

Содержание практических занятий

Практическая работа № 1

Тема: Определение истинной и средней плотности исходной горной породы и зерен щебня и гравия по ГОСТ 8269.

Цель занятия:

Изучить методы определения свойств горной породы.

Коды формируемых компетенций: ОК 2, ОК3, ОК6, ОК7, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4.

Содержание практического занятия

1. Определение средней плотности.
2. Определение истинной плотности.

Порядок выполнения работы

1. Средняя плотность твердых материалов - это отношение массы к объему материала в естественном состоянии, ее определяют по формуле

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \text{ г/см}^3, \text{ кг/м}^3$$

Где m- масса материала, г, кг; V- объем материала в естественном состоянии.

1.1 Определение средней плотности образцов правильной геометрической формы.

Оборудование и материалы: металлическая линейка, штангенциркуль, технические весы до 200 г, чашечные весы до 5 кг. Образцы материалов, имеющих правильную геометрическую форму (кубики, параллелепипеды, цилиндры). Образцы правильной геометрической формы после прослушивания взвешивают, а их объем определяют путем замера линейных размеров образца.

Образцы измеряют штангенциркулем с точностью до 0,1 мм. Каждую грань измеряют в трех местах (рис. 1) и за окончательный результат берут среднее значение трех измерений каждой грани.

Для измерения цилиндрических образцов на торцовых плоскостях проводят два взаимно перпендикулярных диаметра d1, d2, d3, d4 и измеряют их длину; кроме того, измеряют

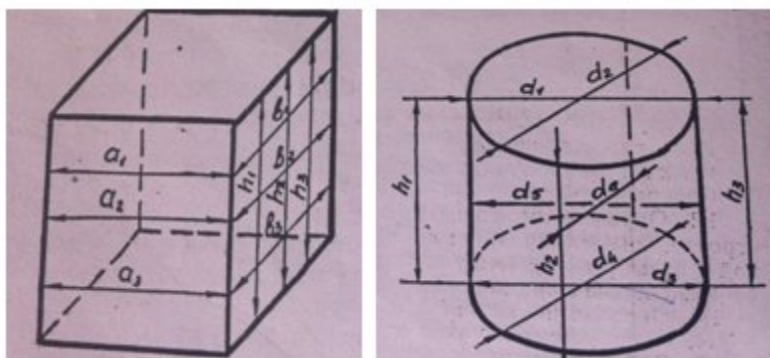


Рис. 1. Схема измерения образцов

диаметры цилиндра на середине его высоты d_5 , d_6 . За окончательный результат принимают среднее значение из шести измерений.

Высота цилиндра замеряется в четырех местах- по концам диаметров (см. рис. 1). За окончательный результат принимают среднее значение из четырех измерений.

Объем образца в виде куба или параллелепипеда определяют по формуле:

$$V = a_{cp} b_{cp} h_{cp}$$

Где a_{cp} , b_{cp} , h_{cp} - средние значения размеров граней в см. Объем образца цилиндрической формы определяют по формуле

$$V = \frac{\pi d_{cp}^2}{4} h_{cp}, \text{ см}^3$$

Где $\pi=3,14$; d_{cp} - средний диаметр цилиндра, см; h_{cp} - средняя высота цилиндра, см.

Определив объем, образец взвешивают вычисляют среднюю плотность

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3$$

За окончательный результат принимают среднюю плотность, полученную по испытанию трех образцов.

Результаты испытаний заносят в табл. 1.

№ исп	Материал	Среднее значение				Объем образца, м, г	Средняя плотность, ρ_0 , г/см ³
		Длина, см	Ширина см	Высота см	Диаметр см		

1							
2							
3							

1.2 Определение средней плотности пористых образцов неправильной геометрической формы с помощью объемомера.

Оборудование и материалы: технические весы с разновесами, объемомер, фарфоровый стакан с парафином, электроплитка. Образец пористого материала, имеющего неправильную геометрическую форму. Объем материала вычисляют с помощью объемомера (рис. 2.), представляющего собой металлический сосуд 1 с впаянной в его верхней части латунной трубкой 2.

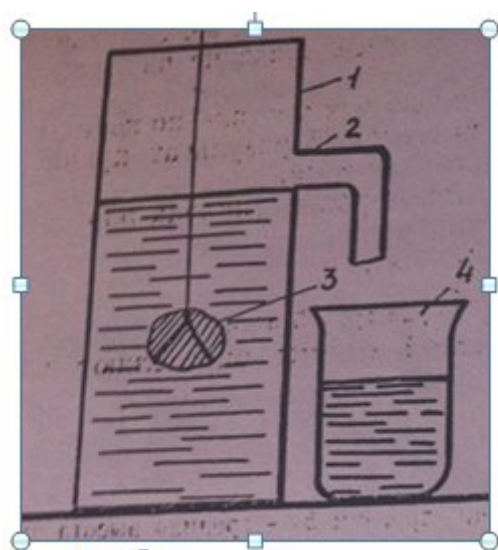


Рис. 2. Объемомер

Объемомер наполняют водой немного выше трубки и после того, как избыток воды стечет, подставляют под конец трубки взвешенный стакан 4. Высушенный до постоянной массы образец 3 взвешивают m , затем обмакивают на нитке в расплавленный парафин. После застывания парафина снова взвешивают m_1 и осторожно погружают в объемомер.

Когда вытесненная вода сольется и прекратится падение капель, стакан с водой взвешивают и определяют массу вытесненной воды, численно равную объему образца с парафином V_1 . Объем образца определяют, вычитая из объема образца с парафином V_1 объем парафина $V_{\text{п.}}$.

$$V = V_1 - V_{\text{п}}$$

Объем парафина определяют делением массы парафина $m_{\text{п}}$ на его плотность $\rho_{\text{п}} = 0,93 \text{ г/см}^3$.

$$V_{\text{п}} = \frac{m_{\text{п}}}{\rho_{\text{п}}}$$

Где $m_{\text{п}} = m_1 - m$.

Среднюю плотность образца находят из выражения:

$$\rho_0 = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3$$

Где m - масса сухого образца, г; V - объем образца в естественном состоянии, см^3 .

Результаты опыта заносятся в табл. 2. За окончательный результат средней плотности принимают среднюю величину трех испытаний.

1.3 Определение средней плотности пористых образцов неправильной геометрической формы гидростатическим взвешиванием.

Таблица 2

№ исп.	Масса образца, г		Объем,			Средняя плот- ность, $\rho_0, \text{ г/см}^3$
	Сухо- го, m	С парафи- ном, m_1	Образца с парафи- ном, V_1	Парафи- на, $V_{\text{п}}$	Образца V	
1						
2						
3						

Лабораторное оборудование и материалы: весы технические с разновесами и приспособлением для гидростатического взвешивания, цилиндрический сосуд с водой, нитка, кусок кирпича или другого материала неправильной формы.

В этом способе определение объема образца для вычисления средней плотности основано на законе Архимеда: тело, погруженное в воду (жидкость), теряет в массе столько, какова масса вытесненной им жидкости.

Так как масса вытесненной воды в граммах численно равна объему вытесненной воды в см^3 , то разность масс образца, взвешенного на воздухе и взвешенного в воде, показывает объем образца. Для определения массы высушенный образец взвешивают на весах m . Затем образец насыщают водой, погружая его при

температуре $20 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$ на 2 часа так, чтобы уровень воды в сосуде был выше верха образца минимум на 20 мм. Насыщенный образец вынимают из воды, мягкой влажной тканью удаляют влагу с поверхности и взвешивают снова m_1 .

Над одной из чаш весов ставят приспособление для взвешивания в воде в виде маленькой скамеечки с сосудом, наполненным водой. Образец подвешивают к серьге весов на нитке так, чтобы он, находясь в воде, не касался стенок и дна сосуда (рис. 3), и взвешивают его в воде m_2 .

Среднюю плотность вычисляют по формуле:

$$\rho_0 = \frac{m}{m_1 - m_2}, \text{ г/см}^3$$

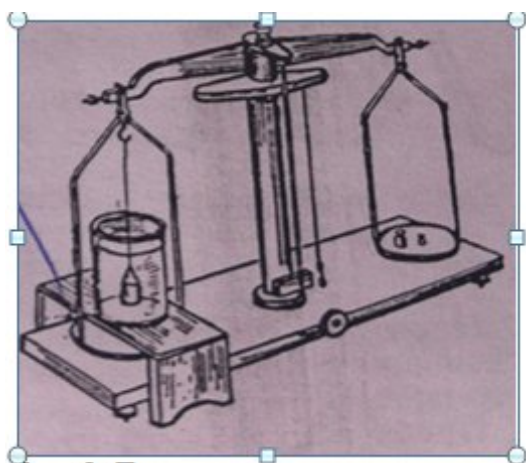


Рис. 3. Гидростатические весы.

Где m - масса сухого образца на воздухе, г; m_1 - масса насыщенного образца, взвешенного на воздухе, г; m_2 - масса насыщенного образца, взвешенного в воде, г; $m_1 - m_2$ - объем образца, см^3 , равный объему и массе вытесненной воды.

Результаты испытаний заносят в табл. 3. За окончательный результат принимается среднее значение из трех испытаний.

Таблица 3

№	Наименование	Масса сухого	Масса насы-	Масса насы-	Средняя
---	--------------	--------------	-------------	-------------	---------

исп	материала	образца m, г	щенного образца, взвешенного на воздухе, m_1 , г	щенного образца, взвешенного в воде, m_2 , г	плотность, ρ_0 , г/см ³
1					
2					
3					

В случае взвешивания материала не в воде, а в другой жидкости, объем вытесненной жидкости не будет численно равен ее массе. В этом случае объем находят делением массы вытесненной жидкости $m_1 - m_2$ на плотность жидкости $\rho_{\text{жидк}}$. Формула принимает вид:

$$\rho_0 = \frac{m_{\text{жидк}}}{m_1 - m_2}, \text{ г/см}^3$$

Насыщение образцов водой должно быть произведено до выполнения работы.

1.4 Определение насыпной плотности рыхлых (сыпучих) материалов.

Оборудование и материалы: весы с разновесами до 5 кг, мерный цилиндрический сосуд емкостью 1 л, сито с отверстиями диаметром 5 мм, металлическая линейка, сушильный шкаф, стандартная воронка. Песок, цемент, гравий и др.

Насыпная плотность сыпучих материалов ρ_n определяется отношением массы к объему просушенного свободно насыпанного материала.

Пробу песка 5- 10 кг высушивают до постоянной массы, просеивают через сито с диаметром отверстий 5 мм и заполняют им воронку (рис. 4). Под воронку ставят мерный цилиндр 2, предварительно взвесив его m_1 и открывают задвижку 1. Когда песок заполнит с избытком цилиндр, задвижку закрывают и избыток песка осторожно срезают вровень с краями цилиндра. Цилиндр с песком взвешивают с точностью до 1 г m_2 .



Рис. 4. Стандартная воронка.

Насыпную плотность вычисляют по формуле

$$\rho_0 = \frac{m_2 - m_1}{V}, \text{ г/см}^3$$

Где m_1 - масса мерного сосуда, г; m_2 - масса мерного сосуда с песком, г; $m_2 - m_1$ - масса песка, г; V - объем цилиндра, см³.

Результаты испытаний заносят в табл. 4. За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение трех испытаний.

Таблица 4

№ исп.	Материал	Масса мерного цилиндра, , г	Масса мерного цилиндра с материалом, г	Насыпная плотность, , $\rho_0, \text{ г/см}^3$
1				
2				
3				

2. Определение истинной плотности материалов

Истинной плотностью называется масса единицы объема материала, взятого в абсолютно плотном состоянии.

Истинная плотность определяется по формуле

$$\rho = \frac{m}{V_a}, \text{ г/см}^3 \text{ кг/м}^3$$

Где m - масса сухого образца, г; V_a - объем материала в абсолютно плотном состоянии, см^3 .

Объем при определении истинной плотности определяется различными способами, в зависимости от формы и плотности материала.

1.2.1. Определение истинной плотности плотных материалов правильной геометрической формы.

Истинная плотность плотных материалов правильной геометрической формы определяется так же, как и средняя плотность (см. п. 1.1.1). Для этих материалов истинная плотность численно равна средней плотности.

1.2.2. Определение истинной плотности пористых материалов.

Оборудование и материалы:

Объемомер Ле-Шателье, фарфоровая ступка, сито № 02, Сушильный шкаф, технические весы, штатив, эксикатор, ложка, сосуд с водой, термометр. Кирпич или другой пористый материал. Для определения истинной плотности пористый материал разбивают на мелкие кусочки, а затем растирают в порошок в фарфоровой ступке, чтобы разрушить через сито № 2, высушивают в сушильном шкафу при температуре $110 \pm 5^\circ\text{C}$ до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе.

Объем определяют с помощью объемомера Ле-Шателье (рис. 5), представляющего собой колбу с узким длинным горлом, имеющим в средней части уширение. Ниже и выше уширения на горле колбы нанесены две черты, объем между которыми равен 20 см^3 . Выше верхней черты градуированная часть с ценой деления $0,1 \text{ см}^3$. Прибор наполняют до нижней нулевой черты жидкостью инертной по отношению к материалу (водой, безводным керосином, спиртом). Свободную от жидкости верхнюю часть горловины протирают тампоном из фильтровальной бумаги, прибор помещают в стеклянный сосуд с водой, имеющей температуру 20°C

(температура, при которой градуировали его шкалу). Для предохранения от всплытия прибор удерживается лапками штатива.

От подготовленной пробы отвешивают с точностью до 0,01 г навеску порошка m_1 равную 90 г, и высыпаяют мелкими порциями ложечкой через воронку в объемомер до тех пор, пока уровень жидкости не поднимется до верхней черты $V_1=20 \text{ см}^3$. Остаток порошка взвешивают и определяют истинную плотность

$$\rho = \frac{m_1 - m_2}{V_1}, \text{ г/см}^3$$

где m_1 - масса навески порошка, г; m_2 - масса оставшегося порошка, г;
 $m_1 - m_2$ – масса порошка, всыпанного в объемомер, г; V_1 – объем жидкости, вытесненной порошком (объем порошка в объемомер), см^3 .

Истинную плотность вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ как среднее арифметическое двух испытаний, расхождение между которыми не должно превращать 0,02 г/см³. Результаты испытаний заносят в табл. 5.

Таблица 5

№ ксп.	Наименование материала	Масса навески m_1 , Г	Масса остатка m_2 , Г	Истинная плотность, ρ , г/см ³
1				
2				

Сравнительные значения средней и истинной плотности некоторых материалов в кг/м³

Таблица 6

Материал	Плотность		Материал	Плотность	
	средняя	истинная		средняя	истинная
Кирпич	1600-1800	2600-2700	Стекло	2450-2550	2450-2550
Гранит	2500-2700	2750-2950	Сталь	7850	7850
Габбро	2830-2880	2900-3300	Песок	1400-1600	2600-2700
Туф.вулкан	900-2200	2600-2800	Сосна	500-600	1540-1550

Практическая работа № 2

Тема: Определение пористости и водопоглощения исходной горной породы и зерен щебня и гравия по ГОСТ 8269.

Цель занятия:

Изучить методы определения свойств горной породы.

Коды формируемых компетенций: ОК 2, ОК3, ОК6, ОК7, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4.

Содержание практического занятия

1. Определение пористости
2. Определение водопоглощения.

1. Определение истинной пористости

Пористостью называется степень заполнения объёма материала порами. Пористость определяется по формуле

$$\Pi = \frac{p - p_0}{p} 100, \%$$

где p - истинная плотность, г/см³, p_0 - средняя плотность, г/см³. В отчете следует произвести вычисления по материалам, исследованным в предыдущих работах.

2. Определение водопоглощения

Водопоглощение – способность материала впитывать и удерживать в порах воду.

Лабораторное оборудование и материалы:

Сушильный шкаф, ванна с водой, технические весы с разновесами, образцы пористых материалов.

Водопоглощение по массе в процентах равно отношению массы воды, поглощенной материалом при насыщении, к массе сухого образца

$$B_m = \frac{m_b - m_c}{m_c} 100,$$

где m -масса высушенного образца, V m -масса насыщенного водой образца g ; m -масса поглощенной воды, g .

Водопоглощение по объёму равно отношению массы поглощенной Воды к объёму образца V :

$$B_V = \frac{m_b - m_c}{V} 100.$$

Для испытания лучше брать образцы правильной геометрической формы. Образец очищается от грязи, затем его сушат в сушильном шкафу при температуре $110 \pm 5^\circ\text{C}$ до постоянной массы m и помещают на стеклянный палочки или решетку в ванну с водой, имеющий температуру 20°C , таким образом, чтобы уровень воды над образцами был не менее 2см. Образцы выдерживают в воде 48 часов, затем вынимают, обтирают влажной тканью и сразу взвешивают. Массу вытекшей на чашу весов воды включают в массу насыщенного образца m .

По формулам вычисляют водопоглощение по массе и объему. Результаты

Испытания заносят в табл. 7.

Таблица 7

N	Материал.	Масса образца.		Объём	Водопоглощение	
		Сухого	насыщенно-го		По массе	По объёму

1						
2						
3						

За окончательный результат принимают среднее значение трех испытаний. При насыщении материала часть внутренних пор остается не заполненной водой, поэтому объемное водопоглощение не может характеризовать полную пористость материала и называется кажущейся пористостью.

В учебных условиях вторая часть работы (взвешивание образца после насыщения водой и подсчеты) выполняется на следующем занятии.

Лабораторная работа № 1

Тема: Определение зернового состава и модуля крупности песка по ГОСТ 8735.

Цель занятия:

Изучить методы определения качества песка для растворов и бетонов.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3 ПК4.4

Обеспеченность занятия:

Стандартный набор сит с отверстиями 10;5;2,5;1,25;0,63;0,315;0,14 мм, весы с разновесами, совок, сушильный шкаф, песок.

Содержание практического занятия

1. Определение гранулометрического состава и модуля крупности.

Порядок выполнения работы

Для определения зернового состава песка применяются ситовой анализ.

Среднюю пробу песка массой 2 кг высушивают, просеивают сквозь сита с отверстиями диаметром 10 и 5 мм. Полученные на ситах взвешивают и вычисля-

ют с точностью до 0,1% содержание в песке зёрен крупностью 5-10 мм (G_{p5}) и выше 10 мм (G_{p10}).

$$G_{p5} = \frac{m_5}{m} * 100, G_{p10} = \frac{m_{10}}{m} * 100?$$

Где m – масса пробы; g ; и -остатки на ситах с отверстиями, равными соответственно 5-10 мм, г.

Остаток на сите с диаметром отверстий 10 мм должен составлять не более 0,5%. Остаток на 5 мм не должен превышать 10%.

Из пробы песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм отбирают навеску 1000г, просеивают её ручным или механическим способом через комплект сит, последовательно расположенных по мере уменьшения размеров отверстий в ситах (сита с круглыми отверстиями диаметром 2,5 мм, ниже сита с сетками, имеющими квадратные отверстия размером 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм).

Просеивание считается законченным, если при контрольном встряхивании через сито на чистый лист бумаги за 1 минуту проходит не более 0,1% зёрен песка от общей массы просеиваемой навески.

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

$$a_i = \frac{m_i}{m} 100.$$

где a_i —частный остаток на сите, %; m_i —масса остатка на данном сите, г; m —масса просеиваемой навески, равная 1000 г.

С точностью до 0,1% определяют полный остаток A на каждом сите как сумму частных остатков на всех ситах, лежащих выше рассматриваемого, плюс частный остаток на данном (рассматриваемом) сите.

$$A = \sum a + a_i,$$

где $2a$ —сумма частных остатков на ситах, лежащих выше рассматриваемого, %;
 a_i —частный остаток на данном (рассматриваемом) сите, %; A —полный остаток.

Для оценки зернового состава песка и его пригодности для приготовления бетона результаты просеивания (по полным остаткам) сравнивают с данными табл. 8 и графиком (рис. 5).

На графике по оси абсцисс в определенном масштабе откладывают размеры отверстий сит № 0,14; 0,315; 0,63; 1,25; 2,5 и 5,0, а по ординате—значение полных остатков на соответствующих ситах, %.

Данные для построения графика (рис. 5)

	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	M_k	
1	----	0	5	20	35	90	1,5	
2	----	0	10	30	65	90	2,0	
3	0	10	2,5	50	70	95	2,5	
4	0	20	45	70	90	100	3,25	

Таблица 8

Размеры отверстий сит, мм	Полные остатки на ситах для бетона всех конструкций, кроме труб
2,5	0-20
1,25	5-45
0,63	20-70
0,315	35-90
0,14	90-100
Проход через сито 0,14	10-0
Модуль крупности	1,5-3,25

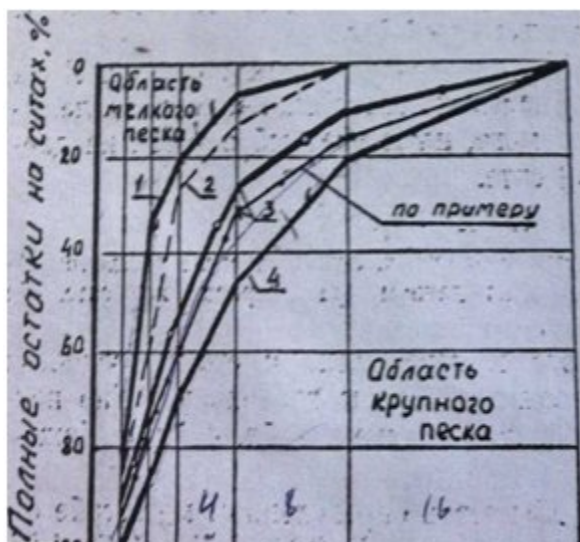


Рис 5. График-зернового состава редкого заполнителя:

1—допускаемая нижняя граница, крупности - "песка, ($M_k=1,5$); 2—рекомендуемая нижняя граница крупности песка ($M_k=2,0$) для бетонов М200 и ниже, а также для бетонов для безнапорных труб; 3— рекомендуемая нижняя граница крупности песка ($M_k=2,5$) для бетонов марки М350 и выше, а так же для бетонов для напорных железобетонных труб; 4—допускаемая верхняя граница: крупности песка ($M_k=3,25$).

Подученные точки соединяют ломаной линией. Если Кривая, характеризующая зерновой состав испытываемого песка, располагается между верхним пределом крупности (линия № 4) и нижний пределом (линией 1, 2 или 3, в зависимости от модуля крупности), то такой песок признают годным для приготовления бетона. Если кривая располагается выше предельных кривых, то песок считается мелким» а если ниже — крупным.

Зерновой состав песка характеризуется также модулем крупности, который вычисляют с точностью до 0,1

$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}}{100}$$

где $A_{2,5}$ — $A_{1,5}$; $A_{0,63}$; $A_{0,315}$; $A_{0,14}$ —полные остатка на ситах, %.

Пески для строительных работ (ГОСТ 5735—77) в зависимости от зернового, состава подразделяют на крупные, средние, мелкие и очень мелкие.

Для каждой группы песков значения M_k и полный остаток на сите с сеткой № 0,83 должны соответствовать значениям, приведенным в табл. 9.

Таблица 9

Классификация песков по зерновому составу

Группа песка	M_k	Полный остаток на сите
Крупный	Свыше 2,5	Свыше 1,5
Средний	2,0-2,5	30-45
Мелкий	1,5-2,0	10-30
Очень мелкий	1,0-1,5	Менее 10

Пример.

После просеивания навески песка $m=1000$ г. Масса частных остатков песка на каждом сите составила $m_{0,14}=130$ г, $m_{1,25}=160$ г, $m_{0,63}=240$ г, $m_{0,315}=300$ г, $m_{0,14}=140$ -г; прошло через сито с сеткой № 0,14—30 г>

Вычисляем частные остатки на ситах:

$$a_{2,5} = \frac{m_{2,5}}{m} 100 = \frac{130}{1000} 100 = 13\%$$

$$a_{1,25} = \frac{m_{1,25}}{m} 100 = \frac{160}{1000} 100 = 16\%$$

$$a_{0,63} = \frac{m_{0,63}}{m} 100 = \frac{240}{1000} 100 = 24\%$$

$$a_{0,315} = \frac{m_{0,315}}{m} 100 = \frac{300}{1000} 100 = 30\%$$

Результаты определения частных и полных остатков на ситах испытуемого песка записывают в табл. 10.

Таблица 10

Вид остатка ,	Остатки на ситах с размерами отверстий, мм	Прошло через сито с сет-
---------------	--	--------------------------

	2,5	1,35	0,63	0,315	0,14	кой № 0,14
Частный, г	130	160	240	300	140	30
Частный, %	13	16	24	30	1 .14	3
Полный, %	¹³	29	53	83	97	---

Нанесенная на график (см. рис. 5) ломаная линия, характеризующая зерновой состав испытуемого песка, расположена между предельными кривыми, что свидетельствует о пригодности песка для приготовления бетона.

Модуль крупности песка вычислим по формуле

$$M_K = \frac{(A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14})}{100} =$$

$$= \frac{13 + 29 + 53 + 83 + 97}{100} = 2,75$$

По значениям модуля крупности (2,8) и полному остатку на сите с сеткой № 0,63 (53%) испытуемый песок относится к крупному песку (см. табл. 9). Пески с модулем крупности 1,5—2 допускается применять в бетонах марки до М200 и подводных конструкций мостов.

Пески с $M^* \geq 2,5$ и более рекомендуется применять для бетонов марки М350 и выше. В отчете о лабораторной работе заполняется табл. 11, подсчитывается модуль крупности и дается заключение о пригодности песка для бетона.

Таблица 11

Остатки на ситах, %	Размер отверстий сит, мм					Прошло сквозь сито 0,14 мм, %
	2,5	1,35	0,63	0,315	0,14	
Частные Полные						

Практическая работа № 3

Тема: Определение содержания в песке пылевидных, глинистых и илистых частиц методом отмучивания, насыпной плотности в стандартном неуплотненном состоянии и истинной плотности песка пикнометрическим методом по ГОСТ 8735

Цель занятия:

Изучить методы определения качества песка для растворов и бетонов.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3 ПК4.4

Обеспеченность занятия:

Весы настольные циферблатные, весы для гидростатического взвешивания, сушильный шкаф, сосуд для насыщения щебня (гравий) водой, сита из стандартного набора, металлическая щетка.

Содержание практического занятия

1. Определение содержания в песке глинистых и пылевидных частиц
2. Определение содержания в песке органических примесей
3. Определение пригодности песка для бетона согласно ГОСТу по данным опытов

Порядок выполнения работы

1. Определение содержания в песке глинистых и пылевидных частиц.

Оборудование и материалы:

Весы с разновесами, сушильный шкаф, сосуд для отмучивания, секундомер, песок.

Из пробы песка, высушенного до постоянной массы и просеянного сквозь сито с отверстиями диаметром 5 мм, отвешивают 1000 г, высыпая в сосуд для отмучивания (рис. 6) и заливают водой с таким расчетом, чтобы высота ее слоя над песком была около 200 мм. Песок выдерживают в воде около 2 часов, периодически перемешивая его стеклянной палочкой.

По истечении 2 часов песок энергично перемешивают и оставляют на 2 мин в покое, затем сливают мутную воду через два нижних сбивных отверстия, оставляя над песком слой воды 30 мм.

После этого доливают в сосуд чистую воду до первоначального уровня, энергично перемешивают, оставляют в покое на 2 мин и вновь сливают воду, как описывалось ранее. Песок промывают до тех пор, пока сливаемая вода не станет прозрачной. Промытую пробу песка высушивают до постоянной массы и вычисляют суммарное содержание в нем пылевидных, глинистых и илистых частиц с точностью до 0,1%.

$$\Pi_{отм} = \frac{m - m_1}{m} 100$$

Где m -масса навески песка до отмучивания, кг; m_1 -то же после отмучивания, кг.

Испытание проводят дважды и за окончательный результат принимают среднее арифметическое двух определений. Результаты записывают в таблицу 12.

Для бетона транспортных сооружений содержание в песке глинистых и пылевидных частиц не должно превышать по массе: для предварительно-напряженных пролетных строений, эксплуатируемых в районах со средней температурой наружного воздуха наиболее холодной пятидневки 40°C , 1 %;

для пролетных строений и мостовых конструкций, эксплуатируемых в условиях переменного уровня воды, 2 % для напорных труб 2%, а для безнапорных 3%.

Таблица 12

№ испыт.	Материалы	Масса песка, кг.		$\Pi_{отм}$ %
		до отмучивания m	после отмучивания, m_1	

1				
2				

2. Определение содержания в песке органических примесей.

Оборудование и материалы: мерные цилиндры на 250 мл—2 шт., 3% раствор едкого натрия, 2%.-ный раствор танина в 1%-ном растворе этилового спирта, песок.

Степень загрязненности песка органическими примесями определяют методом окрашивания (колориметрический метод) для испытания берут навеску песка при естественной влажности массой 250 г.

Песок насыпают при легком постукивании в стеклянный мерный цилиндр емкостью 250 мл до отметки 130. мл и заливают 3%-ным раствором едкого натрия NaOH до отметки 200 мл. После энергичного взбалтывания содержимое цилиндра оставляют в покое на 24 часа и по истечении этого срока сравнивают цвет раствора над песком с цветом эталона.

Эталон приготавливают следующим образом: растворяют 2%.-ный раствор танина в 1%-ном растворе: этилового спирта. Полученный раствор берут в количестве 5 мл на 195 мл 3%-кого раствора едкого натрия.. Полученную смесь наливают в мерный цилиндр вместимостью ,250 мл,- взбалтывают и оставляют в покое на 24 часа. Эталон в свежеприготовленном виде имеет цвет крепкого чая.

Жидкость над песком может быть не: окрашена или цвет ее не темнее эталона. Такой песок будет пригоден для приготовления бетона.

В том случае, когда окраска жидкости оказалась незначительно светлее этанола, содержимое мерного цилиндра подогрев в течении 2—3 часов на водяной бане при температуре 60-70 °С и вновь сравнивают цвет жидкости с этанолом. Если же цвет жидкости останется светлее эталона, значит количество орга-

нических веществ не превышает допустимого значения. При цвете жидкости на темнее цвета эталона необходимо выполнить специальное исследование для установления, пригодности песка для приготовления бетона.

3. Определение пригодности песка для бетона согласно ГОСТу по данным опытов.

После проведения всех испытаний с песком полученные показатели сравнивают с нормативными требованиями ГОСТов, приведёнными в каждой работе. В отчёте пишется заключение о пригодности песка для бетона

В случае непригодности указывается, по каким показателям песок не годен.

Лабораторная работа № 2

Тема: Определение зернового состава щебня по ГОСТ 82690.

Цель занятия:

Изучить качество щебня для приготовления бетона .

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4.

Обеспеченность занятия:

Весы и разновесы, набор сит с отверстиями: 7,5; 10; 12,5; 20; 25; 30; 40; 50; 60; 70 мм, проволочные кольца-калибры диаметром 90, 100; 110 и 120 мм, сушильный шкаф. Щебень различных фракций.

Содержание практического занятия

1. Определение гранулометрического состава.

Порядок выполнения работы

В зависимости от размера (гравий) (гравия) подразделяют на фракции, приведенные в табл.13.

Таблица 13

Наибольшая крупность зёрен	Фракция крупного заполнителя, мм
10	От 5 до 10 ила от 3 до 10

20	От 5(3) до 10а свыше 10а до 20
40	От 5 (3) до 10, са. Ш до 23и св. 20 до 40
70	От 5 (3) до 10, св. 10 до20, св. 20 до 40 а са. 40 до ТО
120	От 5 (3) до 10, св. 10 до 20, св 20, св, до 40 св. 40 до 70, св. 70 до 120

Для бетона гидротехнических в других массивных сооружений допускается применять щебень и гравий фракции свыше 120 до 150 мм.

Щебень и гравии должны применяться, как правило, в виде фракций, отдельно дозируемых при приготовления бетонной смеси.

Для определения зернового состава щебня его высушивают до постоянной массы и берут пробы в количестве 5,10,20, 30 и.50 кг при наибольшей крупности его соответственно 5, 20, 20, 40, 70 и свыше 70 мм.

Каждую фракцию щебня просеивают через набор контрольных сит с отверстиями соответствующими наименьшему размеру зёрен данной фракции d . наибольшему D , среднему $D_{cp}=0,5(d + D)$ и $1,25D$

После отсева каждой фракции определяю взвешиванием частные остатки на каждом сите в граммах а по ним вычисляют частные остатки в процентах.

$$a_1 = \frac{m_1}{m} 100,$$

где a_1 — частный остаток на данном сите, %; m_1 — масса остатка на данном сите, г; m — масса пробы, г.

По данным частных остатков вычисляют полные остатки.

$$A_i = \sum a_1 + a$$

где A_i — полными остаток уа рассматриваемом сите» %; a_j — частим» остатки, %; a — остаток на рассматриваемом сите, %.

Результаты отсева вносят в табл. 14

Диаметры отверстий сит, мм	d, мм	Д ср. мм	Д, мм	1,25 d, мм
Частные остатки, г Частные остатка. % Полные остатки, % Нормативные полные остатки, %				

Там, где по техническим требованиям вводятся дополнительные сита, их диаметр также заносят в таблицу. Сравнивая полученные от отсева полные остатки с нормативными, делают заключение о пригодности щебня для бетона по гранулометрическому составу.

Для большей наглядности по результатам испытания строится график, на котором по оси абсцисс откладываются диаметры отверстий контрольных сит, а по оси ординат нормативные значения полных остатков на этих ситах по табл. 14.

Соединяя точки, соответствующие верхним предельным значениям полных остатков, а затем—нижним, получаем предельные кривые. Откладывая на этом графике полные остатки испытуемого щебня, соединяя полученные точки, получаем кривую отсева. Если кривая не выходит за предельные, то щебень считается пригодным. По такому принципу испытывают все фракции щебня, входящего в бетон.

Содержание различных фракций в крупном заполнителе при подборе состава бетона должно соответствовать указанному в табл.15.

Таблица 15

Наибольшая крупность мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %				
	от 5 до 10	св 10 до 20	св. 20 до 40	св. 40 до 70	св. 70 до 120
20	25—49	60—75			
40	15—И	20—35	40—65		—
70	1»Ч30	15—25	20—35	35—55	
120	5—10	10—20	15—25	20—30	30—40

Практическая работа № 4

Тема: Определение влажности, средней плотности, насыпной плотности и пустотности щебня по ГОСТ 8269

Цель занятия:

Изучить качество щебня для приготовления бетона.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4.

Обеспеченность занятия:

Теодолит 4Т30П, буссоль, штатив, рейки

Содержание практического занятия

1. Определение средней насыпной плотности.
2. Определение пустотности.
3. Определенна водопоглощения
4. Определение пригодности щебня для бетона, сравнение данных опытов с ГОСТом.

Порядок выполнения работы

1. Определение средней и насыпной плотности щебня (гравия)

Оборудование и материалы:

Весы настольные циферблатные, весы для гидростатического взвешивания, сушильный шкаф, сосуд для насыщения щебня (гравий) водой, сита из стандартного набора, металлическая щетка. Щебень.

Из щебня крупностью до 40 мм берут пробу массой около 2,5 кг. При испытании щебня (гравия) фракции крупнее 40мм берут пробу массой около 5 кг, зерна крупнее 40 мм дробят до получения частиц размером не более 40 мм. Пробу высушивают до постоянной массы, просеивают через, сито с отверстиями соответствующими наименьшему размеру, зерен данной фракции-щебня (гравия) и из остатка на сите отвешивают две навески по 1000 г каждая. Затем каждую навеску щебня (гравия) насыщают водой погружая в воду комнатной температуры

на 2 часа так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности щебня (гравия) не менее чем на 20 мм.

После этого пробу щебня (гравия) вынимают из воды, удаляя влагу с их поверхности мягкой - Влажной тканью, и взвешивают сначала на настольных циферблатных весах, а затем на гидростатических.

Среднюю плотность вычисляют по формуле.

$$\rho_0 = \frac{m p_s}{m_1 - m_2}, \text{ г/см}^3$$

Где m —масса пробы в сухом состоянии, г, m_1 —масса пробы в насыщенном водой состоянии на воздухе, г; m_2 —масса пробы в насыщенном водой состоянии в воде, г p_s —плотность воды, равная 1 г/см³.

Результаты испытания заносят в табл. 16.

За окончательный результат принимают среднее арифметическое значение двух испытаний, отличающихся друг от друга не более 0,02 г/см³.

Определение насыпной плотности щебня (гравия)

Таблица 16

№ исп.	Материал	Масса пробы в сухом состоянии, т, г	Масса пробы в насыщенном состоянии «на воздухе», г	Масса пробы в насыщенном состоянии в воде, %	Средняя плотность
1					
2					

2. Определение пустотности.

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

$$V_{\text{пуст}} = \left(1 - \frac{p_n}{p_0} \right) 100,$$

где P_0 —средняя плотность зерен щебня (гравия), г/см³; насыпная плотность щебня (гравия), г/см³.

Пустотность щебня для бетона не должна превышать 45% в отчёте результаты определения пустотности щебня сводят в табл. 17.

Таблица 17

Материал	Средняя плотность	Насыпная плот- ность P_n , г/см ³	Пустотность.

3. Определенна водопоглощения

Лабораторное оборудование и материалы:

Весы, металлическая щетка, сушильный шкаф, сосуд с водой, Щебень.

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

Зерна отобранной пробы очищают металлической щеткой от рыхлых частиц и пыли» промывают и высушивают в сушильном шкафу до постоянной массы, затем помещают в сосуд с водой комнатной температуры на 48 часов так, чтобы уровень воды в сосуде был выше поверхности щебня (гравия) на 20 мм. После выдерживания в сосуде его вынимают, вытирают мягкой влажной тканью и немедленно взвешивают. При этом массу воды, вытекающей из-под зерен щебня (гравия), помещенных на чашку весов, включают в массу пробы.

Водопоглощение щебня (гравия) V_m вычисляют с точностью до 0,1% по формуле

$$V_m = \frac{m_2 - m_1}{m_1} 100\%$$

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

За водопоглощение принимается среднее арифметическое водопоглощения двух проб щебня (гравия).

Результаты определения водопоглощения щебня сводят в таблицу 18

Таблица 18

Материал	Масса пробы в сухом состоянии, m_1 , г	Масса пробы в насыщенном водой состоянии, m_2 , г	Водопоглощение, %

4. Определение пригодности щебня для бетона, сравнение данных опытов с ГОСТами определения пригодности щебня для бетона» выписывают из ГОСТа технические требования на щебень для данного бетона, сравнивают их с данными испытаний и делают соответствующее заключение.

Лабораторная работа № 3

Тема: Определение дробимости щебня (гравия) при сжатии в цилиндре и определение истираемости в полочном барабане по ГОСТ 8269.

Цель занятия:

Научиться определять некоторые характеристики щебня.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Порядок выполнения работы

1. Определение дробимости щебня
2. Определение истираемости щебня

Содержание практического занятия

1. Определение дробимости щебня

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

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

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) фракций 5-10; 10-20 или 20-40 мм просеивают через сита с отверстиями, соответствующими наибольшей D и наименьшей d крупности испытываемой фракции. Щебень (гравий) крупнее 40 мм предварительно дробят до фракции 10-20 и 20-40 мм, которые затем подвергаются испытанию. Из остатка на сите с отверстиями размером, равным d , отбирают пробу массой не менее 0,5 кг для испытания в цилиндре диаметром 75 мм, или не менее 4 кг для испытания в цилиндре диаметром 150 мм.

Щебень (гравий) испытывают в сухом или насыщенном водой состоянии, для чего заполнитель высушивают до постоянной массы и погружают в воду на 2 ч. После насыщения в воде его обтирают мягкой влажной тканью.

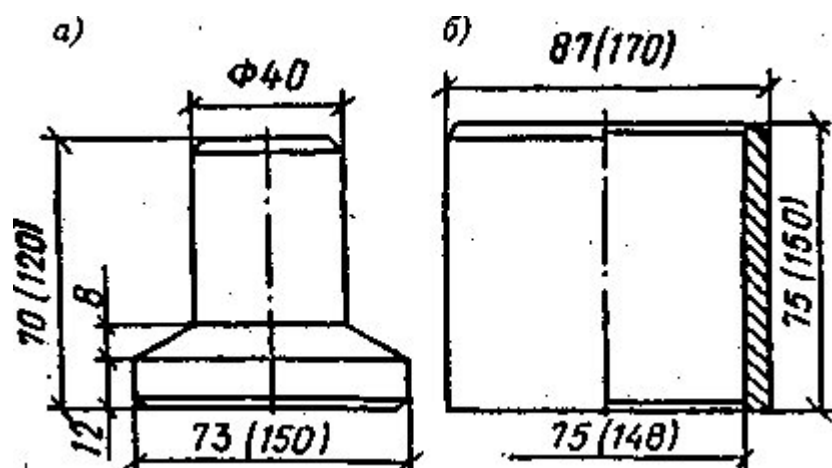


Рис. 6 Стальной цилиндр со съемным дном и плунжером а – цилиндр; б –плунжер; в –съемное дно

Для определения марки щебня (гравия) по дробимости пробу помещают в цилиндр со съемным дном (рис. 6). Для испытания щебня (гравия) в цилиндре диаметром 75 мм из подготовленной пробы берут навеску 0,4 кг, а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм – 3 кг. Навеску щебня (гравия) высыпают с высоты 5 см в соответствующий цилиндр, разравнивают верхний уровень материала так, чтобы он примерно на 15 мм не доходил до верхнего края цилиндра. Затем вставляют в цилиндр плунжер, при этом его плита должна быть на уровне верхнего края цилиндра. В случае если верх плиты не совпадает с краем цилиндра, удаляют или добавляют несколько зерен испытываемого заполнителя (масса этих зерен должна быть учтена в расчете).

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

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

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

$$D_p = [(t_1 - t_2)/t_1]100$$

где t_1 – масса навески щебня (гравия) до испытания, кг; t_2 – остаток на сите после просеивания раздробленного в цилиндре щебня (гравия), кг.

Испытания проводят два раза, и показатель дробимости щебня (гравия) вычисляют как среднее арифметическое двух определений. При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, показатель дробимости вычисляют как средневзвешенное результатов испытания отдельных составляющих фракций по формуле D_p .

В зависимости от показателя дробимости, щебень (гравий) подразделяют на следующие марки: D_{p8} (при потере массы до 8 %), D_{p12} (при потере массы от 8 до 12 %), D_{p16} (при потере массы от 13 до 16 %) и D_{p24} (при потере массы от 16 до 24 %).

Приведенным выше данным для марок гравия по дробимости в цилиндре соответствуют следующие ориентировочные значения интервалов прочности при сжатии горных пород, слагающих зерна гравия: D_{p8} – св. 100 МПа; D_{p12} – 80-100 МПа; D_{p16} – 60-80 МПа; D_{p24} – 40-60 МПа.

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

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

Марки по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород должны соответствовать требованиям, указанным в таблице 19, а марки по дробимости щебня из изверженных пород - в таблице 20.

Таблица 19

Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
в сухом состоянии	в насыщенном водой состоянии	
	До 11 включ.	До 11 включ.
	Св. 11 до 13	Св. 11 до 13
	» 13 » 15	» 13 » 15
	» 15 » 19	» 15 » 20
	» 19 » 24	» 20 » 28
	» 24 » 28	» 28 » 38
	» 28 » 35	» 38 » 54

Таблица 20

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потери массы при испытании щебня, %	
из интрузивных пород	из эффузивных пород	
	До 12 включ.	До 9 включ.
	Св. 12 до 16	Св. 9 до 11
	» 16 » 20	» 11 » 13
	» 20 » 25	» 13 » 15
	» 25 » 34	» 15 » 20

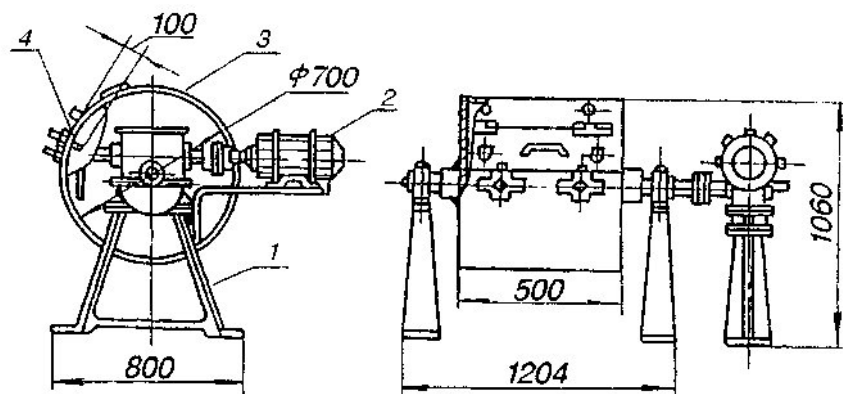
Допускается определять марку щебня из осадочных и метаморфических пород как в сухом, так и в насыщенном водой состоянии.

При несовпадении марок по дробимости прочность оценивают по результатам испытания в насыщенном водой состоянии.

2. Определение истираемости щебня

Истираемость (износ) щебня (гравия) определяют по потере массы зерен при испытании пробы в полочном барабане с шарами.

Средства контроля и вспомогательное оборудование: Барабан полочный диаметром 700, длиной 500 мм снабженный на внутренней поверхности полкой шириной 100 мм (рисунок 7). Шары стальные или чугунные диаметром 48 мм, массой (405 ± 10) г каждый - 12 шт. Весы настольные циферблатные по ГОСТ 29329 или лабораторные по ГОСТ 24104. Шкаф сушильный. Сита из стандартного набора по 4.1.6. Сито с сеткой № 1,25 по ГОСТ 6613.



1 - Станина; 2 - двигатель; 3 - барабан; 4 - полка барабана

Рисунок 7 - Полочный барабан

Порядок подготовки к испытанию

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

Щебень (гравий) фракций от 5 до 10 свыше 10 до 20 и свыше 20 до 40 мм в состоянии естественной влажности просеивают через два сита с отверстиями размерами, соответствующими наибольшему D и наименьшему d номинальным размерам зерен данной фракции. Из остатка на сите с отверстиями размером d отбирают две аналитические пробы по 5 кг с предельной крупностью зерен до 20 мм и две пробы по 10 кг фракции свыше 20 до 40 мм

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или более смежных фракций, аналитические пробы готовят рассеиванием исходного материала на стандартные фракции и каждую фракцию испытывают отдельно. Щебень (гравий) крупнее 40 мм дробят до получения зерен мельче 40 мм и испытывают щебень (гравий) фракции свыше 20 до 40 мм.

В случае одинакового петрографического состава фракций щебня (гравия) свыше 20 до 40 и свыше 40 до 70 мм истираемость последней допускается характеризовать результатами испытаний фракции свыше 20 до 40 мм.

Порядок проведения испытания

Подготовленную пробу загружают в полочный барабан вместе с чугунными или стальными шарами, закрепляют крышку барабана и приводят его во вращение со скоростью 30-33 об/мин.

Число чугунных или стальных шаров и общее число оборотов барабана в процессе одного испытания щебня (гравия) принимают по таблице 21.

По окончании испытания содержимое барабана просеивают через сито с отверстиями диаметром 5 мм и контрольное сито с сеткой № 1,25. Остатки на ситах соединяют и взвешивают.

Таблица 21

Размер фракции щебня (гравия), мм	Число чугунных или стальных шаров, необходимое для испытания пробы, шт	Число оборотов полочного барабана, необходимое для испытания пробы
От 5 до 10	8	500
Свыше 5 до 15	9	500
Свыше 10 до 20	11	500
Свыше 20 до 40	12	1000

Обработка результатов испытания

Истираемость щебня И, %, определяют по формуле

$$И = \frac{m - m_1}{m} 100$$

где m - масса пробы щебня (гравия), г;

m_1 - суммарная масса остатков на сите с отверстиями диаметром 5 мм и контрольном сите, г.

За результат испытания принимают среднеарифметическое значение двух параллельных испытаний.

Практическая работа №5

Тема: Определение истинной плотности, насыпной плотности, тонкости помола по ГОСТ 2.3102.

Цель занятия:

Изучить свойства портландцемента.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение плотности цемента в рыхлонасыпном состоянии.
2. Определение истинной плотности цемента.
3. Определение тонкости помола.

Порядок выполнения работы

1. Определение плотности цемента в рыхлонасыпном состоянии.

Оборудование и материалы:

Весы чашечные или циферблатные, прибор для определения насыпной плотности цемента, металлическая линейка. Портландцемент.

Для определения плотности цемента в воронку прибора при закрытой задвижке насыпают около 2 кг испытуемого цемента, под трубку устанавливают предварительно взвешенный мерный цилиндр массой m_1 с известным объёмом (например, 1000 см^3), открывают задвижку и заполняют сосуд. Затем задвижку закрывают и осторожно металлической или деревянной линейкой срезают излишек цемента вровень с кромками цилиндра. При этом сосуд должен уплотниться и его плотность увеличится.

Сосуд с цементом взвешивают и определяют насыпную плотность по формуле

$$\rho_{\text{пл}} = \frac{m_2 - m_1}{V} \text{ , г/см}^3$$

где m_1 -масса цилиндра, г; m_2 -масса цилиндра с цементом, г;

V -объём цилиндра, см³.

Результаты испытаний заносят в табл. 22.

Таблица 22

№ исп.	Масса цилиндров, m_1 , г	Масса цилиндра с цементом, m_2 , г	Насыпная плотность $\rho_{иц}$, г/см ³
1			
2			

За окончательный результат берётся среднее арифметическое значение двух испытаний. Расхождение между двумя испытаниями не должно превышать 0.02 г/см³. Насыпная плотность цемента в рыхлом состоянии колеблется от 950 до 1350 кг/м³.

2. Определение истинной плотности цемента.

Оборудование и материал:

Объемометр Ле-Шателье, технические весы с разновесами, штатив, воронка, термометр, сосут с водой.

Объемометр наполняют до нижней нулевой черты безводным керосином, инертным по отношению к цементу. После этого свободную от жидкости часть (выше черты) тщательно протирают тампоном из фильтрованной бумаги.

Затем объемометр помещают в стеклянный сосут с водой, имеющей температуру 20.

В воде объемометр остаётся всё время, пока идёт испытание. Чтобы объемометр в этом положении не всплывал, его закрепляют на штативе так, чтобы вся градуированная часть шейки находилась в воде. Для испытания используют пробу цемента, предварительно высушенную в сушильном шкафу при температуре 105-110 в течение 2 часов охлаждённую в эксикаторе.

От этой пробы цемента с точностью до 0.01 г отвешивают 65 г и высыплют в прибор ложечкой через воронку небольшими порциями. После того как вся проба цемента засыпана в прибор, уровень жидкости в приборе поднимается до одного из делений в пределах верхней градуированной части. Для удаления пузырьков воздуха, которые могут удерживаться на частицах цемента, прибор вынимают из сосуда и в наклонном положении поворачивают в течении 10 мин на гладком резиновом коврик. После этого прибор снова помещают в сосуд с водой. Затем производят отсчёт уровня жидкости в приборе.

Истинная плотность цемента (г/см³)

$$P = \frac{m}{v} \text{ (г/см}^3\text{)}$$

Для определения истинной плотности проводят два испытания одного и того же цемента и из полученных результатов вычисляют среднее арифметическое.

Расхождение между определениями не должно превышать 0,02 г/см³. При большей разнице испытания повторяют до тех пор, пока это условие не будет выполнено. Результаты испытаний заносят в табл. 23

Таблица 23

сп	Навеска цемента, м,г	Объём вы- тесной жидкости, v, см ³	Истинная плотность, P _ц , г/см ³

Пробы цемента для работы готовятся заранее лаборантом.

3. Определение тонкости помола.

Оборудование и материалы:

Сито с сеткой № 008, прибор для механического просеивания, технически весы с разновесами, портландцемент.

Тонкость помола определяется ситовым анализом с помощью прибора для механического просеивания цемента. Для испытаний отвешивают 50 г цемента, предварительно высушенного в сушильном шкафу в течении 2 ч при температуре 105-110 °С, и насыпают его на сито. Закрыв сито крышечкой, устанавливают его в прибор и включают электродвигатель на 6-7 минут, затем его выключают, извлекают сито, снимают крышку и поддон.

Чтобы проверить окончание просеивания, выполняют контрольное просеивание вручную на листе глянцевой бумаги. Просеивание считается законченным, если в течении 1 мин через сито проходит не более 0,05 г цемент. По окончании просеивания остаток на сите взвешивают с точностью до 0,01 г. Тонкость помола определяют как остаток на сите с сеткой № 008 в процентах от первоначальной массы просеиваемой пробы. Тонкость помола цемента должна быть такой, чтобы при просеивании проходило не менее 85% пробы, а остаток на сите был не более 15%.

Если в лаборатории отсутствует прибор для механического просеивания, навеску просеивают через то же сито вручную.

Подготовка пробы цемента проводится заранее лаборантом. Тонкость помола вычисляется по формуле:

$$T = \frac{m_1}{m} 100, \quad ,$$

где m -взятая навеска цемента, г; m_1 -остаток на сите, г.

Результаты испытаний заносят в табл. 24

Таблица 24

№п/п	Навеска цемента, m	Остаток на сите № 008, m_1	Тонкость помола, T , %
1	50		
2	50		

В отчете дается заключение о составлении тонкости помола цемента ГОСТу.

Практическая работа №6

Тема: Определение нормальной густоты цементного теста по ГОСТ 310.3

Цель занятия:

Научиться правильно определять нормальную густоту цементного теста.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение нормальной густоты цементного теста.

Порядок выполнения работы

1. **Определение нормальной густоты цементного теста.**

Оборудование и материалы:

Прибор Вика, лабораторная мешалка или сферическая чаша с лопаткой для перемешивания, весы с разновесами, мерный цилиндр 250 мл, часы с секундной стрелкой, нож, Портландцемент.

Нормальную густоту цементного теста определяют на приборе Вика, заменив иглу прибора пестиком.

Масса подвижного стержня прибора вместе с пестиком должна быть 300±2 г, для чего снимают дополнительный груз с площадки. Перед началом испытания проверяют свободное падение подвижного стержня прибора, чистоту пестика, положение стрелки, которая должна стоять на 0 при соприкосновении пестика со стеклянной пластинкой, смазывают кольцо и пластинку тонким слоем машинного масла.

Для приготовления цементного теста отвешивают 400 г испытуемого цемента, высыпают его в сферическую металлическую чашку, предварительно протертую влажной тканью. В цементе делают углубление, в которое в один прием выливают предварительно отмеренную воду. Для первого пробного затворения цемента может быть ориентировочно принято 110-112 см³ воды, т.е. 25-28% от массы цемента. Углубление, в котором была налита вода, с помощью

стальной лопатки заполняют цементом и через 30 с после этого начинают перемешивание.

Продолжительность перемешивания с момента затворения цемента водой 5 мин. После окончания перемешивания цементное тесто укладывают в один прием в кольцо, которое пять-шесть раз встряхивают, постукивая пластинкой с прижатым к ней кольцом о поверхность стола. Избыток цементного теста срезают ножом, предварительно протёртым влажной тканью.

Кольцо на стеклянной пластинке ставят под стержень прибора Вика, пестик приводят в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют его в таком положении зажимным винтом. Затем быстро отвинчивают зажимной винт, и стержень вместе с пестиком свободно погружается в тесто. Через 30 с с момента освобождения стержня по шкале прибора фиксируют глубину погружения пестика.

Густота цементного теста считается нормальной, если пестик не доходит до стеклянной пластинки на 5-7 мм. Если он, погружаясь в цементное тесто, становится выше, то опыт повторяют с большим количеством воды, а если ниже-меньшим, добиваясь погружения пестика на глубину, соответствующую нормальной густоте теста (5-7 мм). Количество вливаемой воды для получения теста нормальной густоты, выраженное в процентах от массы цемента (водоцементное отношение), определяют с точностью до 0,25%.

Результаты испытаний заносят в табл. 25.

Таблица 25

№ исп.	Масса цемента, Ц, г	Масса воды, В, г	Глубина погружения пестика по шкале, мм	Количество воды для теста, нормальной густоты В/ц-100, %
1				
2				
3				

Лабораторная работа №4

Тема: Определение сроков схватывания и равномерности изменения объема цемента.

Цель занятия:

Научиться определять сроки схватывания цементного теста.

Обеспеченность занятия: прибор Вика с иглой, лабораторная мешалка, чаша, весы с разновесами, мерный цилиндр 250 мл, часы с секундной стрелкой. Портландцемент..

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2 ,ПК4.3, ПК4.4.

Содержание практического занятия

1. Определение сроков схватывания цементного теста.
2. Определение равномерности изменения объема цементного теста при твердении.

Порядок выполнения работы

1. Определение сроков схватывания цементного теста.

Сроки схватывания цементного теста определяются прибором Вика, в котором пестик заменяется иглой, а на площадку помещается грузик, сохраняющий массу подвижной части 300 ± 2 г. Сроки схватывания определяют на тесте нормальной густоты, которое готовят по указаниям практической работы №6.

Определение сроков схватывания производится так же, как в практической работе №6. За начало схватывания принимают время с момента затворения цемента водой до момента, когда игла не дойдет до стеклянной пластинки на 1-2 мм.

За конец схватывания принимают время от начала затворения цементного теста до момента, когда игла будет погружаться в тесто не более чем на 1-2 мм. Иглу погружают в тесто через каждые 10 мин. В начале испытания, чтобы не погнуть иглу, её слегка придерживают, когда тесто загустеет настолько, что опасность повреждения иглы будет исключена, игле дают возможность опус-

каться свободно. Место погружения иглы меняют, передвигая кольцо, иглу вытирают мягкой тканью или фильтрованной бумагой.

Начало схватывания портландцемента, портландцемента с минеральными добавками, шлакопортландцемент и пуццоланового с минеральными добавками, шлакопортландцемент и пуццоланового портландцемента должно наступать не ранее 45 мин, а конец схватывания-не позднее 10 ч с момента затворения цементного теста водой. Результаты испытаний заносят в табл. 26.

Таблица 26

Время затворения	Начало схватывания	Конец схватывания
_____ ч _____ мин	через ____ ч ____ мин	через ____ ч ____ мин

Конец схватывание цемента учащиеся не определяют.

Сроки схватывания могут определяться также шестигнездовым автоматическим прибором АПСС по инструкции, приложенной к прибору.

2. Определение равномерности изменение объёма цементного теста при твердении.

Равномерность изменение объема цементного теста определяется кипячением в воде образцов-лепешек. Для проведения испытания готовится тесто нормальной густоты.

Отвешивают навески теста по 75 г, каждую из которых превращают в шарики, укладывают на стеклянные пластинки, протертые машинным маслом. Лёгким постукиванием пластинки о стол превращают шарик в лепешку диаметром примерно 7-8 см и высотой в центре около 1 см. Поверхность лепешек заглаживают мокрым ножом от краев к середине с тем, чтобы придать им сферическую поверхность и острые края. Приготовленные таким образом лепешки выдерживают на стеклянных пластинках 24 ч в ванне с гидравлическим затвором над водой при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Затем лепешки снимают и кладут на решетчатую полку 5 бачка 4 для кипячения (рис.17)

Для поддержания постоянного уровня воды в бачке он соединен резиновым шлангом 7 с регулятором уровня воды 1.

С помощью подвижной трубки 2 уровень воды в бачке устанавливают на 4-6 см выше поверхности лепешек. Бачок закрывают крышкой 3 и ставят на нагревательный прибор.

Воду в бачке за 30-45 мин доводят до кипения, которое поддерживают 3 ч. После кипячения лепешки охлаждают в бачке и сразу осматривают.

Цемент соответствует требованиям стандарта, если на лицевой стороне лепешек, подвергнутые испытанию кипячения, нет радиальных, доходящих до краев, трещин или сетки мелких трещин, видимых в лупу или невооруженным глазом, а также каких-либо искривлений и увеличения объема лепешек (рис.18 и 19).

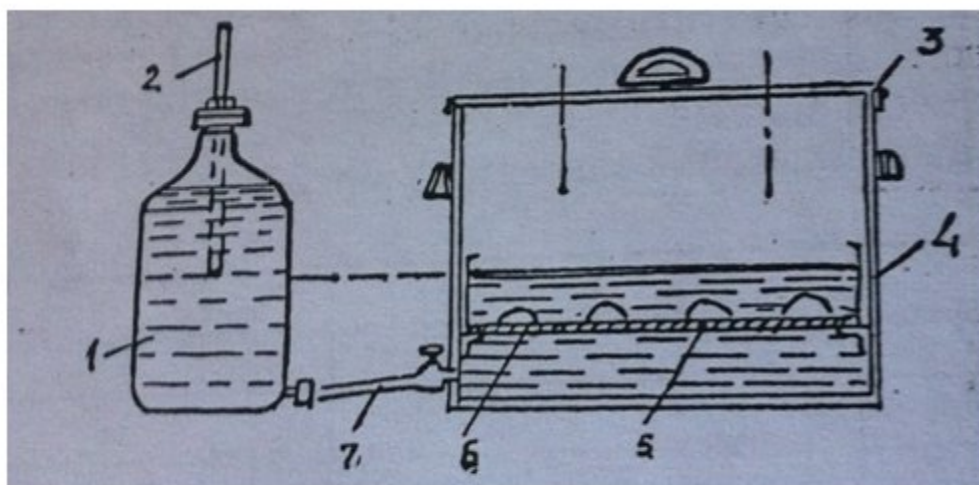


Рис. 17. Бачок для испытания лепешек кипячением с регулятором уровня воды:
1-регулятор уровня воды; 2-подвижная трубка; 3-крышка; 4-бачок; 5-решетчатая полка; 6-лепешки; 7-резиновый шланг;

Лабораторная работа №5

Тема: Определение предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек. Определение марки цемента по ГОСТ 310.4.

Цель занятия:

Научиться определять физико-механические свойства портландцемента

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2 ,ПК4.3, ПК4.4.

Обеспеченность занятия: Лабораторная мешалка, встряхивающий столик, форма-Конус, стальная штыковка, разъемные формы балочек с насадками, виброплощадка, прибор для испытания балочек на изгиб, гидравлический пресс, пластинки для передачи давления на половинки балочек, циферблатные весы, ванна с гид-равлическим затвором, сферическая металлическая чаша диаметром 400мм и высотой в центре 100мм, стальная круглая лопатка. Портландцемент, песок, вода.

Содержание практического занятия

1. Определение предела прочности цемента на изгиб и скажите.
2. Определение марки цемента.

Порядок выполнения работы

1. **Определение предела прочности цемента на изгиб и скажите.**

Оборудование и материалы:

Лабораторная мешалка, встряхивающий столик, форма-Конус, стальная штыковка, разъемные формы балочек с насадками, виброплощадка, прибор для испытания балочек на изгиб, гидравлический пресс, пластинки для передачи давления на половинки балочек, циферблатные весы, ванна с гид-равлическим затвором, сферическая металлическая чаша диаметром 400мм и высотой в центре 100мм, стальная круглая лопатка. Портландцемент, песок, вода.

Для определения предела прочности цемента при изгибе и сжатии готовят образцы балочек размером 40X40X160 мм из цементного раствора состава 1:3 (1 весовая часть цемента, 3 весовые части песка).

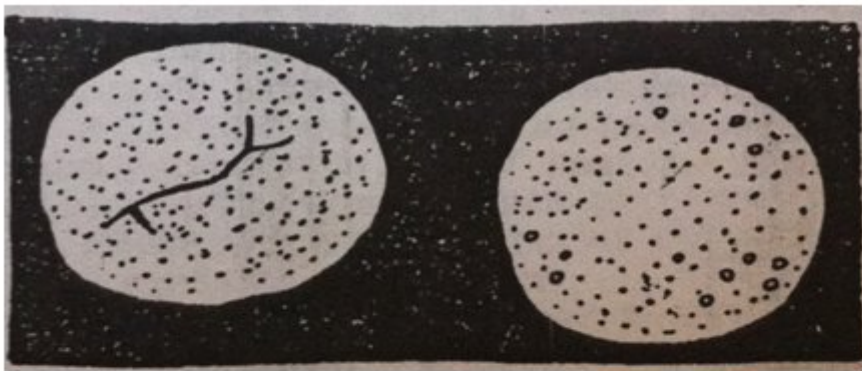


Рис. 18. Лепешки, выдержавшие испытание



Рис. 19. Лепешки, не выдержавшие испытание

Для определения нормальной консистенции цементного раствора и водоцементного отношения (В/Ц) отвешивают 500 г цемента, 1500 г песка, высыпают их в сферическую чашу и перемешивают сухую смесь в течение 1 мин.

Затем в центре сухой смеси делают лунку и вливают в нее 200 г воды (В/Ц=0,4). После того как вода впитается, еще раз перемешивают смесь в течение 1 мин, затем переносят ее в механический смеситель и перемешивают в течение 2,5 мин (20 оборотов чаши-мешалки).

По окончании перемешивания определяют консистенцию цементного раствора. Для этого используют встряхивающий столик и металлическую форму-конус (рис. 20).

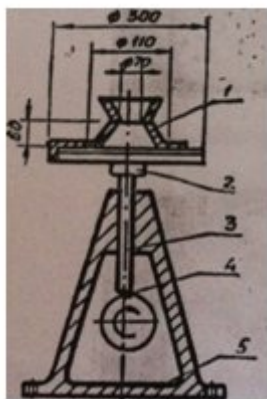


Рис. 20 форма-конус

После окончания перемешивания раствор укладывают в форму-конус встряхивающего прибора.

Перед укладкой смеси конус внутреннюю поверхность его и стеклянный диск слегка увлажняют. Форму-конус с насадкой ставят в центре стеклянного диска. Растворную смесь укладывают в конус на половину его высоты и уплотняют металлической штыковкой 15 раз. Затем наполняют конус с небольшим избытком и штыкуют ещё 10 раз. Во время укладки и уплотнения раствора конус прижимают рукой к стеклянному диску.

После уплотнения верхнего слоя снимают насадку с конуса, излишек раствора срезают ножом, форму-конус медленно снимают, чтобы не сдвинуть раствор. Затем, вращая рукоятку маховика, встряхивают столик 30 раз в течение 30 с, при этом конус цементного раствора расплывается. С помощью штангенциркуля или концентрических окружностей, нанесённых на стекле, измеряют расплыв конуса по нижнему основанию двух взаимно перпендикулярных направлениях. Консистенцию раствора считают нормальной, если расплыв конуса оказался равным 106-115 мм. При меньшем или большем расплыве конуса раствор приготавливают заново, несколько увеличивая или уменьшая количество воды. Потребное количество воды, необходимое для получения раствора нормальной густоты, выраженное водоцементным отношением (В/Ц) заносят в рабочий журнал.

Для приготовления образцов-оболочек берётся раствор нормальной густоты (можно использовать раствор предыдущего опыта).

Образцы-балочки формируют в трёхгнездовых металлических формах внутреннюю поверхность стенок и поддона формы слегка смазывают машинным маслом. На собранную форму надевают металлическую насадку и густой смазкой промазывают снаружи стык между ними.

Для уплотнения раствора подготовленную форму с насадкой прочно закрепляют на стандартной лабораторной виброплощадке, создающей вертикальные колебания с амплитудой 0,35 мм и частотой 2800-3000 кол./ мин.

Раствор укладывают в гнезда формы слоем около 1 см и включают виброплощадку. В течение 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно заполняют небольшими порциями раствора. По истечении 3 мин от начала вибрации виброплощадку выключают и с неё снимают форму. Ножом, смоченным водой, срезают излишек раствора, заглаживают поверхность образцов вровень с краями формы и маскируют образцы.

Готовые образцы в формах хранят в ванне с гидравлическим затвором в течение 24 ч, затем осторожно расформовывают и укладывают в горизонтальном положении в ванну с водой, где хранят их до момента испытания. Образцы в воде не должны соприкасаться один с другим.

Необходимо, чтобы уровень воды в ванне был выше верха образцов не менее чем на 2 см. Температуру воды в ванне поддерживают 20 ± 2 °C. Воду, в которой хранят образцы, рекомендуется менять через каждый 14 дней. Для определения марки цемента образцы-балочки в возрасте 28 суток с момента их изготовления испытывают на изгиб, а затем каждую производят на машине МИИ-100 .

Образец-балочку параллельным сторонами устанавливают на опоры изгибающего устройства 10 (расстояние между центрами опор 100 мм). Стрелку

12 устанавливают на 0 шкалы 11, перемещая винт 3 с грузом вдоль прорези 2. Маховиком 9 создают первичное натяжение валика 7 до деления плавно перемещая груз, увеличивает усилие на испытываемую балочку до разрушения.

Машина снабжена счетчиком 5, который автоматически показывает напряжение в балочке в каждый данный момент. При разрушении балочки на счетчике остается показание предела прочности при изгибе.

Результаты испытания трех балочек заносят в табл. 27.

Таблица 27

№ Испыт.	Предел прочности при изгибе, $R_{изг}$	Среднее значение двух наибольших результатов, $R_{изг}^{cp}$
1		
2		
3		

2. Определение марки цемента.

Полученные пределы прочности при изгибе и сжатии сравнивают с требованиями ГОСТа (табл. 28) и делают заключение о марке испытанного цемента.

В отчете под табл.28 делается заключение о пригодности цемента и определяется его марка.

Таблица 28

Цемент	Марка	Предел прочности в возрасте 28 суток, кгс/см ² (МПа)	
		При изгибе	При сжатии
Портландцемент и портландцемент с минеральными добавками	400	55 (5,5)	400 (40)
	500	60 (6,0)	500 (50)
	550	62 (6,2)	550 (55)
Шлкопортландцемент	600	65 (6,5)	600 (60)
	300	45 (4,5)	300 (30)
	400	55 (5,5)	400 (40)
	500	60 (6,0)	500 (50)

Практическая работа №7

Тема: Расчет состава цементобетона по методу абсолютных объемов.

Цель занятия:

Ознакомить учащихся со способами расчёта и определения состава тяжелого бетона

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: Для расчета состава необходимо иметь следующие данные: заданную марку бетона требуемую удобоукладываемость бетонной смеси, определяемую осадкой конуса ОК, см, а также характеристики исходных материалов—вид и активность цемента $R_{ц}$, насыпную плотность составляющих $\rho_{иц}$, $\rho_{ив}$, $\rho_{вщ}$ среднюю плотность $\rho_{оц}$, $\rho_{оп}$, $\rho_{ощ}$, пустотность щебня (гравия) $V_{пuc}$ наибольшую крупность их зерен и влажность заполнителей W_a , W_m .

Содержание практического занятия

- 1.Расчёт номинального состава бетона. Определение коэффициента выхода бетонной смеси.
- 2.Расчёт расхода материалов на полевой состав

Порядок выполнения работы

Подбор состава тяжелого (обычного) бетона состоит на собственно расчета и подбора бетонной смеси с целью установления наиболее рационального соотношения между составляющими материалами (цементом, водой, песком, щебнем или гравием и другими добавками), которое обеспечивает требуемую прочность бетона, подвижность и жесткость бетонной смеси.

При этом содержание цемента в единице объема должно быть минимально допустимым.

Перед расчетом бетона учащиеся получают данные о свойствах составляющих материалов.

Различают два состава бетона: номинальный (лабораторный), рассчитанный для материалов в сухом состоянии, и производственный (полевой)—для материалов в естественно-влажном состоянии.

Для расчета состава тяжелого бетона наиболее простой метод—по «абсолютным объемам».

В основу этого метода положено условие, что свежеприготовленная бетонная смесь после укладки в форму или в опалубку и уплотнения не будет иметь пустот.

Состав бетона по методу «абсолютных объемов» подбирают вначале ориентировочным расчетом, затем расчет уточняют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

Следует отметить, что понятие «абсолютного» объема здесь условно, так как в заполнителе не учитываются поры, которые заполнены воздухом.

1. Расчет номинального состава бетона. Определение коэффициента выхода бетонной смеси.

Состав бетона рассчитывают на 1 м³ бетона в следующей последовательности: вычисляют водоцементное отношение, расход воды, расход цемента, расходы крупного и мелкого заполнителей на 1 м³ бетонной смеси.

$$B/C = \frac{\delta R_{ц}}{R_{б} + 0,5 \delta R_{ц}} \quad \text{для бетонов с } B/C \geq 0,4$$

$$B/C = \frac{\delta R_{ц}}{R_{б} - 0,5 \delta R_{ц}} \quad \text{для бетонов с } B/C < 0,4$$

Таблица 29

Характеристика' заполнителей и цемента	O ₂	O ₁
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

Расход воды (водопотребность, л/м³) определяют исходя > из заданной удобрукладываемости бетонной смеси по табл. 30, ^x которая составлена с учетом вида и крупности зерен заполнителя.

Таблица 30

Удобрукладываемость бетонной смеси			Расход воды, кг/м ³ при наибольшей крупности заполнителя, мм					
Осадка конуса, см	Жесткость, см		гравия			щебня		
	по ГОСТ 10181.1-81	по техническому вискозиметру	10	20	40	10	20	40
1	2	3	4	5	6	7	8	9

0	31	120—90	150	135	125	160	145	135
0	30-20	80—60	160	145	130	170	150	145
0	20-11	50-30	165	150	135	175	155	150
0	10-5	15-30	175	160	145	185	160	155
1—2	-	-	185	170	155	195	170	165
3—4	-	-	195	180	165	205	180	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

Данные таблицы справедливы для бетонной смеси на портландцементе и песке средней крупности. При использовании пуццолла* нового портландцемента расход воды увеличивается на 20 кг/м³, в случае применения мелкого песка расход воды увеличивается на 10 кг» а при использовании крупного песка уменьшается на 10 кг.

После определения количества воды для 1000 л (1м³) бетона, пользуясь водоцементным отношением В/Ц, подсчитывают количество цемента:

$$\underline{\underline{Ц}} = В : \left(\frac{В}{Ц} \right), \text{ кг.}$$

Расход щебня (гравия) и песка на 1 м³ бетона составит:

$$\underline{\underline{Щ}} = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_{нщ}} + \frac{1}{\rho_{пущ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}} \text{ кг,}$$

$$\underline{\underline{П}} = \left[1000 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right) \right] \rho_{п}, \text{ кг,}$$

где Ц, В, П, Щ—масса материалов, кг в 1 м³ бетона; $\rho_{ц}$, $\rho_{в}$, $\rho_{п}$, $\rho_{щ}$ —истинная плотность цемента, воды, песка и щебня,; кг/л; $\rho_{нщ}$ —насыпная плотность щебня, кг/л.

Расход цемента	Коэффициент а при В/Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,32
300	-	1,3	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,4	1,46	-	-	-
500	1,5	1,56	-	-	-

При других значениях Ц и В/Ц коэффициент находят интерполяцией.

Определив расход компонентов Ц,В,П и Щ на 1 м³ бетонной смеси, вычисляют её плотность:

$$\gamma_{об} = Ц+В+П+Щ, \text{ кг/м}^3$$

И коэффициент выхода бетонной смеси b:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{Ц}{\rho_{нщ}} + \frac{В}{\rho_{нщ}} + \frac{П}{\rho_{нщ}} + \frac{Щ}{\rho_{нщ}}}$$

$$b=0,55 : 0,75$$

$$V_3 = \frac{Ц_3 + В_3 + П_3 + Щ_3}{\rho_{бс}},$$

где Ц₃, В₃, П₃, Щ₃—масса цемента, воды, песка и щебня (гравия), израсходованных на замес, кг; $\rho_{бс}$ —плотность бетонной смеси, кг/л.

Зная объем бетонной смеси в замесе и расход материалов для получения этого объёма можно определить уточнённый расход материалов на 1 м³, кг:

$$Ц = \frac{Ц_3 * 1000}{V_3}; \quad В = \frac{В_3 * 1000}{V_3}$$

$$П = \frac{П_3 * 1000}{V_3}; \quad Щ = \frac{Щ_3 * 1000}{V_3}$$

2. Расчёт расхода материалов на полевой состав

Выражение состава бетона формулой.

Так как заполнители на производстве всегда содержат некоторое количество влаги, то эту влагу необходимо учитывать в расчете состава бетона.

Массу песка и щебня, определенную по расчету для "сухих-материалов, необходимо увеличить на массу содержащейся в них воды, а массу воды, определенную на 1 м³ бетона, следует уменьшить на массу воды, содержащейся в заполнителях.

Полевой состав определяется таким образом:

$$\begin{aligned} \underline{Ц_{пол}} &= Ц, & \underline{П_{пол}} &= П + П \frac{W_p}{100}, \\ \underline{Щ_{пол}} &= Щ + Щ \frac{W_{щ}}{100}, & \underline{В_{пол}} &= В - \left(\frac{W_p}{100} + Щ \frac{W_{щ}}{100} \right), \end{aligned}$$

где Ц, П, Щ, В—расходы материалов на 1 м³ бетона при сухих материалах, кг; W_п, W_щ—влажность песка и щебня, %; Ц_{пол}, П_{пол}, Щ_{пол}, В_{пол}— полевые расходы материалов на 1 м³ бетона с учетом влажности материалов, кг.

Состав бетона выражают формулой

$$\frac{П_{пол}}{Ц_{пол}} : \frac{П_{пол}}{П_{пол}} : \frac{Щ_{пол}}{П_{пол}} = 1 : \frac{П_{пол}}{П_{пол}} : \frac{Щ_{пол}}{П_{пол}}.$$

Практическая работа №8

Тема: Расчет расхода материалов на ёмкость бетономешалки.

Цель занятия:

Научиться рассчитывать объемы необходимых материалов на ёмкость бетономешалки.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Расчет расхода материалов на емкость бетономешалки.

Порядок выполнения работы

Подсчет расхода материалов на замес бетоносмесителя определенной емкости производят по формулам:

$$\text{Ц} = \frac{\text{Ц}_{\text{пол}} V_{\text{м}}}{1000} \beta, \quad \text{Щ} = \frac{\text{Щ}_{\text{пол}} V_{\text{м}}}{1000} \beta,$$

$$\text{П} = \frac{\text{П}_{\text{пол}} V_{\text{м}}}{1000} \beta, \quad \text{В} = \frac{\text{В}_{\text{пол}} V_{\text{м}}}{1000} \beta.$$

Где $V_{\text{м}}$ - объем бетономешалки, л; β - коэффициент выхода бетона

Пример. Требуется подобрать состав тяжелого бетона марки М300 с подвижностью смеси ОК=3 см для бетонирования балок и рассчитать расход материалов на замес бетономешалки с объемом барабана $V_{\text{м}}=1200$ л.

Материалы: портландцемент марки 480, насыпной плотностью $\rho_{\text{ц}}=1,2$ кг/л, истинной плотностью $\rho_{\text{ц}}=3,1$ кг/л; песок с насыпной плотностью в сухом состоянии, истинной плотностью $\rho=2,62$ кг/л, с влажностью $W_{\text{п}}=3\%$; щебень с насыпной плотностью в сухом состоянии $1,6$ кг/л, истинной плотностью наибольшей крупностью зерен 40 мм и влажностью $W_{\text{щ}}=1\%$.

Пример расчёта бетона:

Определяем номинальный состав бетона.

Определяется водоцементное отношение:

$$B/\Pi = \frac{\delta R_{\Pi}}{R_6 + 0,5 \delta R_{\Pi}} = \frac{0,65 \cdot 480}{300 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 480} = 0,68$$

где δ —0,65 по табл.57

Расход воды по табл. 58 для бетона на щебне при осадке конуса 3 см (В) = 175 (кг).

Расход цемента на 1 м³ бетона:

$$\Pi = B : (B/\Pi) = 175 : 0,68 = 259 \text{ кг.}$$

Расход щебня на 1 м³ бетона:

$$\Pi\Pi = \frac{1000}{\frac{1}{\rho_{\Pi\Pi}} V_{\text{пуст.м}} \alpha + \frac{1}{\rho_{\Pi}}} = \frac{1000}{\frac{1}{1,6 \cdot 0,43 \cdot 1,3} + \frac{1}{2,8}} = 1416 \text{ кг,}$$

где α —1,3 по табл.59

Расход песка на 1 м³ бетона:

$$\Pi = \left[1000 - \left(\frac{\Pi}{\rho_{\Pi}} + \frac{\Pi\Pi}{\rho_{\Pi\Pi}} + B \right) \right] \rho_{\Pi} = \left[1000 - \left(\frac{259}{3,1} + \frac{1416}{2,8} + 175 \right) \right] \cdot 2,62 = 617 \text{ кг.}$$

На 1 м³ бетона получилось: цемента—259 кг; щебня— 1416 кг; песка— 617 кг; воды—175 кг.

Расчетная плотность бетонной смеси (масса одного кубометра):

$$\rho_{\text{нст}} = \Pi + \Pi\Pi + B = 259 + 617 + 1416 + 175 = 2467 \text{ кг/м}^3.$$

Коэффициент выхода бетона:

$$\beta = \frac{1000}{\frac{\Pi}{\rho_{\Pi\Pi}} + \frac{\Pi\Pi}{\rho_{\Pi\Pi}} + \frac{\Pi\Pi}{\rho_{\Pi\Pi}}} = \frac{1000}{\frac{259}{1,2} + \frac{617}{1,5} + \frac{1416}{1,6}} = 0,66$$

Расход материалов для пробного замеса.

на замес в 50 л (0,05 м³) требуется материалов: цемента—259 · 0,05= 12,95кг; песка—617 · 0,05=30,85 кг; щебня— 1416·0,05=70,80 кг; воды—175 · 0,05=8,75 кг.

Готовят бетонную смесь и проверяют осадку конуса. Если осадка конуса из расчетного замеса получилась менее заданных 3 см, например 1 см, то тогда

добавляют по 10% цемента и воды. Цемент добавляется $12,95 \cdot 0,1 = 1,295$ кг; воды — $8,75 \cdot 0,1 = 0,875$ кг.

Смесь заново перемешивается и снова определяется осадка конуса. Если осадка конуса получилась равной расчетной, то далее делают состава бетона на замес с учётом добавленного цемента и воды.

$$Ц_3 = 12,95 + 1,295 = 14,25 \text{ или по объёму } V_{ц} = \frac{14,25}{3,1} = 4,6 \text{ л.}$$

$$В_3 = 8,75 + 0,875 = 9,63 \text{ кг или по объёму } V_{в} = \frac{9,63}{1} = 9,63 \text{ л.}$$

$$П_3 = 30,85 \text{ кг или по объёму } V_{п} = \frac{30,85}{2,62} = 11,7 \text{ л.}$$

$$Щ_3 = 70,8 \text{ кг или по объёму } V_{щ} = \frac{70,8}{2,8} = 25,4$$

$$V_{\text{замеса}} = 4,6 + 9,63 + 11,7 + 25,4 = 51,3 \text{ л.}$$

Зная объём откорректированного замеса $V_{\text{зам}}$ и фактический расход материалов на замес $Ц_3$, $В_3$, $П_3$, $Щ_3$, определяют расход материалов на 1 м^3 (1000 л) бетонной смеси.

$$\underline{Ц} = Ц_3 \cdot \frac{1000}{V_{\text{зам}}} = 14,25 \cdot \frac{1000}{51,3} = 277 \text{ кг,}$$

$$\underline{В} = В_3 \cdot \frac{1000}{V_{\text{зам}}} = 9,63 \cdot \frac{1000}{51,3} = 187 \text{ кг,}$$

$$\underline{П} = П_3 \cdot \frac{1000}{V_{\text{зам}}} = 30,85 \cdot \frac{1000}{51,3} = 599 \text{ кг,}$$

$$\underline{Щ} = Щ_3 \cdot \frac{1000}{V_{\text{зам}}} = 70,8 \cdot \frac{1000}{51,3} = 1366 \text{ кг.}$$

Итого 2429 кг — фактическая плотность бетонной смеси.

Пересчет состава бетона на полевой. Так как песок имеет влажность $W_{\text{п}} = 3\%$, а щебень $W_{\text{щ}} = 1\%$, необходимо уменьшить расчетное количество воды на массу воды, содержащейся в песке $\Pi * \frac{W_{\text{п}}}{100}$ и щебне $\text{Щ} * \frac{W_{\text{щ}}}{100}$:

$$B_{\text{п}} = B - \left(\Pi \frac{W_{\text{п}}}{100} + \text{Щ} \frac{W_{\text{щ}}}{100} \right) = 187 - \left(599 \frac{3}{100} + 1366 \frac{1}{100} \right) = 156 \text{ кг.}$$

Количество песка следует увеличить на массу содержащейся в нем воды:

$$\Pi_{\text{п}} = \Pi + \Pi \frac{W_{\text{п}}}{100} = 599 + 599 \frac{3}{100} = 617 \text{ кг.}$$

Количество щебня следует увеличить на массу содержащейся в нем воды:

$$\text{Щ}_{\text{п}} = \text{Щ} + \text{Щ} \frac{W_{\text{щ}}}{100} = 1366 + 1366 \frac{1}{100} = 1380 \text{ кг.}$$

Таким образом, полевой состав бетона по массе будет:

$$\frac{\Pi_{\text{п}}}{\Pi_{\text{н}}} : \frac{\Pi_{\text{п}}}{\Pi_{\text{н}}} : \frac{\text{Щ}_{\text{п}}}{\Pi_{\text{п}}} = 1 : \frac{617}{277} : \frac{1380}{277} = 1 : 2,2 : 5.$$

Определение расхода материалов на замес бетономешалки, емкостью 1200 л. Количество материалов на один замес составит:

$$\Pi_{\text{в}} = \frac{\beta V_{\text{м}}}{1000} \Pi_{\text{п}} = \frac{0,66 \cdot 1200}{1000} 277 = 218 \text{ кг;}$$

$$\Pi_{\text{в}} = \frac{\beta V_{\text{м}}}{1000} \Pi_{\text{п}} = \frac{0,66 \cdot 1200}{1000} 617 = 487 \text{ кг;}$$

$$\text{Щ}_{\text{в}} = \frac{\beta V_{\text{м}}}{1000} \text{Щ}_{\text{п}} = \frac{0,66 \cdot 1200}{1000} 1080 = 1090 \text{ кг;}$$

$$B_{\text{в}} = \frac{\beta V_{\text{м}}}{1000} B_{\text{п}} = \frac{0,66 \cdot 1200}{1000} * 156 = 123 \text{ кг;}$$

Практическая работа №9

Тема: Определение марки и класса бетона

Цель занятия:

Изучить методы определения марки и класса бетона.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение подвижности бетонной смеси
2. Определение жесткости бетонной смеси.
3. Определение класса бетона.

Порядок выполнения работы

1. Определение подвижности бетонной смеси.

Оборудование и материалы: форма-конус (рис 26), металлическая штыков-ка диаметром 12 мм, металлический лист 70X70 см, линейка, кельма. Бетонная смесь.

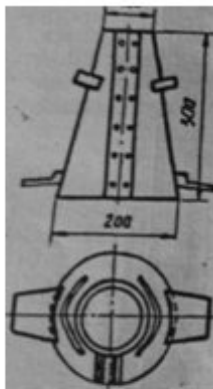


Рис 26.
Стандартная
форма-конус для
определения

Из материалов, рассчитанных на пробный замес, готовится бетонная смесь. Подвижность бетонной смеси определяется стандартным конусом (ГОСТ 10181Л— 81). Высота конуса 300 мм, диаметр нижнего основания 200 мм, верхнего 100 мм.

Форму устанавливают на плоскую горизонтальную поверхность, предварительно протертую изнутри влажной тканью, затем через воронку форму заполняют тре-

мя ровными

по высоте слоями бетонной смеси с уплотнением каждого слоя 25-кратным штыкованием металлической штыковкой диаметром 12 мм и длиной 600 мм. После укладки и штыкования избыток бетонной смеси срезают кельмой вровень с краями формы.

Затем форму снимают, не разрушая бетонный конус, и ставят рядом со смесью. Освобождённая от формы бетонная смесь по действием собственной массы начинает оседать. На верхнее основание формы конуса укладывают металлическую или деревянную линейку, от нижнего ребра которой другой линейкой «меряют осадку конуса ОК. с точностью до 0,5 см (рис 27)

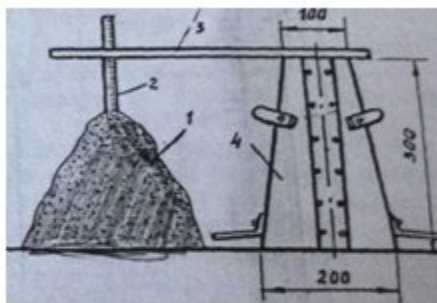


Рис 27. Определение подвижности бетонной смеси стандартным конусом:

При проведении испытания время, затраченное на подъем конуса, должно составлять 5—7 секунд. Общее время испытания с начала наполнения конуса и до момента измерения осадки бетонной смеси не должно превышать 10 мин.

Значение осадки конуса (см) характеризует подвижность испытываемой бетонной смеси.

В отчете указывается величина осадки ОК, см и дается заключение о соответствии подвижности смеси заданной

2. Определение жесткости бетонной смеси.

Оборудование и материалы: прибор для определения жесткости бетонной смеси, виброплощадка, секундомер. Бетонная смесь.

Работа выполняется одним из приведенных способов в зависимости от имеющегося оборудования.

Для определения жесткости бетонной смеси при крупности -зерен до 40 мм применяют стандартный прибор (рис; 28).

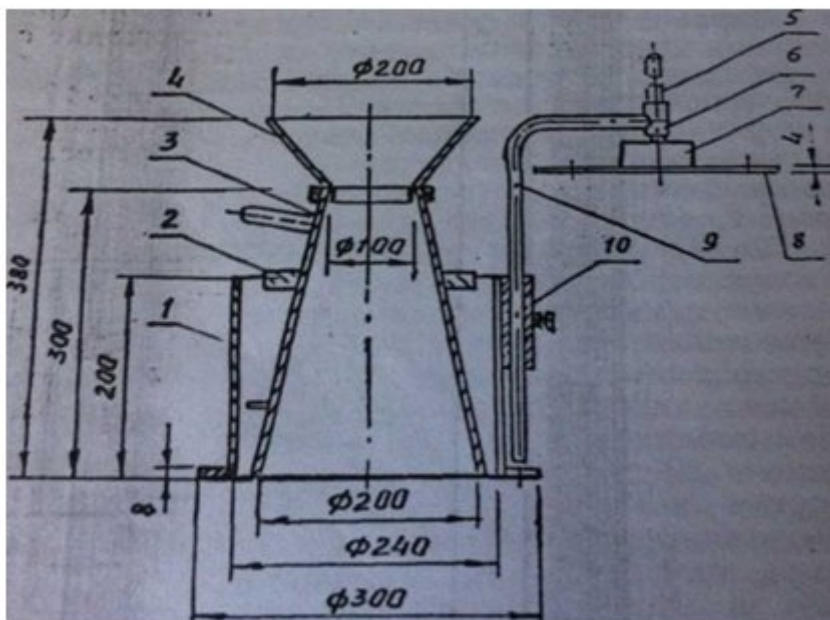


Рис 28 Прибор для определения жесткости бетонной смеси:

1—цилиндрическое кольцо с фланцем в основании; 2—упоры для крепления конуса; *—конус; 4—воронка; 5—штанга; 6—направляющая втулка; 7—втулка для крепления диска; 8—диск с шестью отверстиями; •—штатив; 10—фиксирующая втулка с зажимным винтом.

Прибор собирается и укрепляется на виброплощадке с частотой колебаний 2800—3000 в минуту и амплитудой 0,5 мм. Общая масса диска 8, штанги 5 должна составлять 2750 ± 50 г.

Прибор (рис. 28) на виброплощадке устанавливают в следующем порядке: жестко закрепляют цилиндрическое кольцо, в него вставляют

конус 3, который закрепляют ручками 2, заводя их в пазы кольца; устанавливают на конус воронку 4, заполняют конус бетонной смесью, уплотняют ее и снимают с отформованной смеси так же, как и при определении подвижности бетонной смеси.

Диск прибора 8 путем поворота штатива 9 устанавливают над отформованной бетонной смесью и свободно опускают на ее поверхность; штатив закрепляют в фиксирующей втулке 10 зажимным винтом.

Затем одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за выравниванием и уплотнением бетонной смеси. Вибрирование производят до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из двух отверстий диска. В этот момент включают секундомер и вибратор. Полученное время в секундах характеризует степень жесткости бетонной смеси.

Жесткость бетонной смеси можно определять также с помощью технического вискозиметра (рис.29).

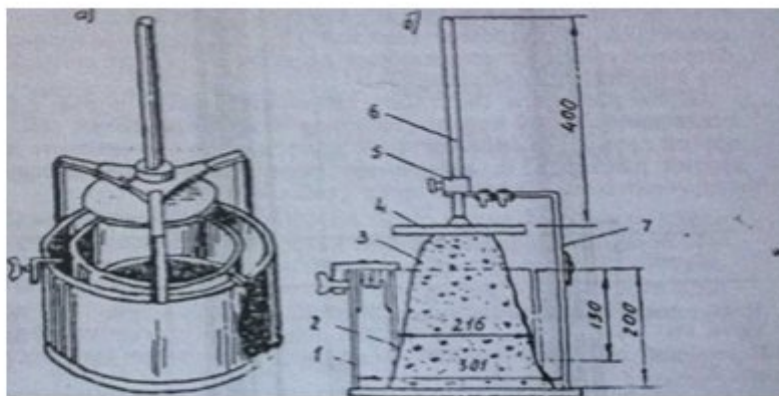


Рис 29. Технический вискозиметр:
1—цилиндрический сосуд; 2—цилиндрическое кольцо; 3—бетонная смесь; 4—диск 5—
зажимной винт; 6—штанга; 7—штатив

Цилиндрический сосуд вискозиметра устанавливают на лабораторной виброплощадке, затем в сосуд вставляют кольцо 2 и закрепляют его зажимами. В кольцо помещают стандартный конус без нижних планок, на него устанавливают

насадку и заполняют конус бетонной смесью тремя равными по высоте слоями с предварительным уплотнением штыкованием каждого слоя. Окончательно уплотняют смесь в конусе вибрированием до тех пор, пока на поверхности смеси и из-под нижнего основания конуса не будет выделяться цементное молоко. Время вибрирования должно быть не менее 5 и не более 50 с

По окончании вибрирования насадку снимают, избыток бетонной смеси срезают кельмой вровень с краями конуса, поднимают конус, устанавливают на прибор штатив 7 с диском 4 и штангой 6 (масса диска и штанги должна быть в пределах 800—1000 г), затем полностью освобождают зажимной винт 5 штанги и опускают диск на поверхность отформованного конуса 3 бетонной смеси. Одновременно включают виброплощадку и секундомер и наблюдают за опусканием штанги. Когда риска штанги совпадает с верхней плоскостью направляющей головки штатива, выключают секундомер и вибратор и отмечают время, прошедшее от момента включения вибратора до его выключения. Полученное время в секундах, умноженное на усредненный переводной коэффициент 0,45, характеризует жесткость бетонной смеси. Показатель жесткости вычисляют как среднее арифметическое из двух определений.

При наибольшей крупности заполнителя 5—20 мм для определения жесткости бетонной смеси используют прибор Красного. Форму закрепляют на виброплощадке, заполняют бетонной смесью на всю высоту, погружают ножки прибора в смесь до соприкосновения смеси с диском. Включают вибратор и секундомер до появления цементного молока из двух отверстий диска.

В этот момент выключают вибратор и секундомер. Время показывает жесткость бетонной смеси.

Основной качественной характеристикой бетона является его марка. Она определяется пределом прочности при сжатии стандартных образцов-кубов размером 150X150X150 мм или цилиндров диаметром и высотой 150 мм, изготовленных из бетонной смеси и выдержанных до испытания в течение 20 сут

нормальных условиях кубы размером 150х150х150 применяются в том случае когда наибольшая крупность зерен заполнителей 40 мм. при другой крупности заполнителей допускается применение кубов других размеров с введением переходных коэффициентов к прочности стандартного куба (табл. 31).

Таблица 31

Сторона куба, мм	70	100	150	200	300
Наибольшая крупность зёрен, мм	10 и ме- нее 0,85	20	40	70	100 и бо- лее
Переходной коэффициент, К		0,95	1	1,05	1,1

Образцы изготавливают в разборных стальных формах. Размеры собранных форм необходимо строго выдерживать не допуская отклонений по длине ребер внутри куба более $\pm 1\%$. Углы между гранями прямоугольных форм должны быть прямыми.

Перед укладкой бетонной смеси формы очищают от остатков бетона, а внутреннюю поверхность смазывают смазкой (пластичную) бетонную смесь укладывают в форму с некоторым избытком, после чего форму устанавливают на стандартную лабораторную виброплощадку. Включая виброплощадку и секундомер, фиксируют время вибрирования. Вибрирование должно продолжаться до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности и появлением на ней цементного молока. Обычно это время соответствует показателю жесткости, увеличенному на 30 с.

После уплотнения образцы хранят в формах, покрытых влажной тканью в помещении при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ в течение одних суток, затем помещают в

камеру нормального твердения при температуре $20 \pm 2^\circ\text{C}$ с относительной влажностью не менее 95%. Через 28 суток после изготовления образцы освобождают из форм и хранят в нормальных условиях до момента испытания.

Предел прочности при сжатии бетона R_d МПа (кгс/см^2) определяется как отношение разрушающей силы $P_{\text{разр}} \text{ Н(кгс)}$ к первоначальной площади поперечного сечения образца $F \text{ см}^2$.

Предел прочности при сжатии бетона вычисляют как среднее арифметическое результатов испытания трех образцов.

Марку бетона определяют, как предел прочности при сжатии бетонного образца-куба с данной ребра 150 мм. При других размерах куба предел прочности пересчитывают, пользуясь коэффициентами (см. табл. 31). Результаты испытаний заносят в табл. 32

Таблица 32

№ Ис-п	Материал	Площадь сечения. $F \text{ см}^2$	Разрушающая нагрузка, $P_{\text{разр}} \text{ Н(кгс)}$	Возраст бетона, сутки	Предел прочности R_d МПа (кгс/см^2)
1					
2					
3					

3. Определение класса бетона.

Класс бетона – это марки бетона выраженная МПа и умноженная на коэффициент класса.

$$B = R_b (\text{МПа}) * K_{\text{кл.}}$$

$$K_{\text{кл.}} = 0,75-0,78$$

Материал	R_b Марка, МПа	Класс В.
Бетон		

Лабораторная работа №6

Тема: Изготовление образцов кубиков бетона.

Цель занятия:

Изготовление образцов кубиков бетона

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1.Изготовление образцов (кубиков 10х10х10)

Порядок выполнения работы

Бетон – искусственный камень = цемент + вода + песок + щебень или гравий.

Изготовление образцов: на 1м^3 бетона = 1.000.000 мм^3 .

Ц = 300кг.	Ц = 300г.	$10 \times 10 \times 10 (\text{см}^2) = 1000 \text{см}^3$
В = 150л.	В = 180 мл.	
П = 520кг.	П = 520г.	
Щ = 1300кг.	Щ = 1300г.	

Основной качественной характеристикой бетона является его марка. Она определяется пределом прочности при сжатии стандартных образцов – кубов $10 \times 10 \times 10$. Из бетонной смеси и выдерживают в нормальных условиях 28 суток.

- Образцы изготавливают в разборных стальных формах.
- Перед укладкой бетонной смеси формы очищают от остатков бетона, внутреннюю поверхность смазывают смазкой.
- Пластичную бетонную смесь укладывают в форму и устанавливают на виброплощадку.
- После уплотнения образцы хранят в форме покрытых влажной тканью, на 28 суток.
- Испытание бетона на сжатии и определение его марки.
- Подготовленный для испытания образец устанавливают на опорную плиту пресса.

Практическая работа №10

Тема: Расчет состава раствора

Цель занятия:

Ознакомить со способами определения состава сложного раствора.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определить состав сложного раствора на 1 м³ .
2. Табличный расчёт.
3. Пример расчёта.
4. Приготовление растворной смеси.

Порядок выполнения работы

Для расчёта состава сложного раствора нужно знать заданную марку раствора R_p , подвижность раствора смеси, активность цемента $R_{ц}$, насыпную плотность цемента $P_{иц}$, вид минеральной добавки, плотность минеральной добавки.

Расчёт ведётся в такой последовательности:

1. Определяется расход цемента на 1 м³ песка в рыхло-насыпном состоянии по массе, кг

$$Ц = \frac{R_p \times 1000}{k R_{ц}}$$

где Ц- расход цемента на 1 м³ песка, кг; R_p – заданная марка раствора, МПа (кгс/см²); $R_{ц}$ – активность цемента, МПа (кгс/см²); k – коэффициент. При использовании портландцемента $k=1$; при использовании пуццоланового и шлакопортландцемента $k=0,88$.

1. Расход цемента на 1 м³ песка по объёму, м³;

$$V_{ц} = \frac{Ц}{P_{иц}}$$

Где $P_{иц}$ – плотность цемента в рыхлом-насыпном состоянии, кг/м³.

Расход известкового или глиняного теста (добавки) на 1 м³ песка по объёму, м³

$$V_d = 0,17(1 - 0,002Ц).$$

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³ песка по массе, кг

$$D = V_{дРд}$$

Где D-масса известкового или глиняного теста на 1 м³ песка, кг.

Плотность цемента в рыхлом-насыпном состоянии принимают 1100 кг/м^3 , глиняного теста с содержанием песка до 5%- 1350 кг/см^3 , а при содержании песка до 15%- 1450 кг/см^3 , плотность известкового теста- 1400 кг/м^3 .

Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают делением расхода каждой составляющей растворной смеси на расход цемента по объему.

$$\frac{V_{\text{ц}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{п}}}{V_{\text{ц}}} \text{ или } \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{1}{V_{\text{ц}}}$$

Где $V_{\text{п}} = 1 \text{ м}^3$.

Расход воды на 1 м^3 песка ориентировочно определяют по формуле

$$B=0,5 (Ц+Д),$$

Где Ц и Д – расход цемента и извести (глины) на 1 м^3 песка, кг.

П р и м е р. Требуется подобрать состав сложного цементно-известкового раствора марки $R_{\text{ц}} = 75$ с подвижностью растворной смеси 9-10 см. Активность используемого шлакопортландцемента $R_{\text{ц}} = 320 \text{ кгс/см}^2$, насыпная плотность $P_{\text{иц}} = 1100 \text{ кг/м}^3$. Песок- средней крупности ($M=1,5$). Минеральная добавка- известковое тесто, плотность $P_{\text{и}} = 1400 \text{ кг/м}^3$.

Расход цемента на 1 м^3 песка:

$$Ц = \frac{R_p \times 1000}{0,88 R_{ц}} = \frac{75 \times 1000}{0,88 \times 320} = 282 \text{ кг},$$

Или по объему

$$V_{ц} = \frac{Ц}{\rho_{ц}} = \frac{282}{1100} = 0,256 \text{ м}^3$$

Расход известкового теста на 1 м³ песка по объему, м³

$$V_{и} = 0,17 (1 - 0,002 Ц) = 0,17 (1 - 0,002 \times 282) = 0,074 \text{ м}^3,$$

Или по массе:

$$И = V_{и} \rho_{и} = 0,074 \times 1400 = 104 \text{ кг}.$$

Состав раствора в частях по объёму:

$$\frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{и}}{V_{ц}} : \frac{V_{п}}{V_{ц}} = \frac{0,256}{0,256} : \frac{0,074}{0,256} : \frac{1}{0,256} = 1 : 0,3 : 3,9.$$

Ориентировочный расход воды:

$$В = 0,5(Ц + И) = 0,5 (282 + 104) = 193 \text{ л}.$$

Расчетный состав раствора выполняется в тетради для лабораторных работ.

В современном строительстве чаще всего применяют растворы марок 25, 50, 75 и 100.

Для приготовления растворов обычно используют портландцементы, пластифицированные и гидрофобные портландцементы, шлако и пуццолановые портландцементы, а также специальные низкомарочные цементы.

В качестве заполнителя обычных строительных растворов применяют пески, удовлетворяющие требованиям действующего стандарта. Составы растворов для каменной кладки с применением цементов различных марок приведён в табл. 33.

Таблица 33

Марка Цементы	Составы в объемной дозировке для растворов марок			
	100	75	50	25

Цементно-известковые и цементковые и цементно-глиняные растворы				
500		1:0,8:7		
400	1:0,5:5,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8	
300	1:0,4:4,5	1:0,3:4	1:0,6:6	1:1,4:10
200	1:0,2:3,5	1:0,1:2,5	1:0,3:4	1:0,8:7
Цементные растворы				
500		1:6		
400	1:5,5	1:5,5		
300	1:4,5	1:4	1:6	
200	1:3	1:2,5	1:4	

При установлении приведённых в табл 33 составов растворов принято, что цементы марок 200-500 имеют насыпную плотность 1100 кг/м³. Если насыпная плотность имеющегося цемента отличается от вышеуказанного более чем на 10%, то состав раствора необходимо пересчитать.

Песок принят в рыхло-насыпном состоянии с естественной влажностью 3-7%.

Известь принята II сорта плотностью 1400 кг/м³; при применении известкового теста I сорта количество теста уменьшают на 10%. Глина принята в виде теста с глубиной погружения стандартного конуса 13-14 см.

Подбор состава раствора по таблице можно рассмотреть на примере. Нужно подобрать состав сложного цементного-известкового раствора марки 50 для кирпичной кладки и рассчитать количество материалов на замес растворомешалки ёмкостью 150 л.

Материалы: портландцемент марки 400, насыпной плотностью $P_{\text{нц}}=1,1$ кг/л; известковое тесто со средней плотностью 1,4 кг/л. Песок с насыпной объёмной массой 1,4 кг/л и влажностью 2%. Материалы удовлетворяют требованиям ГОСТов.

По табл. 33 устанавливаем состав раствора на пересечении графы, соответствующей марке раствора 50, со строкой, соответствующей марке цемента

400,/ находим состав раствора по объёму 1:0,9:8 т.е. цемента 1 часть, известкового теста 0,9 части песка – 8 частей.

Определяем количество составных частей раствора: $1+0,9+8=9,9$.

Определяем расход цемента на замес (150 л):

Определяем количество составных частей раствора: $1+0,9+8=9,9$.

Определяем расход цемента на замес (150 л):

По объёму $V_{\text{ц}} = \frac{150}{9,9} = 15,15$ л. Или по массе $\text{Ц} = 15,15 \times 1,1 = 16,7$ кг.

Определяем расход известкового теста на замес.

Одна часть раствора составляет 15,15 л, следовательно, известковое тесто составляет 0,9 от этой величины

$V_{\text{и}} = \frac{150}{9,9} \times 0,9 = 13,63$ л или по массе $\text{И} = 13,63 \times 1,4 = 19,1$ кг.

Определяем расход песка на замес.

Песка в растворе 8 частей, что составляет:

$V_{\text{п}} = \frac{150}{9,9} \times 8 = 121,2$ л или по массе $\text{П} = 121,2 \times 1,3 = 157,6$ кг.

Определяем расход воды на замес:

$$V = 0,5 (\text{Ц} + \text{И}) = 0,5 (16,7 + 19,1) = 17,9 \text{ л.}$$

Правильность подбора растворной смеси расчётом или по таблице проверяется испытанием. Отчёт оформляется по типу данного примера.

2. Приготовление растворной смеси

Оборудование и материалы:

Лабораторная растворомешалка (лопастная), весы, сито с отверстиями 2,5 мм, совок, мерный сосуд для воды. Портландцемент, известковое тесто, кварцевый песок, вода.

Для приготовления раствора отвешивается расчётное на замес количество цемента, песка известкового теста (или другой минеральной добавки). В раство-

ромешалку сначала заливается отмеренное по расчёту количество воды, затем засыпается песок (в раствор для кирпичной кладки-просеянной через сито № 2, 5) и известковое тесто. Растворная смесь перемешивается до однородной массы (около двух минут).

При ручном приготовлении растворной смеси в металлическое корыто вначале высыпается песок, затем цемент. Смесь насухо перемешивается лопатой до однородного количества воды. Смесь перелопачивается до однородного состава.

Лабораторная работа №7

Тема: Определение глубины проникания иглы в битум по ГОСТ 11501.

Цель занятия:

Изучить методы определения свойств строительных битумов.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: пенетрометр, сито с металлической сеткой №07, стеклянная палочка, кристаллизатор, металлическая чашка, водяная баня, термометр, секундомер. Строительный битум, бензин.

Содержание практического занятия

1. Определение твердости битума.

Порядок выполнения работы

1. Определение твердости битума.

Твердость битума определяют с помощью прибора-пенетromетра. По глубине проникновения в битум иглы приборе под нагрузкой 1Н (0,1кгс) в течение 5 с при температуре 25°C судят о его вязкости. Вязкость выражается в градусах отклонения стрелки приборов, причем 1° соответствует глубине проникновения иглы на 0,1мм. Пенетрометр (рис.36)



состоит из металлического штатива, нижняя часть которого представляет собой опорную площадку с тремя установочными винтами для приведения ее в горизонтальное положение. К опорной площадке прикреплен вращающийся предметный столик для установки кристаллизатора с металлической шашкой, в которую помещают испытуемый битум. На верхнем кронштейне штатива укреплен циферблат, разделенный на 360° , и контактная рейка (кремальера), движение которой передается стрелке циферблата. На нижнем кронштейне закреплен свободно падающий стержень с иглой и грузом общей массой $100 \pm 0,01$ г, удерживаемый стопорной кнопкой. Сбоку к стойке шарнирно прикреплено зеркало. Стальная игла пенетromетра должна быть закреплена и тщательно отполирована. Острые иглы должны быть затуплены.

Предварительно обезвоженный и процеженный битум расплавляют в песчаной или масляной бане или в сушильном шкафу до подвижного состояния, наливают в металлическую чашку, чтобы поверхность ебго была более чем на 5 мм ниже верхнего края чашки, и быстрым движением горячей спички удаляют пузырьки воздуха. Затем битум помещают в баню с водой нагретой до 25°C и оставляют на 1 ч до испытания. Высота слоя воды над битумом должна быть не менее 10 мм. Температуру в бане поддерживают постоянной, колебания температуры воды не должны превышать $\pm 0,5^\circ\text{C}$.

По истечении 1 ч кристаллизатор вместе с водой и чашкой устанавливают на столик, пенетрометра подводят острие иглы к поверхности битума, при иглы должна слегка касаться битума, но не входить в него. Для облегчения этой операции служит зеркало. Кремальеру доводят до верхней площадки стержня, несущего иглу, и устанавливают стрелку на нуль или отмечают ее положение, после чего одновременно пускают секундомер и нажимают стопорную кнопку, давая игле свободно входить в битум в течение 5 с. По истечении этого времени кнопку отпускают. Затем доводят нижнюю часть кремальеры до верхней площадки стержня с иглой, и стрелка, передвигающаяся вместе с кремальерой, показывает в градусах расстояние, пройденное иглой за 5 с.

Определение повторяют три раза в различных точках на поверхности битума, отстоящих не менее чем на 10 мм от краев чашки и одна от другой. Среднее арифметическое этих определений дает значение проникания иглы в градусах, соответствующее глубине проникания иглы в десятых долях мм

Расхождение между результатами определения глубины проникания иглы (град); полученными в каждом из трех опытов, не должны превышать следующих значений:

Глубина проникания иглы, град	Допускаемые расхождения, град
До 50	2
Свыше 50 до 150	4
Свыше 150 до 250	6
Свыше 250	3% от среднего результата

При больших расхождениях результатов испытание следует повторить. После каждого погружения иглу вынимают из гнезда, обмывают бензином острие и насухо вытирают чистой сухой тряпочкой или ватой. Результаты испытаний заносят в таблицу 34.

Таблица 34

Прибор	№ ис- пытаний	Темпе- ратура испы-	Глубина проникновения	Марка битума
--------	------------------	------------------------	--------------------------	-----------------

		тания, °С	иглы, град	

Практическая работа №11

Тема: Определение растяжимости битума по ГОСТ 11505 и эластичности по ГОСТ 218.010.98

Цель занятия:

Изучить методы определения свойств строительных битумов.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: Дуктилометр, разъемные формы – «восьмерки», стеклянная пластинка, термометр, водяная баня, металлическая сетка № 07, секундомер, нож для срезания битума. Строительный битум, глицерин, соль, тальк.

Содержание практического занятия

1. Определение растяжимости битума.

Порядок выполнения работы

1.Определение растяжимости битума.

Растяжимость характеризуется длиной нити битума в момент ее разрыва при температуре 25 °С и скорости вытягивания 5 см/мин и выражается в сантиметрах.

Растяжимость битумов определяют на приборе – дуктилометре (рис 38), который представляет собой пластмассовый или деревянный ящик, покрытый внутри оцинкованной сталью.

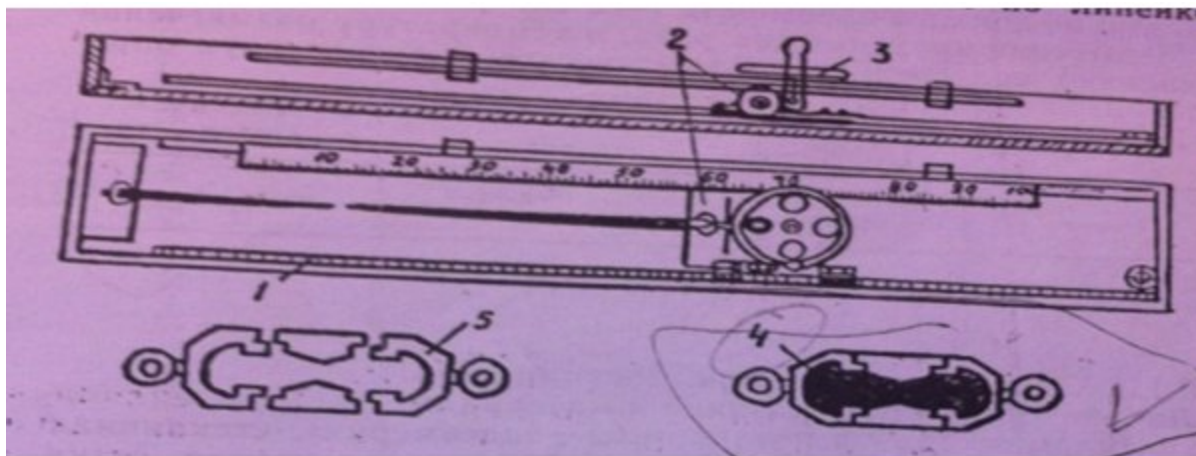
По длине ящика проходит червячный винт с насаженными на него двумя салазками, которые передвигаются по винту вручную посредством маховичка или

электродвигателя. Ящик снабжен шкалой, по которой скользит указатель, закрепленный на салазках.

На стеклянную пластинку, смазанную глицерином, помещают формы, внутренние поверхности которых предварительно смазывают смесью талька с глицерином.

Затем в эти формы наливают тонкой струей подготовленный битум. Залитый в форму битум оставляют охлаждаться на воздухе в течение 30-40 мин при температуре 20 ± 2 °С. После этого излишек битума в форме срезают горячим острым ножом от середины к краям так, чтобы битум заполнял формы вровень с их краями.

Образец помещают в воду при 25°С на 1 ч, следя за тем, чтобы температура была постоянной. Если плотность битума больше 1, то плотность воды увеличивают, добавляя соль, чтобы битум не тонул. Скорость движения салазок должна быть 5 см/мин. Битумную нить растягивают до тех пор, пока она не оборвется. В момент обрыва делают отсчет по линейке



Практическая работа №12

Тема: Определение температуры размягчения битума по ГОСТ 11506 и температуры хрупкости по ГОСТ 11507

Цель занятия:

Изучить методы определения свойств строительных битумов.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: прибор «Кольцо и шар», термометр до 200°С, стеклянная пластинка, нож для срезания битума, источник нагрева (электрическая плитка, газовая горелка, спиртовка). Строительный битум, дистиллированная вода, глицерин, тальк.

Содержание практического занятия

1. Определение температуры размягчения.
2. Определить температуру хрупкости дорожных битумов по Фраасу

Порядок выполнения работы

1. Определение температуры размягчения.

Прибор «Кольцо и шар» (рисунок 37) состоит из трех металлических дисков, соединенных между собой металлическими стержнями. В среднем диске имеются два отверстия, в каждое из которых вставляют латунные кольца. В середине верхнего диска имеется отверстие для термометра.

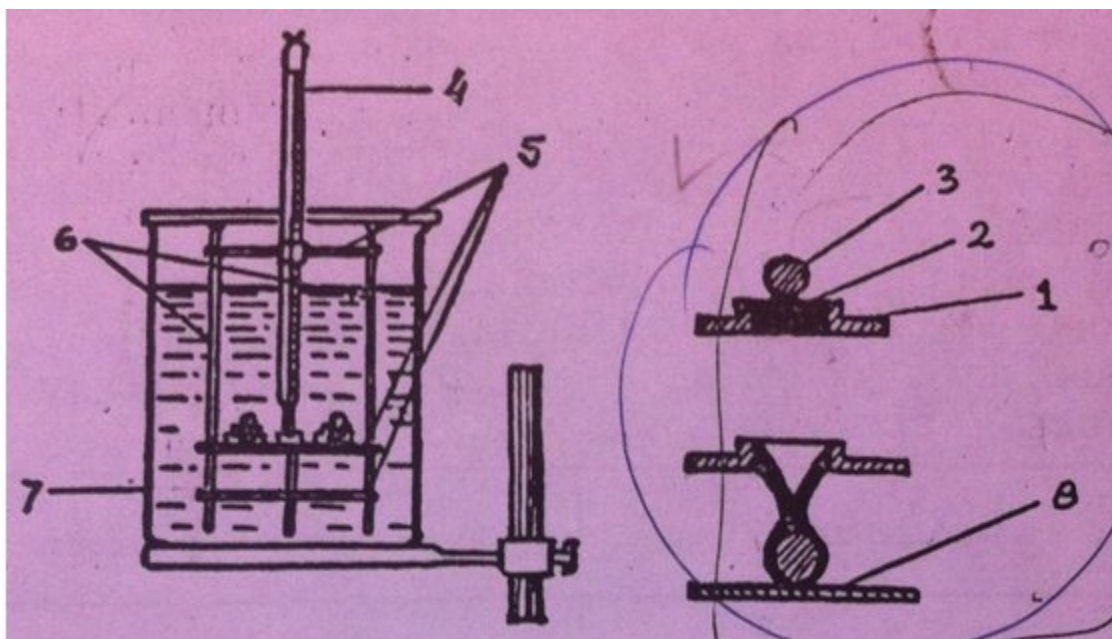


Рисунок 37. Прибор «Кольцо и шар» для определения температуры размягчения
 1 – латунное кольцо; 2 – битум; 3 – стальной шарик; 4 – термометр; 5 – металлические диски; 6 – металлические стержни; 7 – стакан; 8 – нижний диск.

Подготовленный битум наливают с некоторым избытком в латунные кольца, помещенные на стеклянную пластинку, покрытую смесью талька с глицерином (1:3). После охлаждения в течение 20 минут при температуре $25 \pm 10^\circ\text{C}$ избыток битума срезают нагретым ножом вровень с краями колец.

Затем кольца с битумом кладут в отверстия среднего диска и прибор помещают в химический стакан, наполненный свежeproкипяченной водой с температурой $5 \pm 1^\circ\text{C}$ и выдерживают в течение 10 минут. Уровень воды в стакане должен быть выше поверхности битума в кольцах не меньше чем на 5 см. По истечении 10 минут кольца из стакана вынимают и в центр каждого кольца на поверхность битума кладут стальной шарик весом 3,5 грамм и диаметром 9,53 мм. Затем кольца опять ставят в стакан с водой, а стакан нагревают на плитке или горелке. Скорость нагрева стакана с водой (после первых 3 минут) должна быть $5 \pm 0,5^\circ\text{C}$ в минуту. Нагревают до тех пор, пока шарик с размягчившимся битумом не кос-

нется нижнего диска. В момент соприкосновения шарика отсчитывают температуру размягчения битума.

Если предполагаемая температура размягчения битума от 80 до 110°C , то вместо воды в стакан наливают глицерин и кольцо с битумом перед испытанием выдерживают в воде с глицерином 10 мин при температуре 32±1°C . Расхождения между двумя параллельными определениями не должны превышать 1-2 °C.

Испытания проводят два раза, и температуру размягчения вычисляют как среднее арифметическое значение двух определений.

Результаты испытаний заносят в табл. 35.

Таблица 35

Прибор	№ испытаний	Температура раз- мягчения, °C	Марка битума

2. Определить температуру хрупкости дорожных битумов по Фраасу

Хрупкость — это способность твердых тел разрушаться при механических воздействиях без макроскопической выраженной остаточной деформации

Существует два вида определение хрупкости

Ускоренный метод определения хрупкости

Температуру, при которой появляется хрупкость дорожных битумов, определяют при помощи номограммы. Без приборов и материалов.

Стандартный метод определение температуры хрупкости дорожных битумов.

Приборы: прибор Фрааса, термометр ртутный стеклянный, секундомер, нагревательное устройство: металлическая пластинка.

Методика выполнения работы

Три стальные пластинки промывают растворителем и на каждую наносят 0,4гр. битума, взвешенного с погрешностью не более 0,01 г. Пластинки нагревают до тех пор, пока битум не растечется равномерным слоем по всей поверхно-

сти. Далее пластинку укладывают горизонтально и быстро перемещая горящую спичку над поверхностью битума удаляют из него пузырьки воздуха.

Защищенные от пыли пластинки с битумом выдерживают при комнатной температуре не менее 20 мин, вставляют в захваты устройства для сгибания, собирают устройство для охлаждения и заполняют сосуд Дюара спиртом примерно до половины высоты.

Устройство для сгибания пластинки вставляют в пробирку с небольшим количеством хлористого кальция. Термометр устанавливают так, чтобы шарик термометра находился на уровне середины пластинки. Температура в пробирке к началу испытания должна быть не ниже 15°C.

с Помощью охлаждающей смеси понижают температуру в пробирке со скоростью 1°C/мин.

Сгибать пластинку начинают при температуре примерно на 10°C выше, чем ожидаемая температура хрупкости. Каждое сгибание и разгибание должно заканчиваться на 20—25с.

Сгибание повторяют в начале каждой минуты и отмечают температуру при появлении первой трещины. Опыт повторяют с двумя оставшимися пластинками и за температуру хрупкости принимают среднее арифметическое трех определений.

Таблица 35

Показатель	Значение показателя для образца			Среднее значение показателя
	1	2	3	
Температура хрупкости				

Заключение

Битумы БНД 40/60 Аттестованные по высшей категории качества должны иметь температуру хрупкости не выше 12°C.

Лабораторная работа №8

Тема: Определение сцепления битума с каменными материалами по ГОСТ 11508 и температуры вспышки и воспламенения по ГОСТ 4333.

Цель занятия:

Освоить методы испытания битумов, изучить их свойства, познакомиться с требованиями, предъявляемыми к ним, сделать заключение..

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: битум щебень, прибор ПС 2 с шаровым ударниками, пластины стальные размером 200X 200X3мм термостат воздушный, сетка № 0,7 палочка стеклянная весы с погрешностью 0.01 гр.

Содержание практического занятия

1. Определение коэффициента сцепления битума с гранитным щебнем

Порядок выполнения работы

Определение сцепления проводят двумя методами: метод А— «пассивное» сцепление и метод Б — «активное» сцепление.

Метод А заключается в определении способности вязкого битума удерживаться на поверхности песка или мрамора при кипячении.

По методу Б определяют сцепление жидкого или вязкого битума с поверхностью тех же материалов после встряхивания минеральных материалов с водой и битумом.

Методика выполнения работы

Коэффициент сцепления битума с щебнем определяют при помощи прибора ПС-2. Битум нагревают до температуры 140⁰С и для устранения примесей процеживают через сетку № 0.7.

Затем промывают и высушить воздушно сухого состояния. Далее на пластину кладут $21 \pm 0,5$ гр., расплавленного битума, помещают пластину в воздушный термостат и выдерживают 5 минут при t-150⁰ С. Затем битум при помощи стеклянной палочки распределяют тонким слоем по пластине и выдерживают еще 5 минут в термостате. Далее на пластину, отступая от краев 5 мм выкладывают 100 зерен щебня и помещают ее опять воздушный термостат, где выдержи-

вают 5 минут при температуре 150° С. Далее пластину извлекают из термостата и охлаждают в воздухе при комнатной температуре, 30 минут после чего выдерживают 1 час в водяном термостате при t- 20°С

Подготовленную пластину укладывают на опору зернами вниз и наносят удар шаровым ударником. После удара подсчитывают количество опавших от пластин зерен щебня. Величина сцепления битума с зернами щебня оценивается угловым коэффициентом K_c . Вычисляется: отношения количество зерен, оставшихся на пластине после удара-(А), к общему количеству накопленных зерен. За окончательный результат принимают среднее значение из трех параллельных определений.

$$K_c = \frac{100-A}{100}$$

Заключение

Сравните полученные значения K_c со значениями таблицы 35

Таблица 35

Показатель	Марка битума				
	БД 200/300	БД 130/200	БД 90/130	БД 60/90	БД 40/60
коэффициент сцепления битума с гранитным щебнем при t 20°С не менее	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

Лабораторная работа №9

Тема: Приготовление разжиженного битума и определение вязкости жидкого битума по ГОСТ 11503.

Цель занятия:

Освоить методы испытания битумов, изучить их свойства, познакомиться с требованиями, предъявляемыми к ним, сделать заключение..

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: Битум массой не менее 1 кг, дуктилометр, термостат температура 13 градусов, формы «восьмерка» термостат от 0-50 градусов, металлическая пластиковая пластинка, тальк, глицерин, бумага папиросная, линейка.

Содержание практического занятия

1.Определение вязкости и эластичности битума

Порядок выполнения работы

Требования по эластичности предъявляются согласно СТБ 1220-2000, которые должны быть менее значений, приведенных в таблице 36

Таблица 36

Показатель	Марка битума					
	БМА 50/70	БМА 70/100	БМА 100/130	БМА 100/150	БМА 150/200	БМА 130/150
Эластичность %, не менее, при 13 ⁰ С	55	50	50	50	50	85

Методика выполнения работы

Берут битум марок БМА и БМП разогревает до $t = 155 - 160^{\circ}\text{C}$ и заливают в формы "восьмерки», формы с битумом на пластинках выдерживают на воздухе при комнатной температуре, 50-60 минут, далее помещают в емкость с водой и выдерживает 60 ± 5 минут в термостате при $t = 13^{\circ}\text{C}$, далее пластины помещают в дуктилометр с водой $t = 13^{\circ}\text{C}$, уровень воды должен быть выше верха образца не менее 25см.

Образцы растягивают со скоростью 50мм/мин на длину 60 мм. Далее разрезают посередине ножницами и оставляют в дуктилометре на 60 минут. Линейкой измеряют длину нитей L_1 и L_2 как показано на рисунке 38

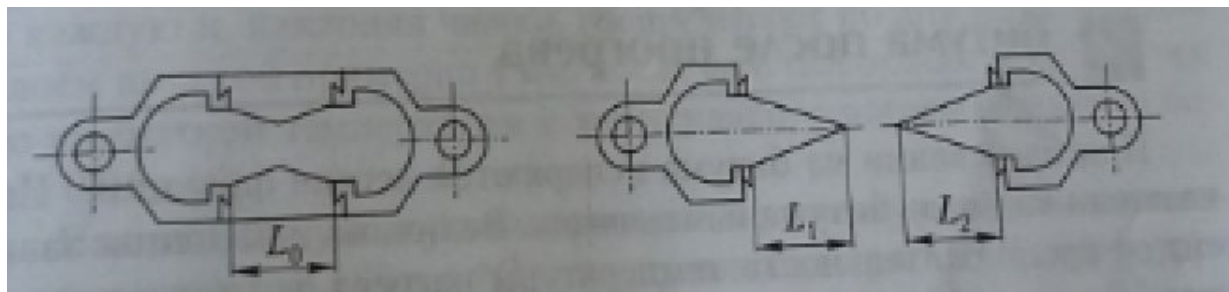


Рисунок 38

Эластичность Э, %, вычисляют по формуле.

$$\mathcal{E}=100-\left[\frac{L_1+L_2-L_0}{60} * 100\right]$$

Где- L_1 L_2 длина нитей (мм), L_0 -Начальное расстояние между двумя полу раковинами, равное 30 (мм), 60-растяжимость образца(мм).

За величину эластичности принимают среднее арифметическое значение из трех определений. Разница между определениями не должна превышать 10% от среднего значения. Результат испытания записывают в таблицу 37

Таблица 37

Показатель	Номер определения			Средние значение
	1	2	3	
Длина нитей, мм: L_1 L_2 L_0 Э %				

Заключение сравнить полученное значение с показателем для соответствующей марки битума.

Практическая работа №13

Тема: Определение истинной и средней плотности, пористости минерального порошка по ГОСТ 12784.

Цель занятия:

Научиться определять основные показатели качества минерального порошка.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: Мерные колбы вместимостью 100 или 250 мл. Весы 4-го класса точности. Шкаф сушильный. Ванна песчаная или электроплитка с закрытой спиралью. Эксикатор. Чашка фарфоровая. Сито с сетками 1,25 и 0,14.

Содержание практического занятия

1. Определение истинной плотности неактивированного минерального порошка из горных пород.
2. Определение средней плотности минерального порошка в стандартном уплотненном состоянии.
3. Вычисление пористости уплотненного минерального порошка

Порядок выполнения работы

1. Определение истинной плотности неактивированного минерального порошка из горных пород.

Сущность испытания заключается в определении плотности порошка без учета имеющихся в нем пор.

Знание истинной плотности минерального порошка р.п. необходимо для последующего вычисления его пористости и для проектирования состава асфальтобетонных смесей.

Порядок выполнения:

1. Отсеивание минерального порошка.
2. Вычисление истинной плотности .
3. Вывод.

Среднюю пробу минерального порошка массой 200 г просеивают через сито с отверстиями 1,25 мм, высушивают при температуре 105 ± 5 °С до постоянной массы и охлаждают в эксикаторе до комнатной температуры. Из подготовленной пробы порошка берут, используя весы, две пробы по 10 г (при работе с колбами по 100 мл) или, используя технические весы, две навески по 50 г (если используют колбы по 250 мл).

Истинную плотность неактивированного порошка р.п. г/см^3 , вычисляют по формуле (с точностью до 0,01 г/см^3)

$$\text{Ри.п.} = (m - m_1) \rho_v / m - m_1 + m_2 - m_3$$

Где m -масса колбы с порошком, г; m_1 -масса пустой колбы, г; ρ_v -плотность дистиллированной воды, равная 1 г/см^3 ; m_3 -масса колбы с минеральным порошком и водой, г;

Истинную плотность вычисляют как среднее арифметическое результатов двух параллельных испытаний. Расхождение между ними не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$.

Результаты занести в таблицу

Показатель	№ опыта		Среднее арифметическое
	1	2	
Масса навески сухого минерального порошка, г			
Масса колбы, заполненной до черты дистиллированной водой m_2 , г			
Плотность воды $\rho_v \text{ г/см}^3$			
Масса колбы с минеральным порошком и водой m_3 , г			
Истинная плотность минерального порошка $\rho_{и.п.} \text{ г/см}^3$			
Масса пустой колбы m_1 , г			

2. Определение средней плотности минерального порошка в стандартном уплотненном состоянии.

Сущность испытания заключается в определении средней плотности порошка после уплотнения его в форме вместимостью 100 см^3 под нагрузкой 40 Мпа . Средняя плотность порошка $\rho_{п.о.}$ необходима для вычисления его пористости.

Порядок выполнения:

1. Приготовление образцов.
2. Вычисление средней плотности.
3. Вывод.

Приборы и материалы:

1. Пресс гидравлический с усилием до 100 кН.
2. Весы 4-го класса точности.
3. Противень металлический размером 25*40 см или чистый лист бумаги.
4. Кисть мягкая.
5. Сито с сеткой 1,25 мм.
6. Шкаф сушильный.
7. Ступка фарфоровая.
8. Эксикатор.
9. Порошок минеральный (1000 г).
10. Нож или шпатель.
11. Форма для уплотнения порошка.

1. Пробу минерального порошка массой 1 кг помещают в фарфоровую ступку, растирают для измельчения комков, после чего просеивают через сито с отверстиями 1,25 мм. Берут навеску 300 г просеянного порошка и порциями по 60-80 г переносят в форму, порошок слойно распределяют в форме. Заполненную форму помещают на нижнюю плиту пресса и плавно доводят до 40 Мпа и поддерживают в течении 3 мин. После этого снимают и форму с вкладышем и поддоном переносят на чистый лист бумаги или противень.

2. Среднюю плотность минерального порошка $P_{п.о.}$

вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$P_{п.о.} = (m - m_1) / V$$

Где m -масса нижней части формы с поддоном и уплотненным минеральным порошком, г; m_1 -масса нижней части формы с поддоном, г; V -объем порошка, равный 100 см^3 .

Среднюю плотность вычисляют как среднее арифметическое результатов трех параллельных испытаний, расхождение между ними не должно превышать $0,02 \text{ г/см}^3$.

Результаты определения средней плотности минерального порошка

Показатель	№ опыта			Среднее арифметическое
	1	2	3	
Масса нижней части формы с поддоном и порошком m , г				
Масса нижней части формы с поддоном m_1 , г				
Объем порошка V , см^3				
Средняя плотность порошка $P_{\text{п.о.}}$ г/см^3 .				

3. Вычисление пористости уплотненного минерального порошка
Пористость минерального порошка из карбонатных пород в уплотненном состоянии должна быть не более 35%. Её вычисляют с точностью до 0,1% на основании предварительно установленных значений истинной и средней плотности:

$$V_{\text{опр.}} = \left(1 - \frac{P_{\text{ист.}}}{P_{\text{ср}}} \right) \times 100$$

Пористость не должна превышать значений, указанных в таблице 11.1.

Определение показателя битумоёмкости минерального порошка

Цель: определить количество масла, при котором его смесь со 100см^3 порошка имеет заданную консистенцию.

Битумоёмкость характеризуют адсорбционную способность минерального порошка. Она косвенно оценивает содержание в минеральном порошке глинистых частиц, примесей, отрицательно влияющих на водоустойчивость асфальтобетона.

Показателем битумоёмкости является масса минерального порошка (в граммах), при которой ее смесь со 100 см^3 минерального порошка имеет определенную консистенцию, измеряемую по глубине погружения металлического пестика прибора Вика, диаметром 10 ± 1 мм. Глубина погружения пестика должна быть равной 8 мм.

Приборы и материала:

- 1) Весы лабораторные 4-го класса точности.
- 2) Прибор Вика для определения нормальной густоты цементного теста (на верхней площадке стержня прибора должен быть укреплен дополнительный груз массой 170 г.) с пестиком диаметром 10 ± 1 мм.
- 3) Чашка металлическая диаметром 50 мм и высотой 20 мм.
- 4) Чашка фарфоровая диаметром 10...12 мм.
- 5) Масло индустриальное марки М8В
- 6) Сито с металлической сеткой 1,25 мм.
- 7) Шпатель или нож

Методика выполнения:

Из просеянного сито 1,25 минерального порошка (предварительно высушенного и охлаждённого) отвешивают навеску массой 200...250 г. В фарфоровую чашку диаметром 10...12 см отвешивают $15\pm 0,1$ г минерального масла, температура которого 20 ± 2 °С. К маслу постепенно добавляют наибольшими пропорциями минеральный порошок и тщательно перемешивают с ним. Когда смесь приобретет пастообразную консистенцию и перестанет прилипать к стенкам и дну фарфоровой чашки, ее помещают в металлическую чашку диаметром 50 мм и высотой 20 мм и выглаживают ножом или шпателем вровень с краями, а остаток порошка взвешивают. Чашку со смесью устанавливают на подставку прибора Вика, на верхней площадке стержня которого укреплен дополнительный груз массой 170 г. Пестик прибора диаметром 10 ± 1 мм подводят к поверхности смеси и отмечают положение указателя на шкале. Затем пестик поднима-

ют на 20 мм над поверхностью смеси и дают возможность стержню погружаться в смесь в течение 5с, после чего отмечают положение указателя на шкале и вычисляют глубину погружения пестика.

В случае если глубина погружения пестика больше(меньше) 8 мм, готовят новую смесь порошка с маслом, принимая количество порошка 2..3 г больше или меньше первоначального, и снова определяют глубину погружения пестика.

Показатель битумоёмкости ПБ минерального порошка (количество масла) на 100 см³ абсолютного объёма порошка вычисляют по формуле:

$$\text{ПБ} = \frac{15\rho_{\text{ист}}}{m-m_1} \times 100, \text{ г}$$

Где $\rho_{\text{ист}}$ - истинная плотность минерального порошка, г/см³; m- масса отвешенной порции порошка, г; m_1 - масса оставшегося после испытания порошка г, $m-m_1$ – масса порошка в смеси, консистенция которой соответствует глубине погружения пестика в смесь на 8 мм, г, 100- объем порошка.

Для порошка марок МП-1 (активированный и не активированный) показатель битумаёмкости не нормируется, а для марок МП-2 он равен не более 80 г. Повышение массовой доли минерального порошка сверх необходимого минимума понижает трещино-стойкость покрытия и, как правило, приводит к повышению «жирности» смесей.

Высокий показатель битумоёмкости позволяет судить о малом содержании вредных для асфальтобетонов примесей.

Сделать заключение по результатам испытания.

Практическая работа №14

Тема: Определение зернового состава сухим и мокрым способом по ГОСТ 12784.

Цель занятия:

Научиться определять основные показатели качества минерального порошка.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Обеспеченность занятия: Набор сит с сетками 1,25; 0,315; 0,071 мм. Приборы для механического просеивания. Весы 4-го класса точности. Чашка фарфоровая диаметром 15...20 см. Пестик фарфоровый с резиновым наконечником. Шкаф сушильный. Сосуд вместимостью от 6 до 10 л. Колба вместимостью не менее 1000 мл. Эксикатор. Смачиватель-технические или бытовых моющие средства. Вазелин.

Содержание практического занятия

1. Определение гранулометрического состава минерального порошка.

Порядок выполнения работы

Активированный минеральный порошок используют в воздушно-сухом состоянии. При определении его зернового состава готовят смесь со смачивателем. В колбу набирают 1000 мл (1 л) воды и добавляют к ней смачиватель: жидкий – 15 г; порошкообразный – 3 г; пастообразный- 10 г. Смесь тщательно перемешивают до полного растворения смачивателя.

Пробу минерального порошка всыпают в фарфоровую чашку, вливают в ее примерно 20 мл воды и растирают пестиком с резиновым наконечником в течение 2...3 мин. Затем воду со взвешенными в ней частицами сливают через сито с сеткой 0,071 мм, установленное над сосудом.

Работу заканчивают, когда вода после очередного растирания частиц остается прозрачной. Оставшиеся на сите минеральные частицы (крупнее 0,071 мм) переносят в фарфоровую чашку. Чашку помещают в сушильный шкаф и высушивают ее содержимое до постоянной массы.

Остаток на каждом сите взвешивают и определяют содержание частиц данной фракции в процентах по массе.

$$a_i = m_i / m$$

m_i - масса останков на данном сите; m – масса навески.

За искомый показатель принимают среднее арифметическое результатов двух параллельных испытаний. Расхождение значений показателя, полученного

при просеивании на каждом сите, не должно превышать 2 % от массы взятой пробы, а потери массы навески при расसेве минерального порошка-2 %.

Тонкость помола должна быть такой, чтобы при рассева через сито 1,25 мм проходило 100 % порошка; 0,315 мм – 90...95 %; 0,071 мм – 70...80 %;

Результаты определения зернового состава минерального порошка

Частный остаток	Содержание зерен после рассева на ситах с отверстиями			M _{1,25} %	M _{0,315} %	M _{0,071} %
	1,25	0,315	0,071			
Г %						

Сравнить полученные результаты с требованиями ТНПА. Сделать вывод о возможности применения минеральных порошков в асфальтобетонных смесях для проезжей части автомобильных дорог и мостов.

Практическая работа №15

Тема: Расчет асфальтобетонной смеси традиционным способом.

Цель занятия:

Освоить методы испытания асфальтобетона, изучить их свойства, познакомиться с требованиями, предъявляемыми к ним, сделать заключение.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Изготовить стандартные образцы.
2. Определить плотность асфальтобетона.
3. Определить расход материалов на 1 м^3 .
4. Определить водонасыщение.
5. Определить предел прочности при сжатии.
6. Определить марку асфальтобетона

Порядок выполнения работы

1. Дорожный битум. Для приготовления асфальтобетонных смесей применяют нефтяные дорожные битум. Марка битума должна применяться с учетом климатических условий.

2. Щебень. В асфальтобетонной смеси применяют щебень, приготовленный из естественно камня и доломитовых шлаков.

3. Песок. Для асфальтобетонных смесей применяют песок, отвечающие требованиям ГОСТ 8736-67. Крупные пески / Мк более 2,5 мм. Средние / Мк 2,5-2 мм, а также дробленые пески. Пески с Мк менее 2 мм разрешается применять при условии обогащения добавкой крупного природного или дробленого песка.

4. Минеральный порошок. В качестве минерального порошка применять искусственные измельченные известняки и доломиты. Прочность при сжатии, которых не менее 200 кг/см^2 . Можно также готовить порошок из известняковых и доломитовых и асфальтовых пород и основных металлургических шлаков. Минеральный порошок должен быть сухим и рыхлым, не комковаться при смешивании с битумом. Минеральный порошок испытывает на тонкость помола сито №2,5 определяет плотность и насыпную плотность, пористость, гидрофобность (водопоглощение).

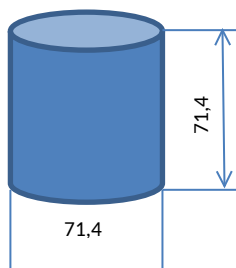
1. Приготовление образцов

Приборы и материалы: ванны, пресс, цилиндр, Битум, щебень, песок, минеральный порошок.

Асфальтобетоном называют уплотненный материал, состоящей из щебня (для дробленного гравия) песка, минерального порошка и битума взятых в определенных пропорциях

После подбора минеральных материалов определять необходимое количество битума. Для этого готовятся асфальтобетонные образцы цилиндрической формы.

Размеры в мм $D = 71,4\text{ мм}$. $H = 50\text{ мм}$. $H = 71,4\text{ мм}$.



1. Количество асфальтобетонной смеси на 1 образец определяют по формуле:

$$m = \frac{\pi D^2}{4} \times H \times \rho_m$$

Где $\frac{\pi D^2}{4}$ – площадь образца

H – высота в см.

ρ_m – средняя плотность.

$$m = \frac{7,14 \times 3,14^2}{4} \times 7,14 \times 2,3 = 651 \text{ г.}$$

1. Затем определяет количество смеси для 3 образцов:

$$m \times 30$$

$$651 \times 3 = 1971 \text{ г.}$$

2. Затем определяют количество песка, щебня, минерального порошка, битума.

Щебня - 49%.

$$\frac{1971}{x} = \frac{100\%}{49\%} \equiv 956 \text{ г.}$$

Песка 40, 9%.

$$\frac{1971}{x} = \frac{100\%}{40,9\%} \equiv 806 \text{ г.}$$

Минерального порошка- 10,1%.

$$\frac{1971}{x} = \frac{100\%}{10,1\%} \equiv 199 \text{ г.}$$

Битума -6%.

$$\frac{1971}{x} = \frac{100\%}{6\%} \equiv 118 \text{ г.}$$

Щебень, песок, минеральный порошок высыпают в алюминиевую чашку и нагревают при постоянном перемешивании до температуры 140 - 160°C. После нагрева в минеральные материалы наливают предварительно выпаренный и нагретый битум до 140 - 160°C. Смесь тщательно перемешивая до однородного состава, то водой форму предварительно нагретую до 80-90 °C и уплотняют ее на гидравлическом или механическом прессе в течении 3 минут.

2. Испытания образцов.

2. Плотность определяют по формуле:

$$\rho = \frac{m}{V}$$

$$V = \frac{\pi D^2}{4} \times H$$

Плотность определяют не ранее чем через 4 часа после изготовления. В течение 4 часов образцы выдерживают при температуре равно 18 - 20 °C в помещении, а затем взвешивают на воздухе – m_0 . Затем помещают в воду с температурой $20 \pm 2^\circ \text{C}$ на 30 минут. После этого образец взвешивают – m_1 , и в воде – m_2

$$V = \frac{7,14 * 3,14^2}{4} \times 7,14 = 280 \text{ см}^3$$

$$\rho = \frac{660}{280} = 2,357 \frac{\text{г}}{\text{см}^3} = 2380 \text{ кг/м}^3$$

3. Расход материалов на 1 м^3

Щебня - 49%.

$$\frac{2380}{x} = \frac{100\%}{49\%} \equiv 1166,2 \text{ кг.}$$

Песка 40, 9%.

$$\frac{2380}{x} = \frac{100\%}{40,9\%} \equiv 973,42 \text{ кг.}$$

Минерального порошка- 10,1%.

$$\frac{2380}{x} = \frac{100\%}{10,1\%} \equiv 240,38 \text{ кг.}$$

Битума -6%.

$$\frac{2380}{x} = \frac{100\%}{6\%} \equiv 142,8 \text{ кг.}$$

На 1 м^3 :

Щебня = 1166,2 кг.

Песка = 973,42 кг

Минерального порошка = 240,38

Битума = 142,8 кг.

4. Водонасыщение.

После определения объемного веса образцы помещают в сосуд с водой, имеющий температуру $20 \pm 2^\circ \text{C}$, уровень воды над образцом должен быть не менее 3-х см., Затем сосуд с образцами и водой помещают стеклянный колпак вакуум –прибора, из которого насосом выкачивают воздух до остаточного давления 10-15 мм рт. столба. Выдерживают при указанном разрежении 1,5. Затем давление доводят до нормального и образцы выдерживают в том же сосуде с водой 1 ч. при температуре $20 \pm 2^\circ \text{C}$. После этого образцы вынимают из воды, вытирают мягкой тканью и взвешивают. Водонасыщения образцов в % от объема вычисляют по формуле:

$$W = \frac{m_3 - m_0}{m_1 - m_2} \times 100\%$$

Где m_0 - сухого образца на воздухе в г.

m_1 -вес образца, выдержанного в течении 30 минут в г

m_2 - вес образца в воде в г.

m_3 –вес насыщенного водой образца совершенного на воздухе грамм.

$$W = \frac{670 - 630}{670 - 400} \times 100\% = 14\%$$

$$W = 14\%$$

5.Предел прочности при сжатии.

Перед испытанием образцы выдерживает 1 час в водяной бане при температуре равной $50 \pm 2^\circ \text{C}$, $20 \pm 2^\circ \text{C}$, и $0 \pm 2^\circ \text{C}$ (температура 0 достигает смешивании воды со льдом).

Испытание на сжатие производят на прессе.

Предел прочности при сжатии образце вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P}{V} \text{ (кгс/см}^2\text{)}$$

Где, P разрушающая нагрузка кг

V первоначальная площадь поперечного сечения образца в см^2 .

6.Определения марки асфальтобетонов.

Лабораторное оборудование и материалы: испытательная машина с механическим приводом, обеспечивающая давление 40 МПа, Термометр со шкалой до 250°C вакуум-прибор, сосуд для термостатирования образцов емкостью 3 - 5 и 7 - 8 литров.

Перед испытанием образцы выдерживают 1 час в водяной бане при заданной температуре ($20 \pm 2^\circ \text{C}$, и $50 \pm 2^\circ \text{C}$.)

Прочность на сжатие в водонасыщенном состоянии определяют на образцах, подготовленных заранее. Насыщенные водой образцы после взвешивания на воздухе и в воде снова помещают в воду 10-15 минут в воду с температурой $20 \pm 2^\circ \text{C}$.

Испытание на сжатие производят на испытательных машинах с механическим приводом при скорости деформирования $3,5 \pm 5 \text{ мм/мин}$. Пресс должен быть снабжен силоизмерителем любого типа, который бы давал возможность определять разрушающую нагрузку с точностью до 0,05 МПа ($0,5 \text{ кгс/см}^2$) для образцов, имеющих предел прочности при сжатии менее 1,5 (15 кгс/см^2) и с точностью 0,1 МПа (1 кгс/см^2) для образцов, имеющих предел прочности при сжатии больше 1,5 МПа (15 кгс/см^2).

Предел прочности при сжатии образца за тебя вычисляют по формуле:

$$R_{сж} = \frac{P_{разр}}{F} \text{ (кгс/см}^2\text{)}$$

Где, $P_{разр}$ разрушающая нагрузка Н (кгс)

F - первоначальная площадь поперечного сечения образца в см^2 .

Предел прочности при сжатии асфальтобетонов начисляются точностью до 0,01 МПа. как среднее арифметическое результатов испытаний отдельных образцов не должно превышать 10%. Результаты испытаний заносят в таблицу.

Материал	Предел	Предел	Предел
----------	--------	--------	--------

	прочности на сжатие сухого образца при $t=20^{\circ}\text{C}$ $R_{\text{сж}}$ кгс/см ² (Мпа)	прочности на сжатие сухого образца при $t=50^{\circ}\text{C}$ $R_{\text{сж}}$ кгс/см ² (Мпа)	прочности на сжатие насыщенного образца при $t=20^{\circ}\text{C}$ $R_{\text{сж}}$ кгс/см ² _м (Мпа)
Асфальто-бетон	30(3МПа)	10(1МПа)	20(2МПа)

$$R_{\text{сж}} = \frac{1200}{40} = 30(3) \quad ; \quad R_{\text{сж}} = \frac{400}{40} = 10(1) \quad ; \quad R_{\text{сж}} = \frac{800}{40} = 20(2);$$

Полученные данные сравниваются с ГОСТом на асфальтобетоны данными в таблице и делают заключение марки асфальтобетона.

	Нормы для марки		
	1	2	3
Предел прочности на сжатие сухого образца при сжатии кгс/см ² (Мпа) при $t=$ а. 20°C не менее б. 50°C не менее для асфальто-бетонов типа: А Б и В Г Д	2,5 (25) 0,9 (9) 0,9-1,3 (9-13) 1,0-1,6 (10-16)	2,2 (22) 0,8 (8) 0,8-1,2 (8-12) 0,9-1,4 (9-14) 1,0-1,2 (10-12)	2,0 (20) 0,8-1,1 (8-11) 0,8-1,0 (8-10) 0,8-1,0 (8-10)

Вывод :проведя исследования свойств асфальтобетона, принимаем марку асфальтобетона 1 тип А

Практическая работа №16

Тема: Расчет асфальтобетонной смеси на компьютере.

Цель занятия:

Освоить методы испытания асфальтобетона, изучить их свойства, познакомиться с требованиями, предъявляемыми к ним, сделать заключение.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Произвести расчет асфальтобетонной смеси на компьютере, в специализированной программе

Лабораторная работа №10

Тема: Приготовление образцов из асфальтобетона

Цель занятия:

Приобрести практические навыки по приготовлению асфальтобетона.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Изготовление образцов цилиндров

Порядок выполнения работы

Испытания горячего асфальтобетона ведется на цилиндрических образцов с высотой равной диаметру размеров 50,5-71,4 и 101 мм в зависимости от наибольшей крупности заполнения.

Для изготовления образцов отвешивают расчетное количество щебня, песка, минерального порошка, высыпают в чашку, тщательно перемешивая, нагревают до температуры 140-160°C. Затем в минеральную смесь выливают нагретый до такой же температуры вязкий дорожных битум в количестве 5-7% от массы минеральной смеси, перемешивают до однородной массы и укладывают в металлическую форму (рис. 39), подогретую до 90-100°C.

Форма предварительно смазывается керосином, в нее вставляется металлический вкладыш. После укладки асфальтобетонной смеси на нее ставятся второй вкладыш, выступающий над формой. Смесь с помощью вкладышей уплотняется под прессом с нагрузкой 40 МПа (4000кгс/см²) в течение трех минут. После уплотнения образцы впрессовываются из формы и готовятся к испытанию.

Изготовление и подготовка образцов к испытанию в следствие ограниченности времени на лабораторную работу производится лаборантом.

Для выполнения работы группы делится на бригады. Одна бригада испытывает сухие образцы при $t=20^{\circ}\text{C}$, вторая при $t=50^{\circ}\text{C}$, третья- водонасыщенных образцов при $t=20^{\circ}\text{C}$.

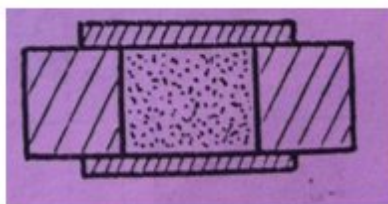


Рис. 39. Форма для изготовления образцов асфальтобетона

в тетради для лабораторных работ все результаты объединяются.

Перед испытанием образцы выдерживают 1 час в водяной бане при заданной температуре ($20\pm 1^{\circ}\text{C}$, $50\pm 1^{\circ}\text{C}$).

Практическая работа №17

Тема: Определение свойств асфальтобетона

Цель занятия:

Ознакомиться с асфальтобетоном и методами определения свойств.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1.Определение предела прочности при температуре 200, 500С и водонасыщенном состоянии.

Порядок выполнения работы

Прочность при сжатии в водонасыщенном состоянии определяют на образцах, подготовленных заранее. Насыщенные, водой образцы после взвешива-

ния на воздухе и в воде снова помещают на 10—15 мин в воду с температурой $20 \pm 2^\circ\text{C}$.

Испытание на сжатие производят на испытательных машинах с механическим приводом при скорости деформирования $3,5 \pm 0,5$ мм/мин. Пресс должен быть снабжен силоизмерителем любого типа, который бы давал возможность определять разрушающую нагрузку с точностью до 0,05 МПа (0,5 кгс/см²) для образцов, имеющих предел прочности при сжатии менее 1,6 МПа (15 кгс/см²), и с точностью 0,1 МПа (1 кгс/см²) для образцов, имеющих предел прочности при сжатии больше 1,6 МПа (15 кгс/см²).

Предел прочности при сжатии асфальтобетона вычисляют с точностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов.

Расхождение между результатами испытаний отдельных образцов не должно превышать 10%.

Результаты испытаний заносят в табл. 38.

Таблица 38

	Материал	Предел прочности 1 на сжатие сухого образца при	Предел прочности на сжатие сухого образца	Предел прочности на сжатие насыщенного образца
1				
2				
3				

Наименование показателя	Нормы для марок		
	I	II	III

1. Предел прочности при сжатии, МПа (кгс/см ²) при температурах:	2,5 (25) 0,9 (9) 0,9—1,3 (9—13) 1 — 1,6 (10—16)	2,2 (22) 0,8 (8) 0,8—1,2 (8—12) 0,9—1,4 (9—14) 1 — 1,2 (10—12)	2,0 (20) 0,8—1,1 (8—10) 0,8—1 (8—10) 0,8—1 (8—10)
а) 20°С не менее			
б) 50°С не менее, для асфальтобетонов типа:			
А			
Б и В			
Г			
Д			

Практическая работа №18

Тема: Определение истинной и средней плотности

Цель занятия:

Ознакомиться с асфальтобетоном и методами определения свойств.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение средней плотности асфальтобетона
2. Определение средней плотности минеральной части (остова) асфальтобетона
3. Определение истинной плотности минеральной части смеси и асфальтобетона расчетным методом
4. Определение истинной плотности смеси и асфальтобетона

Порядок выполнения работы

1. Определение средней плотности асфальтобетона

Среднюю плотность асфальтобетона определяют гидростатическим взвешиванием лабораторных образцов. Три образца, изготовленные по стандартному методу, тщательно обтирают тканью и очищают от налипших частиц смеси. Образцы взвешивают с точностью 0,01 г на воздухе, затем погружают на 30 мин в сосуд с водой, имеющий температуру $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, после этого образцы взвешива-

ют в воде, температура которой должна быть $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$, вытирают и вторично взвешивают на воздухе.

Среднюю плотность образцов ρ_m^a вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_m^a = m \rho_B / (m_2 - m_1),$$

где m – масса образца, взвешенного на воздухе, г; m_1 – масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин и взвешенного в воде, г; m_2 – масса того же образца, вторично взвешенного на воздухе, г.

За результат определения средней плотности принимают среднее арифметическое значение результатов определения средней плотности трех образцов. Если расхождение между наибольшим и наименьшим результатами параллельных определений превышает 0,03 г/см³, то проводят повторные испытания и вычисляют среднеарифметическое из шести значений.

2. Определение средней плотности минеральной части (остова) асфальтобетона

Среднюю плотность минеральной части (остова) асфальтобетона определяют расчетом на основании предварительно установленной средней плотности образцов асфальтобетона по разделу 1 и соотношения минеральных материалов и битума. Среднюю плотность минеральной части ρ_m^M вычисляют с точностью 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho_m^M = \rho_m^a / (1 + 0,01 q_B),$$

m – средняя плотность асфальтобетона, г/см³; q_B – массовая доля битума в смеси, % (сверх 100 % минеральной части).

3. Определение истинной плотности минеральной части смеси и асфальтобетона расчетным методом

Истинную плотность минеральной части асфальтобетона или смеси определяют на основании предварительно установленных истинных плотностей отдельных минеральных составляющих (щебня, песка и минерального порошка). Истинную плотность минеральной части смеси ρ^M вычисляют с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho^M = \frac{100}{q_1 / \rho_1 + q_2 / \rho_2 + q_3 / \rho_3 + \dots + q_n / \rho_n},$$

где $q_1, q_2, q_3, \dots, q_n$ – массовая доля отдельных минеральных материалов в минеральной части смеси или асфальтобетона, %; $\rho_1, \rho_2, \rho_3, \dots, \rho_n$ – истинная плотность отдельных минеральных материалов, г/см³.

4. Определение истинной плотности смеси и асфальтобетона

Истинную плотность смеси и асфальтобетона определяют расчетным методом. На основании предварительно установленных истинных плотностей минеральной части (остова) смеси или асфальтобетона по разделу 3, битума и их массовых соотношений вычисляют истинную плотность смеси или асфальтобетона ρ^a с точностью до 0,01 г/см³ по формуле

$$\rho^a = \frac{q^M + q_B}{\frac{q^M}{\rho^M} + \frac{q_B}{\rho^B}},$$

где ρ^M – истинная плотность минеральной части (остова) смеси или асфальтобетона, г/см³; ρ^B – истинная плотность вяжущего, г/см³; q^M – массовая доля минеральных материалов в смеси, % (принимают за 100 %); q_B – массовая доля битума в смеси или асфальтобетоне, % (сверх 100 % минеральной части).

Практическая работа №19

Тема: Определение водонасыщения и набухания асфальтобетона

Цель занятия:

Ознакомиться с асфальтобетоном и методами определения свойств.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение водонасыщения асфальтобетона и набухания асфальтобетона

Порядок выполнения работы

За величину водонасыщения образцов асфальтобетона принимают количество воды, поглощенное образцом при заданном режиме насыщения. Водонасыщение определяют на образцах, ранее использованных для определения средней плотности.

Образцы асфальтобетона помещают в сосуд с водой, температура которой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. Уровень воды над образцами должен быть не менее 3 см. Сосуд с образцами устанавливают в ванну или под стеклянный колпак вакуум-прибора, где создают и поддерживают остаточное давление 2000 Па в течение 1 ч. Затем давление доводят до атмосферного и образцы выдерживают в том же сосуде с водой при температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ в течение 30 мин.

После этого образцы извлекают из воды, вытирают мягкой тканью и взвешивают на воздухе с точностью 0,01 г. Увеличение массы образца соответствует количеству поглощенной образцом воды. Приращение массы образца, отнесенное к первоначальному объему образца, составляет его водонасыщение по объему.

Водонасыщение W образца в процентах вычисляют по формуле

$$W = \frac{m_3 - m}{m_2 - m_1} \cdot 100,$$

где m – масса образца, взвешенного на воздухе, г; m_1 – масса образца, выдержанного в воде в течение 30 мин и взвешенного в воде, г; m_2 – масса того же образца, вторично взвешенного на воздухе, г; m_3 – масса насыщенного водой образца, взвешенного на воздухе, г.

За результат определения принимают округленное до первого десятичного знака среднее арифметическое значение трех определений.

Лабораторная работа №11

Тема: Определение предела прочности при сжатии. Марка

Цель занятия:

Ознакомиться с асфальтобетоном и методами определения свойств.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение предела прочности при сжатии

Порядок выполнения работы

Для определения предела прочности асфальтобетона при сжатии используют пресс с гидравлическим приводом с нагрузками от 50 до 100 кН по ГОСТ 28840. Силоизмеритель пресса должен обеспечить определение разрушающей нагрузки с точностью до 0,05 МПа для образцов, имеющих предел прочности при сжатии меньше 1,5 МПа, и с точностью 0,1 МПа для образцов, имеющих предел прочности при сжатии больше 1,5 МПа.

Предел прочности асфальтобетона при сжатии определяют на цилиндрических образцах, изготовленных из асфальтобетонных смесей в соответствии с разделом 1. Перед испытанием образцы выдерживают при заданной температуре $(50 \pm 2)^\circ\text{C}$, $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ или $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$. Образцы горячего асфальтобетона выдерживают в течение 1 ч в водяной бане емкостью 3...8 л (в зависимости от количества и размеров образцов). Температуру $(0 \pm 2)^\circ\text{C}$ создают смешением воды со льдом.

Для определения предела прочности при сжатии в водонасыщенном состоянии используют образцы, испытанные на водонасыщение.

Насыщенные водой образцы после взвешивания на воздухе снова помещают на 10...15 мин в воду, температура которой $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, а перед испытанием вытирают мягкой тканью или фильтровальной бумагой.

Предел прочности при сжатии асфальтобетонных образцов определяют на прессах при скорости деформирования образца $(3,0 \pm 0,5)$ мм/мин.

Перед проведением испытания на прессах с гидравлическим приводом следует установить скорость холостого хода поршня 3 мм/мин. Образец, извлеченный из водяной или воздушной бани, устанавливают в центре нижней плиты пресса, предварительно положив под образец и на него плотную бумагу или картон (для уменьшения потерь тепла). Затем опускают верхнюю плиту и останавливают ее выше уровня поверхности образца на 1,5...2 мм. После этого включают электродвигатель пресса и начинают нагружать образец. Для повышения точности определения предела прочности при сжатии рекомендуется использовать шарнирное устройство (рис. 40), представляющее собой две металлические пластины с расположенным между ними стальным шариком диаметром 6–8 мм. Шарнирное устройство обеспечивает равномерное распределение нагрузки по всей площади торца образца в случае непараллельности оснований образцов.

Максимальное показание силоизмерителя принимают за разрушающую нагрузку.

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

$$R_{сж} = \frac{P}{F} \cdot 10^{-2},$$

где P – разрушающая нагрузка, Н; F – первоначальная площадь поперечного сечения образца см^2 ; 10^{-2} – коэффициент пересчета в МПа.

За результат определения принимают округленное до первого десятичного знака среднее арифметическое значение испытаний трех образцов.

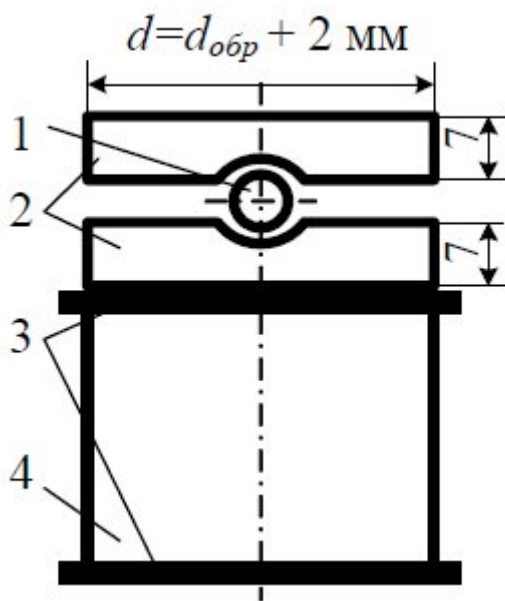


Рис. 40. Шарнирное устройство: 1 – шарик стальной диаметром 6–8 мм; 2 – металлические пластинки; 3 – прокладка из плотной бумаги; 4 – образец асфальтобетона

Лабораторная работа №12

Тема: Приготовление образцов из грунтов, укрепленных одним из минеральных вяжущих (цементом) по СН 25.

Цель занятия:

Ознакомиться с видами укрепления грунтов, рассмотреть их свойства, познакомиться с требованиями..

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Приготовление образцов из грунтов
2. Укрепленных одним из минеральных вяжущих (цементом)

Порядок выполнения работы

Грунт - это любая горная порода, почва, искусственное образование, составляющие верхний слой земной коры, изучаемые как многокомпонентные системы, изменяющиеся во времени и используемые при возведении инженерных сооружений в качестве основания, среды или материала.

ВИДЫ ГРУНТОВ

Рассматривая различные виды грунтов, следует учитывать, что они по характеру структурных связей подразделяются на следующие классы:

- с жесткими (кристаллизационными) структурными связями (класс скальных грунтов) к которым относятся магматические, метаморфические, осадочные сцементированные и искусственные);
- без жестких структурных связей (класс нескальных дисперсных грунтов) к которым относятся осадочные несцементированные и искусственные.

ТРЕБОВАНИЯ К ГРУНТАМ

Опыт строительства автомобильных дорог показал, что укрепление грунтов добавками вяжущих и других веществ бывает эффективным лишь при выполнении следующих требований:

Равномерное распределение вяжущего вещества в грунте с точным соблюдением установленной дозировки цемента, битума, синтетических смол и других веществ.

Укрепленные грунты должны обладать определенными техническими показателями:

- механической прочностью
- водоустойчивостью
- морозостойкостью

КЛАССИФИКАЦИЯ ГРУНТОВ ПО СТЕПЕНИ ПРИГОДНОСТИ ДЛЯ УКРЕПЛЕНИЯ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Все грунты по степени их пригодности для укрепления вяжущими материалами подразделяются на три группы:

- пригодные;
- условно непригодные;
- непригодные.

Пригодные грунты подразделяются на четыре подгруппы: IА, IБ, IВ, IГ.

Подгруппа IА включает крупно- и мелкообломочные грунты в естественном виде, наиболее пригодные для укрепления любыми методами (характеризуются наиболее высокими показателями прочности).

Подгруппа IБ включает песчаные, супесчаные и легкосуглинистые грунты, а также песчано-глинистые смеси оптимального гранулометрического состава.

Подгруппа IV включает суглинистые и тяжелосуглинистые грунты пылеватых и непылеватых разновидностей, характеризующиеся ограниченной пригодностью (для них рекомендуется применение комплексных методов). Размельчение этих грунтов производят многократным проходом грунтосмесительных машин по одному следу или продолжительным перемешиванием в стационарных установках.

Подгруппа IГ включает песчанистые и пылеватые глины, которые являются условно пригодными для укрепления. Грунты, включенные в эту подгруппу, допускается подвергать укреплению лишь при использовании добавок активных веществ.

Условно непригодные грунты. Эта группа включает крупнообломочные несвязные каменные породы, не пригодные для укрепления лишь по причине малого содержания песчано-глинистых фракций.

Непригодные грунты представлены жирными высокопластичными глинами, обладающими большой связностью в сухом состоянии. Такие грунты требуют колоссальных затрат механической энергии на обработку и чрезмерного расхода вяжущего, что экономически невыгодно.

УКРЕПЛЕНИЕ ГРУНТОВ МИНЕРАЛЬНЫМИ ВЯЖУЩИМИ МАТЕРИАЛАМИ

Материалы: портландцементы, шлакопортландцементы, известковошлаковые, гипсошлаковые цементы, известь гашеная и негашеная, силикат натрия

Грунты: суглинки, супеси, гравелистые и щебенистые грунты.

Свойства укрепленных грунтов:

Высокая механическая прочность и связность, высокая морозо- и водостойчивость, плохое сопротивление истиранию

Выполнение работы:

При цементации грунтов происходят следующие процессы:

- химические - гидратация и гидролиз цементных зерен;
- физико-химические - обменные поглощения продуктов гидролиза цемента тонкодисперсной частью грунта, необратимая коагуляция, микроагрегирование, цементация;
- физические и механические - размельчение грунта и перемешивание с цементом.

Для укрепления грунтов цементом необходимо не менее 8% и не более 18-20% минерального вяжущего. Прочность укрепленного грунта в зависимости от класса колеблется от 1,0 до 6,0 МПа, коэффициент морозостойкости - от 0,65 до 0,75.

При гашении 1 кг извести выделяется 277 кал, объем при этом увеличивается в 2-2,5 раза. Известь применяется как добавка при комплексном укреплении. Оптимальное количество гашеной извести для различных грунтов находится в пределах от 5 до 12%. Гашеная известь дает наибольший эффект при введении ее в гравий с пылевато-глинистым заполнителем, тяжелыми суглинками и глинами. При этом известь вступает в химическое и физико-химическое взаимодействие с тонкодисперсными частицами. Для укрепления глинистых переувлажненных грунтов, имеющих влажность на 4-6% выше оптимальной, эффективно применять молотую негашеную известь.

Сланцевую золу-унос сухого отбора в качестве самостоятельного вяжущего надлежит применять при укреплении крупнообломочных грунтов оптимального и неоптимального гранулометрического состава, супесей, песков гравелистых, крупных, средних, мелких. Дозировку золы назначают не менее 15-20% в сочетании с 4-6% цемента или 5-8% извести от массы смеси.

Лабораторная работа №13

Тема: Определение прочности укрепленных грунтов при сжатии и растяжении по СН 25.

Цель занятия:

Ознакомиться с видами укрепления грунтов, рассмотреть их свойства, познакомиться с требованиями.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение прочности при сжатии
2. Определение прочности при растяжении

Порядок выполнения работы

1. Определение прочности при сжатии

Прочность грунтов часто определяют путем их раздавливания в условиях свободного бокового расширения. Разрушающая сила при этом действует только в одном направлении, поэтому такое испытание называют одноосным сжатием, т. е. выполняется условие предельного состояния грунтов

$$\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = 0.$$

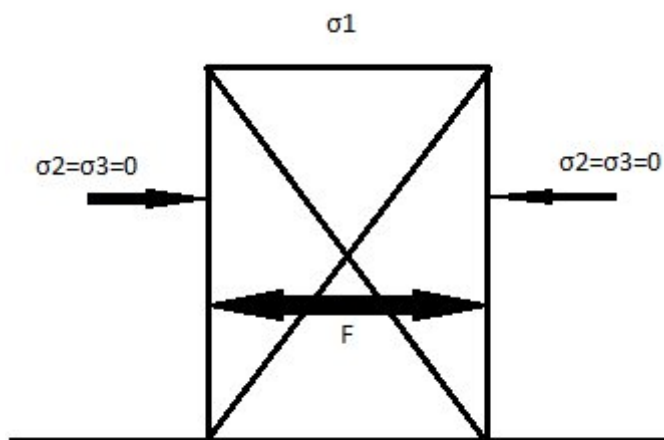


Рисунок- Схема условия работы грунта при одноосном сжатии

Расчет сопротивления сжатию производится на основе предположения об однородном напряженном состоянии образца грунта по формуле:

$$\sigma_{сж} = \frac{P_{раз}}{F}$$

где $P_{раз}$ – усилие раздавливания;

F – площадь поперечного сечения образца, м².

Следует отметить, что испытание на сжатие необходимо проводить при соотношении высоты образца к диаметру $h/d \geq 2$. Это обусловлено тем, что при нагружении грунта в нем возникают зоны уплотнения (а) рисунка. Поэтому при $h/d \leq 2$ эти зоны вступают во взаимодействие, отсюда возникает дополнительная прочность грунта, т. е. получаем завышенные значения $\sigma_{сж}$.

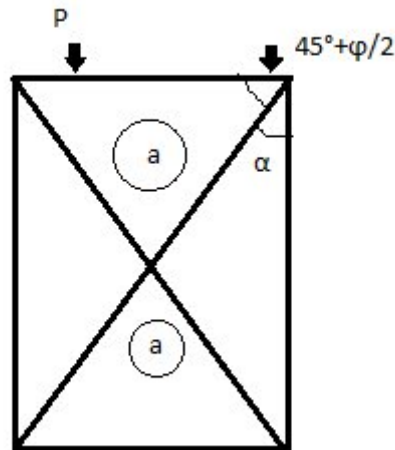


Рисунок- Зоны уплотнения

Графически прочность на сжатие можно выразить посредством круга Мора

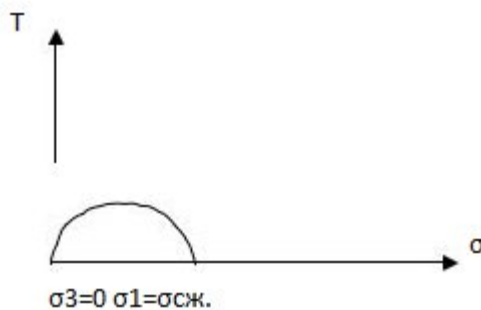


Рисунок -Прочность на сжатие

Прочность на одноосное сжатие представляет до известной степени условную характеристику прочности грунта, зависящую от многих факторов. Тем не менее, определение $\sigma_{сж}$ в инженерно-геологической практике широко распространено, так как позволяет приближенно оценить несущую способность фундамента на скальных грунтах, определить сцепление и угол внутреннего трения породы и оценить ее прочность как строительного материала.

2. Определение прочности при растяжении

Прочность пород на разрыв является одной из важнейших характеристик породы, она может быть широко использована как для сравнительной оценки прочностных свойств пород, так и для расчета величины угла внутреннего трения и коэффициента сцепления. Оно так же как одноосное сжатие моделирует работу грунта при условии $\sigma_1 > \sigma_2 = \sigma_3 = 0$.

Прочность породы на одноосное растяжение ($\sigma_{рас}$, МПа) вычисляют по формуле:

$$\sigma_{рас} = \frac{P_{разд}}{F}$$

где $P_{разд}$ – максимальное значение растягивающего давления; F – площадь поперечного сечения образца.

Графически прочность на растяжение выражается через круг напряжений Мора

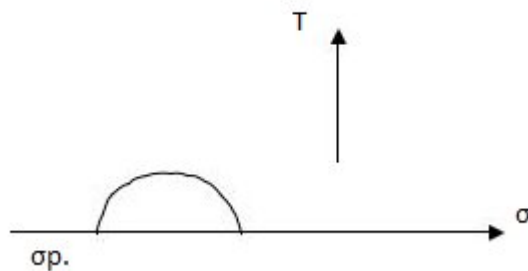


Таблица- Прочность на растяжение

Экспериментальные данные по прочности на сжатие и растяжение. В таблице приведены данные по $\sigma_{сж}$ и $\sigma_{рас}$.

Таблица– Прочность на разрыв σ_r и одноосное сжатие $\sigma_{сж}$ некоторых пород

Горная порода	n, %	$\sigma_{сж}$, кГ/см ²	σ_r , кГ/см ²
Граниты	0,64	2640	44–121
Диабазы	–	900	50
Кварциты	0,81	3280	67–159
Мраморы	0,46	1510	39–163
Известняки	9,22	1450	73
Песчаники	–	–	30–104
Глинистые сланцы	–	180-260	10–80

Каменная соль	–	90	15–50
Мел	35	30–40	2–6

Из таблицы видно, что прочность на растяжении на порядок меньше прочности на сжатии. Это обусловлено тем, что тр оценивает только прочность структурных связей, а в прочности на сжатие, кроме прочности структурных связей, участвуют уже и сдвигающие силы.

Лабораторная работа №14

Тема: Приготовление смесей и изготовление образцов из грунтов, укрепленных обработанные органическими вяжущими материалами.

Цель занятия:

Ознакомиться с видами укрепления грунтов, рассмотреть их свойства, познакомиться с требованиями.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Изготовление образцов из грунтов, укрепленных обработанные органическими вяжущими материалами

Порядок выполнения работы

Материалы: битумы вязкие по ГОСТ 22245-90 , жидкие по ГОСТ 11955-82, дегти, битумные эмульсии по ГОСТ 18659-2005, дегтевые эмульсии, пасты, высокосмолистые нефти.

Свойства укрепленных грунтов:

Грунты приобретают необратимую связность, водостойчивость, водонепроницаемость и способность к повторному уплотнению, хорошо сопротивляются истиранию

Выполнения работы

Метод битумизации основан на введении в грунт битума в вязко-жидком и эмульсионном состояниях. Битумизация пород подразделяется на горячую и холодную.

Горячая битумизация применяется для закрепления трещиноватых пород с раскрытием трещин до 0,1-1мм,

холодная - для гравелисто-песчаных и песчаных пород с $K_f=10-100\text{м/сут.}$

Эмульсиями называются дисперсные системы, состоящие из двух взаимно не растворимых веществ, из которых одно распределено в другом в виде мелких частиц.

Принципиальным отличием технологии укрепления грунтов битумами от технологии укрепления минеральными вяжущими является сохранение в грунте при его измельчении наиболее прочных агрегатов размером 2-4 мм.

Грунты, укрепленные битумом, по природе структурных связей относятся к коагуляционным структурам. Наилучшие результаты достигаются при укреплении супесчаных и легкосуглинистых грунтов. Непригодны для укрепления битумами тяжелые суглинки, пылеватые глины и песчаные грунты.

Для повышения качества грунтов, укрепленных органическими вяжущими материалами, вводят различные добавки в зависимости от используемого вяжущего и вида грунта (известь, сланцевая зола, зола уноса, амины, синтетические жирные кислоты и др.).

Укрепление грунтов синтетическими полимерами.

Синтетические смолы (фенолформальдегидные, мочевиноформальдегидные, фенолфурфурольные, анилиноформальдегидные) обладают комплексом положительных качеств:

- высокими адгезионными и когезионными связями;
- регулируемым и быстрым отверждением смолы;
- высокими прочностными свойствами;
- сравнительно небольшим расходом смолы.

Синтетические смолы должны отвечать следующим требованиям:

- растворимость в воде при введении в грунт;
- нерастворимость в воде и несмачиваемость после отверждения;
- хорошая адгезия (прилипаемость);
- высокие механические свойства;
- способность самопроизвольно растекаться по поверхности увлажненного грунта;
- относительная дешевизна.

Для укрепления синтетическими смолами наиболее пригодны грунты оптимального гранулометрического состава с $pH < 7,0$, непригодны карбонатные тяжелые суглинки, легкие и тяжелые суглинки, глины.

Лабораторная работа №15

Тема: Определение средней плотности образцов и предела прочности при сжатии и изгибе.

Цель занятия:

Ознакомиться с видами укрепления грунтов, рассмотреть их свойства, познакомиться с требованиями.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение средней плотности образцов
2. Определение предела прочности при сжатии и изгибе (см. Лабораторную работу №13)

Порядок выполнения работы

1. Определение средней плотности

Плотность – это отношение массы грунта к его объему. Измеряется в г/см³. Различают плотность частиц грунта, плотность грунта в естественном состоянии и плотность сухого грунта (скелета грунта).

Плотность частиц грунта равняется отношению массы минеральной части грунта к ее объему

$$\rho_s = \frac{m_s}{V_s}, \text{ г/см}^3$$

Где: ρ_s – плотность частиц грунта, г/см³; m_s – масса минеральной части грунта, г; V_s – объем минеральной части грунта, см³.

Плотность грунта в естественном состоянии равняется отношению массы грунта, состоящего из минеральных частиц, воды и воздуха, к его объему

$$\rho = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3$$

Где: ρ – плотность частиц грунта в естественном состоянии, г/см³; m – масса грунта в природном состоянии, г; V – объем грунта, см³.

Плотность сухого грунта – это отношение массы сухого грунта к его объему

$$\rho_d = \frac{m_d}{V}, \text{ г/см}^3$$

Где: ρ_d – плотность сухого грунта, г/см³; m_d – масса высушенного грунта, г; V – объем грунта, см³.

Плотность сухого грунта можно определить зная его природную влажность

$$\rho_z = \frac{\rho}{1+W}, \text{ г/см}^3$$

Где: W – естественная влажность в долях единицы.

Плотность грунта определяется его пористостью. Различают абсолютную пористость и коэффициент пористости.

Абсолютная пористость – это отношение объема пор к объему грунта в %

$$n = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_z} * 100\%$$

Где: n – абсолютная пористость, %.

Коэффициент пористости – это степень пористости грунта или отношение объема пор к объему минеральной части грунта

$$e = \frac{\rho_z - \rho_d}{\rho_d}$$

Где: e – коэффициент пористости в долях единицы.

Для пересчета пористости и коэффициента пористости используются формулы:

$$n = \frac{e}{1+e}$$

$$e = \frac{n}{1-n}$$

Где: n – абсолютная пористость, в долях единицы

Коэффициент пористости положен в основу классификации грунтов по плотности.

$$\rho_z = \frac{m_d}{V}, \text{ г/см}^3$$

Лабораторная работа №16

Тема: Определение влажности, плотности, линейной и объемной усушки древесины по ГОСТ 164837. Определение предела прочности при сжатии вдоль и поперек волокон по ГОСТ 16483.10-и ГОСТ 16483.11.

Цель занятия:

Ознакомиться со свойствами древесины и методами определения её характеристик.

Коды формируемых компетенций: ОК 2,3,6,7,9, ПК1.3, ПК2.1, ПК3.2, ПК4.3, ПК4.4

Содержание практического занятия

1. Определение влажности древесины
2. Определение плотности древесины
3. Определение линейной и объемной усушки древесины
4. Определение предела прочности при сжатии вдоль и поперек волокон

Порядок выполнения работы

1. Определение влажности древесины

В растущем дереве вода может быть капиллярная, коллоидно-поглощенная, гигроскопическая и химически связанная. Главную массу составляет капиллярная и гигроскопическая вода. При высыхании из древесины вначале выделяется капиллярная, затем гигроскопическая вода. Влажность древесины, содержащей только гигроскопическую, коллоидно-поглощенную, химически связанную воду, соответствует точке насыщения волокон, которая колеблется для различных древесных пород в пределах 25–30%. Влажность – существенный фактор, обуславливающий прочность, плотность и другие свойства.

По степени влажности (в %) древесину делят на следующие группы:

Воздушно-сухая . . . 10 — 15;

Полусухая . . . 20 — 25;

Сырая . . . более 25.

Материалы: образцы древесины массой не менее 5 г.

Приборы и приспособления: стеклянный бюкс с крышкой; электронные весы; сушильный шкаф; эксикатор с безводным хлористым кальцием или серной кислотой.

Ход работы

1. Взвесить стеклянный бюкс с крышкой m с точностью до 0,001 г.
2. Поместить в бюкс пробу, закрыть крышкой и снова взвесить m_1 с той же точностью.
3. Бюкс с открытой крышкой и пробкой поместить в сушильный шкаф с температурой $100 \pm 5^\circ\text{C}$ на 8–12 ч для высушивания до постоянной массы и после охлаждения в эксикаторе с безводным хлористым кальцием или серной кислотой (концентрации не менее 94%) снова взвесить m_2 . После этого поместить бюкс с навеской еще на 2 контрольных часа в сушильный шкаф при той же температуре и, если масса не уменьшится, вычислить влажность с точностью до 0,1% по формуле:

$$W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} \times 100 \%$$

где m – масса бюкса в г; m_1 , m_2 – масса бюкса с пробой соответственно до и после высушивания в г.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЖУРНАЛ

№ опыта	Масса бюкса m , г	масса бюкса с пробой		влажность образца $W = \frac{m_1 - m_2}{m_2 - m} \times 100 \%$
		до высушивания, m_1 , г	после высушивания, m_2 , г	

2. Определение плотности древесины

Одними из наиболее значащих свойств обуславливающих качество древесины являются: **истинная плотность** вещества древесины, которая примерно одинакова для разных пород и составляет 1,53–1,55 г/см³; **средняя плотность**, которая колеблется в широком интервале для различных пород, для одной породы разного возраста или при разном соотношении поздней и ранней древесины. Кроме того, она зависит от влажности и пористости древесины.

Материалы: образцы из испытуемой древесины в форме бруска размером 20х20х30 мм (3 шт.).

Приборы и приспособления: штангенциркуль; бюкс; сушильный шкаф; электронные весы.

Ход работы

1. Измерить штангенциркулем с точностью до 0,1 мм размеры поперечного сечения a и b и длину l с точностью до 0,5 мм в трех местах по длине образца. По полученным величинам вычислить среднеарифметическое для каждого размера.

2. Вычислить объем образца с точностью до 0,01 см³ по формуле:

$$V = \frac{a \cdot b \cdot l}{1000}, \text{ см}^3$$

3. Взвесить образец с точностью до 0,01 г (m). Влажность образца W определяют, как указано выше, на двух образцах размером 20Х20Х30 мм, из которых один вырезают посередине бруска, другой – со стороны одного из торцов.

4. Вычислить среднюю плотность при данной влажности с точностью до 0,01 г/см³ по формуле:

$$\rho_{ов} = \frac{m}{V}, \text{ г/см}^3$$

5. Пересчитать значение плотности на 12%-ную влажность (стандартная влажность для сравнения) с точностью до 0,01 г/см³.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЖУРНАЛ

№ п/п	Материал образца	Размеры образца, мм			Объем образца $V = \frac{a \cdot b \cdot l}{1000}$ см ³	Масса образца m, г	Влажность образца W, %	Средняя плотность при фактической влажности $\rho_{0W} = \frac{m}{V}$ г/см ³	Средняя плотность при стандартной влажности ρ_{012} , г/см ³
		толщина a	ширина b	высота l					

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Среднюю плотность древесины с фактической влажностью пересчитывают на стандартную влажность, принимаемую равной 12% по формуле:

$$\rho_{012} = \rho_{0W} \cdot [1 + 0,01 \cdot (1 - K_0) \cdot (12 - W)]$$

где ρ_{012} – средняя плотность образца древесины при влажности W=12%;

K_0 – коэффициент объемной усушки;

ρ_{0W} – средняя плотность образца древесины при фактической влажности;

W – влажность образца в момент испытания, %.

Коэффициент объемной усушки K_0 в этом случае не определяют, а берут для древесины березы, бука и лиственницы равным 0,6 и для прочих пород – 0,5.

3. Определение линейной и объемной усушки древесины

Линейная усушка – уменьшение линейных размеров, при высыхании древесины от 30% (точка насыщения волокон). Усушка (усадка) может вызывать образование торцовых трещин. Обратное явление – разбухание, т. е. увеличение размеров древесины и ее объема при увлажнении до 30 %.

Различное строение древесины вдоль и поперек волокон, в тангентальном и радиальном направлениях, определяет и различное влияние влажности на величину усушки и разбухания. Так, в среднем изменение размеров древесины составляет по длине волокон 0,1 %, в радиальном направлении 3–6 % и тангентальном 6–12 % (рис.5.). Поскольку усушка вдоль волокон незначительна и не имеет практического значения, ее обычно не определяют.

Материалы: образцы – призмы (рис.36) из испытуемой древесины размером 30х30х10 мм (3 шт.).

Приборы и приспособления: карандаш; микрометр; бюкс; сушильный шкаф; электронные весы; влагомер МГ-4.

Ход работы

1. На торце образца провести карандашом две взаимно перпендикулярные линии, которые разделят торцовую поверхность на четыре квадрата. Дальнейшие измерения ведут точно по этим направлениям.

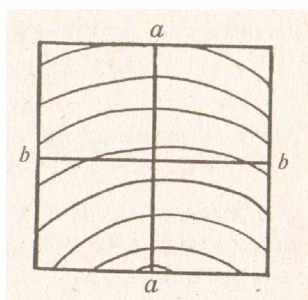


Рис. 36. Образец для определения усушки древесины

2. Измерить при помощи микрометра с точностью до 0,01 мм размер b по тангентальному направлению и размер a по радиальному направлению.

3. Высушить в сушильном шкафу образец в бюксе до постоянной массы и снова измерить размеры образца микрометром в тангентальном b_1 и в радиальном a_1 направлениях.

4. Определить влажность образца с помощью влагомера.

5. Вычислить линейную усушку в процентах по тангентальному Y_T и радиальному Y_P направлениям с точностью до 0,1% по формулам:

$$Y_P = \frac{a - a_1}{a_1} \times 100 \quad \text{и} \quad Y_T = \frac{b - b_1}{b_1} \times 100$$

где a и b – размеры по радиальному и тангентальному направлениям до высушивания в мм;

a_1 и b_1 – то же, после высушивания.

6. Вычислить коэффициент линейной усушки (линейная усушка на 1% влажности образца) с точностью до 0,01 % по формулам:

$$K_T = \frac{Y_T}{W} \quad \text{и} \quad K_P = \frac{Y_P}{W}$$

где Y_T и Y_P – усушка в % по тангентальному и радиальному направлениям;

W – влажность образца в %.

Если влажность образца составит больше 30%, то в указанные формулы для вычисления коэффициента усушки вместо знаменателя подставляют число 30. Коэффициент усушки в данном случае будет приближенным.

ЛАБОРАТОРНЫЕ ЖУРНАЛЫ:

ЛИНЕЙНАЯ УСУШКА

№ образца	№ опыта	Размеры образца, мм				Линейная усушка, %	
		до высушивания		после высушивания			
		тангентальное направление b	радиальное направление a	тангентальное направление b_1	радиальное направление a_1	тангентальное направление $Y_T = \frac{b - b_1}{b_1} \times 100$	радиальное направление $Y_P = \frac{a - a_1}{a_1} \times 100$

КОЭФФИЦИЕНТ ЛИНЕЙНОЙ УСУШКИ:

Материал образца	№ опыта	Влажность образца в момент испытания W, %	Линейная усушка, %		Коэффициент линейной усушки	
			тангентальное направление Y_T	радиальное направление Y_P	тангентальное направление $K_T = \frac{Y_T}{W}$	радиальное направление $K_P = \frac{Y_P}{W}$

Определение объемной усушки

Объемная усушка характеризует степень уменьшения объема древесины при ее высыхании и определяется параллельно с определением средней плотности.

Материалы: образцы – призмы из испытуемой древесины размером 20х20х30 мм (3 шт.).

Приборы и приспособления: карандаш; микрометр; бюкс; сушильный шкаф; электронные весы.

Ход работы

1. Измерить размеры каждого образца микрометром с точностью до 0,01 мм и вычислить объем V с точностью до 0,001 см³.

2. Высушить образцы до постоянной массы в сушильном шкафу при температуре 105–110°С.

3. Вычислить объем образцов после высушивания V_1 .

4. Вычислить с точностью до 0,01% объемную усушку по формуле:

$$Y_0 = \frac{V - V_1}{V_1} \times 100\%$$

и коэффициент усушки по формуле:

$$K_0 = \frac{Y_0}{W}$$

Указанная формула действительна для вычисления коэффициента объемной усушки, если влажность образца не превышает 30%.

Если влажность образца составит больше 30%, то в указанные формулы для вычисления коэффициента усушки вместо знаменателя подставляют число 30. Коэффициент усушки в данном случае будет приближенным.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЖУРНАЛ

ОБЪЕМНАЯ УСУШКА

Материал образца	№ опыта	Размеры образца, мм						Объем образца, см ³		Объемная усушка $Y_0 = \frac{V - V_1}{V_1} \times 100$
		до высушивания			после высушивания			до высушивания	после высушивания	
		длина a	ширина b	высота h	длина a_1	ширина b_1	высота h_1	$V = \frac{a \times b \times h}{1000}$	$V_1 = \frac{a_1 \times b_1 \times h_1}{1000}$	

КОЭФФИЦИЕНТ ОБЪЕМНОЙ УСУШКИ

Материал образца	№ опыта	Влажность образца в момент испытания	Объемная усушка $Y_0, \%$	Коэффициент объемной усушки $K_0 = \frac{Y_0}{W}$

		W, %		

4. Определение предела прочности при сжатии вдоль и поперек волокон

Определение предела прочности при сжатии вдоль волокон

Материалы: образцы – призмы (рис.37) из испытуемой древесины сечением 20х20 мм и высотой вдоль волокон 30 мм (3 шт.).

Приборы и приспособления: штангенциркуль; электронные весы; пресс гидравлический с максимальным усилием 50...10 кН; приспособление к испытательной машине (рис.38); влагомер МГ-4.

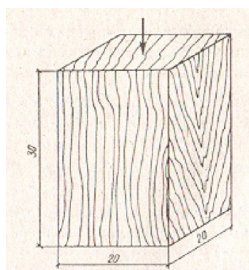


Рис. 37. Образец для испытания на сжатие вдоль волокон

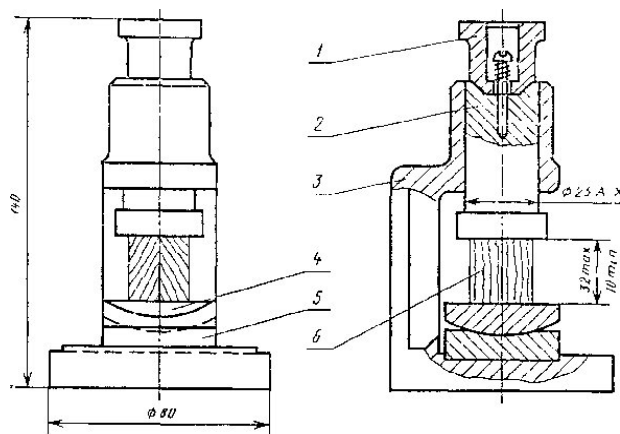


Рис. 38. Приспособление к испытательной машине. 1 – колпачок; 2 – пуансон; 3 – корпус; 4 – шаровая опора; 5 – плита; 6 – образец.

Ход работы

1. Измерить поперечное сечение образца (размеры a и b) по середине высоты образца с точностью до 0,1 мм.

2. Установить образец между шаровой опорой и сжимающим стержнем с помощью переносного прибора так, чтобы усилие было направлено вдоль волокон образца. Весь прибор с образцом поместить между сжимающими плоскостями пресса.

3. Равномерно нагружать образец со скоростью $4 \cdot 10^4$ Н/мин с отклонением от указанной скорости не более чем на 25% до разрушения образца, т. е. до того момента, когда стрелка манометра будет указывать на уменьшение сопротивляемости образца.

4. После испытания определить влажность с помощью влагомера МГ-4.

5. Определить предел прочности при сжатии вдоль волокон при влажности W в момент испытания с точностью до 1 Па.

6. Числовое значение $\sigma_{сж(w)}$ пересчитать на 12%-ную влажность с точностью до 1 Па.

ЛАБОРАТОРНЫЙ ЖУРНАЛ

№ п/п	Материал образца	Размеры образца, мм		Влажность образца в момент испытания W , %	Максимальная нагрузка $P_{\text{макс}}$, Н	Предел прочности при сжатии вдоль волокон с влажностью в момент испытания $\sigma_{сж(w)} = \frac{P_{\text{макс}}}{a \cdot b}$ МПа	Расчетная формула σ_{12}	Предел прочности при сжатии вдоль волокон с 12%-ной влажностью σ_{12} , МПа
		толщина a	ширина b					

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Предел прочности при сжатии вдоль волокон с влажностью в момент испытания вычисляют с точностью до 1 Па по формуле:

$$s_{сж(w)} = \frac{P_{\max}}{a \cdot b}, \text{ МПа}$$

где $P_{\max}$ – нагрузка в момент разрушения образца, Н;

a, b – размеры поперечного сечения образца, мм.

Пересчет предела прочности при сжатии вдоль волокон на стандартную влажность 12% проводится по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности (30%)

$$\sigma_{12} = \sigma_w \{1 + [\alpha (W - 12)]\}$$

где σ_w – предел прочности при сжатии вдоль волокон с влажностью в момент испытания;

W – влажность древесины в момент испытания в %.

α – поправочный коэффициент на влажность, показывающий, на сколько процентов изменяется данное свойство при изменении влажности на 1% и составляет 0,04.

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

$$s_{12} = \frac{s_w}{K_{12}^{30}}$$

где σ_w – предел прочности 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 ака-

ции, вяза гладкого, листоватого и 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.

Определение предела прочности при сжатии поперек волокон

Материалы: образцы – призмы из испытуемой древесины сечением 20х20 мм и высотой вдоль волокон 60 мм (6 шт.).

Приборы и приспособления: штангенциркуль; электронные весы; пресс гидравлический с максимальным усилием 50...10 кН; приспособление к испытательной машине (рис.39); влагомер МГ-4.

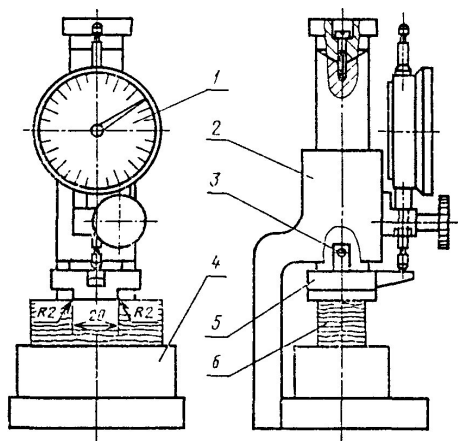


Рис.3 9. Приспособление к испытательной машине. 1 – индикатор; 2 – корпус; 3 – шток; 4 – подставка; 5 – съемный пуансон; 6 – образец

Ход работы

1. Измерить ширину образца по тангентальному направлению (при радиальном сжатии) или по радиальному направлению (при тангентальном сжатии) с точностью до 0,1 мм. Испытание производится как в радиальном, так и в тангентальном направлении на отдельных образцах.

2. Образец поместить на нижнюю плоскость пресса и установить индикатор для измерения деформаций образца между плитами пресса. Пресс для испытаний должен иметь самоустанавливающуюся (шаровую) головку.

3. Равномерно нагружать образец со средней скоростью 1000 Н/мин с допускаемыми отклонениями $\pm 20\%$. Во время нагружения при помощи индикатора измерять деформацию с точностью до 0,005 мм через каждые 20 кг груза для древесины мягких пород и 40 кг для твердых. Отсчет необходимо делать, не прекращая нагружения. Испытание продолжают до явного перехода предела пропорциональности.

4. После испытания определить влажность с помощью влагомера МГ-4.

5. По результатам испытаний построить график зависимости деформации от нагрузки (см. пример рис. 40).

6. По построенной диаграмме определить с точностью до 0,5 МПа предел пропорциональности как ординату точки перехода прямолинейного участка диаграммы в криволинейный.

7. Вычислить прочность древесины с влажностью W при сжатии поперек волокон $\sigma_{сж(w)}$, соответствующую напряжению при пределе пропорциональности с точностью до 1 Па.

8. Пересчитать прочность при влажности W на 12%-ную влажность с точностью до 1 Па.

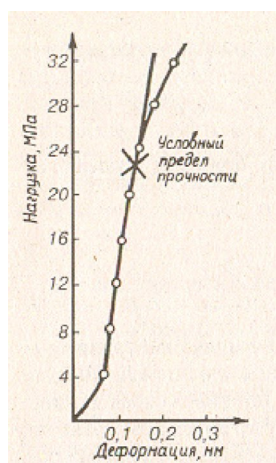


Рис. 40. Диаграмма сжатия древесины поперек волокон

РАСЧЕТНАЯ ЧАСТЬ

Предел прочности при сжатии поперек волокон вычисляют с точностью до 1 Па по формуле:

$$\sigma_{сж(в)} = \frac{P_{пр}}{a \cdot b}, \text{ МПа}$$

где $P_{пр}$ – нагрузка соответствующая пределу прочности, Н;

a – ширина образца в мм;

b – длина образца в мм.

Пересчет предела прочности при сжатии поперек волокон на стандартную влажность 12% проводится по формулам:

для образцов с влажностью меньше предела гигроскопичности (30%)

$$\sigma_{12} = \sigma_w \{1 + [\alpha (W - 12)]\}$$

где σ_w – предел прочности при сжатии поперек волокон с влажностью в момент испытания;

W – влажность древесины в момент испытания в %.

α – поправочный коэффициент на влажность, показывающий, на сколько процентов изменяется данное свойство при изменении влажности на 1% и составляет 0,035.

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

$$\sigma_{12} = \sigma_w \cdot K_{12}$$

где σ_w – предел прочности с влажностью W , %, в момент испытания, МПа;

K_{12} – коэффициент пересчета при влажности 30%, принимается 1,67 для лиственных пород в обоих направлениях сжатия и для хвойных пород при радиальном сжатии и 2,46 для хвойных пород при тангентальном сжатии.