

МИНИСТЕРСТВО СЕЛЬСКОГО ХОЗЯЙСТВА
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФГБОУ ВО «Кубанский государственный
аграрный университет имени И. Т. Трубилина»

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Практикум

Краснодар
КубГАУ
2016

УДК 691 (076.5)

ББК 38.3

С86

Р е ц е н з е н т :

В.И. Бареев – кандидат технических наук, профессор
(Кубанский государственный аграрный университет)

Коллектив авторов:

**В. К. Широководюк, С. Л. Паниева, Е. В. Безуглова,
С. П. Швец, Е. Г. Швецова, Е. Н. Долженко**

С86 Строительные материалы: практикум /В.К.Широководюк [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2016. – 163 с.

В практикуме дано описание лабораторных работ по специальным разделам дисциплин «Материаловедение» и «Строительные материалы», стандартных методик испытаний и оборудования для их проведения.

Практикум предназначен для студентов, обучающихся по направлению «Строительство» и специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений».

УДК 691 (076.5)

ББК 38.3

© Коллектив авторов, 2016
© ФГБОУ ВО «Кубанский
государственный аграрный
университет имени

И. Т. Трубилина», 2016

1 ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

Плотность

Плотность— это масса единицы объема материала:

$$\rho = \frac{m}{V} \text{ (г/см}^3\text{, кг/м}^3\text{)}, (1.1)$$

где m — масса материала (г, кг);
 V — объем материала (см³, м³).

Соотношение между размерностями плотности:

$$1 \text{ г/см}^3 = 1 \text{ т/м}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1 \text{ кг/дм}^3 = 1 \text{ кг/л}.$$

Истинная плотность — масса единицы объема кускового материала в абсолютно плотном состоянии (без пустот и пор):

$$\rho_{\text{И}} = \frac{m}{V_A} \text{ (г/см}^3\text{, кг/м}^3\text{)}, (1.2)$$

где m — масса материала (г, кг);
 V_A — объем материала без пор (см³, м³).

Средняя плотность — масса единицы объема кускового материала в естественном состоянии (с пустотами и порами):

$$\rho_{\text{С}} = \frac{m}{V_E} \text{ (г/см}^3\text{, кг/м}^3\text{)}, (1.3)$$

где m — масса материала (г, кг);
 V_E — объем материала с пустотами и порами (см³, м³).

Насыпная плотность — масса единицы объема сыпучего материала в естественно-насыпном состоянии:

$$\rho_H = \frac{m}{V_H} (\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3), (1.4)$$

где m – масса материала (г, кг, т);

V_H – объем материала в насыпном состоянии (см^3 , м^3).

Определение истинной плотности

Для определения истинной плотности необходимо разделить объем плотного материала (без пустот и пор). Для этого пористый материал предварительно измельчают до полной ликвидации пор. **Истинная плотность** численно равна отношению массы материала к его объему в абсолютно плотном состоянии (без пустот и пор):

$$\rho_{II} = \frac{m}{V_A} (\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3), (1.5)$$

где m – масса материала (г, кг);

V_A – объем материала без пор (см^3 , м^3).

Плотность определяют с помощью прибора – **объемомера Ле-Шателье**, представляющего собой колбу с расширением в цилиндрической части (рисунок 1.1) и имеющей деления в нижней и верхней частях.

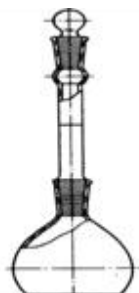


Рисунок 1.1 – Объемомер Ле-Шателье

Для определения истинной плотности материала из отобранной и тщательно перемешанной средней пробы отвешивают 200 г, высушивают его при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы, затем тонко измельчают в агатовой или фарфоровой ступке.

Полученный порошок просеивают через сито №02 (размер ячейки в свету $0,2 \times 0,2$ мм) и берут навеску около 180 г просеянного порошка. Объем этого расширения составляет порядка 20 см^3 .

Объемомер наполняют до нижнего нулевого или любого другого деления жидкостью, инертной к испытываемому материалу (водой, безводным керосином или спиртом). Тщательно протирают тампоном или фильтрованной бумагой свободную от жидкости часть объемомера и помещают его в стеклянный сосуд с водой, имеющей температуру $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$ (рисунок 1.2).

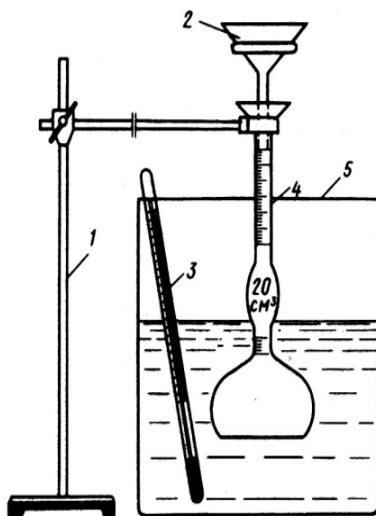


Рисунок 1.2 – Прибор для определения истинной плотности материала:

1 – штатив; 2 – воронка; 3 – термометр; 4 – объемомер, 5 – емкость

Через 5 мин после помещения объемомера в воду, отмечают уровень жидкости, пользуясь делениями в нижней части

шкалы прибора. Затем от подготовленной пробы порошка материала отвешивают с точностью до 0,01 г на технических весах навеску 80 г и через воронку высыплют материал в объеммер порциями до тех пор, пока уровень жидкости в нем не поднимется до одного из делений в верхней части шкалы прибора.

Разность между конечным и начальным уровнями жидкости в объеммере показывает объем порошка V , высыпанного в прибор. Остаток порошка взвешивают и по разности между начальной навеской m и остатком m_1 определяют массу порошка, высыпанного в объеммер.

Плотность материала в г/см^3 равна:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, (1.6)$$

где m – первоначальная навеска материала, г;

m_1 – остаток от навески материала, г;

V – объем жидкости, вытесненной порошком, см^3 .

Плотность материала определяют с точностью до 0,01 г/см^3 , как среднее арифметическое 2-х отдельных определений на разных навесках.

Для ориентировочного определения плотности материала можно воспользоваться мерным цилиндром емкостью от 100 до 250 см^3 с ценой деления 1 или 2 см^3 . В этом случае в цилиндр наливают жидкость на 1/3 его объема, отмечают уровень по нижнему мениску жидкости, затем осторожно (через воронку) высыплют в него навеску порошка материала массой 100 г и вновь отмечают уровень жидкости. По разности конечного и начального уровней жидкости (по нижнему мениску) определяют объем высыпанного в цилиндр порошка. Затем по приведенной ниже формуле определяют плотность материала.

Истинная плотность материала в г/см^3 равна:

$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}, \quad (1.7)$$

где m – навеска материала, г;

V_2 – объем жидкости с материалом (по мениску), см^3 ;

V_1 – первоначальный объем жидкости (по мениску), см^3 .

1.1 Определение средней плотности

Для определения средней плотности необходимо определить объем материала в естественном состоянии (с пустотами и порами). Для этого пористый материал предварительно покрывают парафином (парафинируют) или насыщают водой.

Средняя плотность численно равна отношению массы образца материала к его объему в естественном состоянии (вместе с пустотами и порами):

$$\rho_c = \frac{m}{V_E}, \quad (1.8)$$

где m – масса образца материала (г, кг);

V_E – объем образца в естественном состоянии (см^3 , м^3).

Большинство строительных материалов имеют поры. Чем их больше в материале, тем меньше его средняя плотность.

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

1.2 Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы

Для определения средней плотности материала готовят образцы в форме куба, параллелепипеда или цилиндра. Берут три образца и высушивают их в шкафу при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$ охлаждают в эксикаторе и хранят в нем до момента испытания.

Штангенциркулем измеряют образцы с точностью до 0,1 мм как это показано на рисунке 1.3.

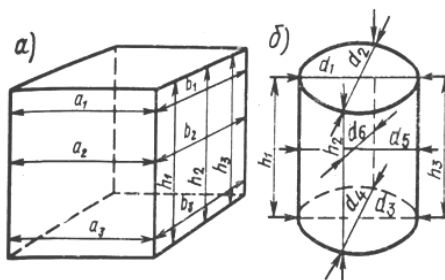


Рисунок 1.3 – Схема измерения объема образцов материала:
 a – образец в форме параллелепипеда; b – образец в форме цилиндра

За окончательный результат принимают среднее арифметическое *трех* измерений каждой грани куба или параллелепипеда (рисунок 1.3, a).

На каждой из параллельных плоскостей образца цилиндрической формы (рисунок 1.3, b) проводят два взаимно перпендикулярных диаметра (d_1, d_2, d_3, d_4) и измеряют их длину; кроме того, измеряют диаметры средней части цилиндра (d_5, d_6) в середине его высоты. За окончательный результат принимают среднее арифметическое шести измерений диаметра.

Высоту цилиндра определяют в четырех местах по образующим в двух взаимно перпендикулярных направлениях, за окончательный результат принимают среднее арифметическое 4-х измерений.

Объем образца V_{Π} (см^3), имеющего форму параллелепипеда:

$$V_{II} = a_c \times b_c \times c_c, (1.9)$$

где a_c , b_c , c_c – средние значения размеров граней образца, см.

Объем образца цилиндрической формы V_{II} (см³):

$$V_{II} = \frac{\pi \cdot d_c}{4} h_c, (1.10)$$

где d_c – средний диаметр цилиндра, см;

h_c – средняя высота цилиндра, см.

Затем каждый образец взвешивают с точностью до 0,1 г при массе образца до 500 г и до 1 г, если масса образца более 500 г. Зная массу и объем образца, вычисляют его плотность (г/см³) по формуле (1.8). Определение плотности материала производят на 3-х образцах.

1.3 Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы

При определении плотности образца применяют метод, основанный на вытеснении образцом из сосуда жидкости, в которую его погружают. Для этого используют объемомер или гидростатические весы.

Методика определения средней плотности с помощью объемомера

Для определения плотности используют прибор объемомер (рисунок 1.4), представляющий собой металлический или стеклянный цилиндр (1) диаметром 150 мм и высотой 350 мм с впаянной на высоте 250 мм трубкой (2) диаметром 8–10 мм с загнутым вниз концом.

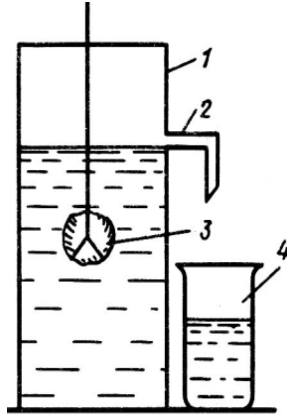


Рисунок 1.4 – Объеммер:
1 – цилиндр; 2 – трубка; 3 – образец; 4 – стакан

Объеммер наполняют водой несколько выше трубки и ждут, пока избыток воды стечет, затем под трубку подставляют взвешенный стакан (4).

Каждый образец (3) высушивают, взвешивают m_1 , а затем парафинируют, и снова взвешивают m_2 .

При погружении испытуемого парафинированного образца в объеммер, вытесняемая вода будет вытекать через трубку в стакан, который вместе с водой взвешивают, определяя массу вытесненной воды m_B .

Плотность образца вычисляют следующим образом.

Вначале определяют объем парафина V_{Π} , затраченного на покрытие образца:

$$V_{\Pi} = \frac{m_2 - m_1}{\rho_{\Pi}}, \quad (1.10)$$

где m_1 – масса сухого образца, г;

m_2 – масса парафинированного образца, г;

ρ_{Π} – истинная плотность парафина, равная $0,93 \text{ г/см}^3$.

Затем вычисляют среднюю плотность образца (г/см^3):

$$\rho_{cp} = \frac{m_1}{V_e} = \frac{m_1}{V_{по} - V_{п}} = \frac{m_1}{\left(\frac{m_B}{\rho_B}\right) - V_{п}} = \frac{m_1}{\left(\frac{m_B}{\rho_B}\right) - \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_l}\right)}, \quad (1.11)$$

где m_1 – масса сухого образца материала, г;

m_2 – масса парафинированного образца, г;

m_B – масса вытесненной воды, г;

$V_{по}$ – объем парафинированного образца, см³;

$V_{п}$ – объем парафина, см³;

ρ_B – истинная плотность воды, равная 1 г/см³;

$\rho_{п}$ – истинная плотность парафина, равная 0,93 г/см³.

В качестве объемомера допускается использовать мерные цилиндры объемом 100–500 см³ в зависимости от размера испытуемого образца.

Методика определения средней плотности методом гидростатического взвешивания

Образец неправильной геометрической формы высушивают до постоянной массы, взвешивают на технических весах m_1 , затем парафинируют и снова взвешивают m_2 . Затем его подвешивают на тонкой нити к крючку приспособления, закрепленного на левом конце коромысла гидростатических весов (рисунок 1.4).

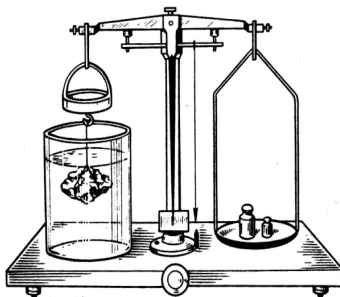


Рисунок 1.4 – Гидростатические весы

Массу образца уравнивают гирями, устанавливая их на правую чашу P_1 . Образец погружают в стакан с водой так, чтобы он не касался стенок и дна.

При этом равновесие весов нарушается и весы снова уравнивают, сняв с правой чаши часть гирь, и определяют вес образца в воде P_2 .

Разность значений весов парафинированного образца на воздухе P_1 и в воде P_2 численно равна массе вытесненной воды, а ее объем соответствует объему парафинированного образца $V_{по}$.

Далее по формуле определяют плотность образца:

$$\rho_p = \frac{m_1}{V_e} = \frac{m_1}{\left(\frac{m_B}{\rho_B}\right) - V_{II}} = \frac{m_1}{\left(\frac{P_1 - P_2}{\rho_B}\right) - \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_I}\right)}, \quad (1.12)$$

где m_1 – масса сухого образца материала, г;

m_1 – масса парафинированного образца, г;

m_B – масса вытесненной воды, г;

P_1 – вес образца на воздухе, г;

P_2 – вес образца в воде, г;

ρ_B – плотность воды, равная 1 г/см^3 ;

ρ_{II} – плотность парафина, равная $0,93 \text{ г/см}^3$.

Плотность материала вычисляют как среднее арифметическое определений *трех* образцов.

Методика определения средней плотности методом предварительного насыщения водой

Среднюю плотность также можно определить без парафинирования образцов, насыщая их водой.

Ход определения: взвешивают сухой образец m_1 , затем насыщают его водой до постоянной массы, заполняя все открытые поры водой.

Затем определяют объем насыщенного водой образца V_B .

Далее по формуле определяют плотность образца:

$$\rho_{cp} = \frac{m_1}{\left(\frac{P_1 - P_2}{\rho_B}\right) - \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_{II}}\right)}, \quad (1.13)$$

где m_1 – масса сухого образца материала, г;

m_2 – масса парафинированного образца, г;

P_1 – вес образца на воздухе, г;

P_2 – вес образца в воде, г;

ρ_B – плотность воды, равная 1 г/см³;

ρ_{II} – плотность парафина, равная 0,93 г/см³.

Затем его подвешивают на тонкой нити к крючку приспособления, закрепленного на левом конце коромысла гидростатических весов (рисунок 1.4). Массу образца уравнивают гирями, устанавливая их на правую чашу P_1 . Образец погружают в стакан с водой так, чтобы он не касался стенок и дна.

Для ориентировочного определения плотности материала можно воспользоваться мерным цилиндром емкостью от 100 до 250 см³ с ценой деления 1 или 2 см³. В этом случае в цилиндр наливают жидкость на 1/3 его объема, отмечают уровень по нижнему мениску жидкости, затем осторожносыпают в него навеску порошка материала массой 50–100 г и вновь отмечают уровень жидкости. По разности конечного и начального уровней определяют объем высыпаемого в цилиндр порошка. Затем по приведенной ниже формуле определяют плотность материала.

Средняя плотность материала в г/см³ равна:

$$\rho = \frac{m}{V_2 - V_1}, \quad (1.14)$$

где m – навеска материала, г;

V_2 – объем жидкости с материалом (по мениску), см³;

V_1 – первоначальный объем жидкости (по мениску), см³.

Плотность материала вычисляют как среднее арифметическое определений 3-х образцов.

1.4 Пористость

Пористость материала характеризует степень заполнения его объема воздушными порами и численно равна отношению объема пор V_{II} к объему образца в естественном состоянии V_E :

$$П = \frac{V_{II}}{V_E}, (1.15)$$

Пористость $П$ кускового материала связана с его средней плотностью ρ_C и истинной плотностью ρ_{II} следующим соотношением:

$$\begin{aligned} П &= \frac{V_{II}}{V_E} = \frac{V_E - V_A}{V_E} = \frac{V_E - V_A}{V_E} = 1 - \frac{V_A}{V_E} = 1 - \frac{V_A \cdot m_1}{V_E \cdot m_1}; \\ П &= 1 - \frac{\left(\frac{m_1}{V_E}\right)}{\left(\frac{m_1}{V_A}\right)} = 1 - \frac{\rho_C}{\rho_{II}}; \end{aligned} \quad (1.16)$$

$$П = \left(1 - \frac{\rho_C}{\rho_{II}}\right) 100\%, (1.17)$$

где V_{II} – объем пор в куске материала, см^3 ;
 V_E – объем материала в естественном состоянии (с порами), см^3 ;
 V_A – объем материала в абсолютно плотном состоянии, см^3 ;
 m_1 – масса образца материала в сухом состоянии, г;
 ρ_C – средняя плотность кускового материала, г/см^3 ;
 ρ_{II} – истинная плотность кускового материала, г/см^3 .

Пористость выражают в долях (формула 1.16 или в процентах (формула 1.17) от объема материала.

Пористость и ее вид (открытая и закрытая) в значительной степени определяет свойства материалов: водопоглоще-

ние, водопроницаемость, морозостойкость, теплопроводность, плотность.

Открытая пористость Π_O равна отношению суммарного объема всех открытых пор V_O , насыщающихся водой, к объему материала в естественном состоянии V_E :

$$\Pi_O = \frac{V_O}{V_E} = \frac{V_B}{V_E} = \frac{\left(\frac{m_B}{\rho_B}\right)}{V_E} = \frac{\left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_B}\right)}{V_E}; \quad (1.18)$$

$$\Pi_O = \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_B \cdot V_E}\right) 100 \%, \quad (1.19)$$

где Π_O – открытая пористость кускового материала в долях или процентах;

V_O – объем открытых пор в куске материала, см^3 ;

V_E – объем материала в естественном состоянии (с порами), см^3 ;

m_1 – масса образца материала в сухом состоянии, г;

m_2 – масса образца материала, насыщенного водой, г;

m_B – масса воды, поглощенной образцом материала, г;

ρ_B – истинная плотность воды, г/см^3 .

Открытую пористость выражают в долях (формула 1.18) или в процентах (формула 1.19) от объема материала.

Закрытая пористость Π_3 равна разности между общей пористостью Π и открытой пористостью Π_O :

$$\Pi_3 = \Pi - \Pi_O; \quad (1.20)$$

$$\Pi_3 = \Pi - \Pi_O = \left(1 - \frac{\rho_C}{\rho_H}\right) - \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_B \cdot V_E}\right); \quad (1.21)$$

$$\Pi_3 = \Pi - \Pi_O = \left(1 - \frac{\rho_C}{\rho_H}\right) 100 \% - \left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_B \cdot V_E}\right) 100 \%. \quad (1.22)$$

Коэффициент плотности $K_{пл}$ характеризует степень заполнения объема материала твердым веществом и равен отношению объема материала в абсолютно плотном состоянии V_A к объему материала в естественном состоянии V_C :

$$K_{пл} = \frac{V_A}{V_E} = \frac{V_A \cdot m_1}{V_E \cdot m_1} = \frac{\left(\frac{m_1}{V_E}\right)}{\left(\frac{m_1}{V_C}\right)} = \frac{\rho_C}{\rho_H}; \quad (1.23)$$

$$K_{пл} = \frac{\rho_C}{\rho_H} \leq 1. \quad (1.24)$$

Коэффициент насыщения пор K_H равен отношению открытой пористости Π_O к общей пористости Π и характеризует степень насыщения объема материала водой:

$$K_H = \frac{\Pi_O}{\Pi} \leq 1. \quad (1.25)$$

Коэффициент насыщения пор может изменяться от 0 (стекло, металл, гранит – все поры в материале замкнутые) до 1 (минеральная или стеклянная вата – все поры открытые).

1.5 Гигроскопичность

Гигроскопичность W_H – свойство материала поглощать водяной пар из воздуха. Этот физико-химический процесс называется *сорбцией*. Он является обратимым и повышается с повышением давления водяного пара (с увеличением относительной влажности воздуха при постоянной температуре).

$$W_r = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%, (1.26)$$

где W_r — гигроскопическая влажность, доли или проценты;

m_1 —масса образца в сухом состоянии, г;

m_2 —масса образца в увлажненном состоянии, г.

Это обусловлено осаждением водяного пара на внутренних поверхностях пор и капиллярной конденсацией:

1.6 Водопоглощение

Водопоглощение— способность материала поглощать и удерживать в порах воду. По величине водопоглощения можно характеризовать открытую пористость материала. При этом часть открытых мелких пор и все замкнутые поры водой не насыщаются.

Водопоглощение подразделяют на два вида – по массе W_m и по объему W_V .

Водопоглощение по массе W_m равно отношению массы воды m_B , поглощенной образцом при насыщении его водой, к массе сухого образца m_1 :

$$W_m = \frac{m_B}{m_1} = \frac{m_2 - m_1}{m_1}; (1.27)$$

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%, (1.28)$$

где W_m — водопоглощение по массе, доли или проценты;

m_B —масса воды, поглощенной образцом, г;

m_1 —масса образца в сухом состоянии, г;

m_2 —масса образца в насыщенном водой состоянии, г.

Водопоглощение по массе W_m выражают в долях (формула 1.27) или в процентах (формула 1.28).

Водопоглощение по объему W_V равно отношению объема поглощенной образцом воды V_B к объему образца в естественном состоянии V_E (вместе с порами и пустотами):

$$W_V = \frac{V_B}{V_E} = \frac{\left(\frac{m_B}{\rho_B}\right)}{\frac{V_E}{\rho_B}} = \frac{\left(\frac{m_2 - m_1}{\rho_B}\right)}{\frac{V_E}{\rho_B}} = \frac{m_2 - m_1}{V_E \cdot \rho_B}; \quad (1.29)$$

$$W_V = \frac{m_2 - m_1}{V_E \cdot \rho_B} 100 \%, \quad (1.30)$$

где W_V – водопоглощение по объему, доли или проценты;
 m_1 – масса образца материала в сухом состоянии, г;
 m_2 – масса образца материала, насыщенного водой, г;
 m_B – масса воды, поглощенной образцом материала, г;
 V_E – объем материала в естественном состоянии, см³;
 ρ_B – истинная плотность воды, равная 1 г/см³.

Водопоглощение по объему W_V выражают в долях (формула 1.29) или в процентах (формула 1.30).

Отношение водопоглощения по объему W_V к водопоглощению по массе W_m равно отношению средней плотности материала ρ_C к плотности воды ρ_B :

$$\frac{W_V}{W_m} = \frac{\left(\frac{m_2 - m_1}{V_E \cdot \rho_B}\right)}{\left(\frac{m_2 - m_1}{m_1}\right)} = \frac{m_1}{V_E \cdot \rho_B} = \frac{\left(\frac{m_1}{V_E}\right)}{\rho_B} = \frac{\rho_C}{\rho_B};$$

$$\frac{W_V}{W_m} = \frac{\rho_C}{\rho_B}. \quad (1.31)$$

Методика определения водопоглощения

Образцы в количестве 3-х шт. высушивают при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы, затем взвешивают m_1 после их остывания на воздухе.

После сушки образцы укладывают в сосуд с водой с температурой $15\text{--}20^\circ\text{C}$ на решетку так, чтобы уровень воды в нем был выше верха образцов на 2–10 см. Образцы плотностью менее 1000 кг/м^3 пригружают, чтобы они не всплывали. Через 48 ч выдерживания в воде образцы извлекают из сосуда, обтирают влажной тканью и немедленно взвешивают m_2 . Массу воды, вытекшей из образца на чашу весов, включают в массу насыщенного водой образца m_2 .

Водопоглощение по массе W_m и объему W_v вычисляют по формулам 1.28 и 1.30 как среднее арифметическое испытаний трех образцов.

Для ускоренного определения водопоглощения каменных материалов применяют способ кипячения. Высушенные до постоянной массы m_1 образцы погружают в сосуд с водой и кипятят в течение 4 ч, после чего их охлаждают до температуры $20\text{--}30^\circ\text{C}$ путем доливания в сосуд холодной воды. Затем образцы вынимают из сосуда, обтирают влажной тканью, сразу взвешивают m_2 и вычисляют водопоглощение. Водопоглощение по массе W_m гранита, габбро, кварцита и других плотных горных пород составляет 0,1–1%; известняка – колеблется в широких пределах от 0,5 до 25%; стеклянной и минеральной ваты – до 600%. Водопоглощение по объему W_v любых материалов не может превышать 100%.

1.7 Коэффициент размягчения

Коэффициент размягчения K_R – отношение прочности материала, насыщенного водой R_B , к прочности сухого материала R_C :

$$K_p = \frac{R_B}{R_C} \leq 1. \quad (1.32)$$

Коэффициент размягчения характеризует водостойкость строительных материалов. При коэффициенте размягчения 0,8 и выше материал считается водостойким, менее 0,8 – не водостойким.

1.8 Коэффициент конструктивного качества

Коэффициент конструктивного качества K_{KK} равен отношению прочности материала R к его приведенной плотности d :

$$K_{KK} = \frac{R}{d}, (1.32)$$

где K_{KK} – коэффициент конструктивного качества;
 R – прочность материала, МПа;
 d – приведенная плотность материала.

Приведенная плотность d – это отношение средней плотности материала ρ_C к плотности воды ρ_B :

$$d = \frac{\rho_C}{\rho_B}, (1.33)$$

где d – приведенная плотность;
 ρ_C – средняя плотность материала, г/см³;
 ρ_B – плотность воды, равная 1 г/см³.

Коэффициент конструктивного качества характеризует эффективность использования данного вида материала из серии подобных.

2 ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Природные каменные материалы и изделия получают из горных пород путем их обработки: дроблением, раскалываем, распиливанием, обтесыванием, шлифовкой, полировкой, плавлением и литьем и др.

2.1 Классификация главнейших горных пород

Горные породы – это природные образования более или менее определенного состава и строения, образующие в земной коре самостоятельные геологические тела.

Минералы– однородные по химическому составу и физическим свойствам составные части горной породы. Известно несколько тысяч минералов.

В зависимости от условий образования горные породы делятся на три основных типа: изверженные (магматические), осадочные и метаморфические (видоизмененные).

Магматические породы (первичные)– образовались в результате охлаждения и затвердевания магмы:

1) *глубинные (интрузивные)* – образовались при застывании магмы на разной глубине в земной коре (медленное остывание под большим давлением); *структура*– зернисто-кристаллическая;

2) *излившиеся (эффузивные)*– образовались при излиянии магмы из глубин и застывании на поверхности (сравнительно быстрое охлаждение при быстром сбросе давления); структуры: скрытокристаллическая, стекловатая (аморфная), порфировая (мелкокристаллическая масса, в которую включены крупные кристаллические соединения);

Осадочные породы (вторичные)– возникают в поверхностных слоях земной коры из продуктов выветривания и разрушения горных пород.

Метаморфические породы (видоизмененные), являющиеся продуктом перекристаллизации и приспособления гор-

ных пород к изменившимся в земной коре физико-химическим условиям. Классификация горных пород по происхождению приведена в таблице 2.1.

2.2 Изучение природных каменных материалов

Для определения принадлежности природного камня к той или иной горной породе устанавливают главные породообразующие минералы, их количество, пропорциональные

Таблица 2.1 – Классификация горных пород по происхождению

Происхождение пород	Условия образования		Основные минералы
Магматические породы	Массивные	Глубинного залегания	Граниты, сиениты, диориты, габбро
		Излившиеся	Порфиры, диабазы, трахиты, базальты, порфириты
	Обломочные	Рыхлые	Вулканические пеплы, пемзы
		Цементированные	Вулканические туфы
Осадочные породы	Механические отложения (обломочные породы)	Рыхлые	Глины, пески, гравий
		Цементированные	Песчаники, конгломераты, брекчии
	Химические осадки		Гипс, ангидрит, магнезит, доломиты, известковые туфы, некоторые виды известняков
	Органогенные отложения		Известняки, мел, ракушечник, диатомиты и трепелы
Метаморфические (видоизмененные) породы	Продукты видоизменения изверженных пород		Гнейсы
	Продукты видоизменения осадочных пород		Мраморы, кварциты

соотношения, структуру, цвет, твердость, крупность кристаллов и т.п. Характеристика породообразующих минералов приведена в таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Характеристика породообразующих минералов

Наименование минерала	Структура	Цвет	ρ_c , г/см ³	Другие характерные признаки	Условия нахождения в природе
Каолинит	Аморфная, зернистая	Белый, желтоватый	2,5	Излом землистый; материал легко рассыпается; жирный на ощупь	В чистом виде
Гипс	Кристаллическая, зернистая, пластинчатая, волокнистая	Белый, розовый, желтоватый	2,2	Прозрачные кристаллы; материал хрупкий	В чистом виде
Мусковит	Кристаллическая, пластинчатая	Серебристый, белый, светло-желтый	2,8	Расщепляется на тончайшие прозрачные листочки	В граните, сиените, гнейсе и др.
Биотит	Кристаллическая, пластинчатая	Черный, бурый, темно-зеленый	2,9	Расщепляется на тончайшие листочки	В граните, сиените, гнейсе и др.
Кальцит	Кристаллическая и зернисто-кристаллическая	Белый, серый, желтый	2,7	Прозрачен; при действии раствором HCl «вскипает»	В известняках, мраморе и других карбонатных породах

Продолжение таблицы 2.2

Наименование минерала	Структура	Цвет	ρ_c , г/см ³	Другие характерные признаки	Условия нахождения в природе
Доломит	Кристаллическая	Белый, серый	2,8	—	—
Авгит	Кристаллическая	Черный, темно-зеленый	3,4	Стекланный блеск	В магматических породах
Роговая обманка	Кристаллическая	Черный, темно-зеленый	3,1	Выраженная спайность в одном направлении	В магматических породах
Полевой шпат	Кристаллическая	Белый, серый, розовый, красный	2,5	На плоскостях спайности стекланный блеск	В граните, сиените, порфирите, гнейсе
Кварц	Кристаллическая	Белый, бесцветный, серый, черный	2,6	Излом острый, раковистый	В граните, гнейсе, песках, песчаниках

Твердость— свойство материала сопротивляться проникновению в него другого более твердого тела

Твердость природных каменных материалов оценивается **шкалой Мооса**, которая представлена десятью минералами с условным показателем твердости от 1 до 10 (самый мягкий тальк – 1, самый твердый алмаз – 10):

- 1–**тальк** – легко царапается ногтем;
- 2 – **гипс** – царапается ногтем;
- 3 – **кальцит** – легко царапается стальным ножом;
- 4– **флюорит** – царапается стальным ножом под небольшим нажимом;
- 5– **апатит** – царапается ножом под сильным нажимом;
- 6– **ортоклаз** – царапает стекло;
- 7– **кварц**;
- 8– **топаз**;
- 9– **корунд**;
- 10– **алмаз**.

Показатель твердости испытуемого материала находится между показателями твердости двух соседних минералов, из которых один царапает испытываемый материал, а другой оставляет черту на образце материала.

Содержание в горных породах карбонатных включений или принадлежность горной породы к карбонатной группе определяется воздействием на нее 10%-м раствором соляной кислоты.

Характеристика важнейших горных пород, используемых для получения каменных материалов, приведена в таблице 2.3.

При изучении горных пород прежде всего необходимо ознакомиться с основными пороодообразующими минералами.

При изучении горных пород необходимо придерживаться следующей последовательности:

условия образования (генезис) → состав → строение → свойства → области применения.

Данные по изучению коллекции минералов и горных пород заносятся в лабораторный журнал в виде таблицы.

Таблица 2.3 – Характеристика важнейших горных пород

Порода	Происхождение	Основные минералы, входящие в состав пород	Плотность, г/см ³	Прочность при сжатии, МПа
Гранит	Магматические	Кварц; полевой шпат; слюда	2,6–2,8	100–250
Диорит	Магматические (глубинные)	Полевой шпат; роговая обманка; кварц	2,8–3,0	150–300
Сиенит	Магматические (глубинные)	Полевой шпат, роговая обманка, слюда	2,6–2,8	100–200
Лабродорит	Магматические (глубинные)	Полевой шпат; (лабродор); авгит	26–29	100–250
Диабаз (базальт)	Магматические (глубинные)	Полевой шпат; авгит	29–30	150–400
Туф вулканич.	Магматические (излившиеся)	Кварц, полевой шпат; слюда; вулканическое стекло	0,9–2,3	5–50
Пемза	Магматические (излившиеся)		0,4–0,8	0,5–3
Известняк плотный	Осадочные	Кальцит	2,6–2,8	15–100
Известняк пористый	Осадочные	Кальцит	0,9–1,8	0,4–15
Песчаник	Осадочные	Кварц, опал; полевой шпат	2,3–2,6	30–200
Мрамор	Метаморфические	Кальцит; доломит	2,6–2,8	60–300
Доломит	Осадочные	Доломит; кальцит	2,5–2,9	15–200
Кварцит	Метаморфические	Кварц	2,6–2,8	100–400
Гнейс	Метаморфические	Кварц; полевой шпат; слюда	2,6–2,8	80–200

3 КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ

3.1 Испытание кирпича керамического

Кирпич керамический изготавливают размерами $250 \times 120 \times 65$ мм (одинарный) и размерами $250 \times 120 \times 88$ мм (модульный), полнотелый (рисунок 3.1) и пустотелый (рисунок 3.2).

Масса кирпича в высушенном состоянии не должна быть более 4,3 кг.

Каждая поверхность кирпича имеет свое название: *постель* (250×120 мм); *ложок* (250×65 мм); *тычок* (120×65 мм).

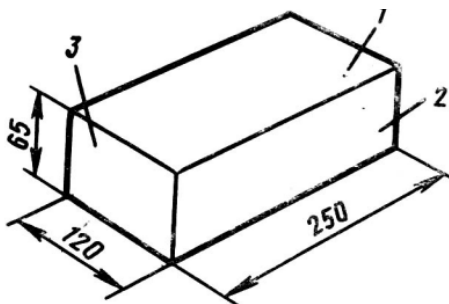


Рисунок 3.1 – Кирпич керамический полнотелый:

1 – постель; 2 – ложок; 3 – тычок

Для оценки качества кирпича отбирают среднюю пробу в количестве 0,5%, но не менее чем 100 шт. от каждой партии кирпича (за партию принимают 100 тыс. шт.) и направляют на испытание в лабораторию не менее 30 шт.

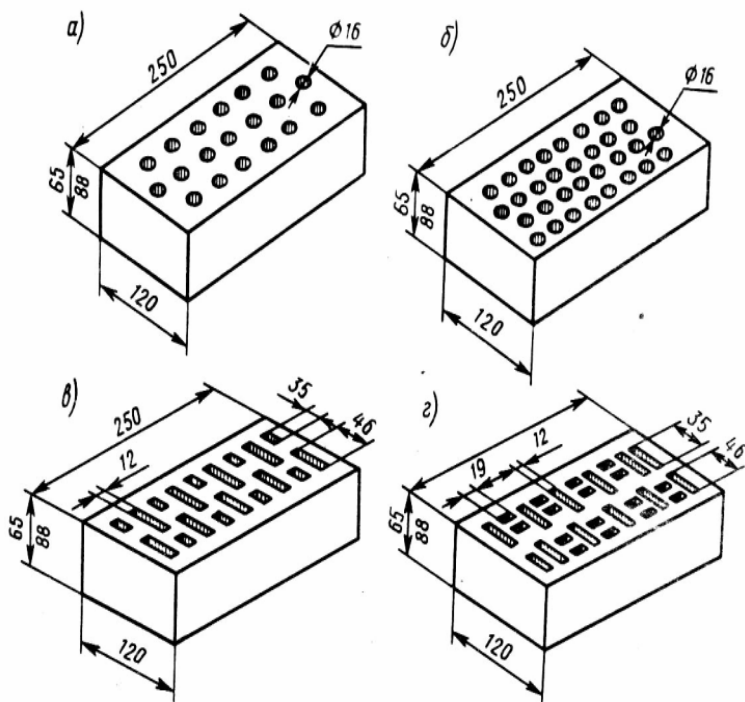


Рисунок 3.2 – Кирпич керамический пустотелый:
а, б, в, г – виды и размеры пустот

3.2 Оценка дефектов кирпича

Поверхность граней изделий должна быть плоской, ребра должны быть прямыми.

На изделии не допускаются дефекты внешнего вида, размеры и число которых превышают указанные в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Дефекты внешнего вида

Вид дефекта	Число дефектов
Отбитости углов глубиной от 10 до 15 мм	2
Отбитости и притупленности ребер глубиной не более 10 мм и длиной от 10 до 15 мм	2
Трещины протяженностью до 300 мм по постели полнотелого кирпича и пустотелых изделий не более чем до первого ряда пустот (глубиной на всю толщину кирпича или на 1/2 толщины тычковой или ложковой грани камней): на ложковых гранях на тычковых гранях	1 1
Известковые включения, вызывающие после пропаривания изделий разрушение поверхностей	Не допускаются
Отколы глубиной более 6 мм	
Наличие отколов по наибольшему измерению от 3 до 10 мм более 3 шт.	Не допускаются
Недожженные изделия (недожог)	Не допускаются
Пережженные изделия (пережог)	

Дефекты кирпича устанавливают внешним осмотром и обмером. Внешним осмотром устанавливают наличие недожога и пережога в контролируемом кирпиче, для чего сравнивают отобранные кирпичи с *эталоном* (нормально обожженным кирпичам).

Более светлый цвет кирпича, чем у эталона, глухой звук при ударе по кирпичу молотком указывает на наличие **недожога**.

Пережог кирпича характеризуется откалыванием и вспучиванием, имеет бурый цвет и, как правило, искривлен.

Недожженный и пережженный кирпич являются браком.

После внешнего осмотра кирпич измеряют по длине, ширине, толщине, определяют искривление поверхностей и ребер, длину трещин. Допускаемые отклонения размеров кирпича не должны превышать по длине ± 5 , ширине ± 4 , толщине ± 3 мм.

Кирпич должен иметь форму прямоугольного параллелепипеда с прямыми ребрами и углами, с четкими гранями и ровными лицевыми поверхностями. Искривление поверхностей и ребер, отбитость или притупленность ребер и углов устанавливают с помощью металлического угольника и линейки с точностью до 1 мм. Кирпич укладывают на ровный стол.

К проверяемой поверхности прикладывают ребром металлическую линейку или треугольник так, чтобы выявить максимальное значение прогиба поверхности. По форме и внешнему виду кирпича стандартом допускается следующие отклонения: искривление граней и ребер кирпича по постели – не более 3 мм и по ложу – не более 4 мм; сквозные трещины на ложковых гранях на всю толщину кирпича протяженностью по ширине кирпича до 30 мм включительно – не более одной (кирпич, имеющий сквозную трещину более 30 мм, относится к половняку); отбитость или притупленность ребер и углов размером по длине ребра не более 15 мм – не выше двух. Известковые включения (дутики), вызывающие разрушения кирпича, не допускаются.

3.3 Определение водопоглощения

Испытания керамических материалов (кирпича, плиток) на водопоглощение производят в соответствии с требованиями ГОСТ на эти материалы.

Испытание кирпича на водопоглощение производят путем насыщения образцов (целого кирпича или его половинок) в воде с температурой 15–20°C 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°C до постоянной массы. Массу образца считают постоянной, если разница в весе через 3 часа составляет не более 0,2%.

Образцы-кирпичи укладывают тычком на дно сосуда с водой. Образцы выдерживают в воде в течении 48 ч, после че-

го их вынимают из сосуда, обтирают влажной тканью и немедленно взвешивают.

Водопоглощение по массе и по объему определяют по следующим формулам:

$$W_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%, (3.1)$$

где W_m – водопоглощение по массе, проценты;

m_1 – масса образца в сухом состоянии, г;

m_2 – масса образца в насыщенном водой состоянии, г.

$$W_V = \frac{m_2 - m_1}{V_E \cdot \rho_B} 100 \%, (3.2)$$

где W_V – водопоглощение по объему, проценты;

m_1 – масса образца в сухом состоянии, г;

m_2 – масса образца, насыщенного водой, г;

V_E – объем образца в естественном состоянии (с порами), см³;

ρ_B – истинная плотность воды, равная 1 г/см³.

Водопоглощение по массе кирпича керамического должно быть не менее 8%, исходя из создания необходимой открытой пористости на поверхности кирпича для обеспечения достаточного адгезионного сцепления в конструкции.

Ускоренное определение водопоглощения кирпича проводят кипячением в воде в течение 4 ч.

Водопоглощение не должно быть для полнотелого кирпича менее 8%, для пустотелых изделий – менее 6 %.

3.4 Определение марки кирпича

Марку кирпича определяют по пределу прочности при сжатии и изгибе испытанных образцов.

Определение предела прочности при сжатии

Для определения предела прочности при сжатии $R_{сж}$ отобранные для испытания 10 кирпичей соединяют по два кирпича постелями с помощью цементного теста.

Для склейки двух целых кирпичей на гладкую, горизонтально установленную плоскость кладут стекло, покрытое смоченной бумагой, и по бумаге расстилают цементное тесто слоем 3 мм. Затем целый кирпич постелью укладывают на цементное тесто и слегка прижимают, после чего верхнюю поверхность кирпича покрывают тем же цементным тестом и на него укладывают второй кирпич, слегка прижимая.

Верхнюю поверхность второго кирпича также покрывают цементным тестом и прижимают стеклом со смоченной бумагой. Излишки цементного теста срезают, и края слоев выравнивают ножом.

Приготовленные таким образом 5 образцов хранят во влажных условиях 3–4 суток для затвердения цементного теста, после чего их испытывают на сжатие.

Допускается испытание кирпича в образцах, состоящих из двух половинок, соединенных цементным тестом так же, как и целые кирпичи (рисунок 3.3).

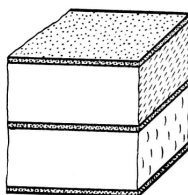


Рисунок 3.3 – Образцы для определения прочности при сжатии

Перед испытанием проверяют угольником параллельность поверхностей, покрытых затвердевшим цементным тестом, измеряют с точностью до 1 см^2 площадь поперечного сечения образца, равную произведению результатов двух взаимно перпендикулярных измерений по плоскости склейки кирпичей.

Значение разрушающего усилия фиксируется стрелкой силоизмерителя пресса (рисунок 3.4).

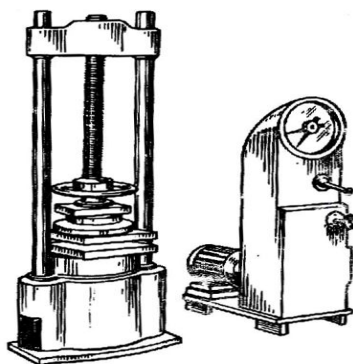


Рисунок 3.4 – Испытательный пресс

Предел прочности при сжатии $R_{сж}$ образцов вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{b \cdot h}, (3.3)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;
 b – ширина образца, м;
 h – высота образца, м.

Среднее значение предела прочности при сжатии $R_{сж}$ вычисляют как среднее арифметическое из результатов испытаний 5-ти образцов.

Определение предела прочности при изгибе

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ определяют путем испытания на гидравлическом прессе целого кирпича, уложенного плашмя на две опоры, расположенные на расстоянии 200 мм друг от друга (рисунок 3.5).

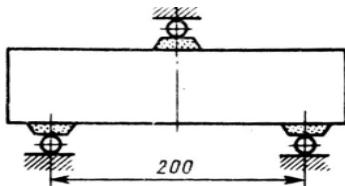


Рисунок 3.5 – Образец для определения прочности при изгибе

Опоры должны иметь закругления радиусом 10–15 мм. Нагрузку передают на середину кирпича через опору с таким же закруглением. Для более плотного правильного прилегания образца к опорам на кирпиче по уровню укладывают три полоски из цементного теста шириной 20–30 мм: две полоски в местах опирания на нижние опоры, одну под верхнюю опору. Подготовленные образцы выдерживают 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.

Предел прочности при изгибе $R_{изг}$ образцов вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3P \cdot \ell}{2b \cdot h^2}, (3.4)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;
 ℓ – расстояние между опорами, м;
 b – ширина образца, м;
 h – высота образца, м.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое из пяти определений. По среднему и минимальному значениям прочности отдельных образцов определяют марку кирпича (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Марка кирпича в зависимости от его прочности

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 отдельного образца
Пластический	300	30,0	25,0	4,4	2,2
	250	25,0	20,0	3,9	2,0
	200	20,0	17,5	3,4	1,7
	175	17,5	15,0	3,1	1,5
	150	15,0	12,5	2,8	1,4
	125	12,5	10,0	2,5	1,2
	100	10,0	7,5	2,2	1,1
	75	7,5	5,0	1,8	0,9
Полусухой	300	30,0	25,0	3,4	1,7
	250	25,0	20,0	2,9	1,5
	200	20,0	17,5	2,5	1,3
	175	17,5	15,0	2,3	1,1
	150	15,0	12,5	2,1	1,0
	125	12,5	10,0	1,9	0,9
	100	10,0	7,5	1,6	0,8
	75	7,5	5,0	1,4	0,7

4 ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ

4.1 Строительный гипс

Строительным гипсом (ГОСТ 125) называют воздушное вяжущее вещество, получаемое путем термической обработки природного двуводного гипса при температуре 150–180°C до превращения его в полуводный гипс с последующим помолом в тонкий порошок. Цвет гипса зависит от количества примесей в гипсовом камне и от степени измельчения.

Строительный гипс – быстросхватывающееся и быстротвердеющее вяжущее, применяемое 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 16 кг. Отобранную пробу тщательно смешивают и квартованием делят на две равные части по 6–7 кг каждая, одну из которых передают в лабораторию на испытание.

4.2 Определение тонкости помола строительного гипса

Тонкость помола гипса T_f – это отношение массы остатка на сите № 02 m_{02} к массе просеиваемой навески гипса m_f в процентах:

$$T_f = \frac{m_{02}}{m_f} 100 \%, (4.1)$$

где T_f – тонкость помола гипса, проценты;

m_{02} – масса остатка гипса на сите № 02, г;

m_f – масса навески просеиваемого гипса, г.

Для этого отобранную пробу гипса насыпают ровным слоем в плоскодонную фарфоровую чашу и просушивают в сушильном шкафу в течение 1 ч при температуре 50–55°C. На технических весах отвешивают с точностью до 0,1 г навеску гипса в количестве 50 г. Навеску насыпают на сито с сеткой №

02 (величина размера ячейки равна 0,2 мм) и, закрыв крышкой, производят просеивание вручную или на приборе для механического просеивания (рисунок 4.1). Длительность просеивания обычно составляет 5–7 мин.

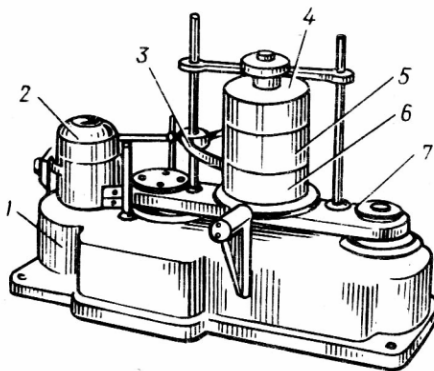


Рисунок 4.1 – Сито механическое:

1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – кулачки; 4 – набор сит; 5 – сито рабочее № 02; 6 – емкость для просева; 7 – шатунно-эксцентриковый механизм

Тонкость помола гипса определяют в процентах с погрешностью не более 0,1%. За величину тонкости помола принимают среднее арифметическое результатов *двух* испытаний. Тонкость помола является характеристикой *дисперсности* строительного гипса. В зависимости от тонкости помола строительный гипс делят на три вида (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Виды гипса в зависимости от тонкости помола

Вид вяжущего	Индекс степени помола	Максимальный остаток на сите с размерами ячеек в свету 0,2 мм, %, не более
Грубого помола	I	23
Среднего помола	II	14
Тонкого помола	III	2

4.3 Определение нормальной густоты гипсового теста

Нормальная густота гипсового теста $НГ_{г}$ – это отношение массы воды $m_{в}$ к массе гипса $m_{г}$ для получения гипсового теста нормальной (стандартной) вязкости:

$$НГ_{г} = \frac{m_{в}}{m_{г}} 100 \%, (4.2)$$

где $НГ_{г}$ – нормальная густота гипсового теста, проценты;

$m_{в}$ – масса воды, г;

$m_{г}$ – масса гипса, г.

Для определения нормальной густоты теста отвешивают 300 г гипса, высыпают его в сферическую чашку (рисунок 4.2) с заранее отмеренным количеством воды в пределах 150–200 мл и ручной мешалкой (рисунок 4.2, б) перемешивают в течение 30 с, начиная отсчет времени от начала введения гипса в воду.

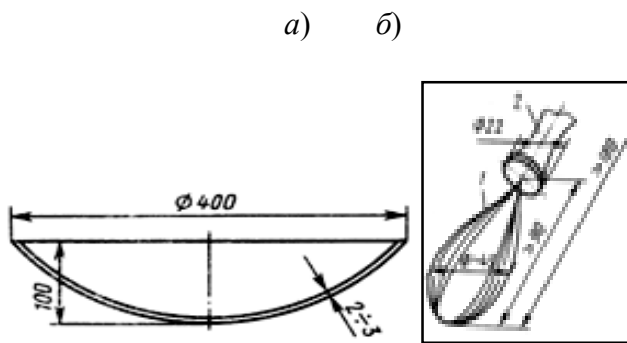


Рисунок 4.2 – Оборудование для приготовления гипсового теста:

a – сферическая чаша; $б$ – ручная мешалка:

1 – петля (более 3); 2 – ручка

Нормальную густоту определяют с помощью медного или латунного цилиндра – **вискозиметра Суттарда**, имеющего высоту 100 мм и внутренний диаметр 50 мм. На стекле диаметром 240 мм или на бумаге под стеклом наносят ряд концентрических окружностей диаметром 150–200 мм, причем окружности диаметром от 170 до 190 мм наносят через 5 мм, а остальные – через 10 мм. Перед испытанием цилиндр и стекло протирают влажной тканью. Стеклянную пластинку кладут строго горизонтально, а цилиндр устанавливают в центре концентрических окружностей (рисунок 4.3, а).

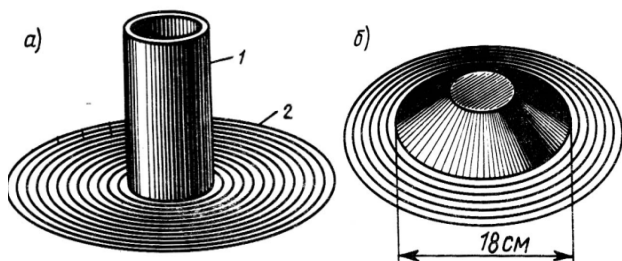


Рисунок 4.3 – Определение нормальной густоты гипсового теста:
а – прибор перед испытанием: 1 – вискозиметр Суттарда; 2 – стекло с концентрическими окружностями; б – расплыв гипсового теста на стекле

После окончания перемешивания цилиндр, установленный в центре стекла, заполняют гипсовым тестом, излишки которого срезают линейкой. Через 45 с, считая от начала введения гипса в воду, или через 15 с после окончания перемешивания цилиндр быстро поднимают вертикально и отводят в сторону, при этом гипсовое тесто расплывается на стекле (рисунок 4.3, б). Диаметр расплыва определяют по концентрическим окружностям или измеряют линейкой в двух перпендикулярных направлениях с погрешностью не более 5 мм и вычисляют среднее арифметическое значение.

Стандартная консистенция (нормальная густота) НГ_Г характеризуется диаметром расплыва, равного (180 ± 5) мм. Ес-

ли диаметр расплыва теста не соответствует (180 ± 5) мм, испытания повторяют с измененной массой воды m_B .

Нормальная густота является мерой водопотребности строительного гипса. В процессе схватывания гипса только 28% воды химически связывается, остальная вода, испаряясь, формирует открытую пористость в гипсовом камне. Поэтому, чем меньше водопотребность гипса, тем более плотный камень можно получить при одинаковом расходе воды.

4.4 Определение сроков схватывания гипсового теста

Сроки схватывания для гипсового теста нормальной густоты определяют с помощью **прибора Вика** (рисунок 4.4), который состоит из станины 1, подвижного металлического

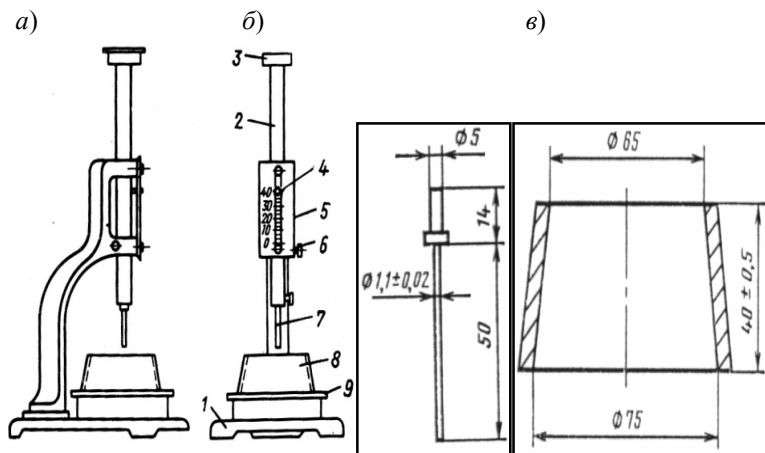


Рисунок 4.4 – Оборудование для определения сроков схватывания гипсового теста:

- a* – прибор Вика: 1) станина; 2) стержень; 3) площадка; 4) стрелка; 5) шкала; 6) зажимной винт; 7) игла; 8) кольцо; 9) пластинка;
б – стальная игла; *в* – кольцо для теста

стержня 2 с площадкой 3 для добавочного груза, кольца в виде усеченного конуса 8, стеклянной пластинки 9. Для закрепления стержня на требуемой высоте служит зажимной винт 6.

Стержень снабжен указательной стрелкой 4 для отсчета перемещения его относительно прикрепленной к станине шкале 5 с делениями от 0 до 40 мм. В нижней части подвижного стержня закрепляют сальную иглу 7 диаметром 1,1 мм и длиной 50 мм (рисунок 4.5, а).

Перед началом испытания проверяют свободное падение металлического стержня, чистоту иглы, положение стрелки, которая должна быть установлена на 0, если игла упирается в пластинку. Масса стержня с иглой составляет 300 г.

Кольцо и пластинку перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла.

Затем в металлическую чашку наливают такое количество воды, которое соответствует *нормальной густоте теста*, приготовленного из 300 г гипса.

Отвешенные 300 г гипса засыпают в воду и в течении 30с равномерно перемешивают смесь ручной мешалкой.

Кольцо, установленное на стеклянную пластинку, заполняют тестом. Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо с пластинкой 4–5 раз встряхивают путем поднятия и опускания одной из сторон пластинки примерно на 10 мм. После чего излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.

Подвижную часть прибора с иглой устанавливают в такое положение, при котором конец иглы касается поверхности гипсового теста.

Стержень 2 закрепляют зажимным винтом 6, который затем быстро отпускают, давая игле свободно погружаться в гипсовое тесто.

Иглу опускают вместе со стержнем через каждые 30 с, начиная с целого числа минут, при этом каждый раз меняют место внедрения иглы. После каждого погружения 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 два момента: начало и конец схватывания.

Начало схватывания гипсового теста равно периоду времени от момента введения гипса в воду до того момента, когда игла прибора Вика *впервые не доходит* до поверхности пластинки.

Конец схватывания гипсового теста – это промежуток времени от момента введения гипса в воду до момента, когда свободно опущенная игла прибора Вика погружается в тесто *не более чем на 1 мм*. Время начала и конца схватывания выражают числом минут.

Сроки схватывания являются стандартной характеристикой процесса твердения гипсового теста нормальной густоты.

В зависимости от сроков схватывания строительный гипс подразделяется на три вида (таблица 4.2)

Таблица 4.2 – Виды гипсовых вяжущих в зависимости от сроков схватывания

Вид вяжущего	Индекс	Сроки схватывания, мин	
		начало, не ранее	конец, не позднее
Быстротвердеющий	А	2	15
Нормальнотвердеющий	Б	6	30
Медленнотвердеющий	В	20	–

4.5 Определение марки гипса

Марка гипса – это стандартная характеристика прочности гипсового камня в **2-х часовом возрасте**, полученного на основе гипсового **теста нормальной густоты**.

Для оценки марки гипса 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 наливают в чашку воду в количестве, которое соответствует нормальной густоте теста. Гипс в течение 5–20с засыпают в чашку с водой и перемешивают ручной мешалкой в течение 60с до получения однородной массы, которую заливают в форму (рисунок 4.5).

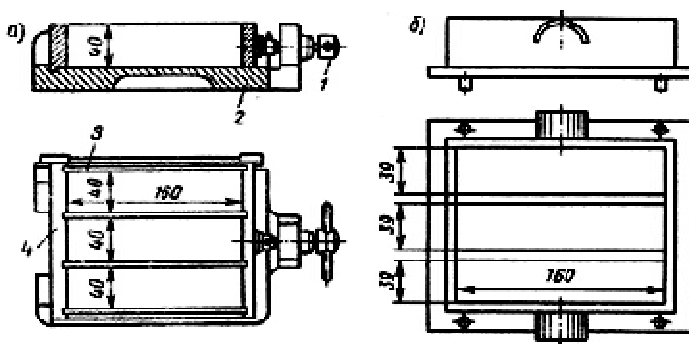


Рисунок 4.5 – Форма металлическая:

а – форма металлическая (вид сбоку и сверху):

1 – зажим; *2* – основание; *3* – боковая пластина; *4* – торцевая пластина;

б – насадка (вид сверху и сбоку)

Предварительно внутреннюю поверхность формы слегка смазывают минеральным маслом. В каждой форме одновременно изготавливают три образца размером 40×40×160 мм. Для удаления вовлеченного воздуха после заливки форму встряхивают 5 раз, для чего ее поднимают за торцовую сторону на высоту 10 мм и опускают. После наступления начала схватывания излишки теста снимают линейкой.

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 грани образцов будут обнаружены дефекты, то испытывать их нельзя.

Через 2 часа после затвердения теста 3 образца-балочки испытывают на изгиб на приборе МИИ-100 (рисунок 4.6).

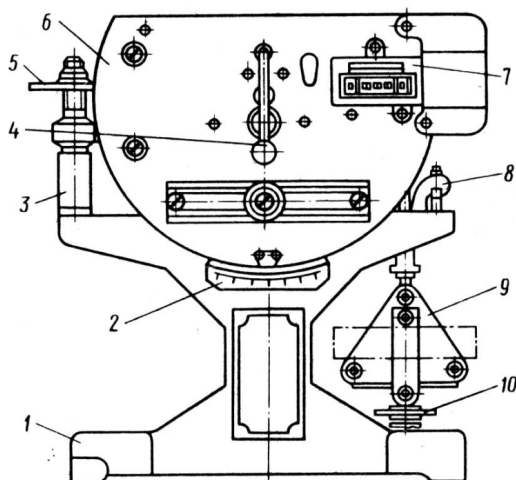


Рисунок 4.6 – Прибор МИИ-100:

- 1 – станина; 2 – шкала; 3, 4, 5 – регулировочные приспособления; 6 – ко-
ромысло; 7 –показывающее и регистрирующее устройство; 8 – подвеска;
9 – обойма с образцом; 10 – устройство для регулирования зазора

Образец-балочку устанавливают на опорные валики изгибающего устройства, чтобы те грани образца, которые при изготовлении его были горизонтальными, находились в вертикальном положении. Расстояния между центрами опорных валиков 100 мм, а передающий нагрузку валик расположен посередине между опорами. Предел прочности при

изгибеобразцов-балочек $R_{изг}$ считается с регистрирующего прибора в кгс/см² или вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3P \cdot \ell}{2b \cdot h^2}, (4.3)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;
 ℓ – расстояние между опорами, м;
 b – ширина образца, м;
 h – высота образца, м.

Предел прочности при изгибе образцов, изготовленных из гипсового теста, вычисляют как среднее арифметическое испытаний 3-х образцов.

Для передачи нагрузки на половинки балочек используют стандартные пластинки размером 40×62,5 мм и площадью 25 см² (рисунок 4.7, а). Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, совпадали с рабочими поверхностями, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца (рисунок 4.7, б).

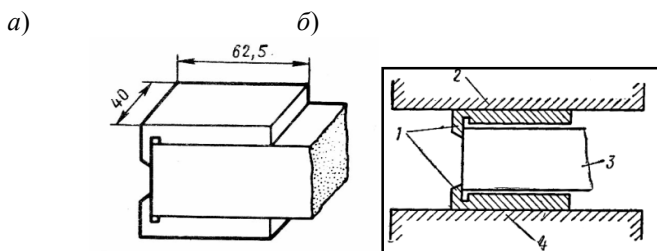


Рисунок 4.7 – Определение предела прочности при сжатии
 а – стандартные пластинки с половинкой балочки; б – схема испытания:
 1 – стандартные пластинки; 2 – верхняя плита прессы; 3 – образец;
 4 – нижняя плита прессы

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 должна быть $(1 \pm 0,5)$ МПа/с.

Предел прочности при сжатии каждого образца равен частному от деления значения разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластинки, равную 25 см².

Предел прочности образца $R_{сж}$ вычисляют с точностью до 1 МПа (9,8 кгс/см²) по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, (4.4)$$

где $R_{сж}$ – предел прочности образца, кПа (кгс/см²);

P – разрушающее усилие пресса, кН (кгс);

F – площадь поперечного сечения образца, м² (см²).

За окончательный результат принимают среднее арифметическое из 4-х значений испытания 6-ти образцов-половинок (без наибольшего и наименьшего результатов). Полученные результаты сравнивают с данными таблицы 4.3.

Таблица 4.3 – Марка гипсового вяжущего в зависимости от пределов прочности на сжатие и изгиб

Марка гипса	Предел прочности образцов-балочек размером 40×40×160 мм в возрасте 2 час, МПа, не менее		Марка гипса	Предел прочности образцов-балочек размером 40×40×160 мм в возрасте 2 час, 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	2,0	Г-16	16	6,0
Г-5	5	2,5	Г-19	19	6,5
Г-6	6	3,0	Г-22	22	7,0
Г-7	7	3,5	Г-25	25	8,0

5 ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ

5.1 Портландцемент

Портландцемент (ГОСТ 10178) – продукт тонкого помола *клинкера*, получаемого в результате обжига до спекания сырьевой смеси, содержащей карбонатные и глинистые породы в соотношении 3:1 (по массе).

При помоле в клинкер вводят до 0,5% строительного гипса для замедления начала схватывания и другие добавки для обеспечения специальных свойств вяжущего.

Клинкер – это искусственный камень, полученный спеканием горных пород. *Минералогический состав* клинкера: трех-кальциевый силикат $3CaO \cdot SiO_2$; двух-кальциевый силикат $2CaO \cdot SiO_2$; трех-кальциевый алюминат $3CaO \cdot Al_2O_3$; четырех-кальциевый алюмоферрит $4CaO \cdot Al_2O_3 \cdot Fe_2O_3$. *Химический состав* клинкера должен находиться в следующих пределах: CaO - 63–66%; SiO_2 - 21–24%; Al_2O_3 - 4–8%; Fe_2O_3 - 2–4%; сумма этих окислов должна составлять 95–97%.

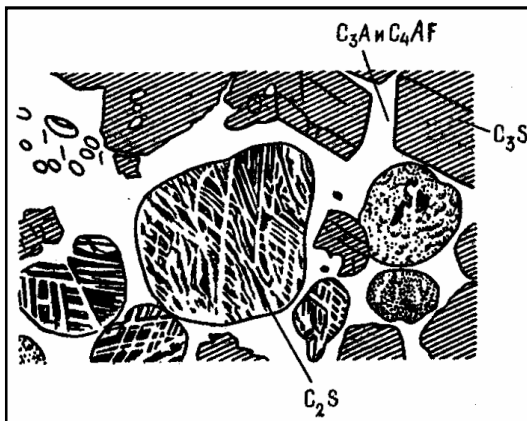


Рисунок 5.1 – Микрофотография протравленного шлифа портландцементного клинкера

По **вещественному составу** цемент подразделяют на следующие виды:

портландцемент (без минеральных добавок);

портландцемент с добавками (с активными минеральными добавками не более 20 %);

шлакопортландцемент (с добавками гранулированного шлака более 20 %).

По **прочности при сжатии** в 28-суточном возрасте цемент подразделяют на марки:

портландцемент– 400, 500, 550 и 600;

шлакопортландцемент–300, 400 и 500;

портландцемент быстротвердеющий– 400 и 500;

шлакопортландцементбыстротвердеющий– 400.

Таблица 5.1 – Обозначение вида цемента в зависимости от вида и количества добавок

Обозначение вида цемента	Активные минеральные добавки, % по массе			
	всего	в том числе		
		Доменныегранулиро- ванные и электротермо- фосфорные шлаки	осадочного происхождения, кроме глиежа	прочие активные, включая глиеж
ПЦ-Д0	Не допускаются			
ПЦ-Д5	До 5 включ.	До 5 включ.	До 5 включ.	До 5 включ.
ПЦ-Д20, ПЦ-Д20-Б	Св.5 до 20 включ.	До 20включ.	До 10 включ.	До 20включ.
ШПЦ, ШПЦ-Б	Св. 20 до 80 включ.	Св.20 до 80 включ.	До 10 включ.	До 10включ.

Условное обозначение цемента должно состоять из:
наименования вида цемента– портландцемент *П*, шлако-
портландцемент *ШПЦ*;
марки цемента;

обозначения максимального содержания добавок в портландцементе: *Д0, Д5, Д20*;

обозначения быстротвердеющего цемента – *Б*;

обозначения пластификации и гидрофобизации цемента – *ПЛ, ГФ*;

обозначения цемента, полученного на основе клинкера нормированного состава, *Н*;

обозначения настоящего стандарта.

Пример условного обозначения портландцемента марки 400, с добавками до 20%, быстротвердеющего, пластифицированного – *Портландцемент 400-Д20-Б-ПЛ ГОСТ 10178-85*.

Для контрольной проверки качества цемента от каждой партии (размер партии 2000 т) цемента отбирают общую пробу массой 10 кг. Пробы цемента доставляют в лабораторию в герметичной таре и хранят до испытания в сухом помещении.

5.2 Определение тонкости помола

Тонкость помола портландцемента $T_{ц}$ – это отношение массы остатка на сите № 008 m_{008} к массе просеиваемой навески цемента $m_{г}$ в процентах:

$$T_{ц} = \frac{m_{008}}{m_{г}} 100 \% \leq 15 \%, (5.1)$$

где $T_{ц}$ – тонкость помола портландцемента, проценты;

m_{008} – масса остатка портландцемента на сите № 008, г;

$m_{г}$ – масса навески просеиваемого портландцемента, г.

При использовании прибора для механического просеивания (рисунок 5.3) отвешивают 50 г цемента с точностью до 0,05 г и высыпают его на сито. Закрыв сито крышкой, устанавливают его в прибор для механического просеивания.

Через 5–7 мин от начала просеивания останавливают прибор, осторожно снимают доньшко и высыпают из него прошедший через сито цемент, прочищают сетку с нижней стороны мягкой кистью, вставляют доньшко и продолжают просеивание.

Операцию просеивания считают законченной, если при контрольном просеивании через сито проходит не более 0,05 г цемента.

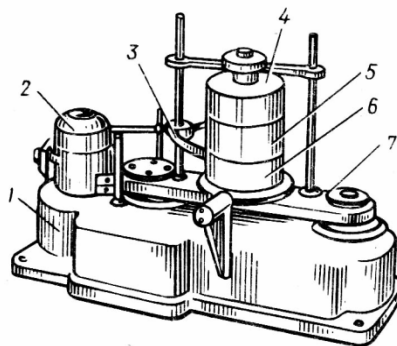


Рисунок 5.3 – Сито механическое:

- 1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – кулачки; 4 – набор сит;
5 – сито рабочее №008; 6 – емкость для просева;
7 – шатунно-эксцентриковый механизм

Если отсутствует прибор для механического просеивания, навеску просеивают через сито №008 вручную. Контрольное просеивание выполняют вручную при снятом доньшке на бумагу в течение 1 мин.

Тонкость помола является характеристикой *дисперсности* цемента.

Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании его через сито с сеткой № 008 остаток на сите был не более 15%.

5.3 Определение нормальной густоты цементного теста

Нормальная густота цементного теста $НГ_{ц}$ – это отношение массы воды m_B к массе цемента $m_{ц}$ для получения цементного теста нормальной (стандартной) вязкости:

$$НГ_{ц} = \frac{m_B}{m_{ц}} 100 \%, (5.2)$$

где $НГ_{ц}$ – нормальная густота цементного теста, проценты;
 m_B – масса воды, г;
 $m_{ц}$ – масса портландцемента, г.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г цемента, высыпают его в сферическую металлическую чашу (рисунок 5.4, а), предварительно протертую влажной тканью.

Затем в цементе делают углубление, куда в один прием вливают предварительно отмеренную, в количестве, необходимом для получения цементного теста нормальной густоты, воду. Количество воды для первого пробного затвердения может быть принято 110–112 см³.

а)

б)

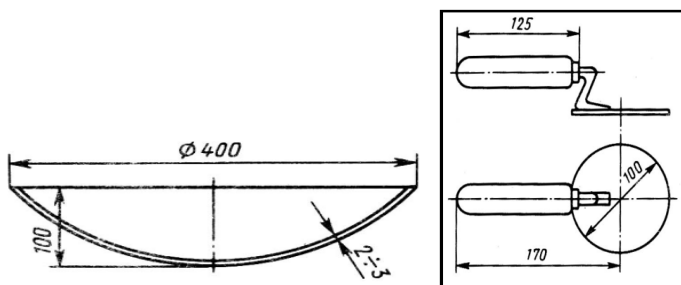


Рисунок 5.4 – Оборудование для приготовления цементного теста:
а – чаша; б – лопатка

Углубление, в которое была налита вода, с помощью стальной лопатки (рисунок 5.4, б) заполняют цементом и через 30 с после этого осторожно перемешивают, а затем энергично растирают тесто лопаткой во взаимно перпендикулярных направлениях, периодически поворачивая чашу на 90° .

Продолжительность перемешивания с момента введения воды в цемент – 5 мин.

Нормальную густоту определяют по ГОСТ 310.3 на приборе Вика (рисунок 5.5, а), в котором вместо иглы используют металлический пестик диаметром 10 мм (рисунок 5.5, б).

Масса подвижного стержня прибора вместе с пестиком должна быть (300 ± 2) г. Перед началом испытания проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на нуле при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

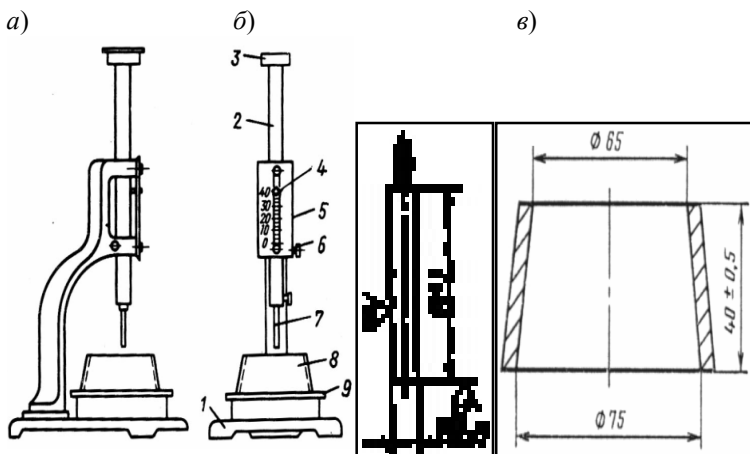


Рисунок 5.5 – Оборудование для определения нормальной густоты цементного теста:

- а – прибор Вика: 1 – станина; 2 – стержень; 3 – площадка; 4 – стрелка; 5 – шкала; 6 – зажимной винт; 7 – игла; 8 – кольцо; 9 – пластинка;
 б – пестик (увеличено); в – кольцо (увеличено)

После окончания перемешивания цементное тесто укладывают в один прием в кольцо (рисунок 5.5, в), которое 5–6 раз встряхивают, постукивая пластинкой с прижатым к ней кольцом о поверхность стола. Избыток цементного теста срезают ножом.

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 зажимной винт, и стержень вместе с пестиком свободно погружается в тесто. Через 30 с от 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 цементное тесто, останавливается 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 выражают в процентах от массы цемента с точностью до 0,25%.

Нормальная густота является мерой водопотребности портландцемента.

5.4 Определение сроков схватывания цементного теста

Сроки схватывания определяют с помощью прибора Вика (рисунок 5.6, в), но вместо пестика вставляют иглу сечением 1 мм^2 (диаметр иглы 1,1 мм) и длиной 50 мм (рисунок 5.4, з).

С целью сохранения подвижной массы прибора на верхнюю часть стержня устанавливают дополнительный груз (входит в комплект прибора), чтобы масса стержня с иглой составляла (300 ± 2) г. Перед опытом кольцо и пластинку смазывают тонким слоем машинного масла.

Цементное тесто *нормальной густоты* приготавливают по методике, изложенной выше, с использование оборудования (рисунок 5.6, а, б), в котором компоненты перемешивают. Сразу после приготовления тесто помещают в кольцо прибора Вика, установленное на стеклянной или металлической пластинке, слегка встряхивают 5–6 раз для удаления воздуха. Избыток теста снимают ножом и поверхность выравнивают.

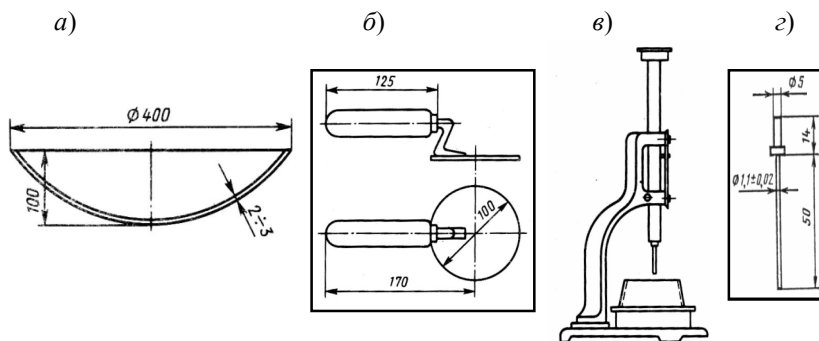


Рисунок 5.6 – Оборудование для определения сроков схватывания цементного теста нормальной густоты:

а – чаша; б – лопатка; в – прибор Вика; г – игла

Кольцо с цементным тестом устанавливают на столик прибора, опускают стержень до соприкосновения иглы с поверхностью теста и закрепляют стержень винтом, затем освобождают стержень и игла должна свободно погружаться в тесто.

В начале испытания, пока тесто находится в пластичном состоянии, во избежание сильного удара иглы о пластинку и ее изгиба, рекомендуется слегка задерживать подвижный стержень прибором рукой.

Как только тесто загустеет настолько, что опасность повреждения иглы будет исключена, стержень с иглой опускается свободно. Момент начала схватывания должен быть определен при свободном опускании иглы.

Иглу погружают в тесто через каждые 5 мин. в последующее время, передвигая кольцо после каждого погружения для того, чтобы игла не попадала в одно и то же место. После каждого погружения иглу вытирают, удаляя остатки цементного теста.

Началом схватывания цементного теста считается период времени, прошедший с момента введения воды до того момента, когда игла прибора Вика впервые не дойдет до поверхности пластинки на 1–2 мм.

Концом схватывания цементного теста считается период времени от введения воды до того момента, когда игла прибора Вика впервые опустится в тесто не более чем на 2 мм.

Сроки схватывания являются стандартной характеристикой процесса твердения цементного теста нормальной густоты.

Начало схватывания цемента должно наступать **не ранее 45 мин** от начала затворения.

Конец схватывания – цемента должен наступать **не позднее 10 ч** от начала затворения.

5.5 Определение марки цемента

Марка цемента – это стандартная характеристика прочности цементно-песчаного раствора нормальной консистенции после 28-ми суток твердения в нормальных (стандартных) условиях.

Предел прочности при сжатии и изгибе через 28 суток твердения характеризует марку цемента. Для испытания изготавливают образцы размером 40×40×160 мм из цементно-песчаного раствора состава 1:3.

В качестве мелкого заполнителя используется **стандартный песок** по ГОСТ 6139 – кварцевый природный песок с нормированным зерновым и химическим составом, предназначенный для испытаний цемента.

5.6 Определение нормальной консистенции цементно-песчаного раствора

Нормальная консистенция цементно-песчаного раствора $НК_{ц}$ – это отношение массы воды m_B к массе цемента $m_{ц}$, при котором цементно-песчаный раствор приобретает нормальную (стандартную) вязкость, которая определяется по стандартной методике.

$$НК_{ц} = \frac{m_B}{m_{ц}}, (5.3)$$

где $НК_{ц}$ – нормальная консистенция цементно-песчаного раствора;
 m_B – масса воды, г;
 $m_{ц}$ – масса портландцемента, г.

Методика приготовления цементного раствора с помощью чаши и лопатки

Отвешивают 500 г цемента и 1500 г нормального вольско-го песка, высыпают их в сферическую чашку (рисунок 5.7, а) и перемешивают цемент с песком лопаткой (рисунок 5.7, б) в течение 1 мин.

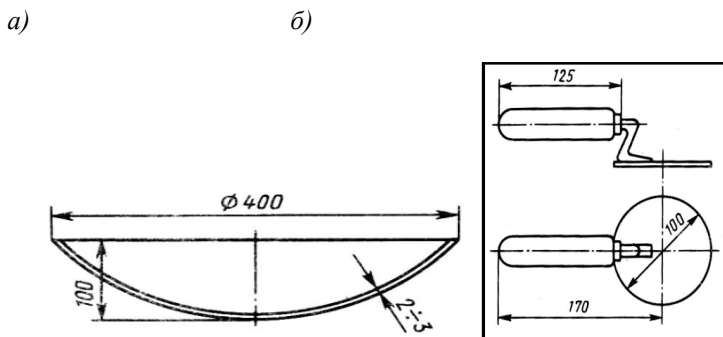


Рисунок 5.7 – Оборудование для приготовления цементно-песчаного раствора нормальной консистенции:

а – чаша; б – лопатка

Затем в центре сухой смеси делают углубление и вливают в него 200 г воды ($B/C = 0,4$). После того смесь, тщательно растирая, перемешивают в течение 5 мин.

Методика приготовления цементного раствора с помощью чаши и лопастной лопатки

Компоненты загружают в предварительно протертую влажной тканью чашу лопастной мешалки (рисунок 5.8) в следующей последовательности: песок, вода, цемент. Чашу устанавливают на мешалку и производят перемешивание в течение (120 ± 10) с.

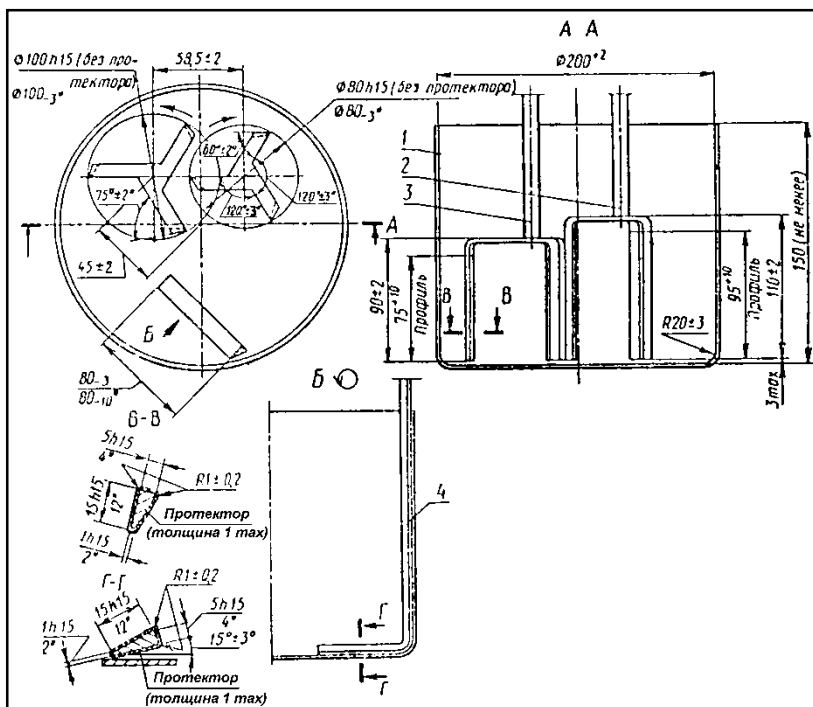


Рисунок 5.8 – Схема лопастной мешалки

По окончании перемешивания определяют консистенцию раствора с помощью конуса и встряхивающего столика (рисунок 5.9).

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 (рисунок 5.9, б).

Нижний слой штыкуют 15 раз, а верхний – 10 раз. Во время укладки и уплотнения раствора конус прижимают рукой к стеклянному диску.

Затем снимают надставку конуса, излишек раствора срезают ножом и форму-конус медленно поднимают. Вращая рукоятку маховика, встряхивают столик 30 раз в течение 30 с. При этом конус цементного раствора расплывается. Затем измеряют *распływ конуса* по нижнему основанию в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

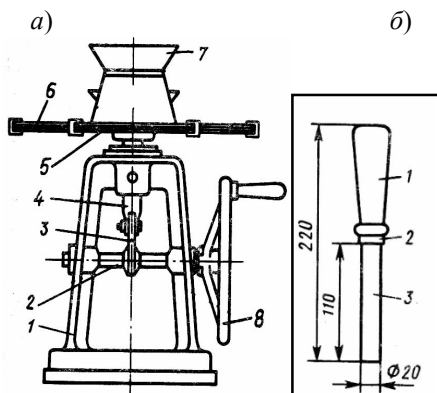


Рисунок 5.9 – Оборудование для определения нормальной консистенции цементно-песчаного раствора:

а – встряхивающий столик: 1 – станина; 2 – вал;

3 – кулачок; 4 – ось; 5 – горизонтальный диск;

б – лист зеркального стекла; 7 – форма-конус; 8 – маховик;

б – штыковка (увеличено): 1 – ручка; 2 – кольцо; 3 – стержень

Консистенцию строительного раствора считают нормальной, если распływ конуса оказался равным 106–115 мм. При меньшем или большем распльве конуса раствор затворяют вновь с большим или меньшим количеством воды, добиваясь требуемого диаметра распльва. Водопотребность раствора нормальной консистенции выражают в виде водоцементного отношения (В/Ц); его записывают в журнал и в дальнейшем используют для изготовления образцов-балочек.

***Методика приготовления образцов-балочек
из цементно-песчаного раствора нормальной
консистенции***

Образцы-балочки формируют в трехгнездовых металлических формах (рисунок 5.10, а, б). Форму собирают, внутреннюю поверхность стенок и поддона смазывают машинным маслом. На форму помещают насадку (рисунок 5.10, в) и заполняют форму раствором.

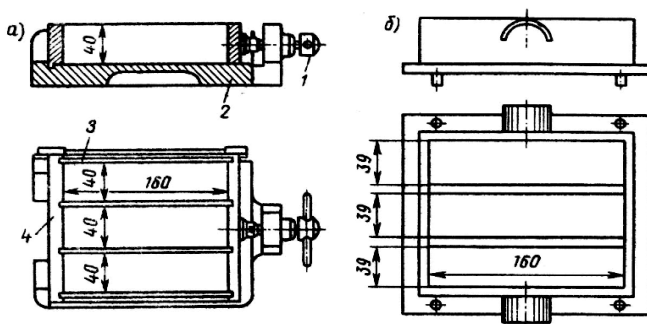


Рисунок 5.10 – Форма металлическая:

- а – форма металлическая (вид сбоку и сверху): 1 – зажим;
2 – основание; 3 – боковая пластина; 4 – торцевая пластина;
б – насадка (вид сверху и сбоку):

На каждый намеченный срок испытания изготавливают 3 образца. Для уплотнения раствора подготовленную форму с

насадкой закрепляют на стандартной лабораторной виброплощадке (рисунок 5.10) и включают лабораторную виброплощадку на 3 мин.

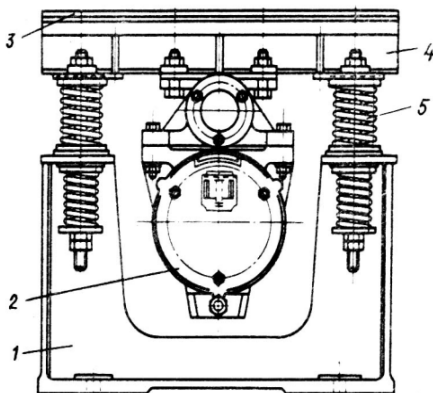


Рисунок 5.11 – Виброплощадка лабораторная:
1 – станина; 2 – электродвигатель; 3 – площадка; 4 – рама;
5 – пружина

После этого излишек раствора срезают, заглаживают поверхность образцов вровень с краями формы и образцы маркируют. Образцы в формах хранят *над водой* в ванне с гидравлическим затвором (рисунок 5.12) в течение (24 ± 2) ч. Затем образцы расформовывают и укладывают *в ванну с водой* с температурой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, где хранят до момента испытания.

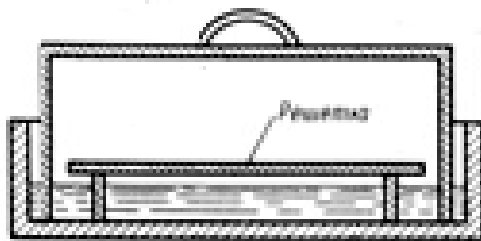


Рисунок 5.12 – Ванна с гидравлическим затвором

5.7 Определение пределов прочности образцов-балочек на изгиб и сжатие

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

Образцы-балочки испытывают на изгиб с помощью прибора МИИ-100 (рисунок 5.13, а).

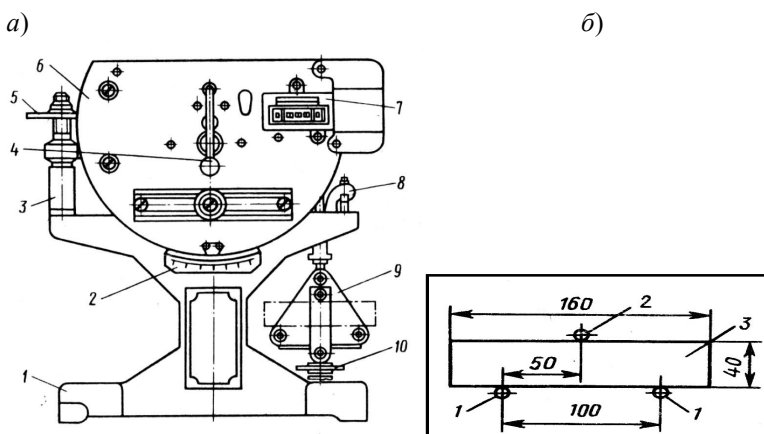


Рисунок 5.13 – Прибор МИИ-100:

а – схема прибора МИИ-100: 1 – станина; 2 – шкала;
3, 4, 5 – регулировочные приспособления; 6 – коромысло;
7 – показывающее и регистрирующее устройство; 8 – подвеска; 9 – обойма с образцом; 10 – устройство для регулирования зазора; б – схема нагружения образца-балочки: 1 – нижние опоры; 2 – верхняя опора

Образец-балочку устанавливают на опорные валики изгибающего устройства, чтобы те грани образца, которые при изготовлении его были горизонтальными, находились в вертикальном положении.

Расстояния между центрами опорных валиков 100 мм, а передающий нагрузку валик расположен посередине между опорами. Предел прочности при изгибе образцов-балочек

$R_{изг}$ считается с регистрирующего прибора в кгс/см² или вычисляют по формуле:

$$R_{изг} = \frac{3P \cdot \ell}{2b \cdot h^2}, \quad (5.4)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

ℓ – расстояние между опорами, м;

b – ширина образца, м;

h – высота образца, м.

Предел прочности при изгибе образцов цементного раствора вычисляют как среднее арифметическое из 2-х наибольших результатов испытания трех образцов-балочек.

Предел прочности при сжатии определяют путем испытания из 6-типоловинок балочек, полученных при испытании образцов на изгиб, на гидравлическом прессе (рисунок 5.14).

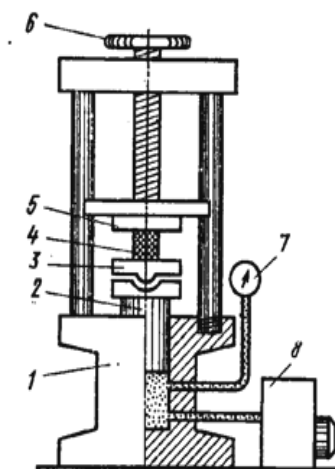


Рисунок 5.14 – Схема гидравлического пресса:

- 1 – станина; 2 – поршень; 3 – нижняя опорная плита на шарнире;
4 – образец для испытания; 5 – верхняя опорная плита; 6 – винтовое приспособление для регулирования расстояния между плитами;
7 – манометр; 8 – масляный насос

Для передачи нагрузки на половинки балочек используют стандартные пластинки размером $40 \times 62,5$ мм и площадью 25 см^2 (рисунок 5.15, а). Каждую половинку балочки помещают между двумя пластинками таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, совпадали с рабочими поверхностями, а упоры пластинок плотно прилегали к торцовой гладкой стенке образца (рисунок 5.15, б).

Нагрузка при испытании должна возрастать непрерывно до разрушения образца. При испытании образца на сжатие скорость увеличения нагрузки должна быть около 5 кН/с .

Предел прочности при сжатии каждого образца равен частному от деления значения разрушающей нагрузки на рабочую площадь пластинки, равную 25 см^2 .

Предел прочности образца $R_{СЖ}$ вычисляют с точностью до 1 МПа ($9,8 \text{ кгс/см}^2$) по формуле:

$$R_{СЖ} = \frac{P}{F}, (5.5)$$

где $R_{СЖ}$ – предел прочности образца, кПа (кгс/см^2);

P – разрушающее усилие прессы, кН (кгс);

F – площадь поперечного сечения образца, м^2 (см^2).

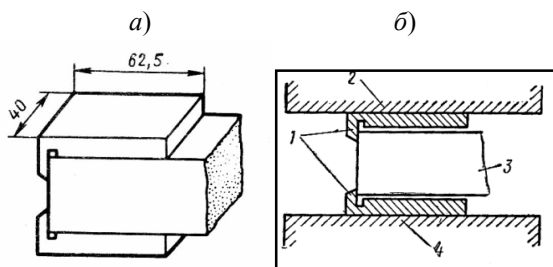


Рисунок 5.15 – Определение предела прочности при сжатии:
а – стандартные пластинки с половинкой балочки; б – схема
испытания: 1 – стандартные пластинки; 2 – верхняя плита
пресса; 3 – образец; 4 – нижняя плита прессы

Предел прочности при сжатии образцов, вычисляют как среднее арифметическое 4-х наибольших результатов шести испытанных образцов и делают заключение о марке испытанного цемента.

Таблица 5.2 – Марка портландцемента в зависимости от предела прочности при изгибе и сжатии

Обозначение вида цемента	Марка	Предел прочности, МПа (кгс/см ²)			
		при изгибе в возрасте, сут		при сжатии в возрасте, сут	
		3	28	3	28
ПЦ-Д0, ПЦ-Д5,	300	–	4,4(45)	–	29,4(300)
ПЦ-Д20, ШПЦ	400	–	5,4(55)	–	39,2(400)
	500	–	5,9 (60)	–	49,0(500)
	550	–	6,1 (62)	–	53,9(550)
	600	–	6,4(65)	–	58,8 (600)
ПЦ-Д20-Б	400	3,9(40)	5,4(55)	24,5(250)	39,2(400)
	500	4,4(45)	5,9(60)	27,5(280)	49,0(500)
ШПЦ-Б	400	3,4(35)	5,4(55)	21,5(220)	39,2(400)

6 МЕЛКИЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ – ПЕСОК

Песок – рыхлая смесь горных пород с размерами частиц от 0,14 мм до 5 мм.

Для приготовления тяжелого бетона используются пески естественные и искусственные, фракционированные и не фракционированные.

По минеральному составу естественные пески подразделяют на кварцевые, кварце-полевошпатовые, карбонатные, смешанные.

Вредными примесями в песках являются глины, которые обволакивают зерна песка и препятствуют сцеплению их с цементным камнем, понижают прочность бетона, повышают водопотребность бетонной смеси и приводят к снижению морозостойкости. Сернистые и сернокислые соединения способствуют коррозии бетона, слюды снижают прочность бетона, т.к. они слабо сцепляются с цементным камнем. Наличие в песке зерен аморфного кремнезема может вызвать щелочную коррозию бетона.

6.1 Определение истинной плотности песка с помощью пикнометра

Плотность песка определяют в пикнометре (рисунок 6.1) емкостью 100 мл с риской на шейке. Пробу песка высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$. 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 высушенных и предварительно взвешенных пикнометра (рисунок 6.1), после чего каждый пикнометр взвешивают.

Затем оба пикнометра с навесками заливают водой, перемешивают содержимое и ставят каждый пикнометр в наклон-

ном положении на песчаную или водяную баню. Содержимое пикнометра кипятят в течении 15–20 мин для удаления пузырьков воздуха.

После удаления воздуха пикнометр обтирают, охлаждают до температуры помещения, доливают до метки дистиллированной водой и взвешивают.

Затем пикнометр освобождают от содержимого, промывают, наполняют до метки дистиллированной водой и снова взвешивают.

Плотность песка определяют с точностью до $0,01 \text{ г/см}^3$.



Рисунок 5.16 – Пикнометр

За окончательный результат принимают среднее арифметическое определений плотности 2-х навесок.

6.2 Определение истинной плотности песка с помощью мерного цилиндра

Для ориентировочного определения плотности материала можно воспользоваться мерным цилиндром емкостью от 100 до 250 см^3 с ценой деления 1 см^3 или 2 см^3 .

В этом случае в цилиндр наливают жидкость на $2/3$ его объема, отмечают уровень по *нижнему мениску* жидкости, затем осторожно высыпают в него навеску песка массой 50 г и вновь отмечают уровень жидкости.

По разности конечного и начального уровней определяют объем высыпаемого в цилиндр песка. Затем по приведенной ниже формуле определяют истинную плотность песка:

$$\rho_t = \frac{m}{V_2 - V_1}, \quad (6.1)$$

где m – навеска песка, г;

V_2 – объем жидкости с песком (по нижнему мениску), см^3 ;

V_1 – первоначальный объем жидкости (по нижнему мениску), см^3 .

За плотность принимают среднее арифметическое плотности испытаний.

6.3 Определение насыпной плотности песка

Насыпная плотность – масса единицы объема песка в естественно-насыпном состоянии:

$$\rho_H = \frac{m}{V_H} \quad (\text{г/см}^3, \text{кг/м}^3), \quad (6.2)$$

где m – масса песка (г, кг, т);

V_H – объем песка в естественно-насыпном состоянии (см^3 , дм^3 , м^3).

Для определения насыпной плотности песка в сухом состоянии среднюю пробу песка массой около 5 кг высушивают в сушильном шкафу при температуре $(110 \pm 5)^\circ\text{C}$ до постоянной массы и просеивают через сито с круглыми отверстиями диаметром 5 мм.

Затем 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 удаляют линейкой. После этого цилиндр с песком взвешивают и вычисляют насыпную плотность.

Окончательный результат вычисляют как среднее арифметическое 2-х определений.

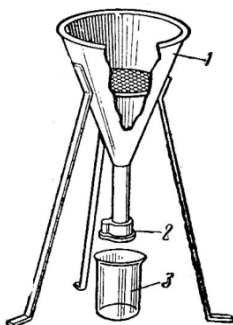


Рисунок 6.2 – Прибор для определения насыпной плотности песка:

1 – металлическая воронка с ситом №5;
2 – шибер; 3 – мерный стакан

Пустотность песка $P_{пуст}$ при естественной влажности определяют по предварительно найденным значениям истинной плотности и насыпной плотности:

$$P_{пуст} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_u} \right) 100 \%, (6.3)$$

где $P_{пуст}$ – пустотность песка, проценты;

ρ_n – насыпная плотность песка, г/см³;

ρ_u – средняя плотность песка, г/см³;

Пустотность песка вычисляют с точностью до 0,1%.

Этот показатель песка необходимо знать для расчета состава бетона, определения плотности песка, а также для расчетов, связанных с перевозкой песка, проектированием складов заполнителей и т.д.

6.4 Определение зернового состава и модуля крупности

Зерновой состав определяют путем рассева песка на стандартном наборе сит.

Аналитическую пробу песка массой не менее 2000 г высушивают до постоянной массы. Высушенную до постоянной массы пробу песка просеивают через сита с круглыми отверстиями диаметрами 10 и 5 мм.

Остатки на ситах взвешивают и вычисляют содержание в песке фракций гравия с размером зерен от 5 до 10 мм (Gp_5) и св. 10 мм (Gp_{10}) в процентах по массе по формулам:

$$a_{10} = \frac{m_{10}}{M} \cdot 100; (6.4)$$

$$a_5 = \frac{m_5}{M} \cdot 100, (6.5)$$

где m_{10} – остаток на сите с отверстиями диаметром 10 мм, г;

m_5 – остаток на сите с отверстиями диаметром 5 мм, г;

M – масса пробы, г.

Из части пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм, отбирают навеску массой не менее 1000 г для определения зернового состава песка.

Подготовленную навеску песка просеивают через набор сит с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и с сетками № 1,25; 063; 0315 и 016.

Просеивание производят механическим или ручным способами. Продолжительность просеивания должна быть такой, чтобы при контрольном интенсивном ручном встряхивании каждого сита в течение 1 мин через него проходило не более 0,1% общей массы просеиваемой навески. При механическом просеивании его продолжительность для применяемого прибора устанавливают опытным путем.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания, интенсивно встряхивая каждое сито над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падения зерен песка.

По результатам просеивания вычисляют:

частный остаток на каждом сите (a_i) в процентах по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100, (6.6)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;

M – масса просеиваемой навески, г.

полный остаток на каждом сите (A_i) в процентах по формуле:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, (6.7)$$

где $a_{2,5}, a_{1,25}, a_i$ – частные остатки на соответствующих ситах;

модуль крупности песка (M_K) без зерен размером крупнее 5 мм по формуле:

$$M_K = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{063} + A_{0315} + A_{016}}{100}, (6.8)$$

где $A_{2,5}, A_{1,25}, A_{063}, A_{0315}, A_{016}$ – полные остатки на сите с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм и на ситах с сетками № 1,25; 063; 0315; 016, %.

Результат определения зернового состава песка оформляют в соответствии с таблицей 6.1 или изображают графически в виде кривой просеивания в соответствии с рисунком 6.2.

Таблица 6.1 – Результаты определения зернового состава песка

Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах					Проход через ситос сеткой № 016(014), % по массе
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16 (0,14)	
Частный	$a_{2,5}$	$a_{1,25}$	$a_{0,63}$	$a_{0,315}$	$a_{0,16(0,14)}$	
Полный	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,16(0,14)}$	—

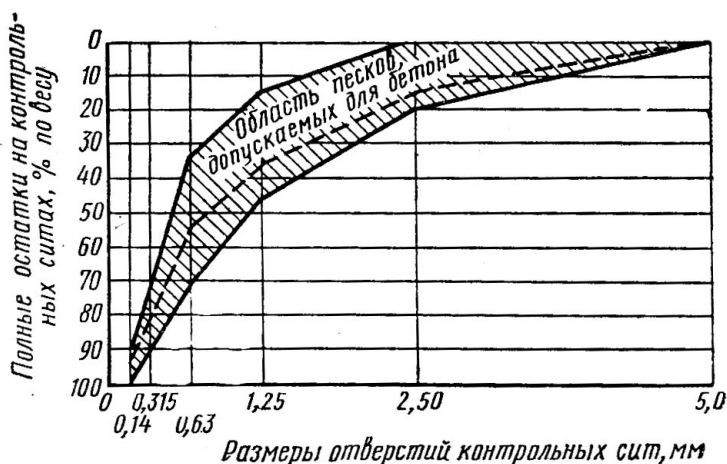


Рисунок 6.2 – Кривая просеивания песка

6.5 Определение содержания глины в комках

Содержание глины в комках определяют путем отбора частиц, отличающихся от зерен песка вязкостью.

Аналитическую пробу песка просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм, берут из нее не менее 100 г песка, высушивают до постоянной массы и рассеивают на ситах с отверстиями диаметром 2,5 мм и с сеткой № 1,25. Из полученных фракций песка отбирают навески массой:

5,0 г – фракции св. 2,5 до 5 мм;

1,0 г – фракции от 1,25 до 2,5 мм.

Каждую навеску песка высыпают тонким слоем на стекло или металлический лист и увлажняют при помощи пипетки. Из навески стальной иглой выделяют комки глины, отличающиеся вязкостью от зерен песка, применяя в необходимых случаях лупу. Оставшиеся после выделения комков зерна песка высушивают до постоянной массы и взвешивают.

Содержание комков глины в каждой навеске песка ($G_{L_{2,5}}$, $G_{L_{1,25}}$) в процентах определяют по формулам:

$$G_{L_{2,5}} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100; \quad (6.9)$$

$$G_{L_{1,25}} = \frac{m_2 - m_3}{m_2} \cdot 100, \quad (6.10)$$

где m_1 , m_2 – массы навески песка фракции соответственно от 2,5 до 5 мм и от 1,25 до 2,5 мм до выделения глины, г;

m_1 ; m_3 – массы зерен песка фракции соответственно от 2,5 до 5 мм и от 1,25 до 2,5 мм после выделения глины, г.

Содержание комков глины в пробе песка (G_L) в процентах вычисляют по формуле:

$$G_L = \frac{a_{2,5} + a_{2,5} + a_{1,25} + a_{1,25}}{100}, \quad (6.11)$$

где $a_{2,5}$, $a_{1,25}$ – частные остатки в процентах по массе на ситах с отверстиями размером 2,5 и 1,25 мм.

6.6 Определение содержания глинистых и пылевидных частиц

Содержание пылевидных и глинистых частиц определяют по изменению массы песка после отмучивания частиц крупностью до 0,05 мм.

Аналитическую пробу песка просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм, песок, прошедший через сито, высушивают до постоянной массы и берут из него навеску массой 1000 г.

Навеску песка помещают в сосуд для отмучивания (рисунок 6.3), заливают водой так, чтобы высота слоя воды над песком была около 200 мм. После этого содержимое снова энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин.

Через 2 мин сливают сифоном полученную при промывке суспензию, оставляя слой над песком высотой не менее 30 мм.

Затем песок снова заливают водой до указанного выше уровня.

Промывку песка в указанной последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки будет оставаться прозрачной.

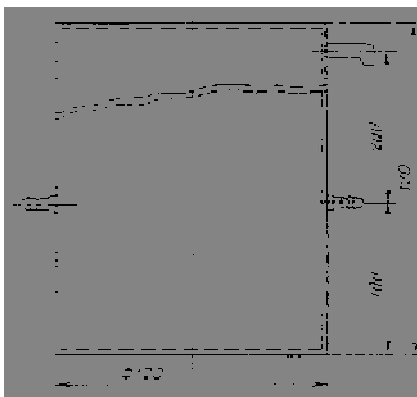


Рисунок 6.3 – Сосуд для отмучивания песка

После отмучивания промытую навеску высушивают до постоянной массы m_1 .

Содержание в песке отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц ($П_{ОТМ}$) в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$П_{ОТМ} = \frac{m - m_1}{m} 100 \%, (6.12)$$

где m – масса высушенной навески до отмучивания, г;
 m_1 – масса высушенной навески после отмучивания, г.

Песок в зависимости от значений нормируемых показателей качества (зернового состава, содержания пылевидных и глинистых частиц) подразделяют на два класса.

В зависимости от зернового состава песок подразделяют на *группы* по крупности:

I класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;

II класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Таблица 6.1 – Значения модуля крупности M_k для групп песка

Группа песка	Модуль крупности M_k
Очень крупный	св. 3,5
Повышенной крупности	св. 3,0 до 3,5
Крупный	св. 2,5 до 3,0
Средний	св. 2,0 до 2,5
Мелкий	св. 1,5 до 2,0
Очень мелкий	св. 1,0 до 1,5
Тонкий	св. 0,7 до 1,0
Очень тонкий	до 0,7

Таблица 6.2 – Остаток песка на сите с сеткой № 063

Группа песка	Полный остаток на сите № 063, процент по массе
Очень крупный	Св. 75
Повышенной крупности	Св. 65 до 75
Крупный	Св. 45 » 65
Средний	Св. 30 » 45
Мелкий	Св. 10 » 30
Очень мелкий	До 10
Тонкий	Не нормируется
Очень тонкий	Не нормируется

Таблица 6.2 – Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц, а также глины в комках, в процентах по массе, не более

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц		Содержание глины в комках	
	в песке природном	в песке из отсевов дробления	в песке природном	в песке из отсевов дробления
I класс				
Очень крупный	–	3	–	0,35
Повышенной крупности, крупный и средний	2	3	0,25	0,35
Мелкий	3	5	0,35	0,50
II класс				
Очень крупный	–	10	–	2
Повышенной крупности, крупный и средний	3	10	0,5	2
Мелкий и очень мелкий	5	10	0,5	2
Тонкий и очень тонкий	10	Не нормируется	1,0	0,1

Таблица 6.3 – Содержание зерен крупностью св. 10,5 и менее 0,16 мм, в процентах по массе, не более

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью		
	св.10 мм	св.5 мм	менее0,15 мм
I класс			
Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10
II класс			
Очень крупный и повышенной крупности	5	20	10
Крупный и средний	5	15	15
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20
Тонкий и очень тонкий	Не допускается		Не нормируется

7 ЩЕБЕНЬ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ, ГРАВИЙ И ЩЕБЕНЬ ИЗ ГРАВИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ

Щебень (гравий)– рыхлая смесь горных пород с размерами частиц от 5 мм до 70 мм.

7.1 Определение зернового состава щебня (гравия)

Зерновой состав щебня (гравия) определяют путем россыва пробы на стандартном наборе сит. Пробу просеивают ручным или механическим способами через сита с отверстиями, собранными последовательно в колонку, начиная снизу с сита с отверстиями наименьшего размера.

При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания следующим упрощенным способом: каждое сито интенсивно трясут над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом практически не наблюдается падение зерен щебня (гравия).

По результатам просеивания вычисляют **частный остаток** на каждом сите (a_i) в процентах по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100, (7.1)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;
 m – масса пробы, г.

Затем определяют **полные остатки** (A_i) на каждом сите в процентах от массы пробы, равные сумме частных остатков на данном и всех ситах с большими размерами отверстий:

$$A_i = a_i + a_{i+1} + a_{i+2} + \dots + a_n, (7.2)$$

где $a_i, a_{i+1}, a_{i+2}, \dots, a_n$ – частные остатки на i -м сите и всех ситах стандартного набора с большими размерами отверстий;
 $i, i+1, i+2, \dots, n$ – порядковые номера сит стандартного набора.

По данным ситового анализа строят кривую рассева, характеризующую зерновой состав щебня (гравия) (рисунок 7.1). Для этого по оси абсцисс откладывают размеры отверстий сит в миллиметрах, на оси ординат – величину полных остатков в процентах.

Наибольшая $D_{\text{наиб}}$ крупность щебня (гравия) характеризуется размером отверстий сита, полный остаток на котором составляет не более 5%.

Наименьшая $D_{\text{наим}}$ крупность щебня (гравия) характеризуется размерами отверстий сита, полный остаток на котором составляет не менее 95%.

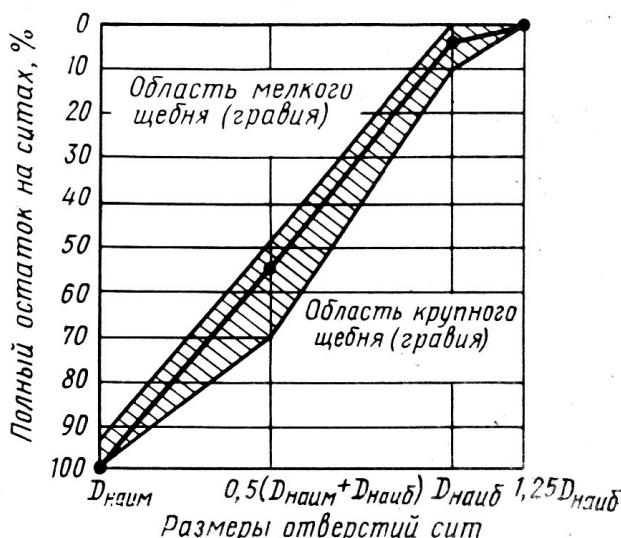


Рисунок 7.1 – Кривая рассева

7.2 Определение содержания в щебне (гравии) пылевидных и глинистых частиц

Содержание пылевидных и глинистых частей в щебне определяют по изменению массы пробы после отмучивания пылевидных и глинистых частиц крупностью до 0,05 мм.

Пробу щебня (гравия) помещают в сосуд для отмучивания (рисунок 7.2), заливают водой несколько выше уровня щебня и оставляют в таком состоянии до полного размокания глинистой пленки на зернах щебня (гравия) или комков глины, если они имеются в пробе.

После этого в сосуд со щебнем (гравием) доливают воду в таком количестве, чтобы высота слоя над щебнем была 200 мм; содержимое сосуда перемешивают деревянной мешалкой и оставляют в покое на 2 мин.

Через 2 мин после окончания перемешивания сливают полученную суспензию. При сливе суспензии необходимо оставлять слой ее над щебнем высотой не менее 30 мм.

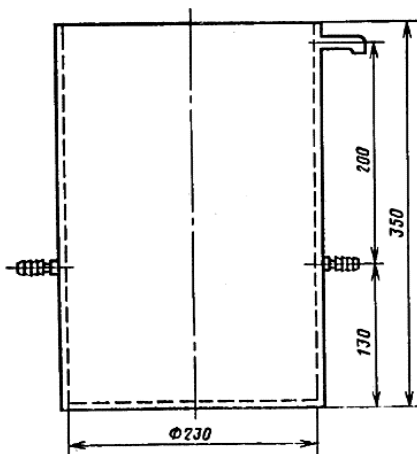


Рисунок 7.2 – Сосуд для отмучивания

Затем щебень (гравий) вновь заливают водой до указанного выше уровня. Промывку щебня (гравия) в указанной последовательности повторяют до тех пор, пока вода после промывки не будет оставаться прозрачной.

Воду в сосуд для отмучивания щебня (гравия) наливают до верхнего сливного отверстия и сливают суспензию через два нижних отверстия.

После окончания отмучивания промытую пробу высушивают до постоянной массы m_1 .

Содержание в щебне (гравии) отмучиваемых пылевидных и глинистых частиц $P_{ОТМ}$ в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$P_{ОТМ} = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%, \quad (7.3)$$

где m – первоначальная масса пробы, г;
 m_1 – масса пробы после отмучивания, г.

7.3 Определение содержания в щебне (гравии) глины в комках

Содержание в щебне (гравии) **глины в комках** определяют путем отбора из пробы частиц, отличающихся вязкостью.

Аналитические пробы щебня (гравия) готовят путем рассева лабораторной пробы на ситах стандартного набора.

Каждую аналитическую пробу щебня (гравия) высыпают тонким слоем на металлический лист и увлажняют. Из пробы выделяют комки глины, отличающиеся вязкостью от зерен щебня (гравия) и супеси. Выделенные комки глины и щебень (гравий) высушивают до постоянной массы и взвешивают.

Содержание комков глины в каждой пробе щебня (гравия) ($P_{ГЛ}$) в процентах определяют по формуле:

$$P_{ГЛ} = \frac{m_1}{m} \cdot 100 \%, \quad (7.4)$$

где m_1 – масса глины в комках, кг;
 m – масса аналитической пробы щебня (гравия), кг.

7.4 Определение содержания в щебне (гравии) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

Содержание в щебне (гравии) зерен **пластинчатой** (лещадной) и **игловатой формы** оценивают количеством зерен, толщина или ширина которых менее длины *в три и более* раза.

Содержание зерен пластинчатой (лещадной) или игловатой формы определяют отдельно для каждой фракции щебня (гравия).

При наличии и испытательном щебне (гравии) какой-либо фракции в количестве, меньшем 5 % по массе, содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в этой фракции не определяют.

Аналитическую пробу взвешивают и из нее выбирают зерна, толщина или ширина которых меньше длины в три и более раза.

В сомнительных случаях соотношение размеров зерен определяют при помощи передвижного шаблона или штангенциркуля. При использовании шаблона измеряемое зерно

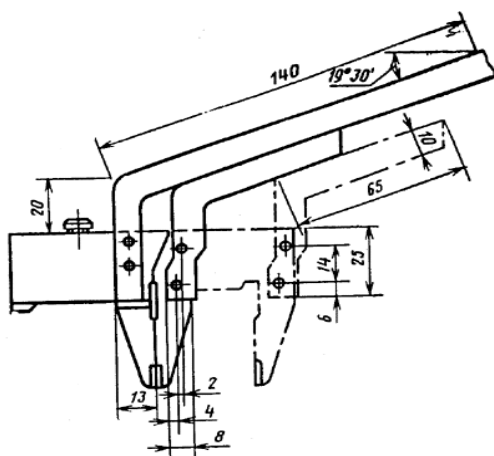


Рисунок 7.3 – Передвижной шаблон

вкладывают наибольшим размером между губками, положение шаблона фиксируют стопорным винтом и измеряют размер зерна, затем зерно пропускают наименьшим размером между усиками шаблона, установленными на расстоянии, в *три раза* меньшем.

Если зерно пройдет между усиками, то его относят к зернам пластинчатой или игловатой формы. Зерна пластинчатой и игловатой формы взвешивают.

Содержание в каждой фракции щебня (гравия) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы рассчитывают в процентах.

7.5 Определение дробимости щебня

Дробимость щебня (гравия) определяют по степени разрушения зерен при сжатии (раздавливании) в цилиндре.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, исходный материал рассеивают на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. Щебень (гравий) фракции от 5 до 10, св. 10 до 20 или св. 20 до 40 мм просеивают через два сита с отверстиями, соответствующими наибольшей (D) и наименьшей (d) крупности испытываемой фракции.

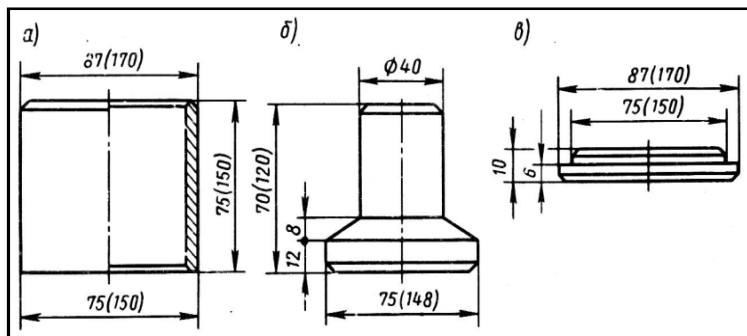


Рисунок 7.4 – Цилиндр для определения дробимости:

a – цилиндр; b – плунжер; c – съемное дно

Из остатка на сите с отверстиями размером, равным d , отбирают две аналитические пробы массой не менее 0,5 кг каждая при испытании в цилиндре диаметром 75 мм и не менее 4 кг – при испытании в цилиндре диаметром 150 мм.

Щебень (гравий) крупнее 40 мм предварительно дробят и испытывают фракции св. 10 до 20 или св. 20 до 40 мм.

При определении марки щебня (гравия) применяют цилиндр диаметром 150 мм. Для приемочного контроля качества щебня (гравия) фракции от 5 до 10 и св. 10 до 20 мм допускается применять, кроме цилиндра диаметром 150 мм, цилиндр диаметром 75 мм.

Пробу щебня (гравия) насыпают в цилиндр с высоты 50 мм так, чтобы после разравнивания верхний уровень материала примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем в цилиндр вставляют плунжер. Плита на плунжере должна быть на уровне верхнего края цилиндра. Если верх плиты плунжера не совпадает с краем цилиндра, то удаляют или добавляют несколько зерен щебня (гравия). После этого цилиндр помещают на нижнюю плиту пресса.

Повышая силу нажатия пресса на 1–2 кН (100–200 кгс) в секунду, доводят ее при испытании щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм до 50 кН (5000 кгс), а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм – до 200 кН (20000 кгс).

После сжатия испытываемую пробу высыпают из цилиндра и взвешивают. Затем ее просеивают в зависимости от размера испытываемой фракции через сито с отверстиями размером:

1,25 мм – для щебня (гравия) размером фракций от 5 до 10 мм;

2,5 мм – для щебня (гравия) размером фракций св. 10 до 20 мм;

5,0 мм – для щебня (гравия) размером фракций св. 20 до 40 мм.

Остаток щебня (гравия) на сите после просеивания взвешивают.

По данным испытания вычисляют коэффициент дробимости D_p в процентах с погрешностью до 1% по формуле:

$$D_p = \frac{m - m_1}{m} \cdot 100 \%, \quad (7.5)$$

где m – масса аналитической пробы щебня (гравия), г;
 m_1 – масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы щебня (гравия), г.

За результат принимают среднее арифметическое значение 2-х параллельных испытаний.

7.6 Определение содержания зерен слабых пород в щебне (гравии)

Содержание в щебне (гравии) зерен слабых пород определяют путем их выделения по характерным признакам.

Берут аналитическую пробу, высушивают ее до постоянной массы. Содержание в щебне (гравии) зерен слабых пород определяют отдельно для каждой фракции щебня (гравия). При наличии в испытываемом щебне (гравии) какой-либо фракции в количестве, меньшем 5 % по массе, содержание зерен слабых пород в этой фракции не определяют.

Производят разборку пробы каждой фракции щебня (гравия), выделяя зерна слабых пород с пределом прочности при сжатии в насыщенном водой состоянии менее 20 МПа (200 кгс/см²).

При выделении зерен слабых пород руководствуются следующими отличительными признаками: зерна слабых пород легко разламываются руками и разрушаются легкими ударами молотка.

При царапании иглой на поверхности зерна остается след (на поверхности зерен изверженных и метаморфических пород оставляет след стальная игла, на поверхности зерен осадочных карбонатных пород – алюминиевая).

Кроме того, слабые зерна карбонатных пород обычно имеют окатанную форму.

В целях уточнения содержания зерен слабых пород в щебне допускается использование механического индикатора прочности камня типа Т-3.

В зависимости от размера испытываемой фракции щебня устанавливают на приборе сменный щелевой упор с шириной щели 2,9 мм для зерен фракции св. 10 до 20 мм, с шириной щели 4,2 мм – для более крупных зерен. При этом расстояние между краем ребер щелевого упора и осью, проходящей через острия зубьев прибора, должно быть равно ширине щели.

Каждое выделенное при разборке пробы щебня сомнительное по прочности зерно вставляют клиновидным концом между зубьями прибора до щелевого упора.

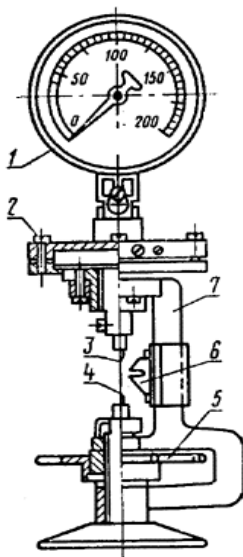


Рисунок 7.5 – Механический индикатор прочности камня Т-3:

1 – манометр; 2 – гидравлическая мессдоза; 3 – верхний зуб; 4 – нижний зуб; 5 – щелевой упор; 6 – диск винтового механизма; 7 – корпус прибора

После этого вращением диска винтового механизма прибора сжимают зубья и «откусывают» кусочек камня. По контрольной стрелке манометра определяют предел прочности камня при растяжении. Шкала манометра градуирована для случая применения упора со щелью шириной 4,2 мм; при применении упора со щелью 2,9 мм показания манометра удваивают.

Для перехода от показаний прибора к пределу прочности камня при сжатии предварительно устанавливают переходной коэффициент по данным испытания зерен щебня механическим индикатором Т-3 и определяют прочность образцов породы правильной формы сжатия на прессе.

Зерна щебня, прочность которых ниже 20 МПа, и их осколки взвешивают и уточняют содержание в пробе слабых пород.

Выделенные из пробы зерна слабых пород взвешивают и их содержание ($X_{сЛ}$) в процентах вычисляют по формуле:

$$X_{сЛ} = \frac{m_1}{m} \cdot 100, (7.6)$$

где m_1 – масса зерен слабых пород, г;
 m – общая масса пробы, г.

7.7 Определение сопротивления щебня (гравия) удару на копре ПМ

Сопротивление щебня (гравия) удару на копре *ПМ* определяют по степени разрушения зерен при испытании, оцениваемой изменением зернового состава пробы. Испытанию на *копре ПМ* (рисунок 7.6) подвергают только щебень (гравий) фракции 20–40 мм. Для чего пробу щебня (гравия) массой 3 кг в воздушно – сухом состоянии просеивают через сита с отверстиями 40 и 20 мм. Зерна крупнее 40 мм предварительно дробят до получения зерен указанных размеров.

Из щебня (гравия), оставшегося на сите с отверстиями 20 мм, готовят две пробы.

Испытываемый щебень (гравий) всыпают в специальный мерный сосуд внутренним диаметром 105 мм и внутренней высотой 58 мм.

Лишний щебень (гравий) снимают вровень с краями сосуда. Сосуд со щебнем (гравием) взвешивают m_1 .

Массу каждой аналитической пробы m в граммах вычисляют по формуле:

$$m = m_1 - m_2, (7.7)$$

где m_1 – масса пробы щебня (гравия) вместе с мерным сосудом;
 m_2 – масса мерного сосуда, г.

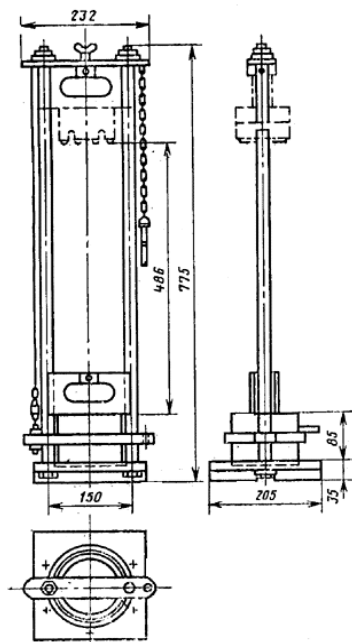


Рисунок 7.6 – Копер ПМ

Испытываемый щебень (гравий) не должен содержать пылевидных и глинистых частиц более 1% по массе, в противном случае щебень (гравий) предварительно промывают и высушивают.

Каждую пробу щебня (гравия) насыпают из мерного цилиндра в стальную ступку копра *ПМ* и разравнивают его поверхность для достижения одного уровня расположения зерен в ступке.

Пробу щебня (гравия) подвергают ударам бойка массой 5 кг, падающего с высоты 50 см.

После каждого удара бойка ступку с помощью рукоятки поворачивают на 45° и устанавливают по направлению указателей, сделанных на подставке копра *ПМ*.

После 40 ударов бойка все содержимое ступки просеивают через сита с отверстиями 5; 3; 1 и 0,5 мм, остатки на каждом сите взвешивают и вычисляют полные остатки на сите.

Показатель сопротивления щебня (гравия) удару на копре $У$ вычисляют по формуле:

$$У = \frac{25}{4 - A}, \quad (7.8)$$

где A – показатель крупности пробы после испытания, вычисляемый по формуле:

$$A = \frac{m_1 + m_2 + m_3 + m_4}{m}, \quad (7.9)$$

где m_1, m_2, m_3, m_4 – полные остатки на ситах с отверстиями диаметрами 5; 3; 1 и 0,5 мм, г;
 m – первоначальная масса пробы, г.

В качестве результата принимают среднее арифметическое значение показателя сопротивления удару из 2-х параллельных определений.

7.8 Определение наличия органических примесей в гравии (щебне из гравия)

Наличие органических примесей (гумусовых веществ) в гравии определяют сравнением окраски щелочного раствора над пробой с окраской эталона.

Испытывают фракцию гравия (щебня из гравия) с наибольшим номинальным размером зерен 20 мм.

Гравий массой около 1 кг в воздушно-сухом состоянии просеивают через сито с отверстиями диаметром 20 мм.

Готовят эталонный раствор, растворяя 2,5 мл 2%-го раствора танина в 97,5 мл 3%-го раствора гидроксида натрия. Приготовленный раствор перемешивают и оставляют на 24 ч.

Гравием заполняют мерный цилиндр до уровня 130 мл и заливают его 3%-ым раствором гидроксида натрия до уровня 200 мл. Содержимое цилиндра перемешивают и оставляют на 24 ч, повторяя перемешивание через 4 ч после начала испытания. Затем сравнивают окраску жидкости, отстоявшейся над пробой, с цветом эталонного раствора или стеклом, цвет которого соответствует цвету эталонного раствора.

Гравий (щебень из гравия) пригоден для использования в бетонах или растворах, если жидкость над пробой бесцветна или окрашена значительно слабее эталонного раствора.

При окраске жидкости незначительно светлее эталонного раствора содержимое сосуда подогревают в течение 2–3 ч на водяной бане при температуре 60–70°C и, сравнивая цвет жидкости над пробой с цветом эталонного раствора, решают вопрос о пригодности заполнителя для приготовления бетона или раствора.

При окраске жидкости, одинаковой или более темной, чем цвет эталонного раствора, необходимо проведение испытания заполнителя в бетонах или растворах в специализированных лабораториях.

7.9 Определение истинной плотности горной породы и зерен щебня (гравия)

Истинную плотность горной породы и зерен щебня (гравия) определяют путем измерения массы единицы объема измельченного высушенного материала с использованием *прибора Ле-Шателье*.

Куски камня или зерна щебня (гравия) очищают металлической щеткой от пыли, измельчают до крупности менее 5 мм, после чего перемешивают и сокращают пробу примерно до 150 г. Полученную пробу вновь измельчают до крупности менее 1,25 мм, перемешивают и сокращают до 30 г.

Приготовленную таким образом пробу измельчают в порошок в чугунной или фарфоровой ступке, насыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлоридом кальция, после чего отвешивают две навески массой 10 г каждая.

Подготовленную пробу всыпают в стаканчик для взвешивания или в фарфоровую чашку, высушивают до постоянной массы и охлаждают до комнатной температуры в эксикаторе над концентрированной серной кислотой или над безводным хлоридом кальция. После этого отвешивают две навески массой по 50 г каждая.

Прибор (рисунок 7.7) наполняют водой до нижней отметки, причем уровень воды определяют по нижнему мениску.

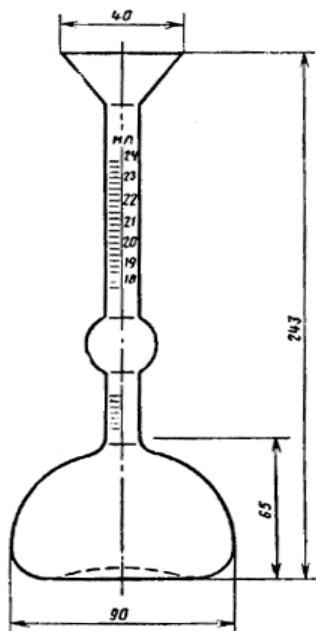


Рисунок 7.7 – Прибор Ле-Шателье

Каждую навеску через воронку прибора всыпают небольшими порциями до тех пор, пока уровень жидкости в приборе, определяемый по нижнему мениску, не поднимется до риски с делением 20 мл (или другим делением) в пределах верхней градуированной части прибора. Для удаления пузырьков воздуха прибор рекомендуется слегка встряхнуть.

Остаток измельченной пробы щебня (гравия), не вошедший в прибор, взвешивают и определяют плотность порошка ρ в г/см³ по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{V}, \quad (7.7)$$

где m – масса высушенной навески порошка, г;

m_1 – масса остатка, г;

V – объем воды, вытесненный порошком, см.

Расхождение, между результатами двух определений плотности не должно быть больше $0,02 \text{ г/см}^3$. В случаях больших расхождений производят третье определение и принимают для расчета два ближайших значения.

За результат принимают среднее арифметическое значение 2-х параллельных испытаний.

7.10 Определение средней плотности и пористости горной породы и зерен щебня (гравия)

Среднюю плотность горной породы и зерен щебня (гравия) определяют путем измерения массы единицы объема кусков породы или зерен щебня (гравия), который оценивают с использованием весов для гидростатического взвешивания.

Для определения средней плотности горной породы отбирают по ГОСТ 23845 пять образцов правильной формы или пять кусков произвольной формы размером св. 40 до 70 мм. Каждый образец очищают металлической щеткой от рыхлых частиц, пыли и высушивают до постоянной массы.

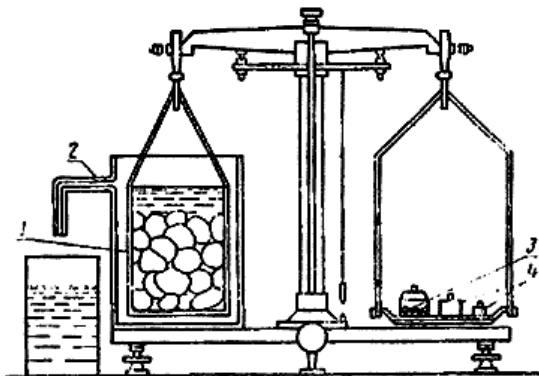


Рисунок 7.8 – Весы для гидростатического взвешивания:
1 – сетчатый (перфорированный) стакан; 2 – сосуд со сливом для воды; 3 – стаканчик с дробью для уравнивания массы сетчатого стакана в воде; 4 – разновесы

Пробу высушивают до постоянной массы, просеивают через сито с размером отверстий, соответствующим наименьшему номинальному размеру зерен данной фракции щебня (гравия) и из остатка на сите отвешивают две навески по 1000 г каждая.

Образцы горной породы произвольной формы или навеску щебня (гравия) насыщают водой, погружая их в воду комнатной температуры на 2 ч так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности образцов или щебня (гравия) не менее чем на 20 мм.

Насыщенные образцы породы или пробу щебня (гравия) вынимают из воды, удаляют влагу с их поверхности мягкой влажной тканью и сразу же взвешивают сначала на настольных гирных или циферблатных, а затем на гидростатических весах, помещая пробу в сетчатый (перфорированный) стакан, погруженный в воду.

Подготовленный образец взвешивают на настольных гирных или циферблатных, а затем на гидростатических весах.

Для определения средней плотности образцов горной породы правильной формы измеряют их размеры, определяют объем и вычисляют среднюю плотность.

Среднюю плотность образцов горной породы произвольной формы или щебня (гравия) ρ_C в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho_C = \frac{g \cdot \rho_B}{g_1 - g_2}, \quad (7.8)$$

где g – вес образца или пробы в сухом состоянии, г;

g_1 – вес образца или пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г;

g_2 – вес образца или пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г;

ρ_B – плотность воды, равная 1 г/см³.

Образцы горной породы произвольной формы с мелкими открытыми порами вместо насыщения допускается покрывать пленкой парафина толщиной около 1 мм. Для этого высушенный до постоянной массы образец погружают в разогретый парафин и охлаждают на воздухе. В случае обнаружения при остывании на парафиновой пленке пузырьков или повреждений их заглаживают с помощью горячей металлической пластинки или проволоки.

Среднюю плотность парафинированных образцов горной породы произвольной формы ρ_c в г/см³ вычисляют по формуле:

$$\rho_c = \frac{m}{\frac{g_1 - g_2}{\rho_B} - \frac{m_1 - m}{\rho_H}}, \quad (7.9)$$

где m — масса образца в сухом состоянии, г;

m_1 — масса парафинированного образца в сухом состоянии, г;

g_1 — вес парафинированного образца на воздухе, г;

g_2 — вес парафинированного образца в воде, г;

ρ_H — плотность парафина (может быть принята равной 0,93 г/см³);

ρ_B — плотность воды, равная 1 г/см³.

За результат принимают среднее арифметическое значение результатов испытания 5-ти образцов горной породы или двух образцов щебня (гравия).

При этом расхождение между результатами двух определений средней плотности щебня (гравия) не должно превышать 0,02 г/см³. При больших расхождениях проводят третье определение и вычисляют среднее арифметическое 2-х ближайших значений.

Пористость горной породы или зерен щебня (гравия) определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений истинной плотности и средней плотности.

Пористость горной породы или зерен щебня (гравия) $\Pi_{\text{пор}}$ в процентах по объему вычисляют по формуле:

$$\Pi_{\text{пор}} = \left(1 - \frac{\rho_c}{\rho_n}\right) 100 \%, \quad (7.10)$$

где ρ_c – средняя плотность горной породы или зерен щебня (гравия), г/см³;

ρ_n – истинная плотность горной породы или зерен щебня (гравия), г/см³.

7.11 Определение насыпной плотности щебня (гравия)

Насыпную плотность определяют путем взвешивания определенного объема щебня (гравия) данной фракции, высушенного до постоянной массы.

Щебень (гравий) в объеме, обеспечивающем проведение испытания, высушивают до постоянной массы.

Щебень (гравий) насыпают в предварительно взвешенный цилиндр с высоты 10 см до образования конуса, который снимают стальной линейкой вровень с краями (без уплотнения) движением к себе, после чего цилиндр со щебнем (гравием) взвешивают.

В зависимости от наибольшего номинального размера щебня (гравия) применяют цилиндры в соответствии с таблицей 7.5.

Насыпную плотность щебня (гравия) ρ_n вычисляют с точностью до 10 кг/м³ по формуле:

$$\rho_n = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (7.10)$$

где m – масса мерного цилиндра, кг;

m_1 – масса мерного цилиндра со щебнем (гравием), кг;

V – объем мерного цилиндра, м³.

Насыпную плотность определяют два раза, при этом каждый раз берут новую порцию щебня (гравия).

За результат принимают среднее арифметическое значение 2-х параллельных испытаний.

Таблица 7.5 – Характеристики мерных цилиндров

Объем мерного цилиндра, л	Размеры цилиндра, мм		Фракция щебня (гравия), мм
	Диаметр	Высота	
5	185	185	От 5 до 10
10	234	234	Св.10 до 20
20	294	294	Св.20 до 40
50	400	400	Св.40

7.12 Определение пустотности щебня (гравия)

Пустотность щебня (гравия) определяют расчетным путем на основании предварительно установленных значений средней плотности зерен и насыпной плотности щебня (гравия).

Пустотность щебня (гравия) $\Pi_{пуст.}$ в процентах по объему вычисляют по формуле:

$$\Pi_{пуст.} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho_c \cdot 1000} \right) 100 \%, \quad (7.11)$$

где ρ_n – насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³;
 ρ_c – средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см³.

7.13 Определение водопоглощения горной породы из щебня (гравия)

Водопоглощение определяют путем сравнения массы образцов горной породы или проб щебня (гравия) в насыщенном водой состоянии и после высушивания.

Для определения водопоглощения горной породы отбирают пять образцов правильной формы или пять кусков произвольной формы размером от 40 до 70 мм по ГОСТ 23845. Образцы очищают металлической щеткой от рыхлых частиц и пыли и высушивают до постоянной массы.

Для определения водопоглощения щебня (гравия) берут аналитическую пробу, промывают и высушивают ее до постоянной массы.

Образцы горной породы или навески щебня (гравия) укладывают в сосуд с водой комнатной температуры так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха образцов или пробы щебня (гравия) не менее чем на 20 мм.

В таком положении образцы или пробу выдерживают в течение 48 ч, после чего их вынимают из сосуда, удаляют влагу с поверхности отжатой влажной мягкой тканью и каждый образец или пробу взвешивают, при этом масса воды, вытекающей из пор образца или зерен щебня (гравия) на чашку весов, должна включаться в массу образца (пробы).

Водопоглощение W_m в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$W_m = \frac{m_1 - m}{m} 100 \%, \quad (7.12)$$

где m – масса образца или пробы в сухом состоянии, г;
 m_1 – масса образца или пробы в насыщенном водой состоянии.

За результат принимают среднее арифметическое значение 5-типараллельных испытаний.

7.14 Определение влажности щебня (гравия)

Влажность определяют путем сравнения массы пробы щебня (гравия) в состоянии естественной влажности и после высушивания.

Из щебня (гравия) испытываемой фракции берут аналитическую пробу.

Пробу щебня (гравия) насыпают в сосуд и взвешивают, а затем высушивают до постоянной массы.

Влажность щебня (гравия) W в процентах по массе вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_E - m}{m} 100 \%, (7.13)$$

где m_B – масса пробы в состоянии естественной влажности, г;
 m – масса пробы в сухом состоянии, г.

7.15 Определение предела прочности горной породы при сжатии

Прочность горных пород определяют путем сжатия и доведения до разрушения образцов (кубов или цилиндров) на прессе.

Из пробы горной породы, отобранной по ГОСТ 23845, представленного монолитом или керном, при помощи бурового или камнерезного станка изготавливают пять образцов в виде цилиндра диаметром и высотой 40–50 мм или куба с ребром 40–50 мм.

Грани образцов, к которым прикладывают нагрузку прессы, обрабатывают на шлифовальном станке (круге), при этом должна быть обеспечена параллельность указанных граней.

Правильность формы образцов проверяют стальным угольником. Неперпендикулярность смежных граней кубов, а также опорных и боковых поверхностей цилиндров не должна превышать 1 мм на 100 мм длины.

Направление приложения нагрузки должно быть нормальным к опорным поверхностям образцов и слоистости породы. В необходимых случаях образцы испытывают при приложении нагрузки параллельно слоистости породы.

Образец устанавливают в центре опорной плиты прессы.

Нагрузка на образец при испытании должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью 0,5 МПа (5 кгс/см²) в секунду.

Предел прочности образца $R_{СЖ}$ вычисляют с точностью до 1 МПа (10 кгс/см²) по формуле:

$$R_{СЖ} = \frac{P}{F}, \quad (7.14)$$

где P – разрушающее усилие прессы, Н (кгс);

F – площадь поперечного сечения образца, мм² (см²).

За результат принимают среднее арифметическое значение 5-типараллельных испытаний.

7.16 Определение коэффициента снижения прочности горной породы при насыщении водой

Коэффициент снижения прочности горной породы при насыщении водой определяют по отношению прочности образцов в насыщенном водой и сухом состояниях.

Для испытания берут десять образцов правильной формы.

Из них пять образцов насыщают водой, пять образцов высушивают до постоянной массы.

Коэффициент снижения прочности горной породы K_P при насыщении водой вычисляют по формуле:

$$K_P = \frac{R_E}{R_C} \leq 1, \quad (7.15)$$

где R_E – среднее арифметическое значение предела прочности насыщенных водой образцов, Па (кгс/см²);

R_C – среднее арифметическое значение предела прочности образцов, высушенных до постоянной массы, Па (кгс/см²).

8 БЕТОНЫ

Бетоны – искусственные каменные материалы, получаемые в результате затвердевания тщательно перемешанной и уплотненной **бетонной смеси**.

Бетонная смесь– это смесь извяжущего вещества, мелкого заполнителя, крупного заполнителя и воды, взятых в определенном соотношении.

Вязущее вещество и **вода** являются активными составляющими бетона, в результате реакции между ними образуется *цементный камень*, скрепляющий зерна заполнителей

Заполнители мелкий и крупный (песок, гравий, щебень) образуют жесткий скелет бетона и уменьшают его усадку, вызываемой усадкой цементного камня при твердении. В легких бетонах пористый заполнитель уменьшает плотность и теплопроводность бетона.

Добавки в бетонную смесь вводятся для регулирования подвижности, сроков схватывания, повышения морозостойкости и других свойств бетона.

По *средней плотности* бетоны подразделяются на 5 видов:

1) *особо тяжелый* с плотностью выше 2600 кг/м^3 , содержащий в качестве заполнителя стальные опилки или зерна (сталебетон), железные руды или барит (баритовый бетон);

2) *тяжелый* (обычный) с плотностью $2100\text{--}2600 \text{ кг/м}^3$, содержащий плотные заполнители (кварцевый песок, щебень или гравий из плотных горных пород);

3) *облегченный* с плотностью $1800\text{--}2100 \text{ кг/м}^3$;

4) *легкий* с плотностью $1200\text{--}1800 \text{ кг/м}^3$, содержащий пористые заполнители (керамзит, шлак, пемзу, туф), обычной пористой структуры или крупнопористый;

5) *особо легкий* с плотностью менее 1200 кг/м^3 ;

8.1 Свойства бетонной смеси

По физическому состоянию бетонная смесь занимает промежуточное положение между жидкостями и твердыми телами. Характеризуясь как *пластично-вязкоупругое тело*, бетонная смесь обладает упругостью и прочностью структуры.

Способность дисперсных систем (вяжущее тесто) разжижаться при механическом воздействии и вновь загустевать в спокойном состоянии, называется *тиксотропией*.

Удобоукладываемость – способность бетонной смеси заполнять форму, образуя плотную однородную массу.

Удобоукладываемость характеризуется показателями подвижности и жесткости.

Подвижность характеризует удобоукладываемость пластичных бетонных смеси и определяется по осадке стандартного конуса.

Осадка конуса OK – это величина равная разности высот металлического конуса (30см) и осевшей бетонной смеси. Осадка конуса измеряется в см (рисунок 8.1).

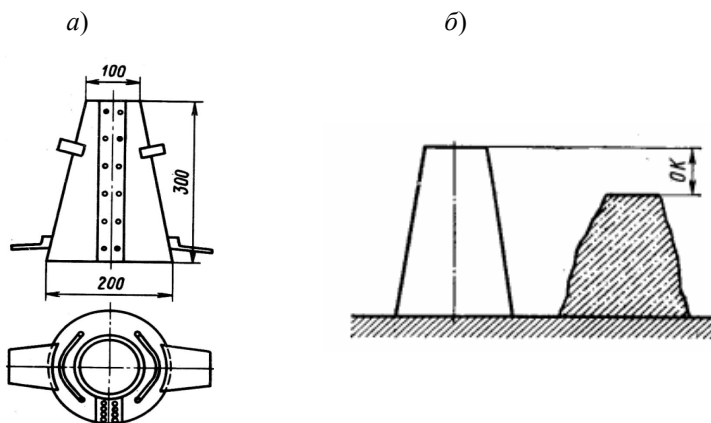


Рисунок 8.1 – Определение осадки конуса OK подвижной бетонной смеси:
а – форма конуса; б – определение величины OK

Жесткость характеризует удобоукладываемость жестких бетонных смесей (для этих смесей осадка конуса $OK=0$) и определяется на лабораторной виброплощадке с применением металлического конуса и пригруза.

Жесткость бетонной смеси $Ж$ определяется по стандартной методике и оценивается продолжительностью вибровоздействия в секундах, при котором бетонная смесь, разжижаясь, приобретая свойства жидкости, займет соответствующий ей объем (рисунок 8.2).

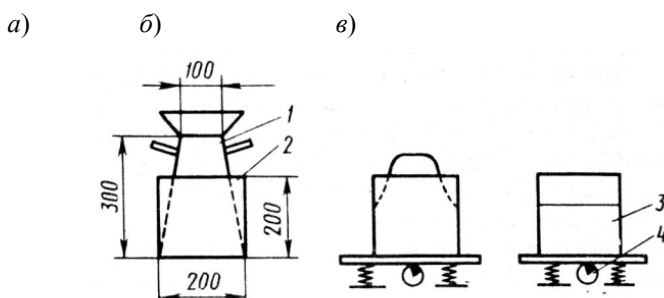


Рисунок 8.2 – Определение жесткости $Ж$ жесткой бетонной смеси:

- a – начало испытания: 1 – форма конуса; 2 – форма;
 $б$ – процесс испытания; $в$ – окончание испытания: 3 – форма;
 4 – устройство для вибровоздействия

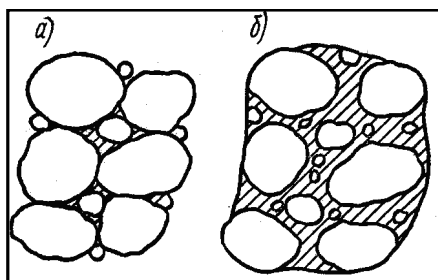


Рисунок 8.3 – Структура бетонной смеси (по В.Г. Скрамтаеву):

- a – жесткая смесь; $б$ – подвижная смесь

Связность (нерасслаиваемость) – способность бетонной смеси подвергаться внешним механическим воздействиям (при транспортировке, укладке, уплотнении) без потери однородности.

Расслоение бетонной смеси возникает, когда составляющие частицы под воздействием силы гравитации перемещаются в бетонной смеси: тяжелый заполнитель перемещается вниз, а часть воды поднимается вверх (рисунок 8.4).

Явление оседания частиц бетонной смеси носит название **седиментации**.

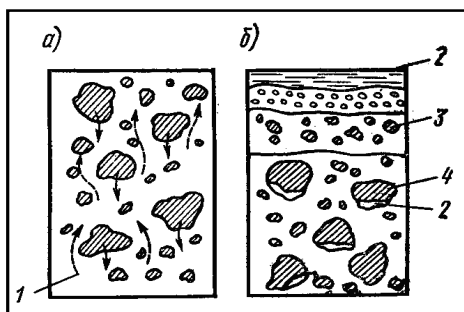


Рисунок 8.4 – Схема расслоения бетонной смеси:
 а – в процессе уплотнения; б – после уплотнения:
 1 – направление, по которому отжимается вода; 2 – вода;
 3 – мелкий заполнитель; 4 – крупный заполнитель

8.2 Определение подвижности бетонной смеси

Подвижность бетонной смеси оценивают по осадке (*OK*) конуса, отформованного из бетонной смеси.

При подготовке конуса и приспособлений к испытаниям все соприкасающиеся с бетонной смесью поверхности следует очистить и увлажнить.

Конус устанавливают на гладкий лист и заполняют его бетонной смесью марок *П1*, *П2* или *П3* через воронку в три

слоя одинаковой высоты. Каждый слой на его высоту уплотняют штыкованием металлическим стержнем 25 раз.

Бетонной смесью марок П4 и П5 конус заполняют в один прием и штыкуют 10 раз.

Конус во время заполнения и штыкования должен быть плотно прижат к листу.

После штыкования бетонной смеси воронку снимают, избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса, и заглаживают поверхность бетонной смеси. Время от начала заполнения конуса до его снятия не должно превышать 3 мин.

Конус плавно снимают с отформованной бетонной смеси в строго вертикальном направлении и устанавливают рядом с ней. Время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5 – 7 с.

Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая гладкий стержень на верх формы и измеряя расстояние от нижней поверхности стержня до верха бетонной смеси с погрешностью не более 0,5 см.

Если после снятия формы конуса бетонная смесь разваливается, измерение не выполняют, и испытание повторяют на новой пробе бетонной смеси.

Осадку конуса бетонной смеси вычисляют с округлением до 1,0 см, как среднее арифметическое результатов 2-х определений из одной пробы, отличающихся между собой не более чем: на 1 см при $OK \leq 9$ см; на 2 см при $OK = 10-15$ см; на 3 см при $OK \geq 16$ см.

При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе.

8.3 Определение жесткости бетонной смеси

Для определения жесткости в закрепленную на виброплощадке форму помещают конус Скрамтаева и заполняют его

бетонной смесью через воронку в три слоя одинаковой высоты. Каждый слой на его высоту уплотняют штыкованием металлическим стержнем 25 раз.

Затем конус осторожно снимают, и включают одновременно виброплощадку и секундомер. Вибрирование осуществляют до тех пор, пока поверхность бетонной смеси не станет *горизонтальной*.

Время (в секундах), необходимое для выравнивания поверхности бетонной смеси в форме, характеризует жесткость смеси.

Жесткость бетонной смеси определяют дважды. Общее время испытания с начала заполнения формы при первом определении и до окончания вибрирования при втором определении не должно превышать 10 мин.

Жесткость бетонной смеси вычисляют с округлением до 1 с, как среднее арифметическое значение результатов 2-х определений жесткости из одной пробы смеси, отличающихся между собой не более чем на 20 % среднего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе.

Таблица 8.1 – Марка бетонной смеси по удобоукладываемости

Марка по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости по показателю	
	жесткости, с	подвижности, см
<i>Ж4</i>	31 и более	–
<i>Ж3</i>	21–30	–
<i>Ж2</i>	11–20	–
<i>Ж1</i>	5–10	–
<i>П1</i>	1–4	4 и менее
<i>П2</i>	–	5–9
<i>П3</i>	–	10–15
<i>П4</i>	–	16 и более

9 ПОДБОР СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Подбор состава бетона заключается в определении такого *рационального соотношения между материалами*, которое обеспечивает получение проектной прочности бетона, заданную подвижность бетонной смеси, а также наибольшую экономичность состава бетонной смеси, т.е. получение ее с наименьшим расходом цемента на 1 м^3 бетона.

В результате подбора получают *расход каждого компонента* на 1 м^3 *бетонной смеси*. Состав бетона может быть также выражен в виде соотношения между массами или объемами цемента, песка и щебня (количество цемента при этом принимается за единицу) с обязательным указанием значения В/Ц, т.е. отношения массы воды к массе цемента в свежеприготовленной цементной смеси.

Исходными данными при подборе состава бетона являются:

заданная *марка* бетона;

требуемая *удобоукладываемость* бетонной смеси;

стандартные показатели применяемых сырьевых материалов (вяжущего, мелких и крупных заполнителей):

для *цемента* — вид, активность и истинную плотность;

для *песка* — истинную плотность, насыпную плотность и влажность;

для *щебня (гравия)* — истинную, среднюю и насыпную плотность, предельную крупность зерен и влажность.

Для подбора состава бетонной смеси предложено несколько методов. Одним из них является метод расчета по абсолютным объемам, разработанный В.Г. Скрамтаевым, в основу которого положено условие, что полученный бетон является абсолютно плотным (т.е. без пор и пустот).

9.1 Правила подбора номинального состава бетона

Подбор номинального состава бетона производят по следующим этапам:

- 1) выбор и определение характеристик исходных материалов для бетона;
- 2) расчет начального состава;
- 3) изготовление пробных замесов начального и рабочих составов.
- 4) корректировка рабочих составов бетона;
- 5) назначение номинального состава бетона, обеспечивающего получение бетонной смеси и бетона требуемого качества при минимальном расходе вяжущего.

Выбор материалов, применяемых для изготовления бетона, следует производить на основе их паспортных характеристик в соответствии с требованиями стандартов и технических условий.

Материалы, применяемые для подбора состава, должны соответствовать требованиям стандартов или технических условий на эти материалы.

Активность цемента определяется стандартными методами. Допускается активность цемента для расчета состава бетона принимать равной его гарантированной марке.

Начальный состав бетона рассчитывают по фактическим характеристикам исходных материалов.

В качестве варьируемых параметров состава принимают параметры, оказывающие влияние на свойства бетонной смеси и нормируемые показатели качества бетона в зависимости от вида бетона и принятой методики расчета.

Например, для тяжелого бетона в общем случае это цементно-водное отношение, доля песка в смеси заполнителей и расход добавки. При этом для каждого вида бетона устанавливают основной параметр, в большей мере влияющий на его

прочность (например, для тяжелого бетона – цементно-водное отношение).

Опытные замесы по начальному и дополнительным составам следует готовить на заполнителях и вяжущем, характеристики которых были приняты при расчете составов.

Объем каждого опытного замеса должен не менее чем на 10% превышать суммарный объем изготавливаемых из него образцов и проб, используемых для контроля свойств бетонной смеси и бетона.

Приготовление опытных замесов производят в лабораторном смесителе принудительного или гравитационного действия. Приготовление опытных замесов объемом до 15 л при подборе состава тяжелого бетона и легкого бетона без структурообразующих добавок допускается производить вручную на предварительно увлажненном противне с перемешиванием в течение 3–5 мин.

Приготовление опытных замесов начинают с перемешивания сухих материалов, а затем постепенно добавляют в замес назначенное по расчету количество воды, раствора добавки или синтетической смолы.

Допускается на основе визуального контроля удобоукладываемости и структуры бетонной смеси вносить изменения в количество отдозированной воды.

После окончания перемешивания отбирают пробы для проверки удобоукладываемости и других свойств бетонной смеси, предусмотренных в техническом задании на подбор состава бетона. При этом определение удобоукладываемости начинают не ранее 15 мин после начала перемешивания смеси с водой.

Если свойства бетонной смеси не соответствуют каким-либо требованиям задания на подбор состава бетона, следует произвести корректировку составов до получения в замесе каждого состава смеси с заданными свойствами.

Бетонную смесь, которая не удовлетворяет требованиям задания по удобоукладываемости, допускается корректиро-

вать при вторичном перемешивании с добавлением воды, цемента, заполнителей и добавок в необходимых количествах.

После получения бетонной смеси с заданными свойствами определяют ее плотность и для каждого состава рассчитывают фактический расход материалов на 1 м^3 бетона по формулам.

Режим твердения образцов должен соответствовать принятому режиму твердения бетона в конструкциях, для которых произведен подбор состава бетона.

9.2 Порядок расчета по методу абсолютных объемов

Этап 1 – определение расхода воды B

Ориентировочный расход воды B на 1 м^3 (1000 л) бетонной смеси заданной удобоукладываемости (подвижности или жесткости) находят по специальным графикам или таблицам (таблица 9.1).

Таблица 9.1 – Ориентировочные значения расхода воды в бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси			Расход воды, кг/м^3 , при наибольшей крупности заполнителя, мм					
подвижные	жесткие		гравия			щебня		
осадка конуса, ОК, см	жесткость, Ж, с	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

Этап 2 – определение цементно-водного отношения C/B

Для определения цементно-водного отношения (C/B) используются эмпирические формулы следующего вида:

а) для бетонов с $C/B \leq 2,5$ ($B/C \geq 0,4$):

$$R_B = A \cdot R_C \left(\frac{C}{B} - 0,5 \right) \quad (9.1)$$

б) для бетонов с $C/B > 2,5$ ($B/C < 0,4$):

$$R_B = A_1 \cdot R_C \left(\frac{C}{B} + 0,5 \right) \quad (9.2)$$

где R_B – предел прочности бетона при сжатии в возрасте 28 суток нормального твердения;

R_C – марка применяемого портландцемента, кгс/см²;

A и A_1 – коэффициенты, учитывающие качество заполнителей бетонной смеси (таблица 9.2).

Таблица 9.2 – Значения коэффициентов A и A_1 в зависимости от качества заполнителей

Характеристика заполнителей	A	A_1
Высококачественные – чистые фракционированные заполнители из плотных и прочных горных пород	0,65	0,43
Рядовые – заполнители среднего качества, в том числе гравий	0,6	0,4
Пониженного качества – крупный заполнитель низкой прочности, например щебень из карбонатных пород, мелкий песок	0,55	0,37

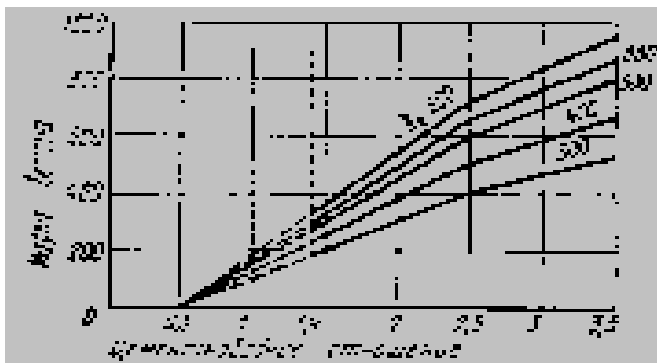


Рисунок 9.1 – Взаимосвязь прочности бетона и B/C отношения бетонной смеси:

- a – зависимость прочности тяжелого бетона от C/B отношения;
 b – зависимость прочности тяжелого бетона от C/B при различных марках цемента R_c

Этап 3 – определение расхода цемента C

Зная величину цементно-водного отношения $\frac{C}{B}$ и расход воды B , определяют расход цемента C в кг на 1 м^3 бетонной смеси по формуле:

$$C = \left(\frac{C}{B} \right) B. (9.3)$$

Если расход цемента окажется ниже минимально допустимого по нормам, необходимо повысить его до нормативного.

Этап 4 – определение расхода крупного заполнителя Π и мелкого заполнителя Π

Расчет крупного и мелкого заполнителя определяют, исходя из следующих положений:

а) объем плотно уложенного бетона, принимаемый в расчете равным 1000 л, складывается из объема мелкого V_{Π} и крупного $V_{Щ}$ заполнителей и объема цементного теста ($V_{Ц} + V_B$), заполняющего пустоты между зернами заполнителей:

$$V_{\Pi} + V_{Щ} + V_{Ц} + V_B = \frac{\Pi}{\rho_{\Pi}} + \frac{Щ}{\rho_{Щ}} + \frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{B}{\rho_B} = 1000, \quad (9.4)$$

где $V_{\Pi}, V_{Щ}, V_{Ц}, V_B$ – абсолютные объемы соответственно песка, щебня, цемента и воды, л;

$\Pi, Щ, Ц, B$ – расход соответственно песка, щебня, цемента и воды на 1000л бетонной смеси, кг;

$\rho_{\Pi}, \rho_{Щ}, \rho_{Ц}, \rho_B$ – истинная плотность соответственно песка, щебня, цемента и воды, кг/л;

б) вся межзерновая пустотность $\Pi_{пустЩ}$ в крупном заполнителе должна быть заполнена объемом цементно-песчаного раствора ($V_{Ц} + V_B + V_{\Pi}$) с некоторым избытком, учитывающую раздвижку зерен $K_{изб}$:

$$V_{\Pi} + V_{Щ} + V_{Ц} = \frac{\Pi}{\rho_{\Pi}} + \frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{B}{\rho_B} = K_{изб} \frac{Щ}{\rho_{нщ}} \left(1 - \frac{\rho_{нщ}}{\rho_{срЩ}} \right), \quad (9.5)$$

где $V_{\Pi}, V_{Щ}, V_B$ – абсолютные объемы соответственно песка, цемента и воды, л;

$\Pi, Щ, Ц, B$ – расход соответственно песка, щебня, цемента и воды на 1000л бетонной смеси, кг;

$\rho_{\Pi}, \rho_{Щ}, \rho_B$ – истинная плотность соответственно песка, цемента и воды, кг/л;

$\rho_{нщ}, \rho_{срщ}$ – насыпная и средняя плотности щебня, кг/л;

$K_{изб}$ – коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя (таблица 9.3).

Таблица 9.3 – Значение коэффициента $K_{ИЗБ}$ для пластичных бетонных смесей

Расход цемента, кг на 1 м ³ смеси	Коэффициент $K_{ИЗБ}$ при B/C				
	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. Для других значений C и C/B коэффициент $K_{ИЗБ}$ находят интерполяцией.

Таблица 9.4 – Значение коэффициента $K_{ИЗБ}$ в зависимости от расхода цемента (Хигерович-Попов)

Расход цемента C , кг на 1 м ³ смеси	Коэффициент $K_{ИЗБ}$ при B/C	
	щебень	гравий
250	1,3	1,34
300	1,36	1,42
350	1,42	1,48
400	1,47	1,52

Примечание. Для других значений C коэффициент $K_{ИЗБ}$ находят интерполяцией.

Решая оба уравнения 9.4 и 9.5 совместно, получим расчетную формулу для определения расход крупного заполнителя $Щ(Г)$ в кг и расход песка $П$ в кг на 1000л (1 м³) бетонной смеси.

Таким образом, в результате расчета получаем предварительный расход воды B , цемента C , крупного заполнителя $Щ$ и мелкого заполнителя $П$ в кг на 1 м³ (1000 л) бетонной смеси.

Этап 5 – проверка удобоукладываемости бетонной смеси

Определение удобоукладываемости осуществляется пробным замесом объемом 10 л.

Подвижность бетонной смеси характеризуется стандартной величиной осадки конуса OK в см или $Ж$ в с. Для подвижных смесей используют металлическую форму усеченного конуса (рисунок 9.2, а) высотой 300 мм с внутренним диаметром нижнего основания 200 мм и верхнего 100 мм.

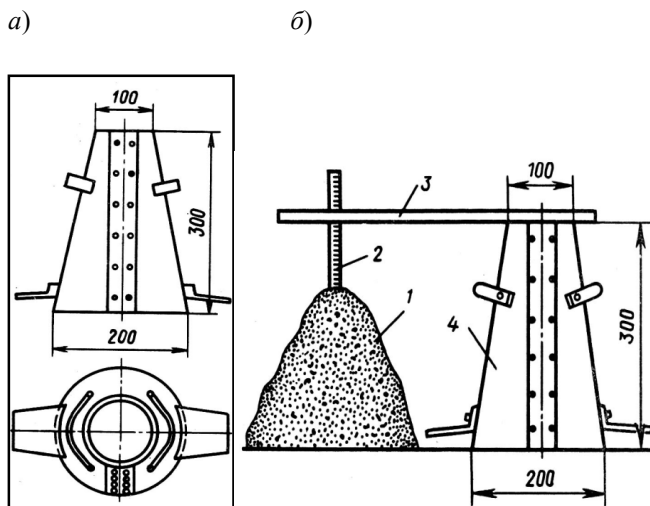


Рисунок 9.2 – Определение осадки конуса OK
подвижной бетонной смеси:

а – форма конуса; б – определение величины OK :
1 – бетонная смесь; 2, 3 – линейки; 4 – форма конуса

Осадку конуса определяют следующим образом. Внутреннюю поверхность формы конуса и лист под ней смачивают водой. В форму укладывают бетонную смесь в три приема слоями до 10 см.

Каждый слой штыкуют металлическим стержнем с круглым концом 25 раз. Избыток бетона срезают, заглаживая поверхность. Затем конус, без перекосов снимают и ставят рядом.

Освобожденная от формы бетонная смесь в зависимости от подвижности дает осадку, которую измеряют при помощи двух линеек (рисунок 9.2, б) с точностью до 1 мм.

Жесткость бетонной смеси (J) определяется по стандартной методике и оценивается продолжительностью вибровоздействия в секундах, при котором бетонная смесь, разжижаясь, займет форму (рисунок 9.3).

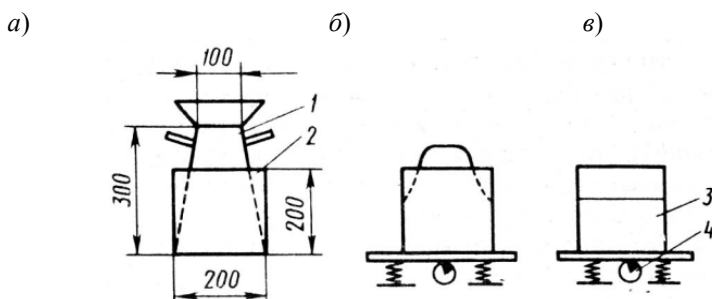


Рисунок 9.3 – Определение жесткости (J) жесткой бетонной смеси:

- a* – начало испытания: 1 – форма конуса; 2 – форма;
б – процесс испытания; *в* – окончание испытания: 3 – форма;
 4 – устройство для вибровоздействия

Этап 6 – запись состава бетонной смеси

Найденный состав бетона выражают соотношением масс сухих компонентов смеси $Ц:П:Щ$ и $Ц/В$ отношением. При этом расход цемента принимают за единицу.

Например, 1:2:4; $В/Ц = 0,7$.

Этап 7 – определение расхода материалов на замес бетоносмесителя

При дозировании суммарный объем сыпучих составляющих смеси (цемента $V_{Ц}$, песка $V_{П}$, щебня $V_{Щ}$) значительно превосходит объем бетонной смеси после их смешения с водой. Расход материалов на замес бетоносмесителя определенной емкости V рассчитывают с учетом коэффициента выхода бетона β , который находят по формуле:

$$\beta = \frac{1000}{V_{П} + V_{П} + V_{Щ}} = \frac{1000}{\frac{Ц}{\rho_{н.ц}} + \frac{П}{\rho_{н.п}} + \frac{Щ}{\rho_{н.щ}}}, \quad (9.10)$$

где $V_{П}$, $V_{Ц}$, $V_{В}$ – насыпные объемы соответственно песка, цемента и воды, л;

$Ц$, $П$, $Щ$ – расход соответственно песка, щебня, цемента на 1000 л бетонной смеси, кг;

$\rho_{н.п}$, $\rho_{н.ц}$, $\rho_{н.щ}$ – насыпная плотность соответственно цемента, песка, щебня, кг/л.

Зная коэффициент выхода бетона, определяют дозировку его составных частей в кг на замес бетоносмесителя:

$$Ц_1 = \frac{\beta \cdot V}{1000} Ц; \quad П_1 = \frac{\beta \cdot V}{1000} П; \quad Щ_1 = \frac{\beta \cdot V}{1000} Щ; \quad В_1 = \frac{\beta \cdot V}{1000} В, \quad (9.11)$$

где $Ц_1$, $П_1$, $Щ_1$, $В_1$ – расход соответственно цемента, песка, щебня и воды на замес бетономешалки, кг;

V_1 – объем бетономешалки, л;

$Ц$, $П$, $Щ$, $В$ – расход соответственно цемента, песка, щебня и воды на 1000 л бетонной смеси, кг;

Этап 8 – изготовление контрольных образцов

Для определения марки бетона, полученной на основе расчетного состава, изготавливают три контрольных образца

в виде кубов с ребром 10, 15 или 20 см в зависимости от наибольшего размера зерен щебня (гравия).

Формы (рисунок 9.4, *а, б*) для изготовления образцов смазывают минеральным маслом, затем в них с некоторым избытком укладывают бетонную смесь. Формы со смесью переносят на лабораторную виброплощадку (рисунок 9.4, *в*), вибрируют до прекращения оседания смеси и до появления на ее поверхности цементного теста.

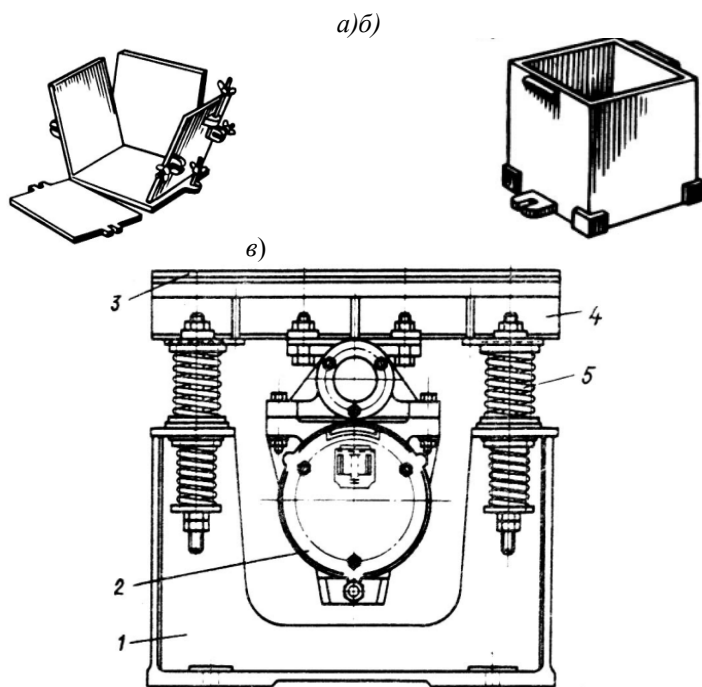


Рисунок 9.4 – Оборудование для формования образцов:
а, б – форма разъемная; *в* – виброплощадка: 1 – станина;
2 – электродвигатель; 3 – площадка; 4 – рама; 5 – пружина

Образцы в формах, покрытых влажной тканью, выдерживают в течение 1 суток, затем их освобождают из формы и

хранят в нормальных условиях при 15–20°C и относительной влажности не менее 90% вплоть до испытания, т.е. в течение последующих 27 суток.

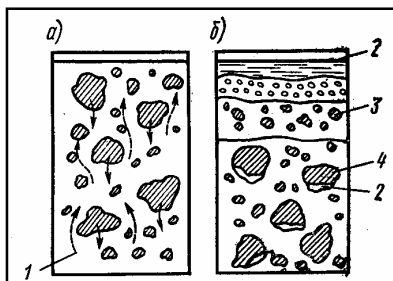


Рисунок 9.5 – Схема расслоения бетонной смеси:
а – в процессе уплотнения; *б* – после уплотнения;
1 – направление, по которому отжимается вода; *2* – вода;
3 – мелкий заполнитель; *4* – крупный заполнитель

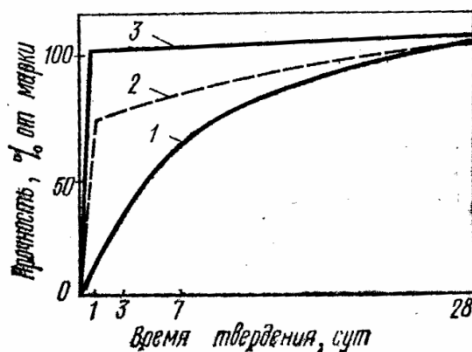


Рисунок 9.6 – Кривые нарастания прочности бетона:
1 – нормально твердеющего; *2* – пропаренного при нормальном давлении и температуре 85 °C; *3* – пропаренного в автоклаве при давлении насыщенного пара 0,8 МПа и температуре 175 °C

Этап 9 – определение прочности контрольных образцов

Перед испытанием образцы-кубы осматривают, измеряют и взвешивают. Испытывают образцы на гидравлических прессах (рисунок 9.7), укладывая каждый из них на опорную плиту пресса так, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям уложенного бетона.

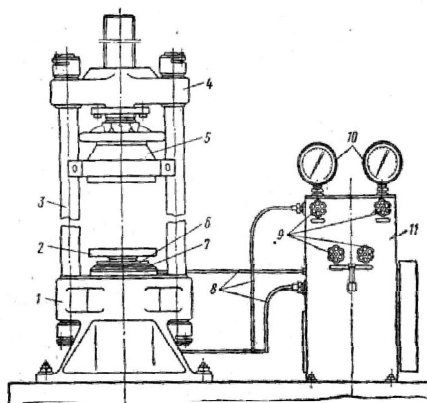


Рисунок 9.7 – Пресс гидравлический:

- 1 – станина; 2 – нижняя опора; 3 – колонны; 4 – верхняя поперечина;
5 – верхняя плита; 6 – поршень; 7 – цилиндр; 8 – маслопровод;
9 – вентили; 10 – манометры; 11 – маслосос с электродвигателем

Предел прочности бетона при сжатии в МПа каждого образца-куба определяют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{F}, \quad (9.12)$$

где P – разрушающее усилие пресса, Н (кгс);
 F – площадь поперечного сечения образца, м^2 (см^2).

Величина предела прочности при сжатии бетона характеризуется средним арифметическим значением пределов прочности 3-образцов.

10 СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Определение подвижности, плотности растворной смеси и прочности на сжатие раствора является обязательной для всех видов раствора. Другие свойства растворных смесей и раствора определяют в случаях, предусмотренных проектом или правилами производства работ.

Пробы для испытания растворной смеси и изготовления образцов отбирают до начала схватывания растворной смеси. Объем пробы должен быть не менее 3 л.

Отобранная проба перед проведением испытания должна быть дополнительно перемешана в течение 30 с. Испытание растворной смеси должно быть начато не позднее чем через 10 мин после отбора пробы.

10.1 Определение подвижности растворной смеси

Подвижность растворной смеси характеризуется измеряемой в сантиметрах глубиной погружения в нее эталонного конуса (рисунок 10.1).

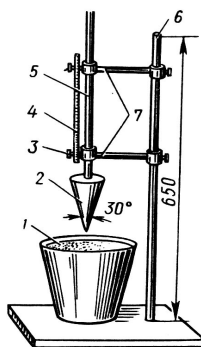


Рисунок 10.1 – Прибор для определения подвижности смеси:
1 – сосуд для растворной смеси; 2 – эталонный конус; 3 – зажимной винт; 4 – шкала с делениями; 5 – скользящий стержень;
6 – направляющие; 7 – держатели

Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги⁴ в направляющих⁶.

Сосуд⁷ наполняют растворной смесью на 1 см ниже его краев и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5–6 кратным легким постукиванием о стол, после чего сосуд ставят на площадку прибора.

Острые конуса³ приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде, закрепляют штангу конуса стопорным винтом⁸ и делают первый отсчет по шкале. Затем отпускают стопорный винт.

Конус должен погружаться в растворную смесь свободно. Второй отсчет снимают по шкале через 1 мин после начала погружения конуса.

Глубину погружения конуса, измеряемую с погрешностью до 1 мм, определяют как разность между первым и вторым отсчетом. Глубину погружения конуса оценивают по результатам двух испытаний на разных пробах растворной смеси одного замеса как среднее арифметическое значение из них и округляют. Разница в показателях частных испытаний не должна превышать 20 мм. Если разница окажется больше 20 мм, то испытания следует повторить на новой пробе растворной смеси.

10.2 Определение плотности растворной смеси

Плотность растворной смеси характеризуется отношением массы уплотненной растворной смеси к ее объему и выражается в г/см^3 . При определении плотности используется стальной цилиндрический сосуд емкостью 1000±2 мл (рисунок 10.2).

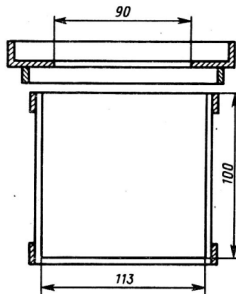


Рисунок 10.2 – Стальной цилиндрический сосуд

Перед испытанием сосуд предварительно взвешивают с погрешностью до 2 г. Затем наполняют растворной смесью с избытком.

Растворную смесь уплотняют путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5–6 кратным легким постукиванием о стол.

После уплотнения избыток растворной смеси срезают стальной линейкой. Поверхность тщательно выравнивают вровень с краями сосуда. Стенки мерного сосуда очищают влажной ветошью от попавшего на них раствора. Затем сосуд с растворной смесью взвешивают с точностью до 2 г.

Плотность растворной смеси ρ , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{1000}, \quad (10.1)$$

где m – масса мерного сосуда с растворной смесью, г;
 m_1 – масса мерного сосуда без смеси, г.

Плотность растворной смеси определяют как среднее арифметическое значение результатов двух определений плотности смеси из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 5% от меньшего значения.

При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе растворной смеси.

10.3 Определение расслаиваемости растворной смеси

Расслаиваемость растворной смеси, характеризующая ее связность при динамическом воздействии, определяют путем сопоставления содержания массы заполнителя в нижней и верхней частях свежеотформованного образца размерами $150 \times 150 \times 150$ мм.

Лабораторная виброплощадка в нагруженном состоянии должна обеспечивать вертикальные колебания частотой 2900 ± 100 в минуту и амплитудой $(0,5 \pm 0,05)$ мм. Виброплощадка должна иметь устройство, обеспечивающее при вибрировании жесткое крепление формы с раствором к поверхности стола.

Растворную смесь укладывают и уплотняют в форме для контрольных образцов размерами $150 \times 150 \times 150$ мм. После этого уплотненную растворную смесь в форме подвергают вибрационному воздействию на лабораторной виброплощадке в течение 1 мин.

После вибрирования верхний слой раствора высотой $(7,5 \pm 0,5)$ мм из формы отбирают на противень, а нижнюю часть образца выгружают из формы путем опрокидывания на второй противень.

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 вытекает чистая вода.

Отмытые порции заполнителя переносят на чистый противень, высушивают до постоянной массы при температуре $105-110^\circ\text{C}$ и взвешивают с погрешностью до 2 г.

Содержание заполнителя в верхней (нижней) частях уплотненной растворной смеси V в процентах определяют по формуле:

$$V = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100, \quad (10.2)$$

где m_1 – масса отмытого высушенного заполнителя из верхней (нижней) части образца, г;
 m_2 – масса растворной смеси, отобранной пробы из верхней (нижней) части образца, г.

Показатель расслаиваемости растворной смеси Π_{PAC} в процентах определяют по формуле:

$$\Pi_{PAC} = \frac{\Delta V}{\Sigma V} \cdot 100, \quad (10.3)$$

где ΔV – абсолютная величина разности между содержанием заполнителя в верхней и нижней частях образца, %;
 ΣV – суммарное содержание заполнителя верхней и нижней частей образца, %.

Показатель расслоения для каждой пробы растворной смеси определяют дважды и вычисляют с округлением до 1% как среднее арифметическое значение 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.

10.4 Определение водоудерживающей способности растворной смеси

Водоудерживающую способность определяют путем испытания слоя растворной смеси толщиной 12 мм, уложенного на промокательную бумагу.

Водоудерживающую способность растворной смеси определяют с помощью прибора (рисунок 10.3).

Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги взвешивают с погрешностью до 0,1 г, укладывают на стеклянную пластинку, сверху укладывают прокладку из марлевой ткани, устанавливают металлическое кольцо и еще раз взвешивают.

Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца, выравнивают, взвешивают и оставляют на 10 мин.

Металлическое кольцо с раствором осторожно снимают вместе с марлей.

Промокательную бумагу взвешивают с погрешностью до 0,1 г.

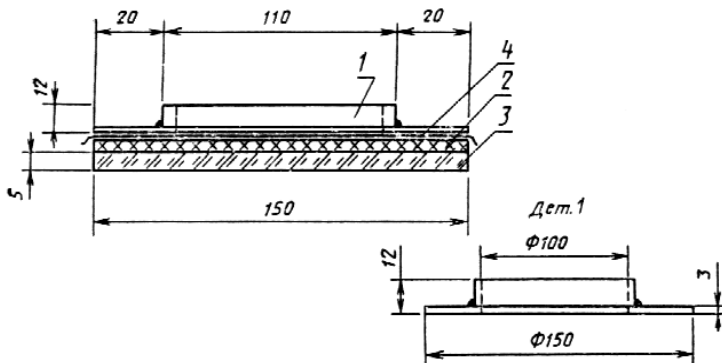


Рисунок 10.3 – Схема прибора для определения водоудерживающей способности растворной смеси:

1 – металлическое кольцо с раствором; 2 – 10 слоев промокательной бумаги; 3 – стеклянная пластина; 4 – слой марлевой ткани

Водоудерживающую способность растворной смеси определяют выраженным в процентах содержанием воды в пробе до и после эксперимента по формуле:

$$V = \left(100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100 \right), \quad (10.4)$$

где m_1 — масса промокательной бумаги до испытаний, г;

m_2 —масса промокательной бумаги после испытания, г;

m_3 —масса установки без растворной смеси, г;

m_4 — масса установки с растворной смесью, г.

Водоудерживающую способность растворной смеси определяют дважды для каждой пробы растворной смеси и вычисляют как среднее арифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20% от меньшего значения.

10.5 Определение прочности раствора на сжатие

Прочность раствора на сжатие должна определяться на образцах-кубах размерами 70,7×70,7×70,7 мм в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора. На каждый срок испытания изготавливают три образца.

Образцы из растворной смеси подвижностью до 5 см должны изготавливаться в формах с поддоном (рисунок 10.4) с использованием шпателя для уплотнения растворной смеси (рисунок 10.5).

Форму заполняют раствором в два слоя. Уплотнение слоев раствора в каждом отделении формы производят 12 нажимами шпателя: 6 нажимов вдоль одной стороны и 6 — в перпендикулярном направлении.

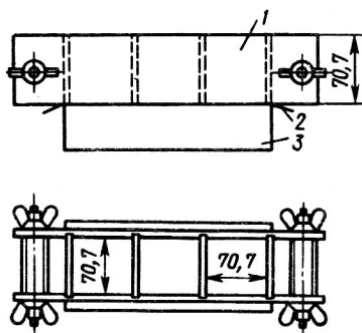


Рисунок 10.4 – Металлическая форма с поддоном

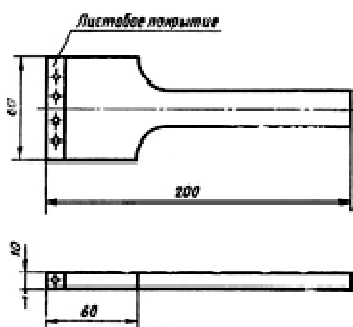


Рисунок 10.5 – Шпатель для уплотнения растворной смеси

Избыток раствора срезают вровень с краями формы смоченной водой стальной линейкой и заглаживают поверхность.

Образцы из растворной смеси подвижностью 5 см и более изготавливают в формах без поддона.

Форму устанавливают на кирпич, покрытый газетной бумагой, смоченной водой, или другой непроклеенной бумагой. Размер бумаги должен быть таким, чтобы она закрывала боковые грани кирпича. Кирпичи перед употреблением должны быть притерты вручную один о другой для устранения резких неровностей. Кирпич применяют глиняный обыкновенный влажностью не более 2% и водопоглощением 10–15% по мас-

се. Кирпичи со следами цемента на гранях повторному использованию не подлежат.

Формы заполняют раствором смеси за один прием с некоторым избытком и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз по концентрической окружности от центра к краям.

Формы, заполненные раствором смеси выдерживают до распалубки в камере нормального хранения при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха 95–100 %, а формы, заполненные раствором смеси на воздушных вяжущих, – в помещении при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 10)\%$.

Образцы освобождают из форм через (24 ± 2) ч после укладки раствора смеси.

Образцы, изготовленные из растворных смесей, приготовленных на шлакопортландцементных, пуццолановых портландцементных с добавками замедлителей схватывания, а также образцы зимней кладки, хранившиеся на открытом воздухе, освобождают из форм через 2–3 сут.

После освобождения из форм образцы должны храниться при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. При этом должны соблюдаться следующие условия: образцы из растворов, приготовленных на гидравлических вяжущих, в течение первых 3 сут должны храниться в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95–100%, а оставшееся до испытания время – в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10)\%$ (из растворов, твердеющих на воздухе) или в воде (из растворов, твердеющих во влажной среде); образцы из растворов, приготовленных на воздушных вяжущих, должны храниться в помещении при относительной влажности воздуха $(6 \pm 10)\%$.

Проведение испытания

Перед испытанием на сжатие (для определения плотности) образцы взвешивают с погрешностью до 0,1% и измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм.

Перед установкой образца на пресс с контактирующих с гранями образца опорных плит пресса тщательно удаляют частицы раствора, оставшиеся от предыдущего испытания.

Образец устанавливают на нижнюю плиту пресса центральнo относительно его оси так, чтобы основанием служил грани, соприкасавшиеся со стенками формы при его изготовлении.

Шкалу силоизмерителя испытательной машины или прес-са выбирают из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20–80% от максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой.

Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно с постоянной скоростью $(0,6 \pm 0,4)$ МПа $[(6 \pm 4)$ кгс/см²] в секунду до его разрушения.

Достигнутое в процессе испытания образца максимальное усилие принимают за величину разрушающей нагрузки.

Предел прочности раствора на сжатие R вычисляют для каждого образца с погрешностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) по формуле:

$$R = \frac{P}{A}, \quad (10.4)$$

где P –разрушающая нагрузка, Н;
 A –рабочая площадь сечения образца, см².

Рабочую площадь сечения образцов определяют по результатам измерения как среднее арифметическое значение площадей двух противоположных граней.

Предел прочности раствора на сжатие вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний 3-х образцов.

10.6 Определение средней плотности раствора

Плотность раствора определяют испытанием образцов-кубов с ребром 70,7 мм, изготовленных из растворной смеси рабочего состава, либо пластин размером 50×50 мм, взятых из швов конструкций. Толщина пластин должна соответствовать толщине шва.

Образцы изготавливают и испытывают сериями. Серия должна состоять из трех образцов.

Плотность раствора определяют испытанием образцов в состоянии естественной влажности или нормированном влажностном состоянии: сухом, воздушно-сухом, нормальном, водонасыщенном. При определении плотности раствора в состоянии естественной влажности образцы испытывают сразу же после их отбора или хранят в паронепроницаемой упаковке или герметичной таре, объем который превышает объем уложенных в нее образцов не более чем в 2 раза.

Проведение испытания

Объем образцов вычисляют по их геометрическим размерам. Размеры образцов определяют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм. Массу образцов определяют взвешиванием с погрешностью не более 0,1 %.

Плотность образца раствора ρ_p вычисляют с погрешностью до 1 кг/м³ по формуле:

$$\rho_p = \frac{m}{V} \cdot 1000, (10.5)$$

где m – масса образца, г;
 V – объем образца, см³.

Плотность раствора серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания всех образцов серии.

Плотность раствора при нормированном влажностном состоянии ρ_{PHB} , кг/м³, вычисляют по формуле:

$$\rho_{PHB} = \rho_P \frac{1 + \frac{W_H}{100}}{1 + \frac{W}{100}}, \quad (10.6)$$

где ρ_P —плотность раствора при влажности W_H , кгс/м³;

W_H — нормированная влажность раствора, %;

W — влажность раствора в момент испытания.

10.7 Определение влажности раствора

Влажность раствора определяют испытанием образцов или проб, полученных дроблением образцов после их испытания на прочность или извлеченных из готовых изделий или конструкций.

Наибольшая крупность раздробленных кусков раствора должна быть не более 5 мм.

Образцы проб дробят и взвешивают сразу же после отбора и хранят их в паронепроницаемой упаковке или герметичной таре, объем которой превышает объем уложенных в нее образцов не более чем в два раза.

Подготовленные образцы или пробы взвешивают и высушивают до постоянной массы при температуре $(105 \pm 5)^\circ\text{C}$.

Гипсовые растворы высушивают при температуре 45–55°C.

Постоянной считают массу, при которой результаты двух последовательных взвешиваний отличаются не более чем на 0,1%. При этом время между взвешиваниями должно быть не менее 4 ч.

Перед повторным взвешиванием образцы охлаждают в эксикаторе с безводным хлористым кальцием или вместе с сушильным шкафом до комнатной температуры.

Взвешивание производят с погрешностью до 0,1 г.

Влажность раствора по массе W_m в процентах вычисляют с погрешностью до 0,1% по формуле:

$$W_m = \frac{m_B - m_C}{m_C} \cdot 100, \quad (10.7)$$

где m_B —масса образца раствора до сушки, г;

m_C —масса образца раствора после сушки, г.

Влажность раствора по объему W_O в процентах вычисляют с погрешностью до 0,1% по формуле:

$$W_O = \frac{W_m \cdot \rho_B}{\rho_B}, \quad (10.8)$$

где ρ_O — плотность сухого строительного раствора;

ρ_B — плотность воды, принимаемая равной 1 г/см^3 .

Влажность строительного раствора серии образцов определяют как среднее арифметическое результатов определения влажности отдельных образцов раствора.

11 МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ

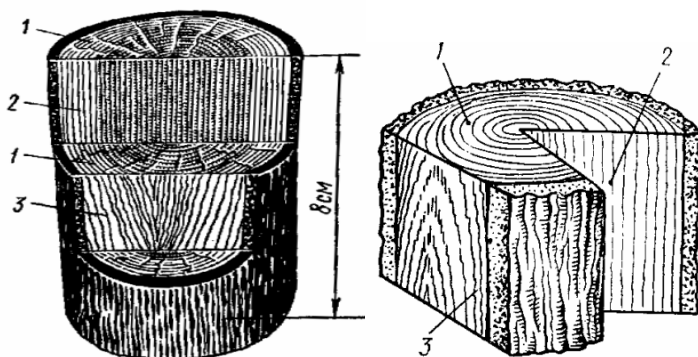


Рисунок 11.1 – Разрезы ствола древесины:
1 – поперечный (торцовый); 2 – радиальный;
3 – тангенциальный

11.1 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 (рисунок 11.2).

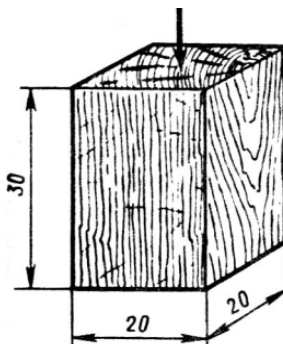


Рисунок 11.2 – Образец для испытания

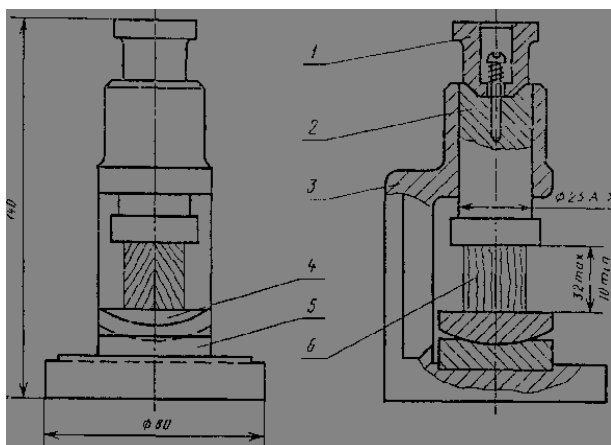


Рисунок 11.3 – Схема приспособления к испытательной машине:
 1 – колпачок; 2 – пуансон; 3 – корпус; 4 – шаровая опора;
 5 – плита; 6 – образец

Методика испытания

Размеры a и b поперечного сечения образца измеряют на середине длины с погрешностью не более 0,1 мм.

Образец помещают в приспособление для испытания на сжатие (рисунок 11.3). Нагрузку на образец передают через пуансон 2. Образец нагружают равномерно с постоянной скоростью нагружения или постоянной скоростью перемещения нагружающей головки машины. Скорость должна быть такой, чтобы образец разрушился через $(1,0 \pm 0,5)$ мин после начала нагружения. При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить нагружение образца равномерно со скоростью (25000 ± 5000) Н/мин или проводить испытание при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины 4 мм/мин при условии достижения предела прочности при сжатии вдоль волокон в указанный интервал времени. Максимальную нагрузку P измеряют с погрешностью не более 1%.

После испытаний определяют влажность. Пробой для определения влажности является весь образец. Предел прочности древесины при кондиционировании образцов (σ_W) в МПа вычисляют по формуле:

$$\sigma_W = \frac{P_{MAX}}{a \times b}, \quad (11.1)$$

где P_{MAX} – максимальная нагрузка, Н;
 a и b – размеры поперечного сечения образца, мм.

Вычисление производят с округлением до 0,5 МПа.

Предел прочности (σ_W) в МПа пересчитывают на влажность 12 % по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности:

$$\sigma_{12} = \sigma_W [1 + \alpha (W - 12)], \quad (11.2)$$

где α – поправочный коэффициент, равный 0,04;
 σ_W – предел прочности образца с влажностью W в момент испытания, МПа;
 W – влажность образца в момент испытания, %;

для образцов с влажностью, равной или больше предела гигроскопичности:

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_W}{K_{12}^{30}}, \quad (11.3)$$

где σ_W – предел прочности образца с влажностью W в момент испытания, МПа;
 K_{12}^{30} – коэффициент пересчета при влажности 30 %, равный:
 0,475 – для клена; 0,535 – для вяза шершавого эллиптического и ясеня; 0,550 – для акации, вяза гладкого, листоватого среднего, дуба, липы и ольхи; 0,450 – для бука, сосны кедровой и обыкновенной; 0,445 – для граба, груши, ели, ивы, ореха, осины, пихты и тополя; 0,400 – для березы и лиственницы.

11.2 Определение предела прочности при сжатии вдоль волоконнекондиционированных образцов

Образцы должны находиться до испытания в условиях, исключающих изменение их начальниц влажности. При определении предела прочности без определения влажности допускается увлажнять образцы до влажности более 30% в воде при температуре 15–25°C в течение:

не менее 4 ч – образцы из древесины, ели, сосны кедровой, заболони сосны обыкновенной, березы и других рассеяннососудистых пород;

не менее 20 ч – образцы из древесины лиственницы, ядра сосны, дуба и других кольцесосудистых пород.

Предел прочности образца с влажностью в момент испытания (σ_w) в МПа вычисляют по формуле:

$$\sigma_w = \frac{P_{MAX}}{a \times b}, \quad (11.4)$$

где P_{MAX} – максимальная нагрузка, Н;
 a и b – размеры поперечного сечения образца, мм.

Вычисление производят с округлением до 0,5 МПа.

Предел прочности пересчитывают на влажность 12 % (σ_{12}) в МПа по формуле:

$$q_2 = \frac{q_w}{K_{12}^w}, \quad (11.5)$$

где K_{12}^w – коэффициент пересчета, определяемый по таблице 11.1 при известной плотности древесины.

Если определение плотности не производилось, допускается принимать коэффициент пересчета равным средней величине для исследуемой породы по таблице 11.2.

Таблица 11.1 – Коэффициент пересчета K_{12}^{30} при плотности ρ_{12} кг/м³

Влажность, %	Коэффициент пересчета K_{12}^{30} при плотности ρ_{12} кг/м ³										
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
5	1,485	1,480	1,475	1,463	1,450	1,430	1,403	1,380	1,348	1,310	1,270
6	1,393	1,386	1,380	1,375	1,363	1,345	1,330	1,308	1,280	1,250	1,220
7	1,321	1,315	1,308	1,300	1,290	1,275	1,262	1,245	1,221	1,200	1,176
8	1,240	1,235	1,230	1,228	1,221	1,210	1,200	1,188	1,170	1,150	1,135
9	1,172	1,170	1,168	1,163	1,160	1,151	1,142	1,132	1,120	1,110	1,098
10	1,108	1,105	1,103	1,102	1,100	1,095	1,090	1,083	1,078	1,070	1,061
11	1,048	1,046	1,045	1,044	1,042	1,041	1,040	1,038	1,032	1,030	1,028
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,945	0,947	0,948	0,949	0,950	0,951	0,955	0,960	0,963	0,968	0,970
14	0,898	0,899	0,900	0,901	0,903	0,910	0,915	0,920	0,925	0,935	0,941
15	0,849	0,850	0,852	0,855	0,860	0,868	0,873	0,882	0,892	0,902	0,915
16	0,803	0,808	0,810	0,815	0,820	0,833	0,850	0,855	0,865	0,880	0,890
17	0,768	0,770	0,775	0,780	0,783	0,798	0,806	0,818	0,848	0,855	0,870
18	0,725	0,730	0,735	0,741	0,751	0,764	0,780	0,790	0,808	0,830	0,850
19	0,690	0,695	0,700	0,708	0,720	0,730	0,740	0,760	0,785	0,810	0,830
20	0,655	0,660	0,670	0,680	0,685	0,700	0,720	0,740	0,760	0,788	0,810
21	0,625	0,630	0,638	0,645	0,655	0,672	0,693	0,710	0,738	0,765	0,795
22	0,600	0,605	0,611	0,620	0,631	0,650	0,670	0,690	0,716	0,746	0,780
23	0,570	0,580	0,582	0,595	0,608	0,625	0,647	0,668	0,695	0,730	0,765
24	0,550	0,556	0,561	0,570	0,585	0,608	0,628	0,650	0,676	0,714	0,750
25	0,525	0,533	0,540	0,550	0,560	0,585	0,610	0,630	0,660	0,700	0,736
26	0,503	0,512	0,520	0,530	0,542	0,567	0,590	0,612	0,645	0,686	0,723
27	0,480	0,490	0,500	0,510	0,525	0,548	0,570	0,600	0,632	0,672	0,710
28	0,460	0,470	0,480	0,490	0,508	0,530	0,552	0,580	0,620	0,660	0,698
29	0,444	0,452	0,464	0,475	0,492	0,515	0,536	0,570	0,607	0,650	0,688
≥30	0,428	0,432	0,446	0,460	0,476	0,502	0,525	0,555	0,596	0,640	0,680

Вычисление производят с округлением до 0,5 МПа.

Таблица 11.2 – Средние коэффициенты пересчета K_{12}^W для пород

Влажность, %	Средние коэффициенты пересчета K_{12}^W для пород					
	вяз эллипти ческий, ясень	акация, вяз гладкий, листоватый и средний дуб, липа, ольха	клен	бук, сосна кедровая и обыкновен- ная	граб, груша, ель, ива, орех, осина, пихта, тополь	береза, листвен- ница
5	1,480	1,355	1,335	1,480	1,335	1,520
6	1,395	1,305	1,275	1,401	1,275	1,440
7	1,320	1,240	1,220	1,325	1,220	1,350
8	1,250	1,190	1,175	1,250	1,175	1,279
9	1,180	1,145	1,130	1,190	1,130	1,190
10	1,120	1,095	1,085	1,125	1,085	1,120
11	1,055	1,050	1,040	1,060	1,040	1,055
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,940	0,955	0,955	0,950	0,955	0,945
14	0,895	0,915	0,915	0,900	0,915	0,895
15	0,845	0,880	0,880	0,855	0,880	0,850
16	0,800	0,840	0,840	0,805	0,835	0,800
17	0,760	0,810	0,805	0,760	0,800	0,755
18	0,720	0,780	0,765	0,725	0,765	0,715
19	0,685	0,750	0,735	0,685	0,735	0,675
20	0,655	0,720	0,705	0,650	0,705	0,640
21	0,620	0,690	0,680	0,615	0,670	0,605
22	0,600	0,665	0,650	0,585	0,640	0,570
23	0,580	0,640	0,625	0,560	0,610	0,540
21	0,565	0,620	0,600	0,535	0,585	0,515
25	0,550	0,605	0,580	0,515	0,560	0,490
26	0,545	0,585	0,555	0,495	0,535	0,470
27	0,540	0,575	0,535	0,480	0,510	0,450
28	0,535	0,565	0,515	0,470	0,490	0,430
29	0,535	0,555	0,495	0,455	0,465	0,415
≥30	0,535	0,550	0,475	0,450	0,445	0,400

Пример. Коэффициент пересчета K_{12}^{30} для породы с плотностью 650 кг/м^3 равен $0,502$. Коэффициент K_{12}^{30} для породы с плотностью 700 кг/м^3 равен $0,525$. Коэффициент K_{12}^{30} для породы с плотностью 670 кг/м^3 определяют по формуле:

$$K_{12}^{30} = 0,502 + (0,525 - 0,502) \times \frac{670 - 650}{50} = 0,511. \quad (11.6)$$

Коэффициенты пересчета K_{12}^W для промежуточных значений плотности определяют линейным интерполированием коэффициентов K_{12}^W для смежных значений плотности.

11.3 Метод определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон

Подготовка к испытанию

Образцы изготовляют в форме прямоугольной призмы основанием $20 \times 20 \text{ мм}$ и длиной вдоль волокон 30 мм .

Если годовичные слои имеют ширину более 4 мм , размеры поперечного сечения должны быть увеличены так, чтобы образец включал не менее 5 слоев.

Проведение испытания

Ширину b в тангентальном направлении при радиальном сжатии или в радиальном направлении при тангентальном сжатии и длину l измеряют с погрешностью не более $0,1 \text{ мм}$ соответственно на середине длины и ширины образца.

Образец помещают в машину тангентальной или радиальной поверхностью кверху и нагружают через пуансон (рисунок 11.4).

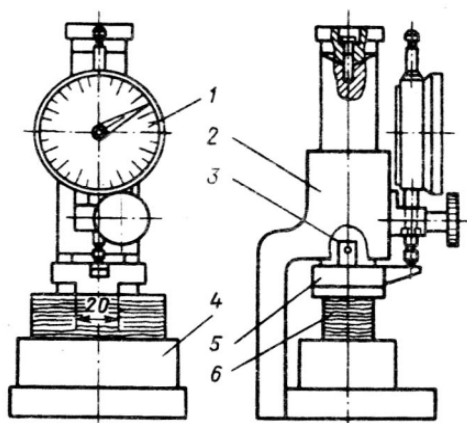


Рисунок 11.4 – Испытательная машина:
 1 – индикатор; 2 – корпус; 3 – шток; 4 – подставка;
 5 – съемный пуансон; 6 – образец

Постоянная скорость нагружения или постоянная скорость перемещения нагружающей головки машины должна быть такой, чтобы условный предел прочности был достигнут через $(1,5 \pm 0,5)$ мин после начала нагружения.

При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить испытания с равномерной скоростью нагружения (1000 ± 200) Н/мин при условии достижения условного предела прочности образца в указанный интервал времени.

При использовании испытательной машины без записывающего устройства деформацию образца определяют по индикатору часового типа с погрешностью не более 0,01 мм через равные интервалы приращения нагрузки. Интервал должен быть меньше нагрузки, соответствующей условному пределу прочности не менее чем в 10 раз. Допускается назначать интервал приращения нагрузки 200 Н для мягких пород и 400 Н для твердых пород. Испытание продолжают до очевидного перехода условного предела прочности, что определяют

по диаграмме машины или заметному увеличению скорости деформирования образца.

Влажность определяют на испытанных образцах.

Нагрузку P , соответствующую условному пределу прочности, определяют по диаграмме сжатия (рисунок 11.5) поперек волокон как ординату точки, в которой отступление от линейной зависимости между нагрузкой и деформацией достигает такой величины, что тангенс угла, образованного осью нагрузок и касательной к графику $P-\Delta l$, увеличивается на 50% своего значения, соответствующего прямолинейному участку графика.

При испытаниях вычерчивают диаграмму с масштабом по оси ординат не более 50 Н/мм и по оси абсцисс – не более 0,01 мм/мм.

Условный предел прочности σ_w образца с влажностью W в момент испытания вычисляют с округлением до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_w = \frac{P}{b \times l}, \quad (11.7)$$

где P – нагрузка, соответствующая условному пределу прочности, Н;
 b и l – ширина и длина образца, мм.

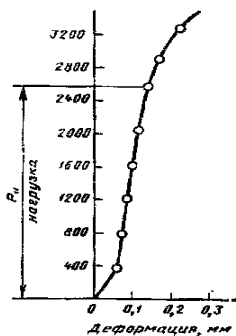


Рисунок 11.5 – Диаграмма сжатия

Условный предел прочности σ_W образца с нормализованной влажностью пересчитывают к влажности 12% с округлением до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_{12} = \sigma_W [1 + \alpha (W - 12)], \quad (11.8)$$

где σ_W – условный предел прочности образца с влажностью W в момент испытания, МПа;

α – поправочный коэффициент, равный 0,035;

W – влажность образца в момент испытания, проценты.

Условный предел прочности σ_W образца с влажностью, равной или больше предела гигроскопичности, пересчитывают к влажности 12 % с округлением до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_{12} = \sigma_W \times K_{12}, \quad (11.9)$$

где σ_W – условный предел прочности образца с влажностью W в момент испытания, МПа;

K_{12} – пересчетный коэффициент при влажности 30%, равный:

1,67 – для лиственных пород при обоих направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии; 2,45 – для хвойных пород при тангенциальном сжатии.

11.4 Определение предела прочности при статическом изгибе

Образцы изготавливают в форме прямоугольной призмы с поперечным сечением 20×20 мм с длиной вдоль волокон 300 мм. Допускается определять предел прочности при статическом изгибе на образцах после определения модуля упругости.

На середине длины образца измеряют ширину b и высоту h с погрешностью не более 0,1 мм.

Образец помещают в машину так, чтобы изгибающее усилие было направлено по касательной к годичным слоям (изгиб

тангенциальный) и нагружают по схеме, показанной на рисунке 11.6.

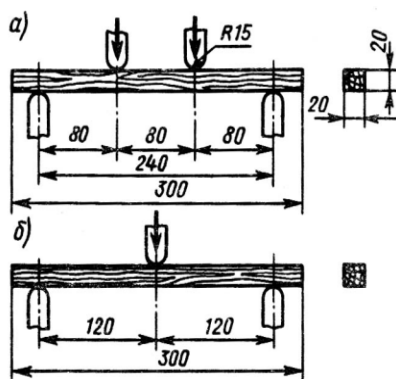


Рисунок 11.6 – Схемы испытания:
 а – передача нагрузки в двух точках;
 б – передача нагрузки в одной точке

Образец нагружают равномерно с постоянной скоростью нагружения или постоянной скоростью перемещения активного захвата машины. Скорость должна быть такой, чтобы образец разрушился через $(1,5 \pm 0,5)$ мин после начала нагружения.

При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить нагружение образца равномерно со скоростью (1350 ± 150) Н/мин или проводить испытания при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины 4 мм/мин.

Испытание продолжают до разрушения образца, определяя максимальное показание стрелки силоизмерителя.

Максимальную нагрузку P_{max} определяют с погрешностью не более 1%.

После испытания определяют влажность образцов.

В качестве пробы на влажность берут часть образца длиной (25 ± 5) мм, вырезаемую вблизи излома. Для определения средней влажности партии образцов допускается испытать

часть образцов. Предел прочности (σ_W) в МПа образца с влажностью в момент испытания вычисляют по формуле:

$$\sigma_W = \frac{3P_{MAX} \times l}{2bh^2}, \quad (11.10)$$

где l – расстояние между центрами опор, мм;

h – высота образца, мм;

b – ширина образца, мм.

P_{MAX} – максимальная нагрузка, Н.

Результат вычисляют и округляют до 1 МПа.

Предел прочности образца с нормализованной влажностью при необходимости пересчитывают на влажность 12 % по формуле:

$$\sigma_{12} = \sigma_W [1 + \alpha(W - 12)], \quad (11.11)$$

где α – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,04 для всех пород;

W – влажность образца в момент испытания, %.

Предел прочности образца с влажностью, отличающейся от нормализованной, пересчитывают на влажность 12 % по формуле:

$$\sigma_{12} = \frac{\sigma_W}{K_{12}^W}, \quad (11.12)$$

где K_{12}^W – коэффициент пересчета, определяемый по таблице 11.3 при известной плотности древесины.

Если определение плотности не производилось, допускается принимать коэффициент пересчета равным средней величине для исследуемой породы.

Результат вычисляют и округляют до 1 МПа.

Таблица 11.3 – Коэффициент пересчета K_{12}^W при плотности ρ_{12} , кг/м³

Влажность W , %	Коэффициент пересчета K_{12}^W при плотности ρ_{12} , кг/м ³										
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
5	1,405	1,396	1,390	1,375	1,365	1,345	1,320	1,280	1,245	1,205	1,153
6	1,335	1,330	1,320	1,310	1,300	1,285	1,264	1,232	1,202	1,170	1,125
7	1,267	1,262	1,255	1,248	1,240	1,230	1,212	1,185	1,163	1,136	1,100
8	1,210	1,205	1,200	1,193	1,190	1,180	1,165	1,145	1,125	1,105	1,080
9	1,150	1,148	1,143	1,140	1,135	1,127	1,120	1,105	1,090	1,075	1,056
10	1,098	1,098	1,092	1,090	1,087	1,082	1,077	1,070	1,060	1,050	1,038
11	1,048	1,048	1,042	1,042	1,040	1,040	1,038	1,033	1,027	1,023	1,020
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,955	0,955	0,955	0,955	0,956	0,960	0,962	0,968	0,970	0,975	0,982
14	0,915	0,915	0,915	0,917	0,920	0,925	0,930	0,940	0,948	0,957	0,965
15	0,875	0,878	0,880	0,882	0,887	0,890	0,900	0,913	0,922	0,937	0,951
16	0,837	0,840	0,840	0,845	0,852	0,860	0,870	0,887	0,900	0,915	0,938
17	0,805	0,810	0,810	0,813	0,820	0,830	0,840	0,862	0,880	0,900	0,925
18	0,780	0,785	0,785	0,793	0,798	0,807	0,820	0,843	0,863	0,887	0,915
19	0,745	0,750	0,753	0,760	0,768	0,780	0,795	0,820	0,843	0,870	0,903
20	0,715	0,722	0,722	0,735	0,740	0,757	0,773	0,800	0,825	0,855	0,892
21	0,695	0,701	0,703	0,710	0,718	0,735	0,752	0,782	0,812	0,842	0,882
22	0,665	0,672	0,680	0,687	0,693	0,710	0,732	0,765	0,795	0,830	0,875
23	0,645	0,650	0,657	0,668	0,672	0,688	0,715	0,750	0,785	0,820	0,865
24	0,620	0,630	0,638	0,643	0,650	0,668	0,696	0,730	0,768	0,808	0,855
25	0,605	0,614	0,619	0,624	0,636	0,653	0,680	0,720	0,755	0,800	0,850
26	0,590	0,595	0,600	0,610	0,622	0,638	0,665	0,710	0,747	0,790	0,842
27	0,570	0,575	0,580	0,595	0,605	0,625	0,650	0,695	0,735	0,780	0,835
28	0,554	0,560	0,565	0,580	0,590	0,610	0,638	0,682	0,725	0,770	0,830
29	0,540	0,550	0,553	0,568	0,577	0,600	0,628	0,675	0,718	0,765	0,825
>30	0,530	0,538	0,540	0,554	0,565	0,590	0,620	0,665	0,710	0,757	0,820

Коэффициент пересчета K_{12}^W для промежуточных значений плотности определяют линейным интерполированием коэффициентов K_{12}^W для смежных значений плотности.

11.5 Метод определения условного предела прочности при местном смятии поперек волокон

Подготовка к испытанию

Образцы изготавливают в форме прямоугольной призмы с основанием 20×20 мм и длиной вдоль волокон 60 мм. Если годичные слои имеют ширину более 4 мм, размеры поперечного сечения должны быть увеличены так, чтобы образец включал не менее 5 слоев.

Точность изготовления, влажность и количество образцов для каждого направления приложения нагрузки должны соответствовать ГОСТ 16483.0.

Проведение испытания

На середине длины образца измеряют с погрешностью не более 0,1 мм ширину образца b в тангенциальном направлении при радиальном смятии или в радиальном направлении при тангенциальном смятии. Образец помещают в машину тангенциальной или радиальной поверхностью кверху и нагружают через пуансон (рисунок 11.7).

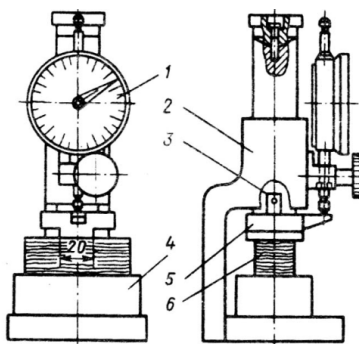


Рисунок 11.7 – Испытательная машина:
1 – индикатор; 2 – корпус; 3 – шток; 4 – подставка;
5 – съемный пуансон; 6 – образец

Постоянная скорость нагружения или постоянная скорость перемещения нагружающей головки машины должна быть такой, чтобы условный предел прочности был достигнут через $(1,5 \pm 0,5)$ мин после начала нагружения.

При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить испытания с равномерной скоростью нагружения (1000 ± 200) Н/мин при условии достижения в указанный интервал времени нагрузки, соответствующей условному пределу прочности образца при местном смятии поперек волокон.

Через каждые 200 Н для мягких пород и через 400 Н для твердых пород измеряют с погрешностью не более 0,01 мм деформацию образца. Испытание продолжают до превышения условного предела прочности, что характеризуется резким увеличением деформации.

После испытаний определяют влажность образцов. В качестве пробы на влажность берут среднюю часть образца длиной 30 мм с отпечатком пуансона. Для определения средней влажности партии образцов допускается отбирать каждый пятый образец, но не менее *трех*.

Для определения нагрузки по результатам измерений вычерчивают диаграмму смятия поперек волокон (рисунок 11.8).



Рисунок 11.8 – Диаграмма смятия поперек волокон

За нагрузку P принимают ординату точки перехода прямолинейного или близкого к прямолинейному участка диаграммы в явно криволинейный. Масштаб диаграммы по оси ординат должен быть не менее 50 Н/мм, чтобы обеспечить определение нагрузки P с погрешностью не более 50 Н.

Условный предел прочности в тангенциальном ($\sigma^T W_y$) или радиальном ($\sigma^R W_y$) направлениях в МПа при влажности в момент испытания с округлением до 0,1 МПа вычисляют по формулам:

$$\sigma^T W = \frac{P}{18\alpha} \text{ или } \sigma^R W_y = \frac{P}{18\alpha}, (11.13)$$

где P – нагрузка, соответствующая при местном смятии поперек волокон условному пределу прочности в тангенциальном или радиальном направлениях, Н;
 α – ширина образца, мм;
 18 – средняя ширина опорной поверхности пуансона, мм.

Условный предел прочности образцов с влажностью от 11 до 13% пересчитывают на влажность 12 % с округлением до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_{12} = \sigma_{W_y} [1 + \alpha(W - 12)], (11.14)$$

где α – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,035 для всех пород;
 W – влажность образца, %.

Условный предел прочности образной с влажностью, равной или больше предела гигроскопичности, пересчитывают на влажность 12 % с округлением до 0,1 МПа по формуле:

$$\sigma_{12} = \sigma_{W_y} K, (11.15)$$

где K – коэффициент пересчета, равный 1,67 – для лиственных пород при обоих направлениях смятия и хвойных пород при радиальном смятии и 2,46 – для хвойных пород при тангенциальном смятии.

11.6 Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон

Испытание на скалывание проводят по тангенциальной и радиальной плоскостям. Форма и размеры образцов изображены на рисунке 11.9.

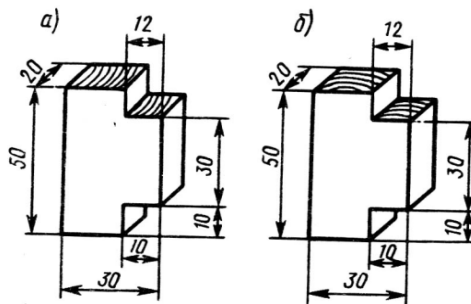


Рисунок 11.9 – Форма образцов:
a – скалывание по тангенциальной плоскости;
б – скалывание по радиальной плоскости

Толщину образца b и длину скалывания l измеряют штангенциркулем по ожидаемой плоскости скалывания с погрешностью не более 0,1 мм.

Образец помещают в приспособление для испытания на скалывание (рисунок 11.10). Подвижную опору 7 подводят до соприкосновения с образцом. Нагрузку на образец передают через нажимную призму с шаровой опорой 5. Образец нагружают равномерно с постоянной скоростью нагружения или постоянной скоростью перемещения нагружающей головки машины.

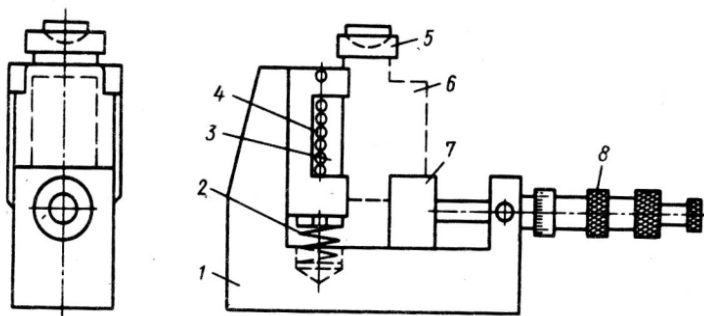


Рисунок 11.10 – Приспособление к испытательной машине:
 1 – корпус; 2 – пружина; 3 – подвижная планка; 4 – ролики; 5 – нажимная
 призма с шаровой опорой; 6 – образец; 7 – подвижная опора;
 8 – устройство для прижима подвижной опоры

Скорость должна быть такой, чтобы образец разрушился через $(1,0 \pm 0,5)$ мин с момента нагружения. При использовании машины с электромеханическим приводом допускается проводить нагружение образца равномерно со скоростью (4000 ± 1000) Н/мин или проводить испытания при скорости перемещения нагружающей головки испытательной машины 4 мм/мин, при условии достижения предела прочности при скалывании вдоль волокон в указанный интервал времени.

Максимальную нагрузку P измеряют с погрешностью не более 10 %. После испытания определяют влажность образцов в соответствии. Пробой для определения влажности является большая часть разрушенного образца.

Предел прочности древесины при кондиционировании образцов (τ_w) в МПа вычисляют по формуле с округлением до 0,1 МПа:

$$\tau_w = \frac{P_{MAX}}{b \times l}, \quad (11.16)$$

где P_{MAX} – максимальная нагрузка, Н;

b – толщина образца, мм;

l – длина скалывания, мм.

Предел прочности (τ_w) в МПа пересчитывают на влажность 12% по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности:

$$\tau_{12} = \tau_w [1 + \alpha(W - 12)], \quad (11.17)$$

где α – поправочный коэффициент на влажность, равный 0,03

для всех пород;

W – влажность образца в момент испытания, проценты;

для образцов с влажностью, равной или больше предела гигроскопичности:

$$\tau_{12} = \frac{\tau_w}{K_{12}^{30}}, \quad (11.18)$$

где K_{12}^{30} – коэффициент пересчета при влажности 30%, равный

0,730 – для акации, вяза и дуба; 0,535 – для березы и ореха;

0,610 – для бука и груши, сосны кедровой и обыкновенной,

ели и лиственницы; 0,570 – для граба, ивы, осины и тополя;

0,650 – для клена, липы, ольхи, пихты и ясеня.

Вычисление производят с округлением до 0,1 МПа.

11.7 Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон некондиционированных образцов

Образцы должны находиться до испытания в условиях, исключающих изменение их начальной влажности. Для определения предела прочности без определения влажности допускается увлажнять образцы до влажности более 30% в воде при температуре 15–25°C в течение:

не менее 8 ч – образцы из древесины ели, сосны кедровой, заболони сосны обыкновенной, березы и других рассеяно-сосудистых пород;

не менее 24 ч – образцы из древесины лиственницы, ядра сосны, дуба и др. кольцесосудистых пород.

Влажность увлажненных образцов из свежесрубленной древесины не определяют.

Предел прочности образца с влажностью в момент испытания (τ_w) в МПа вычисляют по формуле:

$$\tau_w = \frac{P_{MAX}}{b \times l}, \quad (11.19)$$

где P_{MAX} – максимальная нагрузка, Н;

b – толщина образца, мм;

l – длина скалывания, мм.

Вычисление производят с округлением до 0,1 МПа.

Предел прочности пересчитывают на влажность 12% (τ_{12}) в МПа по формуле:

$$\tau_{12} = \frac{\tau_w}{K_{12}^w}, \quad (11.20)$$

где K_{12}^w – коэффициент пересчета, определяемый по таблице при известной плотности древесины (таблица 11.4).

Если определение плотности не производилось, допускается принимать коэффициент пересчета равным средней величине для исследуемой породы по таблице 11.5.

Таблица 11.4 – Коэффициент K_{12}^W для известной плотности древесины

Влажность %	Коэффициент пересчета K_{12}^W при плотности ρ_{12} кг/м ³										
	400	450	500	550	600	650	700	750	800	850	900
5	1,178	1,172	1,168	1,160	1,157	1,148	1,139	1,130	1,121	1,111	1,102
6	1,160	1,155	1,150	1,145	1,140	1,131	1,125	1,118	1,110	1,101	1,091
7	1,138	1,132	1,128	1,124	1,118	1,115	1,109	1,100	1,094	1,088	1,078
8	1,112	1,108	1,106	1,102	1,100	1,096	1,090	1,085	1,078	1,072	1,058
9	1,086	1,082	1,080	1,078	1,075	1,071	1,069	1,065	1,060	1,058	1,050
10	1,058	1,056	1,054	1,052	1,050	1,048	1,046	1,044	1,041	1,039	1,035
11	1,030	1,029	1,028	1,026	1,025	1,021	1,022	1,021	1,020	1,019	1,018
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,968	0,969	0,970	0,972	0,973	0,975	0,977	0,978	0,980	0,982	0,984
14	0,935	0,938	0,940	0,942	0,944	0,948	0,950	0,951	0,958	0,960	0,964
15	0,900	0,905	0,909	0,912	0,915	0,920	0,925	0,930	0,935	0,940	0,945
16	0,874	0,879	0,883	0,888	0,890	0,895	0,900	0,908	0,912	0,920	0,928
17	0,838	0,845	0,849	0,855	0,860	0,869	0,875	0,882	0,890	0,898	0,906
18	0,812	0,818	0,825	0,830	0,835	0,843	0,852	0,866	0,875	0,885	0,892
19	0,782	0,790	0,796	0,805	0,810	0,820	0,830	0,841	0,851	0,866	0,876
20	0,755	0,762	0,770	0,780	0,788	0,798	0,810	0,822	0,835	0,850	0,862
21	0,730	0,738	0,746	0,755	0,763	0,776	0,790	0,805	0,818	0,832	0,846
22	0,702	0,712	0,720	0,730	0,740	0,755	0,770	0,785	0,800	0,818	0,830
23	0,682	0,692	0,700	0,715	0,725	0,740	0,754	0,770	0,785	0,805	0,820
24	0,660	0,672	0,682	0,696	0,705	0,720	0,736	0,752	0,770	0,790	0,808
25	0,643	0,653	0,662	0,678	0,686	0,703	0,718	0,738	0,756	0,776	0,794
26	0,625	0,638	0,648	0,660	0,670	0,690	0,708	0,726	0,745	0,768	0,786
27	0,610	0,620	0,634	0,649	0,658	0,678	0,697	0,715	0,733	0,757	0,776
28	0,596	0,608	0,620	0,637	0,645	0,662	0,682	0,705	0,724	0,748	0,768
29	0,582	0,595	0,610	0,625	0,638	0,655	0,675	0,698	0,718	0,740	0,760
≥30	0,574	0,586	0,600	0,615	0,630	0,645	0,668	0,688	0,710	0,732	0,755

Таблица 11.5 – Коэффициент пересчета K_{12}^W для исследуемой породы

Влажность, %	Средние коэффициенты пересчета K_{12}^W для пород				
	акация, вяз, дуб	береза, орех	бук, груша, ель, листвен- ница, сосна кедровая и обыкновенная	граб, ива, осина, то- поль	клен, липа, пихта, оль- ха, ясень
5	1,280	1,235	1,245	1,240	1,260
6	1,230	1,195	1,212	1,205	1,220
7	1,180	1,160	1,180	1,175	1,180
8	1,145	1,125	1,145	1,140	1,145
9	1,100	1,095	1,105	1,105	1,110
10	1,070	1,065	1,065	1,065	1,070
11	1,035	1,035	1,035	1,035	1,035
12	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
13	0,970	0,970	0,965	0,970	0,970
14	0,950	0,945	0,945	0,940	0,940
15	0,910	0,915	0,915	0,910	0,910
16	0,885	0,885	0,885	0,880	0,885
17	0,860	0,855	0,860	0,855	0,860
18	0,840	0,830	0,830	0,825	0,835
19	0,815	0,805	0,810	0,800	0,810
20	0,800	0,775	0,785	0,780	0,790
21	0,780	0,745	0,765	0,750	0,765
22	0,770	0,720	0,745	0,730	0,740
23	0,755	0,695	0,725	0,705	0,730
24	0,745	0,675	0,705	0,685	0,715
25	0,740	0,650	0,690	0,660	0,700
26	0,735	0,625	0,670	0,645	0,690
27	0,730	0,605	0,655	0,625	0,680
28	0,725	0,580	0,640	0,610	0,670
29	0,720	0,560	0,625	0,590	0,660
≥30	0,720	0,535	0,610	0,570	0,650

11.8 Определение влажности

Образец размером 20×20×30 мм взвешивают на аналитических весах с точностью до 0,001 г и ставят в сушильный шкаф, где при температуре $(103 \pm 2)^\circ\text{C}$ высушивают образец до абсолютно сухого состояния, которое определяют несколькими контрольными взвешиваниями.

Образец мягких пород (сосна, ель, осина и т.п.) взвешивают через 6 час после начала сушки, твердых (дуб, бук, ясень и т.д.) – через 10 час.

Последующие контрольные взвешивания производят через каждые 2 часа. Сушку заканчивают, когда разность между результатами последних двух взвешиваний будет не более 0,002 г.

Бюксу с образцом ставят на сетку эксикатора и охлаждают до комнатной температуры.

Влажность вычисляют с точностью 0,1%:

$$W_r = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100 \%, (11.21)$$

где W_r – гигроскопическая влажность, доли или проценты;

m_1 – масса образца в сухом состоянии, г;

m_2 – масса образца в увлажненном состоянии, г.

Диаграмма для определения равновесной влажности древесины в зависимости от температуры и влажности окружающего воздуха приведена на рисунке 11.11.

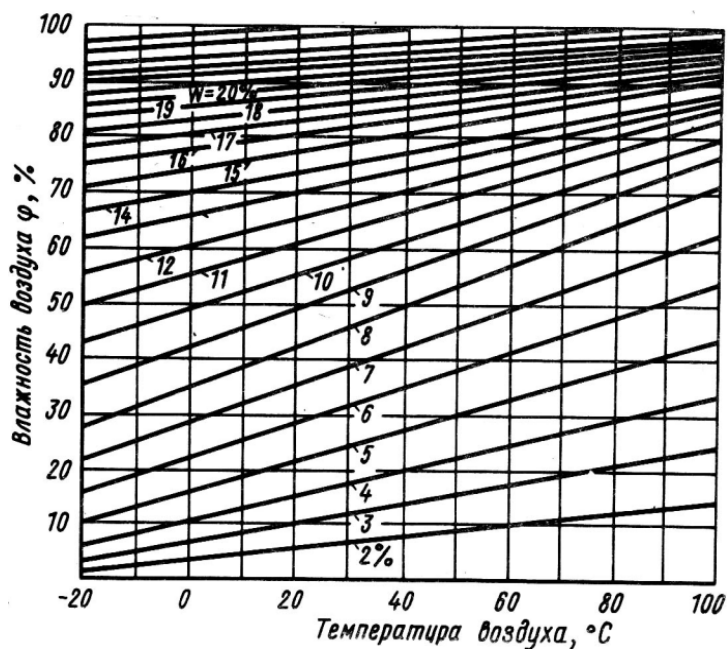


Рисунок 11.11 – Диаграмма для определения равновесной влажности древесины в зависимости от температуры и влажности окружающего воздуха

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Горчаков Г.И. Строительные материалы / Г. И. Горчаков, Ю. М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986.
2. Домокеев А.Г. Строительные материалы / А. Г. Домокеев. – М.: Высшая школа, 1989.
3. Расчет формовочного состава цементно-песчаного строительного раствора со специальными функциональными добавками. Свидетельство об официальной регистрации программы № 201463245 / В. К. Широкогородюк [и др.] // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – М., 2014.
4. Строительные материалы / М. И. Хигерович [и др.]. – М. : Стройиздат, 1970.
5. Широкогородюк В.К. Эффективные теплоизоляционные материалы (технология, свойства, применение)/ В. К. Широкогородюк. – Краснодар : КубГАУ, 2005.
6. Широкогородюк В.К. Материаловедение. Технология конструкционных строительных материалов/ В. К. Широкогородюк. – Краснодар : КубГАУ, 2007.
7. Материаловедение. Строительные материалы : лабораторный практикум / В. К. Широкогородюк [и др.]. – Краснодар : КубГАУ, 2010.
8. Широкогородюк В. К. Строительные материалы / В. К. Широкогородюк. – Краснодар : КубГАУ, 2013.
9. Широкогородюк В. К. Расчет состава подвижной бетонной смеси для монолитного железобетона. Свидетельство об официальной регистрации программы №2007610738 / В. К. Широкогородюк // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – М., 2007.
10. Широкогородюк В.К. Расчет состава жесткой гравийной бетонной смеси Ж4-Ж31. Свидетельство об официальной регистрации программы №2010613501 / В. К. Широкогородюк, А. В. Широкогородюк, Т.В. Широкогородюк // Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – М., 2010.

11. Широкогородюк В. К. Расчет состава подвижной бетонной смеси с удобоукладываемостью ОК2-20 см. Свидетельство об официальной регистрации программы №2010614603 / В. К. Широкогородюк, А. В. Широкогородюк, Т. В. Широкогородюк// Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – М., 2010.

ОГЛАВЛЕНИЕ

1	ОСНОВНЫЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ	3
1.1	Определение средней плотности.....	7
1.2	Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы	8
1.3	Определение средней плотности образцов неправильной геометрической формы	9
1.4	Пористость	14
1.5	Гигроскопичность	16
1.6	Водопоглощение	17
1.7	Коэффициент размягчения	19
1.8	Коэффициент конструктивного качества.....	20
2	ПРИРОДНЫЕ КАМЕННЫЕ МАТЕРИАЛЫ	21
2.1	Классификация главнейших горных пород	21
2.2	Изучение природных каменных материалов.....	22
3	КЕРАМИЧЕСКИЕ МАТЕРИАЛЫ	27
3.1	Испытание кирпича керамического	27
3.2	Оценка дефектов кирпича	28
3.3	Определение водопоглощения	30
3.4	Определение марки кирпича	32
4	ВОЗДУШНЫЕ ВЯЖУЩИЕ	36
4.1	Строительный гипс	36
4.2	Определение тонкости помола строительного гипса	36
4.3	Определение нормальной густоты гипсового теста	38
4.4	Определение сроков схватывания гипсового теста	40
4.5	Определение марки гипса.....	43
5	ГИДРАВЛИЧЕСКИЕ ВЯЖУЩИЕ.....	47
5.1	Портландцемент.....	47
5.2	Определение тонкости помола.....	49

5.3	Определение нормальной густоты цементного теста.....	51
5.4	Определение сроков схватывания цементного теста.....	53
5.5	Определение марки цемента	55
5.6	Определение нормальной консистенции цементно-песчаного раствора	56
5.7	Определение предела прочности образцов-балочек на изгиб и сжатие.....	61
6	МЕЛКИЙ ЗАПОЛНИТЕЛЬ – ПЕСОК	65
6.1	Определение истинной плотности песка с помощью пикнометра	65
6.2	Определение истинной плотности песка с помощью мерного цилиндра	66
6.3	Определение насыпной плотности песка	67
6.4	Определение зернового состава и модуля крупности.....	69
6.5	Определение содержания глины в комках	71
6.6	Определение содержания пылевидных и глинистых частиц	73
7	ЩЕБЕНЬ ИЗ ПРИРОДНОГО КАМНЯ, ГРАВИЙ И ЩЕБЕНЬ ИЗ ГРАВИЯ ДЛЯ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАБОТ	77
7.1	Определение зернового состава щебня (гравия)	77
7.2	Определение содержания в щебне (гравии) пылевидных и глинистых частиц.....	78
7.3	Определение содержания в щебне (гравии) глины в комках	80
7.4	Определение содержания в щебне (гравии) зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы	81
7.5	Определение дробимости щебня (гравия)	82

7.6	Определение содержания зерен слабых пород в щебне (гравии).....	84
7.7	Определение сопротивления щебня (гравия) удару на копре ПМ.....	86
7.8	Определение наличия органических примесей в гравии (щебне из гравия)	89
7.9	Определение истинной плотности горной породы и зерен щебня (гравия).....	90
7.10	Определение средней плотности и пористости горной породы из зерен щебня (гравия)	92
7.11	Определение насыпной плотности щебня (гравия)	95
7.12	Определение пустотности (гравия).....	96
7.13	Определение водопоглощения горной породы из щебня (гравия)	96
7.14	Определение влажности щебня (гравия)	97
7.15	Определение предела прочности горной породы при сжатии.....	98
7.16	Определение коэффициента снижения прочности горной породы при насыщении водой	99
8	БЕТОНЫ.....	100
8.1	Свойства бетонной смеси	101
8.2	Определение подвижности бетонной смеси.....	103
8.3	Определение жесткости бетонной смеси.....	104
9	ПОДБОР СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА.....	106
9.1	Правила подбора номинального состава бетона.....	107
9.2	Порядок расчета по методу абсолютных объемов	109
10	СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ	120
10.1	Определение подвижности растворной смеси ..	120
10.2	Определение плотности растворной смеси	121

10.3	Определение расслаиваемости растворной смеси.....	123
10.4	Определение воздухоудерживающей способности растворной смеси	124
10.5	Определение прочности раствора на сжатие....	126
10.6	Определение средней плотности раствора	130
10.7	Определение влажности раствора.....	131
11	МАТЕРИАЛЫ НА ОСНОВЕ ДРЕВЕСИНЫ	133
11.1	Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон.....	133
11.2	Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон некондиционированных образцов	136
11.3	Метод определения условного предела прочности при сжатии поперек волокон	139
11.4	Определение предела прочности прочности при статическом изгибе.....	142
11.5	Метод определения условного предела прочности при местном смятии поперек волокон.....	146
11.6	Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон	149
11.7	Метод определения предела прочности при скалывании вдоль волокон некондиционированных образцов	151
11.8	Определение влажности	155
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	157

У ч е б н о е и з д а н и е

Широкородюк Владимир Королькович,
Паниева Светлана Леонидовна,
БезугловаЕкатерина Вячеславовна и др.

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Практикум

В авторской редакции

Подписано в печать 06.08.2016. Формат 60 × 84 ¹/₁₆.

Усл. печ. л. –9,5. Уч.-изд. л. – 7,5.

Тираж 100 экз. Заказ №

Типография Кубанского государственного аграрного университета
имени И. Т. Трубилина.
350044, г. Краснодар, ул. Калинина, 13