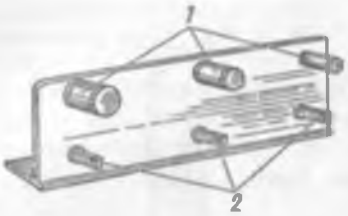


Рис. 105. Шкала гибкости лакокрасочных покрытий (ШГ)

ство пленки красочного состава определяют с помощью шкалы гибкости. Прибор ШГ (рис. 105) представляет собой станину, на которой закреплены шесть больших стержней длиной 35 мм. Диаметр стержней *1* — 20, 15 и 10 мм, сечение плоских закругленных стержней *2* — 5×10, 3×10 и 1×10 мм. Станину крепят к краю стола.

Данное определение выполняют следующим образом. На очищенные от окалины и ржавчины пластинки из жести толщиной 0,2—0,3 мм и размером 20×100 мм наносят испытываемый материал по способу, указанному выше, или методом, предусмотренным в стандартах. После высыхания пленки пластинку плотно прижимают к стержню, плавно изгибают в течение 2—3 с пленкой вверх на 180° вокруг стержня диаметром 20 мм. Если после изгибания на пленке при рассматривании в лупу незаметны трещины и пленка не отслаивается, то производят изгибание пластинки в другом месте вокруг стержня диаметром 15 мм, затем в новом месте вокруг стержня диаметром 10 мм и так далее до тех пор, пока на пленке не будут обнаружены указанные выше изменения.

Прочность пленки при изгибе выражается минимальным диаметром стержня, на котором лакокрасочное покрытие осталось неповрежденным. Например, «гибкость» 10 означает, что красочная пленка не разрушилась при изгибании на стержнях диаметром 15 и 10 мм, но при изгибании на стержне диаметром 5 мм пленка уже разрушается (образуются трещины).

Контрольные вопросы

1. Что представляют собой красочные составы?
2. Изложите методику определения укрывистости красочного состава?
3. С помощью какого прибора определяют вязкость красочного состава?
4. Каким образом определяют прочность пленки при ударе?
5. Изложите методику определения прочности пленки на изгиб

Стандарты по испытаниям основных строительных материалов и изделий

ГОСТ 125—79	Вяжущие гипсовые. Технические условия
ГОСТ 310.1—76	Цементы. Методы испытаний. Общие положения
ГОСТ 310.2—76	Цементы. Методы определения тонкости помола
ГОСТ 310.3—76	Цементы. Методы определения нормальной густоты сроков схватывания и равномерности изменения объема
ГОСТ 310.4—81	Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии
ГОСТ 379—79	Кирпич и камни силикатные. Технические условия
ГОСТ 380—71 (с изм.)	Сталь углеродистая обыкновенного качества. Марки и общие технические требования
ГОСТ 530—80	Кирпич и камни керамические. Технические условия
ГОСТ 965—78	Портландцемент белый. Технические условия
ГОСТ 1497—84 (с изм.)	Металлы. Метод испытания на растяжение
ГОСТ 2140—81 (с изм.)	Пороки древесины. Классификация, термины и определения, способы измерения
ГОСТ 3808.1—80	Пиломатериалы хвойных пород. Атмосферная сушка и хранение
ГОСТ 4765—73 (с изм.)	Материалы лакокрасочные. Метод определения прочности пленки при ударе
ГОСТ 5233—67	Лаки и краски. Метод определения твердости покрытия на маятниковом копре
ГОСТ 5781—82 (с изм.)	Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций
ГОСТ 5802—86	Растворы строительные. Методы испытаний
ГОСТ 6427—75	Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения плотности
ГОСТ 6564—84	Пиломатериалы и заготовки. Правила приемки, методы контроля, маркировки и транспортирования
ГОСТ 6589—74 (с изм.)	Материалы лакокрасочные. Метод определения степени перетира
ГОСТ 6591—73 (с изм.)	Краски печатные. Метод определения времени высыхания или пленкообразования
ГОСТ 6617—76 (с изм.)	Битумы нефтяные строительные. Технические условия

ГОСТ 6806—73 (с изм.)	Материалы лакокрасочные. Методы определения эластичности пленки при изгибе
ГОСТ 7025—78	Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения водопоглощения и морозостойкости
ГОСТ 7076—78	Материалы строительные. Методы определения теплопроводности
ГОСТ 8267—82	Щебень природный для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 8268—82	Гравий для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 8269—76	Щебень из естественного камня, гравия и щебень из гравия для строительных работ. Методы испытания
ГОСТ 8420—74 (с изм.)	Материалы лакокрасочные. Методы определения условной вязкости
ГОСТ 8462—85	Материалы стеновые и облицовочные. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе
ГОСТ 8735—75	Песок для строительных работ. Методы испытаний
ГОСТ 8736—85 (с изм.)	Песок для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 8784—75 (с изм.)	Материалы лакокрасочные. Методы определения укрывистости
ГОСТ 8829—85	Конструкции и изделия железобетонные сборные. Методы испытаний и оценки прочности, жесткости и трещиностойкости
ГОСТ 9012—59 (с изм.)	Металлы. Методы испытаний. Измерение твердости по Бринеллю
ГОСТ 9013—59 (с изм.)	Металлы. Методы испытаний. Измерение твердости по Роквеллу
ГОСТ 9454—78 (с изм.)	Металлы. Метод испытаний на ударный изгиб при пониженной, комнатной и повышенной температурах
ГОСТ 9529—80	Пигменты неорганические. Методы определения разбеливающей способности белых пигментов
ГОСТ 9548—74 (с изм.)	Битумы нефтяные кровельные. Технические условия
ГОСТ 9757—83	Заполнители пористые неорганические для легких бетонов. Классификация и общие технические требования
ГОСТ 9758—77	Заполнители пористые неорганические для бетона. Методы испытаний
ГОСТ 9759—83	Гравий и песок керамзитовые. Технические условия
ГОСТ 9980—80	Материалы лакокрасочные. Правила приемки. Отбор проб. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение

ГОСТ 10060—76	Бетоны. Методы определения морозостойкости
ГОСТ 10178—85 (с изм.)	Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия
ГОСТ 10180—78	Бетон тяжелый. Методы определения прочности при сжатии и растяжении
ГОСТ 10181.0—81	Смеси бетонные. Общие требования к методам испытания
ГОСТ 10181.1—81	Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости
ГОСТ 10181.2—81	Смеси бетонные. Методы определения плотности
ГОСТ 10181.3—81	Смеси бетонные. Методы определения пористости
ГОСТ 10181.4—81	Смеси бетонные. Методы определения расслаиваемости
ГОСТ 10260—82	Щебень из гравия для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 11501—78 (с изм.)	Битумы нефтяные. Метод определения глубины проникания иглы
ГОСТ 11503—74 (с изм.)	Битумы нефтяные. Метод определения условной вязкости
ГОСТ 11505—75 (с изм.)	Битумы нефтяные. Метод определения растяжимости
ГОСТ 11506—73 (с изм.)	Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару
ГОСТ 11507—78 (с изм.)	Битумы нефтяные. Метод определения температуры хрупкости
ГОСТ 11510—65 (с изм.)	Битумы нефтяные. Метод определения содержания водорастворимых соединений
ГОСТ 12004—81	Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение
ГОСТ 12729—78	Материалы полимерные рулонные и плиточные для полов. Метод определения деформативности при вдавливании
ГОСТ 12730.0—78	Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водопроницаемости
ГОСТ 12730.1—78	Бетоны. Метод определения плотности
ГОСТ 12730.2—78	Бетоны. Метод определения влажности
ГОСТ 12730.3—78	Бетоны. Метод определения водопоглощения
ГОСТ 12730.4—78	Бетоны. Метод определения показателей пористости
ГОСТ 12730.5—78	Бетоны. Метод определения водонепроницаемости

ГОСТ 12852.0—77	Бетон ячеистый. Общие требования к методам испытаний
ГОСТ 12852.3—77	Бетон ячеистый. Метод определения усадки при высыхании
ГОСТ 12852.4—77	Бетон ячеистый. Метод определения морозостойкости
ГОСТ 12852.5—77	Бетон ячеистый. Метод определения коэффициента паропроницаемости
ГОСТ 12852.6—77	Бетон ячеистый. Метод определения сорбционной влажности
ГОСТ 13015.1—81	Изделия железобетонные и бетонные. Общие технические требования
ГОСТ 13015.2—81	Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Правила маркировки.
ГОСТ 15825—80	Портландцемент цветной. Технические условия
ГОСТ 15836—79	Мастика битумно-резиновая изоляционная. Технические условия
ГОСТ 16483.0—84 (с изм.)	Древесины. Методы испытаний. Общие требования
ГОСТ 16483.1—73 (с изм.)	Древесина. Методы определения плотности
ГОСТ 16483.2—70 (с изм.)	Древесина. Методы определения условного предела прочности при местном сжатии поперек волокон
ГОСТ 16483.3—84	Древесина. Методы определения предела прочности при статическом изгибе
ГОСТ 16483.5—73 (с изм.)	Древесина. Методы определения предела прочности при скалывании вдоль волокон
ГОСТ 16483.6—80	Древесина. Метод отбора модельных деревьев и кряжей для определения физико-механических свойств древесины насаждений
ГОСТ 16483.7—71 (с изм.)	Древесина. Методы определения влажности
ГОСТ 16483.9—73 (с изм.)	Древесина. Методы определения модуля упругости при статическом изгибе
ГОСТ 16483.10—73 (с изм.)	Древесина. Методы определения предела прочности при сжатии вдоль волокон
ГОСТ 16483.11—72 (с изм.)	Древесина. Метод определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон
ГОСТ 16483.12—72 (с изм.)	Древесина. Метод определения предела прочности при скалывании поперек волокон
ГОСТ 16483.18—72 (с изм.)	Древесина. Метод определения числа годичных слоев в 1 см и содержания поздней древесины в годичном слое

ГОСТ 16483.23—73 (с изм.)	Древесина. Метод определения предела прочности при растяжении вдоль волокон
ГОСТ 18105-86	Бетоны. Правила контроля прочности.
ГОСТ 19007—73 (с изм.)	Материалы лакокрасочные. Метод определения времени и степени высыхания
ГОСТ 19221—83	Щебень и песок шунгизитосодержащих пород для производства шунгизита. Технические условия
ГОСТ 19266—79	Материалы лакокрасочные. Метод определения по йодометрической шкале
ГОСТ 21243—75	Бетоны. Определение прочности методом отрыва со скалыванием
ГОСТ 22236—85 (с изм.)	Цементы. Правила приемки
ГОСТ 22237—85 (с изм.)	Цементы. Упаковка, маркировка, транспортирование и хранение
ГОСТ 22245—76 (с изм.)	Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия
ГОСТ 22263—76	Щебень и песок из пористых горных пород. Технические условия
ГОСТ 22266—76 (с изм.)	Цементы сульфатостойкие. Технические условия
ГОСТ 22688—77	Известь строительная. Методы испытаний
ГОСТ 22690.0—77	Бетон тяжелый. Общие требования к методам определения прочности без разрушения приборами механического действия
ГОСТ 22690.1—77	Бетон тяжелый. Методы определения прочности по отскоку и пластической деформации
ГОСТ 22690.2—77	Бетон тяжелый. Метод определения прочности эталонным молотком Кашкарова
ГОСТ 22690.3—77	Бетон тяжелый. Метод определения прочности отрывом
ГОСТ 22690.4—77	Бетон тяжелый. Метод определения прочности скалыванием ребра конструкции
ГОСТ 22783—77	Бетоны. Метод ускоренного определения прочности на сжатие
ГОСТ 23009—78	Конструкции и изделия бетонные и железобетонные сборные. Условные обозначения (марки)
ГОСТ 23254—78	Щебень для строительных работ из попутно-добываемых пород и отходов горно-обогатительных предприятий. Технические условия
ГОСТ 23464—79	Цементы. Классификация

Продолжение прил.

ГОСТ 23732—79	Вода для бетонов и растворов. Технические условия
ГОСТ 23735—79	Смеси песчано-гравийные для строительных работ. Технические условия
ГОСТ 23789—79	Вяжущие гипсовые. Методы испытаний
ГОСТ 23835—79	Материалы рулонные кровельные и гидроизоляционные. Классификация и общие технические требования
ГОСТ 24211—80 (с изм.)	Добавки для бетонов. Классификация
ГОСТ 25094—82	Добавки активные. Методы испытаний
ГОСТ 25192—82	Бетоны. Классификация и общие технические требования
ГОСТ 25328—82	Цемент для строительных растворов. Технические условия
ГОСТ 25589—83	Щебень, гравий и песок для строительных работ. Методы определения содержания сернокислых и сернистых соединений

ЛИТЕРАТУРА

Баженов Ю. М., Комар А. Г. Бетонные и железобетонные изделия. — М., 1984. — 672 с.

Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. — М., 1986. — 464 с.

Воробьев В. А. Лабораторный практикум по общему курсу строительных материалов. — М., 1978. — 248 с.

Горлов Ю. П. Лабораторный практикум по технологии теплоизоляционных материалов. — М., 1982. — 239 с.

Горчаков Г. И. Строительные материалы. — М., 1981. — 412 с.

Горчаков Г. И., Баженов Ю. М. Строительные материалы. — М., 1986. — 688 с.

Домокеев А. Г. Строительные материалы. — М., 1982. — 383 с.

Комар А. Г. Строительные материалы и изделия. — М., 1983. — 487 с.

Попов Л. Н. Строительные материалы и детали. — М., 1986. — 336 с.

Попов Л. Н. Контроль качества работ в жилищном строительстве. — М., 1985. — 304 с.

Попов Л. Н. Лабораторный контроль строительных материалов и изделий. Справочник. — М., 1986. — 349 с.

Рыбьев И. А. Строительные материалы на основе вяжущих веществ. — М., 1978. — 309 с.

Строительные материалы/Под ред. Г. И. Горчакова. — М., 1982. — 352 с.

Чехов А. П., Глущенко В. М. Строительные материалы (лабораторные занятия). — Киев, 1981. — 208 с.

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

Активность цемента 108
Асфальтобетон 180

Бетоны 139
Бетон тяжелый 139
Битум нефтяной 180

Весы для гидростатического взвешивания 129
Вискозиметр ВЗ-4 206
Вискозиметр Суттарда 89
Водопоглощение кирпича 69
— щебня 130
Воронка НИЛКа 203
Встряхивающий столик 110
Вязкость битума 181
— связующего вещества 202

Гипс строительный 88
Горные породы 61
Гравий 126
Гранит 59

Дисперсность пигментов 198
Добавки поверхностно-активные 171
Древесина 19
Дробимость щебня 136
Дуктилометр 184

Желобчатый делитель 115
Жесткость бетонной смеси 152

Заполнители для бетонов и растворов 114
Зерновой состав песка 122
— — щебня 13

Известняк 60
Известь строительная воздушная 82
Испытание бетона 157
— строительного раствора 171
Испытательная машина МИИ-100 111

Кирпич керамический 62
Классы бетона 161
Коэффициент размягчения 17
Красочные составы 205

Лабораторная виброплощадка 159
Лакокрасочные материалы 198

Марки гипса 97
— керамического кирпича 69
— цемента 113
Маслоемкость пигмента 201
Маятниковый копер 81, 194
Морозостойкость кирпича 70

Насыпная плотность песка 118
— — щебня 128
Неразрушающие испытания бетона железобетонных конструкций 162
Нефтяные битумы 180
Нормальная густота гипсового теста 89
— — цементного теста 102

Образцы для испытания материалов на прочность 15
Объемомер Ле Шателье 5
Олифа 202

Пенетрометр 182
Песок 114
Пикнометр 111
Плотность цемента 98
Подбор состава тяжелого бетона 140
— — раствора 167, 171
Пороки древесины 43
Портландцемент 98
Прибор ВИКа 92
— «кольцо и шар» 185
— Михаэлиса 95
Прочность бетона на сжатие 157

Пустотность песка 119
— щебня 130

Рассланваемость растворной смеси 176
Растяжимость битума 183

Связующие вещества 201
Скорость высыхания связующего вещества 204
Смеси бетонные 150
— растворные 173
Сроки схватывания гипсового теста 91
— — цементного теста 104
Строительные растворы 166

Твердость минералов 57
Температура размягчения битума 185
Технический вискозиметр 153
Тонкость помола гипса 88
— — цемента 101

Удобоукладываемость бетонной смеси 150
Укрывистость пигментов 199
Ультразвуковой прибор «Бетон-12» 165

Форма для изготовления образцов-балочек 93

Хранение образцов бетона 160
— — цементного раствора 111

Шариковый молоток конструкции И. А. Физделя 163
Шкала твердости минералов 57
Шлакопортландцемент 98

Щебень 122
Щелок подмыльный 171

Эталонный молоток НИИМосстроя конструкции К. П. Кашкарова 163

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие 3

Глава 1. Основные физико-механические свойства строительных материалов 4

Определение истинной плотности 4
Определение средней плотности 7
Определение насыпной плотности 11
Определение пористости 12
Определение водопоглощения 13
Определение прочности 15

Глава 2. Лесные материалы 19

Изучение строения древесины 20
Определение физических свойств древесины 27
Определение механических свойств древесины 34
Изучение пороков древесины 43

Глава 3. Природные каменные материалы 56

Изучение свойств породообразующих минералов . . . 56
Изучение свойств горных пород 61

Глава 4. Керамические материалы 62

Определение качества кирпича по внешнему осмотру и обмеру 64
Определение марки кирпича 66
Определение водопоглощения кирпича 68
Определение морозостойкости кирпича 70

Глава 5. Строительные стали 72

Определение марки строительной стали 72
Определение твердости стали 78
Определение ударной вязкости стали 80

Глава 6. Минеральные вяжущие вещества 82

Строительная воздушная известь 82
Определение содержания в извести активных $CaO + MgO$ 84
Определение скорости гашения извести 85
Определение содержания в извести непогасившихся зерен 86
Строительный гипс 88
Определение тонкости помола гипса 88
Определение нормальной густоты гипсового теста . . 89
Определение сроков схватывания гипсового теста . . 91
Определение прочности гипсового камня 93
Цемент 97
Определение насыпной плотности цемента 99
Определение истинной плотности цемента 100
Определение тонкости помола цемента 101
Определение нормальной густоты цементного теста . . 102
Определение сроков схватывания цементного теста . . 104
Определение равномерности изменения объема цемента . 105
Определение марки цемента 108

Глава 7. Заполнители для тяжелого бетона 114

Песок 114
Определение истинной плотности песка 117
Определение насыпной плотности песка 118
Определение пустотности песка 119
Определение влажности песка 119
Определение содержания в песке пылевидных частиц . 119
Определение содержания в песке органических примесей 121
Определение зернового состава песка 122
Щебень и гравий 126
Определение истинной плотности зерен щебня (гравия) 127
Определение средней плотности зерен щебня (гравия) . 128
Определение насыпной плотности щебня (гравия) . . 128
Определение пустотности щебня (гравия) 130
Определение влажности щебня (гравия) 130
Определение водопоглощения щебня (гравия) . . . 130
Определение содержания в щебне (гравии) пылевидных, илистых и глинистых частиц 131
Определение содержания в гравии органических примесей 132
Определение зернового состава щебня (гравия) . . . 132
Определение прочности щебня (гравия) 135
Определение содержания в щебне (гравии) пластических и игловатых зерен 138

Глава 8. Бетоны 139

Подбор состава тяжелого бетона 140
Определение основных свойств бетонной смеси . . . 150
Определение прочности бетона 157
Определение прочности бетона в конструкциях . . . 162

Глава 9. Строительные растворы 166

Подбор состава сложного строительного раствора . . 167
Подбор состава строительного раствора с добавкой поверхностно-активных веществ 171
Определение основных свойств растворной смеси . . 173
Определение расслаиваемости растворной смеси . . . 175
Определение марки строительного раствора 177

Глава 10. Битумные вяжущие вещества 180

Определение вязкости битума 181
Определение растяжимости битума 183
Определение температуры размягчения битума . . . 185
Определение температуры вспышки битума 186

Глава 11. Пластические массы 189

Определение теплостойкости пластических масс по Мартенсу 190
Определение твердости пластических масс по Бринеллю 192
Определение прочности пластических масс на ударный изгиб 194
Определение предела прочности пластических масс при растяжении 197

Глава 12. Лакокрасочные материалы 198

ВНИМАНИЮ ЧИТАТЕЛЕЙ!

Готовится к выпуску:

Старостин В. А. Технологические измерения и контрольно-измерительные приборы в промышленности строительных материалов: Учеб. для техникумов. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Стройиздат, 1988. — 16 л.

Описаны методы и средства измерения технологических параметров производства промышленности строительных материалов. Приведены основные метрологические термины и определения. Рассмотрены дистанционные передачи посредством различных преобразователей. Освещена методика измерения температуры, давления, уровня, контроля состава и качества вещества.

Для учащихся техникумов, обучающихся по специальности «Эксплуатация автоматических устройств в промышленности строительных материалов».

Цена 40 коп.

Готовится к выпуску:

Ягупов Б. А. Строительное дело: Учеб. — М.: Стройиздат, 1988. — 22 л.

Изложены основные положения и понятия о строительных материалах, конструктивных решениях зданий, технологии их строительства. Рассмотрены свойства и характеристики различных природных материалов. Приведены сведения о типизации и унификации зданий. Даны основные положения по организации производства работ на строительной площадке, транспортированию строительных материалов и конструкций, производству работ нулевого цикла, монтажу надземной части здания, его отделке, охране труда и технике безопасности.

Для учащихся строительных техникумов.