

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ

УЧРЕЖДЕНИЕ ОБРАЗОВАНИЯ

«БРЕСТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»

КАФЕДРА ТЕХНОЛОГИИ БЕТОНА И СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

Лабораторный практикум

Часть 2

для студентов строительных специальностей

Брест 2015

УДК 620.1.001.53
ББК 30.3 я 73
Ш 18

Рецензент:

Ложко И.Т., начальник производственной лаборатории завода
КПД 2 ОАО «Брестжилстрой»

Шалобыта Т. П., Марчук В.А.

Ш 18 Строительное материаловедение. Лабораторный практикум. Часть 2. –
Брест: Изд-во БрГТУ. – 2015. – 50 с.

В лабораторном практикуме приведены общие сведения об основных строительных материалах, применяемых в современном строительстве (материалах на неорганических вяжущих веществах, заполнителях для бетонов и растворов и др.), методы определения их качества в соответствии с действующими стандартами. Дано краткое описание лабораторного оборудования и измерительных инструментов, понятие о некоторых простых методах испытаний материалов в полевых условиях.

Практикум предназначен для студентов высших учебных заведений, обучающихся по строительным специальностям.

Таблиц 28, рисунков 6, библиографических названий 10.

Издаётся в 2 частях. Часть 2.

УДК 620.1.001.53
ББК 30.3 я 73

Лабораторная работа №1

ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какие горные породы используют для получения заполнителей для бетонов и растворов?
2. Чем отличается щебень от гравия?
3. От чего зависят свойства искусственно полученных и природных заполнителей?

Цель работы – ознакомиться с оборудованием и методикой определения основных свойств заполнителей, характеризующих их пригодность для использования в бетонах и растворах.

Заполнители занимают в бетонах и растворах до 80% объёма, поэтому они не только снижают расход дорогостоящего вяжущего вещества, но и влияют как на свойства смеси, так и на свойства затвердевшего каменного материала — бетона или раствора.

Стандартом СТБ 4.211 установлена номенклатура заполнителей — это плотный щебень из горных пород, гравия, шлаков; гравий для строительных работ; песок природный и дробленный, обогащенный и фракционированный; смесь песчано-гравийная; пористые керамзитовый гравий, щебень и песок.

Заполнители классифицируют:

- по происхождению — на природные (образовавшиеся в результате выветривания горных пород) и искусственные (получаемые дроблением горных пород и отходов производств);
- по средней (или насыпной) плотности — на плотные и пористые;
- по размерам зёрен — на мелкие (песок) и крупные (щебень и гравий);
- по формам зёрен — на угловатые и округлые.

Заполнители, особенно природные, неоднородны по составу и свойствам материал. Поэтому, чтобы пробы заполнителя были представительны, т.е. достаточно отражали его свойства, от испытываемого материала отбирают необходимое количество частных проб, из которых путём объединения и усреднения получают среднюю пробу, которую сокращают методом квартования или с помощью желобчатого делителя.

1.1. Испытание песка

Песок состоит из зерен размером 0.16...5 мм. Среди природных песков встречаются горные (овражные), речные, морские, барханные и др. Кроме природных песков применяют пески дробленные, обогащенные и фракционированные. Каждые из них имеют свои преимущества и недостатки, проявляющиеся при использовании их в качестве мелких заполнителей.

В зависимости от вида горной породы, из которой образовался песок, его химический состав может быть различным. Наиболее часто встречаются и применяются для изготовления бетонов и растворов кварцевые пески.

Качество песка определяется с помощью лабораторных испытаний и должно соответствовать стандарту (ГОСТ 8735 или СТБ EN 12620).

1.1.1. Определение зернового (гранулометрического) состава и модуля крупности песка

Зерновым (гранулометрическим) составом сыпучего материала называют выраженное в процентах или частях содержание в этом материале зерен определённого размера. Зерновой состав определяется просеиванием материала через набор сит, установленный стандартом на этот материал. В зависимости от зернового состава песок делят на классы и группы (таблицы 1.1, 1.2).

Таблица 1.1 – Зависимость класса песка от его зернового состава

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью, % по массе, не более		
	Свыше 10 мм	Свыше 5 мм	Менее 0,16 мм
* Высший класс с крупностью зерен до 5 мм: повышенной крупности, крупный и средний	Не допускается	3	3
I класс: повышенной крупности, крупный и средний мелкий	0.5	5	5
	0.5	5	10
II класс повышенной крупности крупный и средний мелкий и очень мелкий тонкий и очень тонкий	5.0	20	10
	5.0	15	15
	0.5	10	20
	Не допускается	Не допускается	Не допускается

* действует только на территории Республики Беларусь

Таблица 1.2 – Классификация песков по крупности

Группа песка	Модуль крупности	Полный остаток на сите №063, % по массе
Повышенной крупности	3...3,5	65...75
Крупный	2,5...3	45...65
Средний	2...2,5	30...45
Мелкий	1,5...2	10...30
Очень мелкий	1...1,5	До 10
Тонкий	0,7...1,0	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7	Не нормируется

Примечание. По согласованию с потребителем в песке II класса допускается отклонение полного состава на сите №0,63 от вышеуказанных, но не более, чем на 5%.

Если песок по модулю крупности относится к одной группе, а по полному остатку на сите №063 к другой, то определяющим показателем является модуль крупности.

Качественным считается песок, у которого соотношение зерен различного размера находится в определенных пределах. Это диктуется необходимостью максимального насыщения бетона зернами заполнителя, что возможно при условии, когда в промежутках между самыми крупными зернами входят более мелкие, а в промежутках между последними – ещё более мелкие и т.д. Это позволяет получить наименьший объём пустот в заполнителе, максимальную плотность и прочность бетона при минимальном расходе вяжущего.

Качество песка оценивают путём построения кривой зернового состава, которая сравнивается с установленным стандартом графиком зернового состава песка (рисунок 1).

Полные
остатки,
 A_p , %

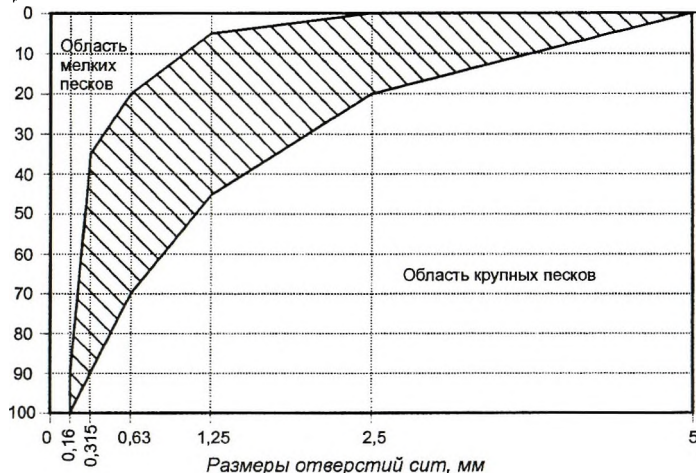


Рисунок 1– График зернового состава песка

Материалы и оборудование: проба песка массой 2 кг, стандартный набор сит с отверстиями размером 10; 5; 2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16 мм с поддоном; технические весы.

Выполнение работы. Вначале определяют возможное содержание в песке более крупных зерен гравия. Высушенную до постоянной массы пробу песка массой 2 кг просеивают через сита с отверстиями диаметром 10 и 5 мм. Остатки на ситах взвешивают и определяют содержание в песке зерен более 5 мм в процентах (по массе).

$$\bar{P}_{10} = \frac{M_{10}}{M} \cdot 100; \quad (1.1)$$

$$\bar{P}_5 = \frac{M_5}{M} \cdot 100, \quad (1.2)$$

где M_{10} – масса остатка на сите с отверстиями диаметром 10 мм, г;

M_5 – масса остатка на сите с отверстиями диаметром 5 мм, г;

M – масса пробы песка, 2000 г.

Для определения класса песка полученные значения сравнивают с данными таблицы 1.1.

Из песка, прошедшего через сито с отверстиями диаметром 5 мм отмеряют навеску в 1000 г и просеивают через стандартный набор сит №2,5; 1,25; 0,63; 0,315; 0,16. Под набором сит располагается поддон для сбора частиц мельче 0,16 мм. Просеивание считают законченным, если при встряхивании каждого сита над листом бумаги, практически не наблюдается падение зерен песка.

Остатки на каждом сите взвешивают с погрешностью не более 1 г на технических весах, а затем рассчитывают **частные остатки** a_i в процентах по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100, \quad (1.1)$$

где m_i – масса остатка на данном сите, г;
 m – общая масса просеиваемой навески (1000 г).

Полные остатки A_i определяют с точностью до 0.1%. Полный остаток – это остаток, который был бы на данном сите, если бы просеивание производилось только через него. Равен он сумме всех частных остатков на данном и выше лежащих ситах, %:

$$A_i = a_{2,5} + \dots + a_i, \quad (1.2)$$

где $a_{2,5} \dots a_i$ – частные остатки на ситах, %.

Модуль крупности песка вычисляют по формуле:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}) / 100, \quad (1.3)$$

где $A_{2,5} \dots A_i$ – полные остатки на ситах, %.

Результаты испытаний записывают в таблицы 1.3 и графически изображают на графике зернового состава (рисунок 1) в виде кривой просеивания.

Таблица 1.3 – Результаты ситового анализа песка

Остатки на ситах	Размер отверстий сит, мм					Прошло сквозь сито 0.16 мм
	2.5	1.25	0.63	0.315	0.16	
Частные остатки, г						
Частные остатки a_i , %						
Полные остатки A_i , %						

Модуль крупности песка _____

Группа песка по крупности _____

Заключение о качестве песка _____

Если качество песка по зерновому составу не соответствует требованиям к заполнителям для бетона, песок подлежит обогащению (промывке, корректировке зернового состава).

1.1.2. Определение истинной плотности (плотности зерен) песка

Истинная плотность песка (плотность зерен) зависит от его минералогического состава и обычно находится в пределах 2000...3000 кг/м³. Значение истинной плотности заполнителя необходимо знать для расчёта пустотности и при подборе состава бетона.

Материалы и оборудование. песок, вода, пикнометр (или прибор Ле Шателье), весы технические, воронка, фильтровальная бумага.

Выполнение работы: Пикнометр (прибор Ле Шателье) наполняют водой до нижней черты, уровень воды определяют по нижнему мениску. Верхнюю часть вытирают фильтровальной бумагой. Из предварительно подготовленного материала отмеряют на технических весах навеску с точностью до 0,01 г.

Взвешенную порцию песка постепенно всыпают в пикнометр через воронку, пока уровень жидкости не достигнет верхней черты. Для удаления воздуха пикнометр поворачивают вокруг вертикальной оси. Остаток песка взвешивают с точностью 0,01 г. Истинную плотность вычисляют по формуле:

$$\rho_s = \frac{m - m_1}{V}, \quad (1.4)$$

где m – масса материала до испытания, г;

m_1 – масса остатка материала, г;

V – объём жидкости, вытесненной материалом, см³.

Испытания выполняют дважды, расхождение не должно превышать 0,02 г/см³. При большем расхождении выполняют ещё одно определение и принимают среднее арифметическое двух ближайших значений.

Таблица 1.4 – Определение истинной плотности песка

Показатель	№ испытаний	
	1	2
Масса песка до испытания, m , г		
Масса остатка песка m_1 , г		
Объём воды, вытесненной песком V , см ³		
Истинная плотность песка ρ_n , г/см ³		
Среднее значение истинной плотности песка ρ_n , г/см ³ , (кг/м ³)		

1.1.3. Определение насыпной плотности песка в стандартном уплотнённом состоянии

Насыпная плотность рыхло-зернистых материалов может изменяться в зависимости от степени уплотнения, влажности, формы зерен. Значение насыпной плотности в стандартном уплотнённом состоянии необходимо знать для вычисления пустотности при расчёте состава бетона.

Материалы и оборудование: проба песка массой 5...10 кг, весы технические, мерный цилиндрический сосуд вместимостью 1 л (0,001 м³), металлическая линейка, сито с отверстиями диаметром 5 мм, металлическая воронка.

Выполнение работы. Песок с высоты 10 см через специальную воронку засыпают в предварительно взвешенный мерный сосуд с избытком, чтобы над верхней кромкой сосуда образовался конус. Этот конус срезают металлической линейкой вровень с краем сосуда. Мерный сосуд при этом остается неподвижным, чтобы не допустить уплотнения песка. Затем сосуд с песком взвешивают и рассчитывают насыпную плотность $\rho_{нн}$, кг/м³ песка по формуле:

$$\rho_{нн} = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (1.5)$$

где m – масса пустого мерного сосуда, кг;

m_1 – масса мерного сосуда с песком, кг;

V – объём сосуда, м³.

Насыпную плотность определяют дважды, каждый раз на новой навеске песка. За среднее значение насыпной плотности песка принимают среднее арифметическое результатов двух определений с погрешностью не более 10 кг/м³. Результаты записывают в таблицу 1.5.

Таблица 1.5 – Определение насыпной плотности песка в стандартном неуплотнённом состоянии

Показатель	Номер испытаний	
	1	2
Масса пустого мерного сосуда m , кг		
Масса мерного сосуда с песком m_1 , кг		
Объём сосуда V , м ³		
Насыпная плотность $\rho_{нп}$, кг/м ³		
Среднее значение насыпной плотности $\rho_{нп}$, кг/м ³		

Влажность песка значительно влияет на его свойства, особенно на плотность. Самая низкая насыпная плотность песка будет при его влажности 4...7%, при влажности порядка 20% начинается увеличение насыпной плотности.

1.1.4. Определение пустотности песка

Пустотность песка, % определяют по формуле:

$$V_{II} = \left(1 - \frac{\rho_{нп}}{\rho_n}\right) \cdot 100, \quad (1.6)$$

где $\rho_{нп}$ – насыпная плотность песка, кг/м³;

ρ_n – истинная плотность песка, кг/м³

В песке с правильным зерновым составом пустотность не превышает 38%, в песке удовлетворительного качества не более 40%.

Заключение о качестве песка _____.

Общее заключение о качестве песка принимается с учетом всех предусмотренных показателей, т.е. кроме определенных характеристик учитывается содержание пылевидных, глинистых и органических примесей и др.

1.2. Испытание щебня (гравия) из плотных горных пород

Щебень (гравий) обеспечивает в бетоне формирование макроструктуры, определяемой физико-механическими свойствами исходной горной породы, крупностью и формой зерен, зерновым составом и количественным содержанием в бетоне. Щебень получают дроблением плотных горных пород или искусственного камня, имеет угловатую форму. Гравий образовался выветриванием горных пород и имеет окатанную форму, что ухудшает адгезию с вяжущими. Часто он залегает вместе с песком, при содержании песка 25-40% материал называется гравийно-песчаной смесью.

Вид заполнителя и его характеристики (петрографический состав, радиационно-гигиеническая характеристика, содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, пылевидных и глинистых частиц и других примесей, морозостойкость, истираемость и др.) должны выбираться с учетом особенностей технологии производства работ, назначения зданий и сооружений, геометрических размеров и условий эксплуатации конструкций.

В качестве крупного заполнителя используют щебень, гравий и щебень из гравия из плотных горных пород со средней плотностью зерен заполнителя от 2000 до 3000 кг/м³, удовлетворяющие требованиям ГОСТ 8267, кубовидный щебень по СТБ 1311, а также заполнители по СТБ EN 12620.

Для бетонов невысоких классов лучше в качестве крупного заполнителя применять гравий, так как его зерна имеют гладкую поверхность, окатанную форму, и водопотребность смеси на гравии будет меньше. С увеличением класса бетона целесообразнее применять щебень, так в этом случае определяющим фактором становится величина сцепления заполнителя с цементным камнем, которая зависит от формы и шероховатости поверхности зерен.

1.2.1. Определение зернового состава щебня (гравия)

Крупный заполнитель следует применять в виде отдельно дозируемых фракций 5(3)...10; 10...20; 20...40; 40...80 (70), 80 (70)...120 (для бетона массивных сооружений)

Фракцией считают зерна заполнителей, которые проходят через более крупное и остаются на более мелком из 2-х сит, находящихся рядом в стандартном наборе, т.е. выделяемые этими двумя ситами из пробы заполнителя. Отсеянные фракции размером менее 5 (3) мм используют в качестве песка). Допускается применение крупного заполнителя в виде фракций от 2,5 до 5, св. 5 до 7,5, св. 7,5 до 12,5, св. 10 до 15, св. 12,5 до 17,5, св. 15 до 20 мм, а также смеси двух смежных фракций и смеси фракций от 5 до 20 и от 5 до 15 мм. Применение фракции заполнителя с крупностью зерен от 3 до 10 мм и кубовидного щебня смеси фракции 2,5—10 мм допускается в случае использования мелкого заполнителя с модулем крупности не более 2,5.

Зерновой состав каждой фракции или смеси фракций щебня должен находиться в определённых пределах, чтобы обеспечить наибольшую плотность укладки зерен. Для фракций от 5...10 до 40...70, а также смеси фракций 5 (10)...40 и 20...70 эти пределы указаны в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Зерновой состав щебня для плотных смесей

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Содержание фракций в крупном заполнителе, %				
	от 5(3) до 10 мм	св. 10 до 20 мм	св. 10 до 40 мм	св. 40 до 80(70) мм	св. 80(70) до 120 мм
10	100	—	—	—	—
20	25—40	60—70	—	—	—
40	15—25	20—35	40—64	—	—
80(70)	10—20	15—25	20—35	35—55	—
120	5—10	10—20	15—25	20—30	30—40

Материалы и оборудование: средняя проба щебня массой 80 кг для фракций 5(10)...40 мм, весы технические, сита с размерами отверстий 70, 40, 20, 10 и 5 мм из стандартного набора.

Выполнение работы. Из предварительно высушенной до постоянной массы средней пробы щебня берут пробу массой 20 кг для фракций 5(10)...40 мм и просеивают через стандартный набор сит, составленных последовательно. При ручном просеивании допускается определять окончание просеивания следующим способом: каждое сито интенсивно трясут над листом бумаги. Просеивание считают законченным, если при этом не наблюдается падение зерен щебня (гравия). Остатки на каждом сите взвешивают и определяют частные и полные остатки на ситах в процентах (аналогично п. 1.1.1).

За наибольшую крупность зерен щебня D принимают размер отверстий верхнего сита, полный остаток на котором не превышает 10%; за наименьшую крупность зерен щебня d принимают размер отверстий нижнего сита, полный остаток на котором составляет не менее 90%.

Наибольшая крупность зерен заполнителя должна быть установлена в нормативных документах на бетонные и железобетонные изделия и конструкции и в проектной документации с учетом технологии изготовления, технических характеристик оборудования, применяемого для приготовления и укладки бетонной смеси. Так, предельная крупность щебня (гравия) должна составлять не более $2/3$ наименьшего расстояния между стержнями арматуры, $1/4$ минимального сечения элемента конструкции и не более наименьшего расстояния между стержнями арматуры. Для бетонирования плит, полов, покрытий допускают наибольшую крупность щебня до $1/2$ толщины плиты. При перекачивании смесей бетононасосом максимальная крупность должна быть не более $1/3$ внутреннего диаметра трубопровода.

Таблица 1.7 – Зерновой состав щебня

Диаметр отверстий контрольных сит, мм	d	$0,5(d + D)$	D	$1,25 D$
Полные остатки на ситах, % по массе	От 90 до 100	От 30 до 60	До 10	До 0,5
Примечания 1 Для щебня и гравия фракций от 5 (3) до 10 мм и смеси фракций от 5 (3) до 20 мм применяют дополнительно: нижние сита 2,5 мм (1,25), полный остаток на которых должен быть от 95 до 100 %. 2 По согласованию изготовителя с потребителем допускается изготавливать щебень и гравий с полным остатком на сите $0,5(d + D)$ от 30 до 80 % по массе.				

Полученные данные записывают в таблицу 1.8. Содержание различных фракций в крупном заполнителе при подборе состава бетона должно соответствовать указанному в таблице 1.6.

Таблица 1.8 – Определение зернового состава щебня

Остатки на сите	Размеры отверстий сит					
	80 (70)	40	20	10	5	Прошло через сито 5 мм
Частные, г						
Частные, %						
Полные, %						

Заключение о качестве щебня (гравия): _____

1.2.2. Определение средней плотности зерен щебня (гравия)

Щебень (гравий) из плотных пород должны иметь среднюю плотность зерен 2000...3000 кг/м³. Значение средней плотности требуется при подборе состава бетона и вычислении пустотности.

Материалы и оборудование: проба щебня, весы технические, мерный цилиндр, сосуд для насыщения щебня водой, вода, мягкая ткань, объёммер.

Выполнение работы. Предварительно высушенную до постоянной массы пробу щебня взвешивают с точностью до 0.1 г. В сосуд для насыщения наливают воду и затем туда погружают взвешенный щебень. Уровень воды должен быть выше уровня щебня не менее чем на 20 мм. После водонасыщения щебень вынимают из воды, удаляют воду с поверхности зерен

мягкой влажной тканью и осторожно всыпают в подготовленный объёммер с водой. Вытесненную щебнем воду собирают в мерный цилиндр и определяют её объём, который соответствует объёму зерен щебня.

Среднюю плотность зерен щебня ρ_c (кг/см³) вычисляют по формуле:

$$\rho_c = \frac{m}{V}, \quad (1.7)$$

где m — масса щебня до начала испытаний, г;

V — объём вытесненной воды, равный объёму зерен щебня, см³.

Испытание выполняют дважды на новой навеске щебня. Среднюю плотность вычисляют как среднее арифметическое результатов двух испытаний, при этом расхождение должно быть не более 0.02 г/см³.

Результаты испытаний записывают в таблицу 1.9.

Таблица 1.9 – Определение средней плотности зерен щебня

Показатель	Номер испытаний	
	1	2
Масса сухого щебня m , г		
Объём воды (зерен щебня) V , см ³		
Средняя плотность зерен навески щебня ρ_c г/см ³		
Средняя плотность зерен щебня ρ_c , г/см ³ (кг/м ³)		

1.2.3. Определение насыпной плотности щебня

Материалы и оборудование: проба щебня массой 10 кг, весы циферблатные, мерные цилиндры объёмом 5, 10, 20 и 50 л соответственно при наибольшей крупности зерен до 10, 20, 40 и более 40 мм, металлическая линейка.

Выполнение работы. Предварительно высушенный до постоянной массы щебень засыпают с высоты 10 мм в подобранный в зависимости от наибольшей крупности щебня и предварительно взвешенный цилиндр до образования конуса. Затем конус срезают вровень с краями цилиндра, не допуская уплотнения щебня, и взвешивают цилиндр вместе с материалом.

Насыпную плотность щебня $\rho_{нщ}$ определяют с точностью до 10 кг/м³ по формуле:

$$\rho_{нщ} = \frac{m_1 - m}{V}, \quad (1.8)$$

где m — масса мерного цилиндра, кг;

m_1 — масса мерного цилиндра со щебнем, кг;

V — объём мерного цилиндра, м³.

Определение насыпной плотности производят дважды, каждый раз на новой порции щебня. За насыпную плотность зерен щебня принимают среднее арифметическое двух определений.

Результаты испытаний записывают в таблицу 1.10.

Таблица 1.10 – Определение насыпной плотности щебня

Показатель	Номер испытаний	
	1	2
Масса пустого мерного сосуда m , кг		
Масса мерного сосуда со щебнем m_1 , кг		
Объём сосуда V , м ³		
Насыпная плотность щебня $\rho_{нщ}$, кг/м ³		
Среднее значение насыпной плотности щебня $\rho_{нщ}$, кг/м ³		

1.2.4. Определение пустотности щебня

Пустотность щебня, % определяют по формуле:

$$V_{II} = \left(1 - \frac{\rho_{нщ}}{\rho_c}\right) \cdot 100, \quad (1.9)$$

где $\rho_{нщ}$ – насыпная плотность щебня, кг/м³
 ρ_c – средняя плотность щебня, кг/м³.

В щебне с правильным зерновым составом пустотность не превышает 42%, в щебне удовлетворительного качества — не более 44%.

Заключение о качестве щебня _____.

Пустотность щебня (гравия) зависит также от формы зерен. С увеличением содержания в щебне зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой форм пустотность будет повышаться.

1.2.5. Определение содержания пластинчатых (лещадных) и игловатых зерен

К зернам пластинчатой и игловатой формы относят такие, толщина или ширина которых меньше длины в три и более раза. Содержание таких зерен ограничивают, т.к. они ухудшают удобоукладываемость и снижают прочность, увеличивают расход вяжущего. Для всех видов тяжелого бетона должен применяться щебень с содержанием зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в количестве не более 35% по массе. Группы щебня по содержанию зерен неправильной формы указаны в таблице 1.11.

Таблица 1.11 – Группы щебня по содержанию зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

Группа щебня	Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы
1	До 10 включ.
2	Св. 10 » 15 »
3	» 15 » 25 »
4	» 25 » 35 »
5	» 35 » 50 »

Примечание — По согласованию изготовителя с потребителем допускается выпуск щебня из изверженных горных пород, содержащего св. 50 %, но не более 65 % зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы

На территории Республики Беларусь, при соответствии 1 и 2 группы щебня требованиям СТБ 1311 в части содержания зерен кубовидной формы, допускается использование для данных групп наименования «щебень кубовидный».

Материалы и оборудование: средняя проба щебня 0.25 кг, 1 кг, 5 кг, 15 кг и 35 кг соответственно для фракций 5-10, 10-20, 20-40, 40-70 и более 75 мм, весы, штангенциркуль или шаблон, стандартный набор сит.

Выполнение работы: Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы определяют для каждой фракции в отдельности, для этого щебень при необходимости фракционируют. Если какой-либо фракции менее 5%, то в ней не определяют содержание пластинчатых и игловатых зерен.

Из пробы щебня каждой фракции визуально отбирают пластинчатые и игловатые зерна. В сомнительных случаях размеры определяют штангенциркулем или шаблоном.

Содержание пластинчатых и игловатых зерен $P, \%$ для каждой фракции вычисляют по формуле:

$$P = \frac{m_1}{m} \cdot 100, \quad (1.10)$$

где m – масса зерен каждой фракции, г;

m_1 – масса зерен пластинчатой и игловатой формы, г.

Содержание указанных зерен в пробе щебня определяют как среднее арифметическое всех определений по фракциям.

Результаты испытаний записывают с таблицу 1.12.

Таблица 1.12 – Определение содержания пластинчатых и игловатых зерен

Показатель	Номер испытаний		
	1	2	3
Масса зерен каждой фракции m , г			
Масса зерен пластинчатой и игловатой формы m_1 , г			
Содержание пластинчатых и игловатых зерен во фракциях P , %			
Содержание пластинчатых и игловатых зерен в пробе P , %			

Заключение о качестве щебня _____.

Общее заключение о качестве щебня принимается с учетом всех предусмотренных показателей, т.е. кроме определенных характеристик учитывается петрографическая характеристика, содержание пылевидных, глинистых и органических примесей, марка и морозостойкости и т.д.

Подходы к определению соответствия заполнителей по ГОСТ 8735, ГОСТ 8267, СТБ 1311 и СТБ EN 12620 несколько отличаются. По СТБ EN 12620 заполнитель (Aggregate) – это зернистый материал, используемый в строительстве. Заполнитель может быть природным, искусственным или повторно используемым. Фракция по размеру зерен (Grain size fraction) – это характеристика заполнителей в зависимости от наименьшего d и наибольшего D размеров отверстий сит, указываемая в виде d/D . Мелкий заполнитель (Fine aggregate) – это заполнитель более мелких фракций с D не более 4 мм. Крупный заполнитель (Coarse aggregate) – это заполнитель более мелких фракций с D не менее 4 мм и d не менее 2 мм. Однако, при некотором различии в терминах и определениях, основные качественные характеристики определяются аналогично. Определяется зерновой состав. Для обозначения заполнителей указывают фракции по размеру зерен в виде d/D . Базовый набор сит для определения гранулометрического состава: 0, 1, 2, 4, 8, 16, 31,5 (32), 63. Отношение наибольшего размера отверстий D сит к наименьшему d должно быть не менее 1,4. Форма зерен крупных заполнителей характеризуют коэффициентом пластинчатости. При необходимости определяют показатель устойчивости заполнителей к измельчению, сопротивление дроблению, устойчивость крупных заполнителей к истиранию (в т. ч. к поверхностному, шипованными шинами), полировке, среднюю и насыпную плотность зерен и водопоглощение. Долговечность характеризуется устойчивостью крупных заполнителей к попеременному замораживанию и оттаиванию, равномерностью изменения объема, усадкой при высыхании. Контролируются химические показатели.

Контрольные вопросы и задания:

1. С какой целью в состав бетонной смеси вводят заполнители?
2. Что такое частные и полные остатки на ситах?
3. Как рассчитывается модуль крупности песка?
4. Какое влияние на свойства бетона оказывает пустотность заполнителя?
5. По каким показателям оценивают пригодность крупного заполнителя для бетонов?
6. Какой крупный заполнитель (щебень или гравий) предпочтителен для получения бетонов высокой прочности? Объясните почему.
7. Почему ограничивается содержание в крупном заполнителе игловатых и пластинчатых частиц?

Лабораторная работа №2

ПОДБОР СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Что такое бетон и бетонная смесь?
2. Какие компоненты входят в состав бетонной смеси? Какова их роль в составе?
3. Классификация бетонов.
4. Какие исходные данные надо иметь, чтобы подобрать состав бетона?

Цель работы – рассчитать ориентировочный состав бетона, изготовить и произвести испытания пробных замесов и контрольных образцов, установить фактический, производственный составы бетона.

Бетон – материал, получаемый путем смешивания вяжущего, крупного и мелкого заполнителей, воды и при необходимости различных химических и минеральных добавок, структура которого формируется вследствие процесса гидратации вяжущего. **Бетонная смесь** – это бетон, получаемый путем смешивания заданных компонентов, не имеющий механической прочности и структура которого формируется до укладки и уплотнения.

Целью подбора состава бетона является выбор материалов и установление их наиболее рационального расхода, при котором обеспечиваются заданные характеристики: удобоукладываемость смеси, прочность бетона и, если требуется, морозостойкость, водонепроницаемость, средняя плотность. Подбор состава бетона включает в себя определение номинального состава, расчет и корректировку рабочего состава, расчет и передачу в производство рабочих дозировок. Исходные данные для проектирования состава бетона содержатся в техническом проекте на то или иное сооружение: класс (марка) бетона, вид конструкции, способ производства изделия.

Состав бетона выражают расходом всех составляющих материалов на 1 м^3 уложенной и уплотненной смеси или соотношением массы составляющих материалов смеси к массе цемента.

Для подбора состава бетона существуют различные методы. Наиболее широко применяется расчетно-экспериментальный метод «абсолютных объемов». Согласно положениям этого метода, расход заполнителей (песка, щебня, гравия) в килограммах на 1 м^3 смеси вычисляют, исходя из двух условий:

- сумма абсолютных объемов всех компонентов бетона равна 1 м^3 уплотненной смеси

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{щ(\Gamma)}} + \frac{\Pi}{\rho_{п}} = 1, \quad (2.1)$$

- цементно-песчаный раствор заполняет пустоты в крупном заполнителе с некоторой раздвижкой зерен

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{\Pi}{\rho_{п}} = V_{н,щ(\Gamma)} \cdot \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{н,щ(\Gamma)}} \cdot \alpha, \quad (2.2)$$

где $V_{н,щ(\Gamma)}$ — пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии;
 α — коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия).

Состав бетона рассчитывают в два этапа: вначале определяют ориентировочный состав бетона, затем расчет проверяют и корректируют по результатам пробных замесов и испытаний контрольных образцов.

Важнейшими свойствами затвердевшего бетона являются пределы прочности при сжатии, растяжении, растяжении при изгибе, средняя плотность, влажность, проницаемость, морозостойкость и др. Ими задаются в зависимости от назначения бетона и контролируют при выполнении бетонных работ. Технические характеристики для тяжелого бетона назначаются по СТБ 1544 «Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия».

Для расчета состава тяжелого бетона необходимо иметь следующие данные: заданный класс бетона по прочности, требуемую удобоукладываемость смеси, а также характеристику исходных материалов — вид и активность цемента, насыпную и истинную плотность составляющих, наибольшую крупность зерен и влажность заполнителей.

Удобоукладываемость бетонной смеси назначают в зависимости от вида изделий (толщины конструкции, насыщения ее арматурой), способа формования (таблицы 2.1 и 2.1).

Таблица 2.1 – Требования к удобоукладываемости бетонной смеси

Вид конструкций и способ формования	Марка по удобоукладываемости
Аэродромные, дорожные, тротуарные плиты, плиты перекрытий, панели внутренних стен, трубы, формируемые роликовыми установками, камень бортовой, формируемый на вибропрессах	Ж4
Шпалы, формируемые на виброплощадках	Ж3
Плиты пустотелые перекрытий, блоки вентиляционные, изготавливаемые на ударно-вибрационных площадках	Ж2
Сваи, ригели, перемычки, колонны, формируемые на вибрационных и ударно-вибрационных площадках	Ж1
Железобетонные конструкции сложного профиля – балки тавровые, двутавровые, фермы, опоры ЛЭП, формируемые вибрационных площадках	П1
Конструкции со значительным общим или местным насыщением арматурой, формируемые в виброформах	П2
Железобетонные конструкции, формируемые в кассетах	П3
Монолитные густоармированные конструкции	П4, П5

Таблица 2.2 – Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости

Удобоукладываемость по показателю жесткости		Удобоукладываемость по показателю подвижности		Удобоукладываемость по показателю расплыва конуса	
Марка	Жесткость (Ж), с	Марка	Осадка конуса (ОК), см	Марка	Расплыв конуса (РК), см
СЖ3	более 100	П1	1-4	РК-1	Менее или равно 34
СЖ2	51-100	П2	5-9	РК-2	35-41
СЖ1	41-50	П3	10-15	РК-3	42-48
Ж4	31-40	П4	16-20	РК-4	49-55
Ж3	21-30	П5	21-25	РК-5	56-62
Ж2	11-20			РК-6	более 62
Ж1	5-10				

Примечания

1. Марки бетонной смеси по удобоукладываемости, приведенные в таблице 1, между собой не связаны. Для бетонов, уплотняемых по специальным технологиям (сухое формирование, прессвакуумирование, виброгидропрессование, вибропрессование, центрифугирование и др.), удобоукладываемость смеси не классифицируется.

2. Смесей марок СЖ1, СЖ2, СЖ3 относятся к группе сверхжестких; марок Ж1, Ж2, Ж3, Ж4 - жестких; марок П1, П2 - низкопластичных; марок П3, П4, РК-1 - пластичных; марок П5, РК 2, РК-3, РК-4, РК-5, РК-6 - литых и самоуплотняющихся.

2.1. Расчет ориентировочного состава бетона

1. *Водоцементное отношение В/Ц* вычисляют, исходя из требуемой прочности бетона, активности цемента и с учетом вида и качества заполнителей по следующим формулам:

для бетонов с водоцементным отношением $В/Ц \geq 0.4$

$$R_b = A \cdot R_c \cdot \left(\frac{Ц}{B} - 0.5 \right), \quad (2.3)$$

для бетонов с водоцементным отношением $В/Ц < 0.4$

$$R_b = A_1 \cdot R_c \cdot \left(\frac{Ц}{B} + 0.5 \right), \quad (2.4)$$

где R_b — предел прочности бетона при сжатии, МПа;

R_c — активность цемента, МПа;

A и A_1 — коэффициенты, учитывающие качество материалов (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Коэффициенты, учитывающие качество материалов

Характеристика заполнителей и цемента	A	A_1
Высококачественные	0.65	0.43
Рядовые	0.6	0.4
Пониженного качества	0.55	0.37

Примечание. 1. К высококачественным материалам относят щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности и портландцемент высокой активности без добавок или с минимальным количеством гидравлической добавки в его составе; заполнители должны быть чистые и фракционированные. 2. К рядовым материалам относят заполнители среднего качества, в том числе и гравий, портландцемент средней активности или высокомарочный шлакопортландцемент. 3. К материалам пониженного качества относят крупные заполнители низкой прочности, мелкие пески, цементы низкой активности.

После преобразования относительно $В/Ц$ формулы (2.1) и (2.2) имеют следующий вид

$$\frac{B}{Ц} = \frac{A \cdot R_{II}}{R_b + 0.5 \cdot A \cdot R_{II}} \quad \text{или} \quad \frac{B}{Ц} = \frac{A_1 \cdot R_{II}}{R_b - 0.5 \cdot A_1 \cdot R_{II}} \quad (2.5)$$

При подборе состава бетона должны учитываться требования к предельным значениям параметров бетонной смеси в зависимости от классов по условиям эксплуатации, приведенные в СТБ 1544. Максимальное $В/Ц$ для бетонных и железобетонных конструкций, работающих в условиях умеренной или высокой влажности (или на открытом воздухе, защищенных от дождя) класса ХС3 — 0,65, для конструкций, испытывающих попеременное высушивание и увлажнение (элементы мостовых конструкций; плиты дорожные и автостоянок) класса ХД3 — 0,45.

2. *Расход воды В* (в литрах на 1 м^3), ориентировочно определяют исходя из заданной удобоукладываемости бетонной смеси по таблицам или графикам, которые составлены с учетом вида и крупности зерен заполнителя (таблица 2.4). По содержанию химических соединений, примесей вода для бетонов должна соответствовать СТБ 1114 и ГОСТ 23732. Водородный показатель воды рН должен находиться в пределах от 4 и не превышать 12,5.

Таблица 2.4 – Ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси на плотных заполнителях

Марка смеси по удобоукладываемости	Расход воды л/м ³ , при наибольшей крупности заполнителя, мм							
	гравия				щебня			
	10	20	40	70	10	20	40	70
Ж4	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж3	160	145	130	125	170	155	145	140
Ж2	165	150	135	130	175	165	150	155
Ж1	175	160	145	140	185	175	160	165
П1	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	200	185	170	165	210	200	185	180
П3	215	200	190	180	225	215	200	190
П4	225	220	205	195	235	230	215	200

Примечание. Данная таблица справедлива для бетонной смеси на портландцементе с нормальной густотой цементного теста 26-28% и песке средней крупности с $M_k=2$. На каждый процент повышения нормальной густоты цементного теста расход воды увеличивается на 3-5 л/м³, при уменьшении — сокращается на 3-5 л/м³; расход воды увеличивается при уменьшении модуля крупности на каждые 0.5 на 3-5 л/м³, а при увеличении модуля крупности на каждые 0.5 — уменьшается на 3-5 л/м³.

3. Расход цемента C (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по полученным значениям водоцементного отношения B/C и водопотребности смеси B .

$$C = \frac{B}{B/C}, \quad (2.6)$$

Полученный расход цемента сравнивают с минимально допустимым для соответствующих классов по условиям эксплуатации конструкций (СТБ 1544, СТБ EN 206-1), и для дальнейших расчетов принимают наибольшее из этих значений. Минимально допустимый расход цемента для бетонных и железобетонных конструкций, находящихся в неагрессивной среде Х0 (фундаменты без армирования, не подвергаемые переменному замораживанию и оттаиванию; внутренние элементы зданий без армирования; железобетонные конструкции или бетонные с закладными деталями в очень сухой среде) — 220 кг/м³, для железобетонных конструкций, работающих в условиях умеренной или высокой влажности (или на открытом воздухе, защищенных от дождя) класса ХС3 — 260 кг/м³, для конструкций, испытывающих попеременное высушивание и увлажнение (элементы мостовых конструкций; плиты дорожные и автостоянок) класса ХД3 — 320 кг/м³.

4. Расход щебня Ψ (или гравия Γ) (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по формуле

$$\Psi(\Gamma) = \frac{1}{\frac{V_{n,\Psi(\Gamma)} \cdot \alpha}{\rho_{n,\Psi(\Gamma)}} + \frac{1}{\rho_{\Psi(\Gamma)}}}, \quad (2.7)$$

где $V_{n,\Psi(\Gamma)}$ — пустотность щебня (гравия) в рыхлом состоянии, определяется по формуле

$$V_{n,\Psi(\Gamma)} = 1 - \frac{\rho_{n,\Psi(\Gamma)}}{\rho_{\Psi(\Gamma)}}, \quad (2.8)$$

$\rho_{n,\Psi(\Gamma)}$ — насыпная плотность щебня (гравия), кг/м³;

$\rho_{\Psi(\Gamma)}$ — истинная плотность щебня, кг/м³;

α — коэффициент раздвижки зерен щебня (гравия), для пластичных смесей принимаю по таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Значения коэффициента α для подвижных бетонных смесей

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент α , при В/Ц				
	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8
250	—	—	1.26	1.32	1.38
300	—	1.3	1.36	1.42	—
350	1.32	1.38	1.4	—	—
400	1.4	1.46	—	—	—

Примечание. 1. При других значениях Ц и В/Ц коэффициент находят интерполяцией. 2. При применении мелкого песка с водопотребностью свыше 7% коэффициент уменьшается на 0.03 на каждый процент увеличения водопотребности песка; при применении крупного песка с водопотребностью ниже 7% коэффициент увеличивается на 0.03 на каждый процент уменьшения водопотребности песка.

5. Расход песка Π (в килограммах на 1 м³ смеси) определяют по формуле

$$\Pi = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{Ц}} + \frac{В}{\rho_{В}} + \frac{Щ(\Gamma)}{\rho_{Щ(\Gamma)}} \right) \right] \cdot \rho_{п}, \quad (2.9)$$

6. Определив расход компонентов Ц, В, Щ (Γ), Π в кг на 1 м³ бетонной смеси, вычисляют расчетную среднюю плотность смеси

$$\rho_{б.см}^p = Ц + В + Щ(\Gamma) + \Pi, \quad (2.10)$$

2.2. Приготовление опытного замеса бетонной смеси

Опытные замесы необходимы для экспериментальной проверки и корректировки составов бетона. Расход составляющих на 1 м³ бетонной смеси пересчитывают на лабораторный замес (8-10 л).

Материалы и оборудование: материалы для приготовления бетонной смеси: цемент, песок, щебень (гравий), вода; мерный цилиндр, весы настольные циферблатные или лабораторные, металлическая форма-боек размером 1х2х0.25 м,

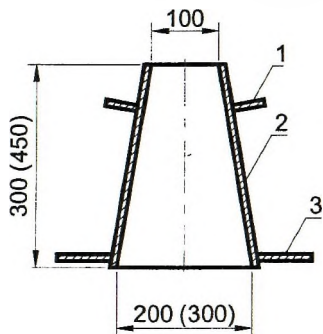
Выполнение работы. Рассчитанные количества предварительно подготовленных составляющих компонентов отвешивают с точностью до 1 г. Перемешивание производится в лабораторной мешалке, либо вручную. Ручное перемешивание осуществляется на металлическом листе размером 1х2 м. Непосредственно перед приготовлением смеси лист протирают влажной тканью и помещают в него песок и цемент, которые тщательно перемешивают до получения смеси однородного цвета, затем добавляют щебень или гравий и вновь перемешивают до равномерного распределения крупного заполнителя в смеси. В центре сухой смеси делают углубление, в него вливают половину требуемого количества воды и осторожно перемешивают, затем, добавив оставшуюся воду, энергично перемешивают бетонную смесь до достижения однородности. Длительность перемешивания должна составлять 3-5 мин (считая от момента добавления воды).

2.3. Определение удобоукладываемости бетонной смеси

Удобоукладываемость (консистенцией) бетонной смеси называется ее способность растекаться и заполнять заданную форму под действием собственного веса и внешних сил. Это свойство бетонной смеси характеризуется показателями подвижности и жесткости. Подвижность бетонной смеси харак-

теризуется показателем осадки конуса (ОК) в сантиметрах и показателем диаметра растекания конуса (РК) в сантиметрах. ОК определяют только для смесей марок П1—П4. Если по результатам испытаний смеси показатель ОК=21 см и более, то ее следует оценивать показателем РК. Для оценки подвижности пластичной смеси П4 и литой бетонной смеси П5 определяют растекание конуса. Подвижность и жесткость бетонной смеси на плотных и пористых заполнителях определяется по СТБ 1545 или СТБ EN 12350-2.

Материалы и оборудование: проба бетонной смеси; конус обычный высотой 300 мм и с диаметрами оснований 100 и 200 мм; воронка загрузочная; лист металлический гладкий не менее 700x700 мм; кельма типа КБ; стержень металлический гладкий диаметром (16 ± 2) мм и длиной (600 ± 2) мм с округленными концами; линейка стальная, секундомер с ценой деления 0,5 с.



1 — ручка; 2 — корпус прибора; 3 — опоры

Рисунок 2 – Конус для определения подвижности бетонной смеси

Выполнение работы. При наибольшей крупности щебня (гравия) до 40 мм применяют обычный конус (рисунок 2), при большей крупности — увеличенный конус. Испытания выполняются в следующей последовательности: конус и все приспособления для испытания, соприкасающиеся с бетонной смесью, протирают влажной тканью. Конус устанавливают на горизонтальную поверхность на металлический лист и фиксируют к опорной поверхности. Конус заполняют через воронку бетонной смесью в три этапа, равных по высоте, и уплотняют металлическим стержнем. Каждый слой равномерно штыкуют 25 раз по всей площади на всю его толщину (в увеличенном конусе — 56 раз). Конус во время наполнения и штыкования должен быть плотно прижат к листу. Удары распределяют равномерно по поперечному сечению каждого слоя. Для уплотнения нижнего слоя требуется незначительный наклон штыковки и приблизительно половина ударов по спирали к центру. Второй и третий (верхний) слои уплотняют по всей глубине таким образом, чтобы удары проникали в нижележащий слой. Перед уплотнением верхнего слоя бетонную смесь накладывают выше верхнего края конуса. Если в процессе уплотнения происходит оседание бетонной смеси ниже верхнего края конуса, то для постоянного поддержания уровня избытка смеси над верхней частью конуса добавляют бетонную смесь. После уплотнения бетонной смеси в конусе воронку снимают и избыток смеси срезают кельмой вровень с верхними краями конуса. С опорной плиты/поверхности удаляют пролитую бетонную смесь. Конус

снимают в течение 2–5 с, постепенно поднимая его вертикально вверх без поперечного и вращающего движения бетонной смеси. Процесс от начала наполнения до снятия формы осуществляют в течение 150 с без перерывов. Конус устанавливают рядом с формой. Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая металлическую линейку ребром на верх конуса и измеряя расстояние от нижней грани линейки до верха бетонной смеси с погрешностью до 0,5 см. Результаты испытаний считают положительными при получении равномерной осадки, т. е. осадки, при которой бетонная смесь является в большей степени несдвигающейся и симметричной.

Подвижность бетонной смеси определяют дважды. Общее время испытания от начала заполнения конуса бетонной смесью при первом определении и до момента измерения осадки конуса при втором определении должно быть не более 10 мин. ОК бетонной смеси вычисляют с округлением до 1,0 см как среднеарифметическое результатов двух определений осадки конуса из одной пробы, отличающихся между собой не более чем: на 1 см — при $OK \leq 9$ см; на 2 см — при $OK = 10—15$ см; на 3 см — при $OK \geq 16$ см. При большем расхождении, а также, если определение осадки конуса затруднено вследствие сильной деформации бетонного конуса, измерение не выполняют и испытания повторяют на новой пробе бетонной смеси.

Если удобоукладываемость смеси соответствует требуемой, расчетные расходы цемента, воды, щебня (гравия) и песка принимают за окончательные. В случае, когда удобоукладываемость смеси меньше требуемой, то в пробном замесе увеличивают расходы воды B и цемента C (B/C при этом остается неизменным). Если удобоукладываемость смеси больше требуемой, то добавляют небольшими порциями песок и щебень (гравий), сохраняя их отношение постоянным.

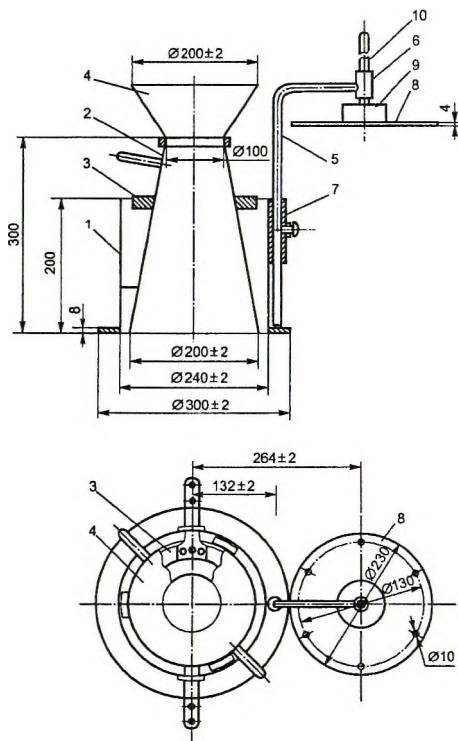
При определении удобоукладываемости смесей, не имеющих осадки конуса, определяется жесткость бетонной смеси в секундах. **Жесткость** (Ж) характеризуется временем вибрации в секундах, необходимым для уплотнения бетонной смеси в приборе И.М.Красного (далее — Красного) или техническом вискозиметре (рисунок 3). При выполнении лабораторной работы допускается определить жесткость упрощенным способом.

Материалы и оборудование: проба бетонной смеси; прибор Красного; технический вискозиметр; виброплощадка лабораторная с частотой колебания (2900 ± 100) кол/мин и амплитудой $(0,50 \pm 0,05)$ мм; стандартный конус; кельма типа КБ, стержень прямой металлический гладкий диаметром (16 ± 2) мм, длиной (600 ± 2) мм, с округленными концами; секундомер с ценой деления 0,5 с; линейка стальная; загрузочная воронка; формы.

Выполнение работы. Для определения жесткости бетонной смеси в зависимости от марки смеси по удобоукладываемости (консистенции) применяют следующие прибор Красного для смесей марок Ж1—Ж4 или технический вискозиметр для смесей марок Ж1—Ж4 и СЖ1—СЖ3.

Общая масса диска, штанги и шайбы прибора составляет при испытании жестких бетонных смесей марок Ж1—Ж4 (2750 ± 50) г, а при испытании сверхжестких бетонных смесей марок СЖ1—СЖ3 — $(13\ 000 \pm 50)$ г.

Технический вискозиметр собирают и закрепляют на виброплощадке. Заполнение конуса прибора бетонной смесью осуществляют также, как при определении подвижности.



- 1 — цилиндр с фланцем в основании; 2 — конус (без упоров);
 3 — кольцо-держатель с ручками; 4 — загрузочная воронка; 5 — штатив;
 6 — направляющая втулка; 7 — фиксирующая втулка;
 8 — диск с шестью отверстиями; 9 — стальная шайба; 10 — штанга

Рисунок 3 — Технический вискозиметр

Поворотом штатива устанавливают над отформованным конусом бетонной смеси диск и плавно опускают его до соприкосновения с поверхностью смеси. 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 любых двух отверстий диска 8 (рисунок 3). В этот момент выключают секундомер и виброплощадку. Измеренное время в секундах характеризует жесткость бетонной смеси Ж. Жесткость бетонной смеси определяют дважды. Общее время испытания от начала заполнения формы при первом определении и до окончания вибрирования при втором определении не должно превышать 10 мин. Жесткость бетонной смеси вычисляют с округлением до 1 с как среднее арифметическое значение результатов двух определений жесткости из одной пробы смеси, отличающихся между собой не более чем на 20 % от меньшего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе.

Жесткость бетонной смеси упрощенным способом (при наибольшей крупности зерен до 70 мм) определяют на приборе, состоящем, из металлической формы размером 200х200х200 мм и металлического конуса высотой 300 мм. На виброплощадке жестко закрепляют форму-куб, вставляют в него конус и заполняют его через насадку в три слоя бетонной смесью, уплотняя каждый слой штыкованием. Затем конус снимают и включают одновременно виброплощадку и секундомер. Вибрирование продолжают до выравнивания бетонной смеси. Это время в секундах, умноженное на усредненный переводной коэффициент 1,5 и принимается за показатель жесткости бетонной смеси. За окончательное значение жесткости бетонной смеси принимают среднее арифметическое из результатов двух параллельных испытаний, отличающихся не более чем на 20%.

2.4. Определение средней плотности бетонной смеси

Материалы и оборудование: проба бетонной смеси; виброплощадка лабораторная с частотой колебания (2900±100) кол/мин и амплитудой (0,50±0,05) мм; мерный сосуд или формы для изготовления контрольных образцов; кельма типа КБ, стержень стальной; весы лабораторные; стальная линейка с ценой деления 1 мм.

Выполнение работы. Среднюю плотность бетонной смеси определяют отношением массы уплотненной бетонной смеси к ее объему. Перед испытанием мерный сосуд взвешивают с погрешностью не более 2 г. Размеры сосудов для определения средней плотности бетонной смеси приведены в таблице 2.6. Бетонные смеси при оперативном контроле допускается взвешивать в формах для изготовления контрольных образцов.

Таблица 2.6 – Размеры сосудов для определения средней плотности бетонной смеси

Крупность зерен заполнителя, мм	Объем сосуда, см ³	Размер сосуда, мм	
		Диаметр	Высота
До 20 включ.	1000	108±2	108±2
" 40 "	5000	185±2	185±2
" 70 "	10 000	234±2	234±2

Примечание — Среднюю плотность бетонной смеси на пористых заполнителях, предназначенной для приготовления бетонов классов В5 и менее, определяют в сосудах вместимостью 5000 см³ или в формах ФК-150 независимо от крупности заполнителя.

Бетонную смесь в сосуде укладывают и уплотняют в зависимости от удобоукладываемости смеси. После уплотнения избыток смеси срезают стальной линейкой вровень с краями мерного сосуда и поверхность смеси тщательно выравнивают. Затем сосуд с бетонной смесью взвешивают с погрешностью не более 2 г.

Среднюю плотность бетонной смеси $\rho_{см}$, кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_{см}^{\phi} = \frac{m - m_1}{V} \cdot 1000, \quad (2.11)$$

где m — масса мерного сосуда с бетонной смесью, г;

m_1 — масса мерного сосуда без смеси, г;

V — объем мерного сосуда, см³.

Среднюю плотность бетонной смеси определяют дважды для каждой пробы бетонной смеси и вычисляют с округлением до 10 кг/м³ как среднее арифметическое значение результатов двух определений из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 5% от меньшего значения.

При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе бетонной смеси. Результат записывают в таблицу 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты определения средней плотности бетонной смеси

Показатель	Номер испытания	
	1	2
Масса мерного сосуда с бетонной смесью m , г		
Масса пустого мерного сосуда m_1 , г		
Объем мерного сосуда V , см ³		
Средняя плотность бетонной смеси отдельного испытания $\rho_{\text{ср. б. см.}}$, кг/м ³		
Среднее значение средней плотности бетонной смеси $\rho_{\text{ср. б. см.}}$, кг/м ³		

Фактическую плотность бетонной смеси сравнивают с расчетной плотностью. Если расхождение между значениями плотности превышает 2 %, то состав бетона требуется корректировать.

2.5. Изготовление и хранение образцов для определения прочности бетона на сжатие

Количество образцов должно обеспечивать достоверность результатов испытания. Для определения прочности при сжатии, одного из важнейших свойств затвердевшего бетона, изготавливают не менее трех образцов. Форма и размеры образцов зависят от вида испытания и назначения бетона, крупности зерен заполнителя, которая не должна превышать $\frac{1}{4}$ наименьшего размера образца (длины ребра куба, диаметра цилиндра и др.). Для определения прочности при сжатии применяют образцы-кубы или цилиндры, размеры которых приведены в таблице 2.8. Условия хранения и режим твердения образцов зависят от условий твердения бетона в конструкции и ее назначения. Все образцы изготавливают из одной пробы бетонной смеси при определении различных характеристик бетона. Между средней плотностью отдельных серий и средней плотностью отдельного образца допускается отличие не более 50 кг/м³.

Таблица 2.8 – Размеры образцов в зависимости от наибольшей крупности заполнителя

Наибольшая крупность зерен заполнителя, мм	Наименьший размер образца, мм
10 и менее	70
20	100
40	150
70	200
100 и более	300

Материалы и оборудование: бетонная смесь; виброплощадка лабораторная; металлические формы для изготовления контрольных образцов; кельма, стержень стальной; весы лабораторные, полиэтиленовая пленка или мешковина, ванна с гидравлическим затвором.

Выполнение работы. При лабораторных испытаниях и при производственном контроле, когда нет возможности выполнить формование образцов по технологии формования конструкций, образцы изготавливают следующим образом: формы заполняют бетонной смесью слоями по высоте не более

10 см, независимо от удобоукладываемости штыкуют стержнем диаметром 27 мм от краёв к середине формы из расчёта один нажим на 10см² верхней открытой поверхности.

Бетонные смеси с подвижностью менее 10 см и жёсткостью менее 11 с, после ручного уплотнения, дополнительно уплотняют вибрированием на лабораторной площадке с частотой колебаний формы с бетонной смесью, закреплённой жёстко, (2900±100) колебаний в минуту и амплитудой (0,5±0,05) мм. Вибрируют до полного уплотнения и прекращают, когда поверхность бетона выравнивается, а на ней появится тонкий слой цементного теста и прекратятся выделяться пузырьки воздуха.

При изготовлении образцов из бетонной смеси жёсткостью 11 с, смесь уплотняют вибрированием на виброплощадке с пригрузом, обеспечивающим давление, (4±0,5) кПа. На форму надевают насадку, закрепляют жёстко на виброплощадке. Бетонной смесью заполняют форму с некоторым избытком, примерно до половины высоты насадки, укладывают сверху пригруз и вибрируют до прекращения оседания пригруза и дополнительно 5-10 с. Верхнюю поверхность образца заглаживают кельмой. Образцы в цилиндрических формах закрывают крышкой, кладут на боковую поверхность и хранят до распалубливания.

Образцы для твердения в нормально-влажностных условиях хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим испарение воды с поверхности, при температуре (20±2)°С. Образцы из конструкционных тяжелых бетонов освобождают от форм не ранее, чем через 24 часа (из бетонов низкой прочности и бетонов с добавками, замедляющими твердение, через 48-72 часа), и затем помещают в камеру нормального твердения с температурой (20±2)°С и относительной влажностью 95±5 %. Допускается хранение образцов во влажном песке, опилках или других увлажняемых гигроскопических материалах.

2.6. Определение фактического расхода материалов на 1м³ бетонной смеси

После испытания бетонной смеси устанавливают фактический расход компонентов на 1 м³ бетона, для этого сначала определяют номинальный состав бетона:

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ(\Gamma)}{Ц} \text{ при } \frac{В}{Ц} = Z, \quad \text{т.е. } 1:X:Y \quad (2.12)$$

где $X:Y$ — массовая часть песка и щебня соответственно, приходящаяся на одну массовую часть цемента: $X = \frac{П}{Ц}$, $Y = \frac{Щ(\Gamma)}{Ц}$;

Z — числовой показатель водоцементного отношения.

Фактический расход составляющих на 1 м³ бетона определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \Pi_{\phi} &= \Pi_{\phi} \cdot X; \\ \Psi(\Gamma)_{\phi} &= \Pi_{\phi} \cdot Y; \\ B_{\phi} &= \Pi_{\phi} \cdot Z; \\ \Pi_{\phi} &= \frac{\rho_{сп.б.см}}{1+X+Y+Z}; \end{aligned} \quad (2.13)$$

2.7. Определение производственного (рабочего) состава бетона

Рабочий состав бетона определяют с учетом влажности заполнителей. Расход цемента не изменяется.

$$\begin{aligned} \Pi_p &= \Pi_\phi \cdot \left(1 + \frac{W_n}{100}\right); \\ \text{Щ}(\Gamma)_p &= \text{Щ}(\Gamma)_\phi \cdot \left(1 + \frac{W_{\text{Щ}(\Gamma)}}{100}\right); \\ B_p &= B_\phi \cdot \left(\Pi_\phi \frac{W_n}{100} + \text{Щ}(\Gamma)_\phi \frac{W_{\text{Щ}(\Gamma)}}{100}\right). \end{aligned} \quad (2.14)$$

где W_n , $W_{\text{Щ}(\Gamma)}$ — влажность песка и щебня (гравия), %.

2.8. Определение коэффициента выхода бетона

Коэффициент выхода бетона представляет собой отношение объема бетонной смеси в уплотненном состоянии (принимают 1 м^3), к сумме объемов сухих составляющих (цемента, песка, щебня или гравия) в естественном состоянии:

$$\beta = \frac{V_B}{V_{\text{ц}} + V_n + V_{\text{Щ}(\Gamma)}} \quad \text{или} \quad \beta = \frac{1}{\frac{\text{Ц}}{\rho_{\text{н.ц}}} + \frac{\Pi}{\rho_{\text{н.п}}} + \frac{\text{Щ}(\Gamma)}{\rho_{\text{н.Щ}(\Gamma)}}}, \quad (2.15)$$

где $\rho_{\text{н.ц}}$, $\rho_{\text{н.п}}$, $\rho_{\text{н.Щ}(\Gamma)}$ — насыпные плотности цемента, песка, щебня (гравия), кг/м^3 .
Значение коэффициента выхода обычно находится в пределах 0.55...0.75.

2.9. Определение расхода материалов на замес бетоносмесителя

Дозировку составляющих бетонной смеси на замес бетоносмесителя с полезным объемом барабана V_B определяют по формулам:

$$\begin{aligned} \text{Ц}_r &= \beta \cdot \frac{V_B}{1} \cdot \text{Ц}_\phi; & \Pi_r &= \beta \cdot \frac{V_B}{1} \cdot \Pi_\phi; \\ B_r &= \beta \cdot \frac{V_B}{1} \cdot B_\phi; & \text{Щ}(\Gamma)_r &= \beta \cdot \frac{V_B}{1} \cdot \text{Щ}(\Gamma)_\phi; \end{aligned} \quad (2.16)$$

где V_B — полезный объем барабана бетоносмесителя, м^3 ;

Ц_ϕ , B_ϕ , Π_ϕ , $\text{Щ}(\Gamma)_\phi$ — расход материалов с естественной влажностью на 1 м^3 бетона, кг.

2.10. Определение прочности бетонов

Прочность бетона определяют чаще всего в возрасте 28 суток, хотя в зависимости от времени нагружения конструкций, может определяться и в другом возрасте. В таких случаях для расчета ориентировочной прочности используют формулу

$$R_{28} = R_n \frac{\lg 28}{\lg n}, \quad (2.17),$$

где n — фактический возраст бетона при нормально-влажностном режиме твердения, сут.

Прочность бетона определяется по ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам», контроль прочности осуществляется по ГОСТ 18105 «Бетоны. Правила контроля прочности».

На предприятиях, приготавливающих бетонную смесь, при производстве сборных конструкций, на строительных объектах при бетонировании монолитных конструкций должен осуществляться статистический контроль и приём бетона по прочности с учетом его однородности. При проектировании конструкций расчетные и нормативные сопротивления бетона назначаются с учетом однородности. Поэтому, без учета однородности, при сравнении фактической прочности с нормируемой, приемка бетона не допускается. Контролируют все виды нормируемой прочности:

- прочность в проектном возрасте – для БСГ (бетонная смесь, готовая к применению), сборных, сборно-монолитных и монолитных конструкций;
- отпускную и передаточную прочность – для сборных конструкций;
- прочность в промежуточном возрасте – для БСГ и монолитных конструкций (при снятии несущей опалубки, нагружении конструкций до достижения проектной прочности и т.д.).

При подборе состава бетона, когда отсутствуют данные об однородности бетона, средний уровень прочности принимают равным требуемой для заданного класса при коэффициенте вариации 13,5 % для тяжелого и лёгкого бетонов, т.е. 1,305.

Материалы и оборудование: пресс, контрольные образцы; поверочные линейки и угольники.

Выполнение работы. Испытания выполняют в помещении с температурой $(20 \pm 5)^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха не менее 55 %. Образцы, твердеющие в воздушно-влажностных условиях, после тепловой обработки, выдерживают в помещении 4 ч, образцы для определения передаточной и распалубочной прочности на сжатие в горячем состоянии испытывают без предварительной выдержки. Образцы одной серии должны быть испытаны за время не более 1 часа.

Испытания на сжатие выполняют на гидравлическом прессе с точностью показаний ± 2 %. Пресс должен иметь шаровую опору на одной из опорных плит. Шкалу силоизмерителя прессы выбирают из условия, чтобы разрушающая нагрузка находилась в интервале 20-80 % от максимальной, допускаемой шкалой. Нагрузка должна возрастать непрерывно и равномерно со скоростью $(0,6 \pm 0,2)$ МПа/с до разрушения образца. Время нагружения одного образца должно быть не менее 30 секунд.

При испытании на сжатие образцы-кубы или цилиндры устанавливают одной из выбранных граней на нижнюю опорную плиту прессы центрально относительно его продольной оси используя риски, нанесенные на плиту прессы, дополнительные стальные плиты или специальное центрирующее устройство. Образцы-кубы испытывают таким образом, чтобы сжимающая сила была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси и формы; при испытании образцов-цилиндров — перпендикулярно слоям укладки. Далее вычисляют площадь сжатия, для чего измеряют размеры образцов с точностью до 1 %. В образцах-кубах каждый линейный размер вычисляют как среднее арифметическое значение из двух измерений посередине противоположных граней. Диаметр образца-цилиндра определяют как среднее арифметическое значение результатов четырёх измерений (по два взаимно перпендикулярных измерения диаметра на каждом торце).

Предел прочности отдельного образца при сжатии R , МПа (кгс/см^2), с точностью до 0,1 МПа (кгс/см^2) вычисляют по формуле

$$R = a \cdot \frac{F}{A} \quad (2.18)$$

где F - разрушающая нагрузка, Н (кгс);

A - площадь образца, мм^2 (см^2).

a - масштабный коэффициент для перевода к прочности образца базового размера с ребром 15 см, который определяют экспериментально или принимают по таблице 2.9.

Таблица 2.9 – Значение масштабных коэффициентов для тяжелого бетона

Форма образца	Номинальные размеры образца	Минимальное значение a
Куб, с ребром, мм	70	0.85
	100	0.91
	150	1.00
	200	1.05
	300	1.10
Цилиндры с диаметром и высотой, мм	70x140 и 100x200	1.16
	150x300	1.20
	200x400	1.24
	300x600	1.28

2.11. Однородность бетона по прочности

Бетон неоднородный материал, его прочность зависит от множества различных факторов.

Фактическую прочность бетона в партии R_m , МПа, рассчитывают по формуле:

$$R_m = \frac{\sum_{i=1}^n R_i}{n}, \quad (2.19)$$

где R_i – единичное значение прочности бетона, МПа;

n – общее число единичных значений прочности бетона в партии. За единичное значение прочности при контроле по образцам принимают среднюю прочность серии образцов, изготовленных из одной пробы, для контроля одного вида нормируемой прочности.

Результаты испытания образцов бетонов на сжатие записывают в таблицу 2.10.

Таблица 2.10 – Результаты испытаний бетона на прочность на сжатие

Показатель	Номер испытаний		
	1	2	3
Разрушающая нагрузка, Н (кгс)			
Площадь образца, мм^2 (см^2)			
Прочность при сжатии, МПа			
Среднее значение предела прочности бетона на сжатие, МПа			

Каждое частное значение прочности отклоняется от среднего. Усредненная величина этих отклонений называется среднеквадратическим отклонением. Для каждой партии вычисляют среднее квадратическое отклонение S_m и текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m .

Среднеквадратическое отклонение прочности бетона в партии S_m , МПа вычисляют по формуле

$$S_m = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (R_i - R_m)^2}{n-1}}, \quad (2.20)$$

При числе единичных значений прочности бетона в партии от двух до шести значение S_m вычисляют по формуле:

$$S_m = \frac{W_m}{\alpha}, \quad (2.21)$$

где W_m — размах прочности бетона в партии, МПа;
коэффициент α принимают по таблице 2.11.

Таблица 2.11 – Значение коэффициента α

Число единичных значений n	2	3	4	5	6
Коэффициент α	1,13	1,69	2,06	2,33	2,5

Коэффициент вариации позволяет сравнить однородность бетонов разной прочности. Для тяжелого бетона он колеблется в пределах от 6 до 16%. Чем коэффициент вариации ниже, тем более однородный и качественный бетон.

Текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m в партии БСГ или конструкций вычисляется по формуле:

$$V_m = \frac{S_m}{R_m}, \quad (2.22)$$

Результаты испытания образцов бетона представляют собой сложную выборку, которая характеризуется разными коэффициентами вариации: текущий в партии, скользящий, среднее значение коэффициента вариации прочности бетона по партиям. При определении класса бетона используют среднее значение коэффициента вариации прочности за анализируемый период \bar{V}_m или текущий коэффициент вариации прочности бетона V_m .

Без определения характеристик однородности бетона по прочности фактический класс бетона по прочности принимают равным 80% средней прочности бетона конструкций, но не более минимального частного значения прочности отдельной конструкции или участка конструкции, входящих в контролируемую партию:

$$B_{ф} = 0,8R_m, \quad (2.23)$$

Контрольные вопросы и задания:

1. В чем сущность подбора состав бетона по методу «абсолютных объемов»?
2. Основной закон прочности бетона.
3. Как рассчитать расходы цемента, воды, щебня (гравия), песка на 1 м³ бетонной смеси?
4. Как приготовить бетонную смесь в лабораторных условиях?
5. Как определяется подвижность и жесткость бетонной смеси?
6. Как определяется фактическая плотность бетонной смеси?
7. Как обозначается состав бетона?
8. Чем отличаются лабораторный (номинальный) и производственный (рабочий) состав бетона?
9. Что понимают под коэффициентом выхода бетона?
10. Как определить расход материалов на один замес бетоносмесителя?

Лабораторная работа №2

СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Вопросы допуска к выполнению лабораторной работы:

1. Какие вяжущие применяют для изготовления строительных растворов?
2. Какие заполнители применяют для изготовления строительных растворов?
3. Классификация строительных растворов по области их применения (по назначению).

Цель работы – подобрать состав строительного раствора, определить основные показатели качества растворной смеси и готового строительного раствора.

Раствор строительный – это затвердевший материал, получаемый из смеси вяжущего, мелкого заполнителя, воды и, при необходимости, минеральных и химических добавок, в том числе полимерных (при содержании полимеров в пересчете на полимерцементное отношение не более 0,1), структура которого формируется вследствие процесса твердения вяжущего.

Особенностью строительных растворных смесей является укладка тонкими слоями без интенсивного механического уплотнения, в связи с чем растворные смеси должны обладать высокой подвижностью и не содержать в своем составе крупный заполнитель.

Для приготовления растворов используют преимущественно неорганические вяжущие вещества (цементы, воздушную известь и гипсовые вяжущие), однако в дорожном строительстве и при специальных работах применяют и органические вяжущие вещества (битумные, полимерные).

3.1. Классификация растворов

При классификации растворов в качестве основного могут быть взяты различные признаки.

Согласно СТБ 1307 строительные растворы классифицируют по назначению, применяемому вяжущему, средней плотности и др.

По назначению растворы подразделяют на:

- кладочные (в том числе монтажные);
- штукатурные (в том числе штукатурные теплоизоляционные);
- облицовочные (в том числе клеевые облицовочные);
- растворы для стяжек (в том числе для самонивелирующихся стяжек);
- ремонтные;
- гидроизоляционные;
- жаростойкие (на основе огнеупорных алюмосиликатных мертелей: кладочные или штукатурные).

По применяемому вяжущему растворы подразделяют на:

- простые (на вяжущем одного вида: цементные, известковые, гипсовые);
- сложные (на смешанных вяжущих – цементно-известковые, цементно-полимерные, цементно-глинистые, битумно-полимерные и др.).

По средней плотности растворы подразделяют на:

- тяжелые (более 1500 кг/м³);
- легкие (до 1500 кг/м³).

Растворные смеси согласно СТБ 1307 классифицируют по степени готовности:

Растворная смесь, готовая к применению; РСГП: смесь вяжущего, мелкого заполнителя и необходимых добавок, полностью затворенная водой, готовая к применению.

Растворная смесь предварительного изготовления; РСПИ: смесь вяжущего, мелкого заполнителя и необходимых добавок, частично затворенная водой до подвижности от 1 до 3 см, перед применением дозатворяемая водой или растворами химических добавок в соответствии с указаниями изготовителя.

Растворная смесь сухая; РСС: смесь сухих компонентов: вяжущего, мелкого заполнителя и необходимых добавок, перед применением затворяемая водой или растворами химических добавок в соответствии с указаниями изготовителя.

3.2. Материалы для приготовления строительных растворов

Вяжущие вещества. Строительные растворы изготавливают преимущественно с применением портландцемента и шлакопортландцемента, при этом расходуется до 15...20% от общего количества выпускаемых цементов. Для экономии клинкерных цементов целесообразно выпускать специальные цементы для строительных растворов, содержащие до 70...80% активных минеральных добавок (трепела, диатомита, пемзы, доменных шлаков, зол и др.) или добавок наполнителей (молотый кварцевый песок, известняк, пыль с электрофильтров и др.).

Наряду с этим для приготовления кладочных, штукатурных и специальных растворов используют: известь строительную, гипсовые вяжущие, портландцемент песчанистый, цемент для строительных растворов, глину, портландцемент безусадочный, напрягающий цемент, цемент глиноземистый или высокоглиноземистый, цемент гипсоглиноземистый и смешанные вяжущие.

Для изготовления стяжек и защитных антикоррозийных покрытий используют растворимое стекло, полимерные (фурановые, фураноэпоксидные, эпоксидные и др.) и полимерцементные связующие (на основе латексов, водорастворимых смол и др.).

В дорожном строительстве в качестве вяжущего используют битумы.

Мелкий заполнитель. В качестве мелкого заполнителя используют песок для строительных работ (ГОСТ 8736), песок золошлаковый (ГОСТ 25592), пески пористые (СТБ 1217), песок из шлаков тепловых электростанций (по ГОСТ 26644). Допускается применение других заполнителей по действующим ТНПА. Для тяжелых строительных растворов применяют природные пески (кварцевые, полевошпатовые) или искусственные дробленые из плотных горных пород (граниты, известняки и др.). Для приготовления легких растворов используют пески из пористых пород (пемза, туф, ракушечник и др.) или из искусственных материалов (керамзитовые, перлитовые, аглопоритовые и др.). Крупность зерен заполнителя должна быть не более: 1,25 мм – в штукатурных растворах для накладочного слоя и однослойных покрытий; 2,5 мм – в штукатурных растворах для обрызга и грунта; 5,0 мм – в кладочных и монтажных растворах. В отношении гранулометрического состава, средней плотности, химических показателей пески должны удовлетворять ГОСТ 8736, СТБ EN 13139).

Вода для затворения растворных смесей и приготовления добавок должна соответствовать требованиям СТБ 1114.

Добавки. В связи с тем, что растворные смеси укладывают преимущественно тонким слоем на пористое основание, способное отсасывать воду из смеси, для сохранения удобоукладываемости и снижения вероятности их рас-

слоения в состав смесей вводят добавки. Добавки широко используют и при производстве работ в зимнее время. Добавки к растворам должны удовлетворять требованиям СТБ 1112.

В зависимости от количества входящих в состав добавок продуктов они подразделяются на однокомпонентные (ДО) и комплексные (ДК). По агрегатному состоянию добавки подразделяют на жидкие (Ж), пастообразные (П), твердые (Т). По химической природе добавки подразделяют на органические и неорганические. В зависимости от водородного показателя (значения pH) добавки подразделяют на кислые, нейтральные и основные.

3.3. Методы испытания

В соответствии с требованиями ГОСТ 5802 испытания строительных растворов производят отдельно для свежеприготовленных смесей и затвердевших растворов. В первом случае определяются подвижность или консистенция (для растворных смесей с размером зерна не более 0,63 мм); подвижность; жизнеспособность; расслаиваемость и водоудерживающая способность (для растворных смесей с подвижностью более 4 см); растекаемость (для растворных смесей самонивелирующихся стяжек); расчетная температура применения (при температуре воздуха ниже 0 °С); насыпная плотность и влажность (для сухих растворных смесей). При необходимости могут быть установлены дополнительные показатели качества растворных смесей. Во втором случае основными показателями качества растворов являются: прочность на сжатие; прочность на растяжение при изгибе (для растворов самонивелирующихся стяжек, ремонтных, гидроизоляционных, жаростойких); средняя плотность (для легких растворов); морозостойкость (для растворов, подвергающихся в процессе эксплуатации попеременному замораживанию и оттаиванию); прочность сцепления с основанием (адгезия) (для штукатурных, штукатурных теплоизоляционных, ремонтных, гидроизоляционных, жаростойких (штукатурных) растворов и растворов самонивелирующихся стяжек и др. Нормируемые показатели качества растворов должны быть обеспечены в проектном возрасте: 7 сут для растворов, приготовленных без применения гидравлических вяжущих; 28 сут для растворов, приготовленных с применением гидравлических вяжущих.

Отбор проб для испытания производят из смесителя после окончания процесса перемешивания и на месте применения раствора из транспортных средств или рабочего ящика. Температура помещения, в котором проводят испытания, должна быть $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$, относительная влажность воздуха 50...70%. Подвижность, водоудерживающую способность и расслаиваемость растворных смесей определяют по ГОСТ 5802.

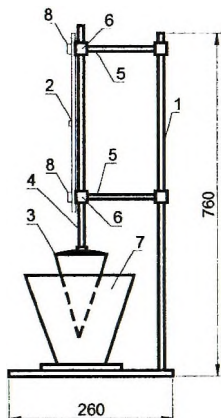
3.3.1. Определение подвижности растворной смеси

Подвижность свежеприготовленного раствора, характеризующая его способностью растекаться под действием собственной массы, оценивается измеремой в сантиметрах глубиной погружения в нее эталонного конуса массой 300 г (рисунком 4).

Материалы и оборудование: прибор для определения подвижности, стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм; кельму.

Выполнение работы. Величину погружения конуса определяют в последующей последовательности. Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги 4 в направляющих 6. Сосуд 7 наполняют растворной смесью на 1 см ниже его краев и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5 – 6 кратным легким

постукиванием о стол, после чего сосуд ставят на площадку прибора. Острые конуса 3 приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде, закрепляют штангу конуса стопорным винтом 8 и делают первый отсчет по шкале. Затем отпускают стопорный винт. Конус должен погружаться в растворную смесь свободно. Второй отсчет снимают по шкале через 1 мин после начала погружения конуса. Глубину погружения конуса, измеряемую с погрешностью до 1 мм, определяют как разность между первым и вторым отсчетом.



- 1 – штанга;
- 2 – шкала;
- 3 – эталонный конус;
- 4 – штанга;
- 5 – держатели;
- 6 – направляющие;
- 7 – сосуд для растворной смеси;
- 8 – стопорный винт

Рисунок 4 – Прибор для определения подвижности растворной смеси

Стандартом СТБ 1307 установлены марки раствора по подвижности:

- П_{к1} – подвижность от 1 см до 4 см включительно;
- П_{к2} – подвижность свыше 4 см до 8 см включительно;
- П_{к3} – подвижность свыше 8 см до 12 см включительно;
- П_{к4} – подвижность свыше 12 см до 14 см включительно.

Подвижность назначают в зависимости от вида раствора, отсасывающей способности основания, технологии его нанесения и других факторов. Подвижность растворов обычно составляет: для кирпичной кладки 9...13 см, для заполнения швов между панелями и другими сборными элементами 4...6 см; для вибрированной бутовой кладки 1...3 см.

3.3.2. Определение средней плотности растворной смеси

Для определения средней плотности растворной смеси пользуются специальным сосудом вместимостью 1000 мл (рисунок 5).

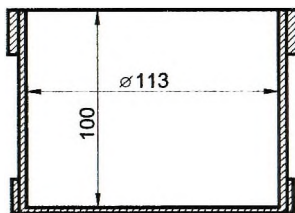


Рисунок 5 – Прибор для определения средней плотности растворной смеси

Материалы и оборудование: стальной цилиндрический сосуд емкостью 1 л, весы лабораторные; стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм; стальную линейку 400 мм.

Выполнение работы. Перед испытанием сосуд предварительно взвешивают с погрешностью до 2 г. Затем наполняют раствором смесь с избытком. Растворную смесь уплотняют путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5 – 6 кратным легким постукиванием о стол. После уплотнения избыток растворной смеси срезают стальной линейкой. Поверхность тщательно выравнивают вровень с краями сосуда. Стенки мерного сосуда очищают влажной ветошью от попавшего на них раствора. Затем сосуд с растворной смесью взвешивают с точностью до 2 г. Плотность растворной смеси ρ , г/см³, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m - m_1}{1000} \quad (3.1)$$

где m – масса мерного сосуда с растворной смесью, г;

m_1 – масса мерного сосуда без смеси, г.

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

3.3.3. Определение расплаиваемости растворной смеси

Расплаиваемость растворной смеси, характеризующая ее связность при динамическом воздействии, определяют путем сопоставления содержания массы заполнителя в нижней и верхней частях свежееотформованного образца размером 150×150×150 мм.

Материалы и оборудование: формы стальные размерами 150×150×150 мм; лабораторную виброплощадку; весы лабораторные; шкаф сушильный; сито с ячейками 0,14 мм; противень; стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм.

Выполнение работы. Растворную смесь укладывают и уплотняют в форме для контрольных образцов размерами 150×150×150 мм. После этого уплотненную растворную смесь в форме подвергают вибрационному воздействию на лабораторной виброплощадке в течение 1 мин. После вибрирования верхний слой раствора высотой (7,5±0,5) мм из формы отбирают на противень, а нижнюю часть образца выгружают из формы путем опрокидывания на второй противень. Отобранные пробы растворной смеси взвешивают с погрешностью до 2 г и подвергают мокрому рассеву на сите с отверстиями 0,14 мм. При мокром рассеве отдельные части пробы, уложенные на сито, промывают струей чистой воды до полного удаления вяжущего. Промывку смеси считают законченной, когда из сита вытекает чистая вода. Отмытые порции заполнителя переносят на чистый противень, высушивают до постоянной массы при температуре 105 – 110°С и взвешивают с погрешностью до 2 г. Содержание заполнителя в верхней (нижней) частях уплотненной растворной смеси V в процентах определяют по формуле:

$$V = \frac{m_1}{m_2} \cdot 100 \quad (3.2)$$

где m_1 – масса отмытого высушенного заполнителя из верхней (нижней) части образца, г;

m_2 – масса растворной смеси, отобранной пробы из верхней (нижней) части образца, г.

Показатель расслаиваемости растворной смеси П в процентах определяют по формуле

$$П = \frac{\Delta V}{\sum V} \cdot 100 \quad (3.3)$$

где ΔV – абсолютная величина разности между содержанием заполнителя в верхней и нижней частях образца, %;

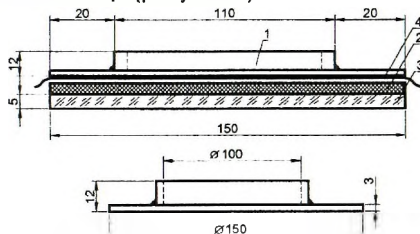
$\sum V$ – суммарное содержание заполнителя верхней и нижней частей образца, %.

Показатель расслоения для каждой пробы растворной смеси определяют дважды и вычисляют с округлением до 1% как среднее арифметическое значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20% от меньшего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе растворной смеси.

Расслаиваемость свежеприготовленных растворных смесей не должна превышать 10 %.

3.3.4. Определение водоудерживающей способности растворной смеси

Водоудерживающую способность определяют путем испытания слоя растворной смеси толщиной 12 мм, уложенного на промокательную бумагу с помощью специального кольца (рисунок 6).



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

Рисунок 6 – Кольцо для определения водоудерживающей способности

Материалы и оборудование: листы промокательной бумаги размером 150x150 мм; прокладки из марлевой ткани размером 250x350 мм; металлическое кольцо внутренним диаметром 100 мм, высотой 12 мм и толщиной стенки 5 мм; стеклянную пластинку размером 150x150 мм, толщиной 5 мм; весы лабораторные; прибор для определения водоудерживающей способности растворной смеси.

Выполнение работы. Перед испытанием 10 листов промокательной бумаги взвешивают с погрешностью до 0,1 г, укладывают на стеклянную пластинку, сверху укладывают прокладку из марлевой ткани, устанавливают металлическое кольцо и еще раз взвешивают. Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца, выравнивают, взвешивают и оставляют на 10 мин. Металлическое кольцо с раствором осторожно снимают вместе с марлей. Промокательную бумагу взвешивают с погрешностью до 0,1 г. Водоудерживающую способность растворной

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

$$V = \left(100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100 \right) \quad (3.4)$$

где m_1 - масса промокательной бумаги до испытаний, г;

m_2 - масса промокательной бумаги после испытания, г;

m_3 - масса установки без растворной смеси, г;

m_4 - масса установки с растворной смесью, г.

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

Водоудерживающая способность растворных смесей должна быть не менее 95%.

3.3.5. Определение предела прочности раствора на сжатие

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

Материалы и оборудование: разъемные стальные формы с поддоном и без поддона; пресс гидравлический; штангенциркули; стержень стальной диаметром 12 мм, длиной 300 мм; шпатель.

Выполнение работы. Образцы из растворной смеси подвижностью до 5 см должны изготавливаться в формах с поддоном. Форму заполняют раствором в два слоя. Уплотнение слоев раствора в каждом отделении формы производят 12 нажимами шпателя: 6 нажимов вдоль одной стороны и 6 – в перпендикулярном направлении. Избыток раствора срезают вровень с краями формы смоченной водой стальной линейкой и заглаживают поверхность. Образцы из растворной смеси подвижностью 5 см и более изготавливают в формах без поддона. Форму устанавливают на кирпич, покрытый газетной бумагой, смоченной водой, или другой непроклеенной бумагой. Размер бумаги должен быть таким, чтобы она закрывала боковые грани кирпича. Кирпичи перед употреблением должны быть притерты вручную один о другой для устранения резких неровностей. Кирпич применяют глиняный обыкновенный влажностью не более 2% и водопоглощением 10 – 15% по массе. Кирпичи со следами цемента на гранях повторному использованию не подлежат. Формы заполняют растворной смесью за один прием с некоторым избытком и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз по концентрической окружности от центра к краям. Формы, заполненные растворной смесью на гидравлических вяжущих, выдерживают до распалубки в камере нормального хранения при температуре (20±2) °С и относительной влажности воздуха 95 – 100%, а формы, заполненные растворной смесью на воздушных вяжущих, – в помещении при температуре (20±2)°С и относительной влажности (65±10)%.

Образцы освобождают из форм через (24±2) ч после укладки растворной смеси. После освобождения из форм образцы должны храниться при температуре (20±2)°С. При этом должны соблюдаться следующие условия: образцы из растворов, приготовленных на гидравлических вяжущих, в течение первых 3 сут должны храниться в камере нормального хранения

при относительной влажности воздуха 95 – 100%, а оставшееся до испытания время – в помещении при относительной влажности воздуха (65±10)% (из растворов, твердеющих на воздухе) или в воде (из растворов, твердеющих во влажной среде); образцы из растворов, приготовленных на воздушных вяжущих, должны храниться в помещении при относительной влажности воздуха (65±10)%.

Испытание образцов проводят на гидравлическом прессе. Достигнутое в процессе испытания максимальное усилие принимают за разрушающую нагрузку. Предел прочности раствора на сжатие R вычисляют для каждого образца с погрешностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) по формуле:

$$R = \frac{P}{A} \quad (3.5)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н;

A – рабочая площадь сечения образца, см².

Предел прочности раствора на сжатие вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

При производственном контроле растворов, к которым одновременно предъявляются требования по прочности на растяжение при изгибе и на сжатие, допускается определять прочность раствора на сжатие испытанием половинок образцов-призм размером 40×40×160 мм, изготовленных и твердевших в соответствии с приведенной методикой.

Прочность растворов на сжатие в проектном возрасте характеризуют марками: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200, М300. Марку по прочности на сжатие назначают и контролируют для всех видов растворов. Растворы марок 4 и 10 обычно изготавливают на местных вяжущих (воздушная или гидравлическая известь, гипс и др.).

3.3.6. Определение средней плотности раствора

Плотность раствора определяют испытанием образцов-кубов с ребром 70,7 мм, изготовленных из растворной смеси рабочего состава, либо пластин размером 50×50 мм, взятых из швов конструкций. Толщина пластин должна соответствовать толщине шва. При производственном контроле плотность растворов определяют испытанием образцов, предназначенных для определения прочности раствора. Образцы изготавливают и испытывают сериями. Серия должна состоять из трех образцов.

Материалы и оборудование: весы технические; шкаф сушильный; штангенциркуль; стальные линейки; эксикатор; хлористый кальций безводный или серную кислоту плотностью 1,84 г/см³; парафин.

Плотность раствора определяют испытанием образцов в состоянии естественной влажности или нормированном влажностном состоянии: сухом, воздушно-сухом, нормальном, водонасыщенном. При определении плотности раствора в состоянии естественной влажности образцы испытывают сразу же после их отбора или хранят в паронепроницаемой упаковке или герметичной таре, объем которой превышает объем уложенных в нее образцов не более чем в 2 раза. Плотность раствора при нормируемом влажностном состоянии определяют испытанием образцов раствора, имеющих нормируемую влажность или произвольную влажность с последующим пересчетом полученных результатов на нормированную влажность. При определении

плотности раствора в сухом состоянии образцы высушивают до постоянной массы. При определении плотности раствора в воздушно-сухом состоянии образцы перед испытанием выдерживают не менее 28 сут в помещении при температуре $(25 \pm 10)^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(50 \pm 20)\%$. При определении плотности раствора в нормальных влажностных условиях образцы хранят 28 сут в камере нормального твердения, эксикаторе или другой герметичной емкости при относительной влажности воздуха не менее 95% и температуре $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$. При определении плотности раствора в водонасыщенном состоянии образцы предварительно насыщают водой.

Выполнение работы. Объем образцов вычисляют по их геометрическим размерам. Размеры образцов определяют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм. Массу образцов определяют взвешиванием с погрешностью не более 0,1%. Плотность образца раствора ρ_w вычисляют с погрешностью до 1 кг/м^3 по формуле:

$$\rho_w = \frac{m}{V} \cdot 1000 \quad (3.6)$$

где m - масса образца, г;

V - объем образца, см^3 .

Плотность раствора серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания всех образцов серии. Если определение плотности и прочности раствора производят испытанием одних и тех же образцов, то образцы, отбракованные при определении прочности раствора, не учитывают при определении его плотности.

3.4. Подбор состав растворов

Согласно пособию П1-03 к СНиП 3.04.01-87 подбор состава раствора рекомендуется выполнять любым способом, гарантирующим обеспечение нормируемых значений показателей качества раствора, по методикам, пособиям, рекомендациям, утвержденным в установленном порядке. Подобранный состав раствора подлежит проверке в лабораторных условиях. По результатам испытаний производят корректировку состава и его передачу на производство.

Подбор состава раствора включает разработку задания, выбор материалов и установление такого их расхода на 1 м^3 раствора, при котором наиболее экономично обеспечиваются заданные показатели качества растворной смеси и раствора, экспериментальную проверку выбранного состава.

Задание на подбор состава раствора устанавливается по материалам проектной документации и должно содержать следующие данные:

- вид и качество всех компонентов смеси;
- нормируемые требования к растворной смеси и раствору,
- условия твердения раствора;
- дополнительные требования (при необходимости).

Подбор состава растворов может производиться следующими методами:

- рецептурно-технологический;
- расчетно-экспериментальный.

3.4.1. Рецептурно-технологический метод подбора состава раствора

Рецептурно-технологический метод подбора состава раствора основан на использовании опытных (производственных) составов растворных смесей, обеспечивающих требуемые показатели качества растворов, и может использоваться для всех видов растворов. Рекомендуемые составы цементно-известковых и цементных кладочных растворов для каменных конструкций приведены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Рекомендуемые составы кладочных растворов

Марка вяжущего	Марки растворов							
	200	150	100	75	50	25	10	4
Составы цементно-известковых растворов для надземных конструкций (цемент:известь:песок) при относительной влажности воздуха помещений до 60% включ. и для фундаментов в маловлажных грунтах								
500	1:0,2:3	1:0,3:4	1:0,5:5,5	1:0,8:7	—	—	—	—
400	1:0,1:2,5	1:0,2:3	1:0,4:4,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8	—	—	—
300	—	1:0,1:2,5	1: 0,2:3,5	1:0,3:4	1:0,6:6	1:1,4:10,5	—	—
200	—	—	—	1:0,1:2,5	1:0,3:4	1:0,8:7	—	—
150	—	—	—	—	—	1:0,3:4	1:1,2:9,5	—
100	—	—	—	—	—	1:0,1:2	1:0,5:5	—
50	—	—	—	—	—	—	1:0,1:2,5	1:0,7:6
25	—	—	—	—	—	—	—	1:0,2:3
Составы цементно-известковых растворов для надземных конструкций (цемент:известь:песок) при относительной влажности воздуха помещений более 60% и для фундаментов во влажных грунтах								
500	1:0,2:3	1:0,3:4	1:0,5:5,5	1:0,8:7	—	—	—	—
400	1:0,1:2,5	1:0,2:3	1:0,4:4,5	1:0,5:5,5	1:0,9:8	—	—	—
300	—	1:0,1:2,5	1:0,2:3,5	1:0,3:4	1:0,6:6	1:1:10,5	—	—
200	—	—	—	1:0,1:2,5	1:0,3:4	1:0,8:7	—	—
150	—	—	—	—	—	1:0,3:4	1:1:9	—
100	—	—	—	—	—	1:0,1:2	1:0,5:5	—
Составы цементных растворов для фундаментов и других конструкций (цемент:песок), расположенных в водонасыщенных грунтах и ниже уровня грунтовых вод								
500	1:3	1:4	1:5,5	1:6	—	—	—	—
400	1:2,5	1:3	1:4,5	1:5,5	—	—	—	—
300	—	1:2,5	1:3	1:4	1:6	—	—	—
200	—	—	—	1:2,5	1:4	—	—	—

Примечания : 1. Составы растворов приведены для песка с модулем крупности $M_k = 2,5$ и более.
2. Соотношение компонентов указано по объему.

Выбранный состав раствора подлежит экспериментальной проверке и корректировке с учетом характеристик конкретных материалов.

Пример расчета. Определить состав цементно-известкового раствора марки 50 для надземной кладки в летних условиях стен зданий с относительной влажностью воздуха помещений более 60%. Подвижность растворной смеси: 9...10 см. Материалы: портландцемент марки 400, $\rho_n = 1200 \text{ кг/м}^3$; неорганический пластификатор – известковое тесто, $\rho_d = 1400 \text{ кг/м}^3$; песок природный кварцевый средней крупности, $\rho_{вп} = 1250 \text{ кг/м}^3$.

1. Из таблицы 2.10 выбираем состав 1:0,9:8.

2. Рассчитываем расход компонентов на лабораторный замес (на 3 л песка):

$$2.1. \text{ Расход цемента на замес } V_{цз}, \text{ л, составит: } V_{цз} = \frac{3}{8} \cdot 1 = 0,375$$

или по массе $Q_{цз}$, кг: $Q_{цз} = 0,375 \cdot 1,2 = 0,45$.

2.2. Расход известкового теста на замес $V_{дз}$, л, составит: $V_{дз} = \frac{3}{8} \cdot 0,9 = 0,338$

или по массе $Q_{дз}$, кг: $Q_{дз} = 0,338 \cdot 1,4 = 0,473$.

2.3. Расход песка на замес $V_{пз}$, л, составит: $V_{пз} = \frac{3}{8} \cdot 8 = 3$

или по массе $Q_{пз}$, кг: $Q_{пз} = 3 \cdot 1,25 = 3,75$.

2.4. Расход воды для получения раствора заданной подвижности зависит от состава раствора, вида вяжущего и заполнителя и устанавливается в опытных замесах. Расход воды $Q_в$ в л на 1 м^3 песка определяют приближенно по формулам:

для смесей с подвижностью Пк1: $Q_в = 0,35 (Q_{ц} + Q_д)$, (3.7)

для смесей с подвижностью Пк3: $Q_в = 0,5 (Q_{ц} + Q_д)$ (3.8)

Расход воды на замес $Q_{вз}$, л, составит: $Q_{вз} = 0,5 (Q_{цз} + Q_{дз}) =$
 $= 0,5 (0,45 + 0,473) = 0,462$.

3. Приготавливают пробные замесы. Расход воды для первого замеса принимают равным $0,9 Q_{вз}$, л: $0,9 Q_{вз} = 0,9 \cdot 0,462 = 0,416$.

4. Определяют подвижность растворной смеси, корректируют расход воды. При подвижности смеси 9 см расход воды на лабораторный замес $Q_{впз}$ составил $0,45$ л или на 1 м^3 песка:

$$Q_в = \frac{0,45 \cdot 1000}{3} = 150 \text{ л.}$$

Определяют плотность растворной смеси, она составила 1900 кг/м^3 .

Изготавливают образцы-кубики с ребром $70,7$ мм для определения прочностных характеристик раствора.

5. Определяют расход составляющих на 1 м^3 песка:

$$V_{ц} = \frac{0,375}{3} \cdot 1000 = 125 \text{ л}$$

или по массе $Q_{цз}$, кг: $Q_{цз} = 125 \cdot 1,2 = 150$ кг.

$$V_д = \frac{0,338}{3} \cdot 1000 = 113 \text{ л}$$

или по массе $Q_{дз}$, кг: $Q_{дз} = 113 \cdot 1,4 = 158,2$ кг.

$$V_п = \frac{3}{3} \cdot 1000 = 1000 \text{ л}$$

или по массе $Q_{пз}$, кг: $Q_{пз} = 1000 \cdot 1,25 = 1250$ кг.

6. Определяют расход материалов на 1 м^3 раствора. Расход материалов на 1 м^3 раствора равен отношению их расхода на 1 м^3 песка на фактический объем растворной смеси. Определяют фактический объем растворной смеси $V_{рф}$, м^3 , при установленной дозировке материалов на 1 м^3 песка:

$$V_{рф} = \frac{\sum m}{\rho_{см}} = \frac{150 + 158,2 + 1250 + 150}{1900} = 0,899.$$

- цемент ($Q_{цф}$, кг): $Q_{цф} = Q_{ц}/V_{рцф} = 150/0,899 = 166,85$;
- известковое тесто ($Q_{дф}$, кг): $Q_{дф} = Q_{д}/V_{рцф} = 158,2/0,899 = 175,97$;
- песок ($Q_{пф}$, кг): $Q_{пф} = Q_{п}/V_{рцф} = 1250/0,899 = 1390,43$;
- вода ($Q_{вф}$, л): $Q_{вф} = Q_{в}/V_{рцф} = 150/0,899 = 166,85$.

Результаты расчетов сводим в таблицу 3.2.

Таблица 3.2 – Расход компонентов для приготовления раствора

Наименование материала	Расход материалов		
	на 1 м ³ песка		на 1 м ³ раствора
	кг	л	кг
Цемент	150	125	166,85
Известковое тесто	158,2	113	175,97
Песок	1250	1000	1390,43
Вода	150	150	166,85

3.4.2. Расчетно-экспериментальный метод подбора состава раствора

Расчетно-экспериментальный метод подбора состава раствора основан на выполнении предварительного расчета расхода составляющих (вяжущего, заполнителей, наполнителей, воды и добавок) на основе научно-обоснованных и экспериментально проверенных зависимостей и распространяется на подбор состава тяжелых кладочных и монтажных растворов. Состав растворов марок 25 – 200 подбирают следующим образом.

Предварительно устанавливают ориентировочное количество цемента $Q_{ц}$ в кг на 1 м³ песка, необходимое для получения раствора заданной прочности по формуле:

$$Q_{ц} = \frac{830 R_p}{K_n R_{ц}} + 45, \quad (3.9)$$

где K_n – коэффициент, учитывающий качество песка:

$K_n = 1$ – для крупного песка;

$K_n = 0,8$ – для песка средней крупности;

$K_n = 0,6 \dots 0,7$ – для мелкого песка.

Определяют количество объемных частей песка Π_v , которое приходится на одну объемную часть цемента, по формуле:

$$\Pi_v = \frac{\rho_{п}}{Q_{ц}}, \quad (3.10)$$

где $\rho_{п}$ – плотность цемента в насыпном состоянии, кг/м³.

Для вяжущего марок 300 ... 500 плотность цемента принимают равной 1200 кг/м³, а для марок 150...200 – 1100 кг/м³.

Расход неорганического пластификатора (известкового теста) V_d в м³ на 1 м³ песка определяют по формуле:

$$V_d = 0,17 \left(1 - \frac{2 Q_{ц}}{1000} \right) \quad (3.11)$$

Минимальное количество объемных частей известкового теста $I_{\text{и}}$, приходящееся на одну объемную часть цемента и необходимое для получения удобоукладываемого раствора, определяют по формуле:

$$I_{\text{и}} = \left(0,17 - \frac{0,34 Q_{\text{ц}}}{1000} \right) \Pi_{\text{ц}} \quad (3.12)$$

Это количество неорганического пластификатора ($I_{\text{и}}$) является ориентировочным. Его уточняют опытной проверкой подвижности растворной смеси.

Состав раствора в частях по объему характеризуют соотношением цемент: известь: песок = 1: $I_{\text{и}}$: $\Pi_{\text{ц}}$.

Расход воды для получения раствора заданной подвижности зависит от состава раствора, вида вяжущего и заполнителя и устанавливается в опытных замесах. Расход воды $Q_{\text{в}}$ в л на 1 м³ песка определяют приближенно по формулам (3.7) и (3.8)

При применении известкового теста или известкового молока плотностью более или менее 1400 кг/м³ их количество по объему определяют умножением объема известкового теста плотностью 1400 кг/м³ на переходные коэффициенты.

Для кладочных и монтажных растворов минимальный расход цемента на 1 м³ сухого песка в зависимости от влажностного режима помещений должен быть:

100 кг – для конструкций, эксплуатируемых при сухом и нормальном режиме помещений;

125 кг – для фундаментов и конструкций, эксплуатируемых при влажном режиме помещений;

175 кг – при мокром режиме помещений.

Пример расчета. Требуется определить состав цементно-известкового раствора марки 50 для надземной кладки в летних условиях стен зданий с относительной влажностью воздуха помещений 50 – 60 %. Подвижность растворной смеси – 7...8 см. Материалы: портландцемент марки 300, $\rho_{\text{ц}} = 1200$ кг/м³; неорганический пластификатор – известковое тесто, $\rho_{\text{д}} = 1400$ кг/м³; песок природный кварцевый средней крупности, $\rho_{\text{пн}} = 1250$ кг/м³.

1. Определяют расход цемента, $Q_{\text{ц}}$, кг на 1 м³ песка:

$$Q_{\text{ц}} = \frac{830 R_{\text{р}}}{K_{\text{р}} R_{\text{ц}}} + 45 = \frac{830 \cdot 5}{0,8 \cdot 30} + 45 = 218$$

2. Определяют количество объемных частей песка $\Pi_{\text{ц}}$, приходящихся на одну объемную часть цемента: $\Pi_{\text{ц}} = \rho_{\text{ц}}/Q_{\text{ц}} = 1200/218 = 5,5$.

3. Определяют расход известкового теста $V_{\text{д}}$, м³ на 1 м³ песка:

$$V_{\text{д}} = 0,17 \left(1 - \frac{2 Q_{\text{ц}}}{1000} \right) = 0,17 (1 - 2 \cdot 0,218) = 0,096 \text{ м}^3$$

или по массе $Q_{\text{д}}$, кг на 1 м³ песка: $Q_{\text{д}} = V_{\text{д}} \rho_{\text{д}} = 0,096 \cdot 1400 = 134$.

4. Определяют количество объемных частей известкового теста I_u , приходящееся на одну объемную часть цемента:

$$I_u = \left(0,17 - \frac{0,34 Q_u}{1000} \right) \Pi_u = (0,17 - 0,34 \cdot 0,218) \cdot 5,5 = 0,53$$

Состав раствора в частях по объему будет следующим: цемент:известь:песок = 1:0,53:5,5.

5. Определяют расход воды Q_v , л на 1 м^3 песка: $Q_v = 0,5 (Q_u + Q_\theta) = 0,5 \cdot (218 + 134) = 176$.

6. Определяют дозировку материалов для лабораторного замеса:

$$\text{— цемент } (Q_{цлз}, \text{ кг}): Q_{цлз} = \frac{Q_u V_{лз}}{1000} = \frac{218 \cdot 3}{1000} = 0,654$$

где $V_{лз}$ — количество песка на один лабораторный замес, $V_{лз} = 3$ л;

— известковое тесто ($Q_{длз}$, кг): $Q_{длз} = 134 \cdot 0,003 = 0,4$;

— песок ($Q_{плз}$, кг): $Q_{плз} = 1250 \cdot 0,003 = 3,75$;

— вода ($Q_{влз}$, л): $Q_{влз} = 176 \cdot 0,003 = 0,53$.

7. Приготавливают пробные замесы. Расход воды для первого замеса принимают равным $0,9 Q_{влз}$, л, принимают равным: $0,9 Q_{влз} = 0,9 \cdot 0,53 = 0,46$.

8. Определяют подвижность растворной смеси, корректируют расход воды и определяют плотность растворной смеси. При подвижности смеси 7 см расход воды на лабораторный замес $Q_{влз}$ составил 0,5 л или на 1 м^3 песка:

$$Q_v = \frac{0,5 \cdot 1000}{3} = 167 \text{ л.}$$

Плотность растворной смеси $\rho_{см}$ составила 1950 кг/м^3 .

9. Изготавливают образцы-кубики с ребром 70,7 мм для определения прочностных характеристик раствора.

10. Определяют расход материалов на 1 м^3 раствора. Расход материалов на 1 м^3 раствора равен отношению их расхода на 1 м^3 песка на фактический объем растворной смеси. Определяют фактический объем растворной смеси $V_{рф}$, м^3 , при установленной дозировке материалов на 1 м^3 песка:

$$V_{рф} = \frac{\sum m}{\rho_{см}} = \frac{218 + 134 + 1250 + 167}{1950} = 0,91.$$

— цемент ($Q_{цф}$, кг): $Q_{цф} = Q_u / V_{рф} = 218 / 0,91 = 240$;

— известковое тесто ($Q_{дф}$, кг): $Q_{дф} = Q_\theta / V_{рф} = 134 / 0,91 = 147$;

— песок ($Q_{пф}$, кг): $Q_{пф} = Q_p / V_{рф} = 1250 / 0,91 = 1374$;

— вода ($Q_{вф}$, л): $Q_{вф} = Q_v / V_{рф} = 167 / 0,91 = 184$.

Полученные значения расхода материалов сводят в таблицу 3.3.

Таблица 3.3 – Расход материалов для приготовления раствора

Наименование материала	Расход материалов		
	на 1 м ³ песка		на 1 м ³ раствора
	кг	л	кг
Цемент	218	182	240
Известковое тесто	134	96	147
Песок	1250	1000	1374
Вода	167	167	184

3.4.3. Испытание образцов раствора на сжатие.

Результаты испытания образцов раствора на сжатие заносят в таблицу 3.4.

Таблица 3.4 – Результаты испытаний раствора на прочность на сжатие

Показатель	Номер испытаний		
	1	2	3
Разрушающая нагрузка, Н (кгс)			
Площадь образца, мм ² (см ²)			
Прочность на сжатие, МПа, (кгс/см ²)			
Среднее значение предела прочности раствора на сжатие, МПа, (кгс/см ²)			

Прочность растворов на сжатие в проектном возрасте характеризуют марками: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200, М300.

Марка раствора по прочности на сжатие (кроме штукатурных растворов) считается достигнутой, если при испытании обеспечивается прочность на сжатие не менее требуемого значения для данной марки.

Марка по прочности на сжатие штукатурных растворов считается достигнутой, если при испытании обеспечивается прочность на сжатие не менее требуемого значения для данной марки и не превышает требуемое значение для растворов марки ниже М100 на 50%, марки М100 и выше — на 25%.

Кладочный раствор заводского изготовления (для горизонтальных, стыковых и продольных швов, для затирки и расшивки швов), который применяют в стенах, опорах и перегородках из кладки (например, в облицовываемой и оштукатуриваемой кладке, несущих и ненесущих каменных конструкциях наземного и подземного строительства) может поставляться в соответствии с требованиями СТБ EN 998-2. В этом случае определяются показатели свежеприготовленной растворной смеси: срок годности; содержание хлорида; содержание воздуха; время корректировки (для раствора, укладываемого тонким слоем); крупность зерен заполнителя (для раствора, укладываемого тонким слоем) и показатели затвердевшего раствора: прочность при сжатии; прочность сцепления; водопоглощение; паропроницаемость; плотность в сухом состоянии; теплопроводность; горючесть (для раствора с содержанием органических веществ более 1 %); долговечность.

Для кладочного раствора заданного качества изготовитель указывает прочность при сжатии или класс прочности при сжатии по таблице 3.5.

Таблица 3.5 — Классы раствора

Класс прочности при сжатии	M1	M2,5	M5	M10	M15	M20	Md
Прочность при сжатии, Н/мм ²	1	2,5	5	10	15	20	d
d — прочность при сжатии, указываемая изготовителем, в случае, если ее значение больше 25 Н/мм ² .							

По результатам испытаний делают вывод.

Контрольные вопросы и задания:

1. Чем отличаются сложные (смешанные) растворы от простых?
2. Что такое подвижность растворной смеси и чем она характеризуется?
3. Какие материалы применяют для изготовления кладочных растворов?
4. Что такое «расслаиваемость» и «водоудерживающая способность» растворной смеси?
5. Как подбирают состав кладочного раствора?
6. Как определяется плотность растворной смеси?
7. В каких случаях при изготовлении образцов строительного раствора используют формы с дном, а в каких случаях – без дна?
8. От чего зависит прочность строительных растворов?

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

ЛИТЕРАТУРА

1. Горчаков, Г.И. Строительные материалы: учеб. для вузов / Г.И. Горчаков, Ю.М. Баженов. – М.: Стройиздат, 1986. – 688 с.
2. Строительное материаловедение: учебное пособие / под общей ред. В.А. Невского. (Изд. 2-е, доп. И перераб. Ростов н/Д : Феникс, 2009. □ 588, ил.
3. Киреева, Ю.И. Строительные материалы и изделия / Ю.И. Киреева, О.В. Лазаренко. – Мн.: Дизайн ПРО, 2001. – 272 с.
4. Комар, А.Г. Технология производства строительных материалов / А.Г. Комар, Ю.М. Баженов, Л.М. Сулименко. – М.: Высшая школа, 1990. – 446 с.
5. Попов, К.Н. Физико-механические испытания строительных материалов: учеб. для подгот. рабочих на пр-ве / К.Н. Попов, И.К. Шмурнов. – М.: Высш. школа, 1989. – 239 с.
6. Попов, Л.Н. Лабораторные испытания строительных материалов: учеб. пособие. – М.: Высш. школа, 1984. – 168 с.
7. Общий курс строительных материалов: учеб. пособие для строит. спец. вузов / И.А. Рыбьев, Т.И. Арефьева, Н.С. Баскаков [и др.]; под. ред. И.А. Рыбьева. – М.: Высш. школа, 1987. – 584 с.
8. Строительные материалы: учеб. для вузов / В.Г. Микульский, В.Н. Куприянов, Г.П. Сахаров [и др.]; под. ред. В.Г. Микульского. – М.: Изд. АСВ, 2000. – 536 с.
9. Строительные материалы: справочник / Под общ. ред. Е.Н. Штанова. – Нижний Новгород: Изд. «Вента-2», 1995. – 230 с.
10. Чубуков, В.Н. Строительные материалы и изделия / В.Н. Чубуков, В.Н. Основин, Л.В. Шуляков. – Мн.: Дизайн ПРО, 2000. – 240 с.

ТЕХНИЧЕСКИЕ НОРМАТИВНО-ПРАВОВЫЕ АКТЫ

ПО ИСПЫТАНИЮ СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

ГОСТ 5802-86 Растворы строительные. Методы испытаний.

ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных пород для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8269-97. Щебень и гравий из плотных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний.

ГОСТ 8735-88. Песок для строительных работ. Методы испытаний.

ГОСТ 8736-93. Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 10178-85. Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия.

ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам

ГОСТ 18105-2010 Бетоны. Правила контроля и оценки прочности.

ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия

ГОСТ 25137-82 Материалы нерудные строительные. Щебень и песок плотные из отходов промышленности, заполнители для бетона пористые.

ГОСТ 25328-82 Цемент для строительных растворов. Технические условия.

ГОСТ 25592-91 Смеси золошлаковые тепловых электростанций для бетонов. Технические условия.

ГОСТ 26644 – 85 Щебень и песок из шлаков тепловых электростанций для бетона. Технические условия.

ГОСТ 30515-97. Цементы. Общие технические условия.

ГОСТ 31108-2003. Цементы общестроительные. Технические условия.

П1-03 к СНиП 3.04.01-87.

П-1 к СНиП 3.09.01-85 Применение добавок в бетоне.

П2-01 к СНиП 3.09.01-85 Изготовление сборных бетонных и железобетонных изделий.

СНБ 5.03.01-02 Бетонные и железобетонные конструкции.
СТБ 4.211-94. Система показателей качества продукции. Строительство. Материалы строительные нерудные и заполнители для бетона пористые. Номенклатура показателей.
СТБ 4.212-98 Система показателей качества продукции. Строительство. Бетоны. Номенклатура показателей.
СТБ 1035-96 Смеси бетонные. Технические условия.
СТБ 1112-98. Добавки для бетонов. Общие технические условия.
СТБ 1114-98 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.
СТБ 1182-99 Бетоны. Правила подбора состава.
СТБ 1217-2002 Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия.
СТБ 1307-2012. Смеси растворные и растворы строительные. Технические условия.
СТБ 1310-2002 бетоны. Классификация. Общие технические требования.
СТБ 1311-2002 Щебень кубовидный из плотных горных пород. Технические условия.
СТБ 1544-2005. Бетоны конструкционные тяжелые. Технические условия.
СТБ 1545-2005. Смеси бетонные. Методы испытаний.
СТБ EN 206-1-2011. Бетон. Часть 1. Требования, показатели, изготовление и соответствие.
СТБ EN 998-2-2008 Требования к растворам для каменных работ. Часть 2. Раствор кладочный.
СТБ EN 12350-1-2012 Методы испытаний бетонной смеси. Часть 1. Отбор проб.
СТБ EN 12350-2-2012 Методы испытаний бетонной смеси. Часть 2. Определения осадки конуса.
СТБ EN 12350-6-2012 Методы испытаний бетонной смеси. Часть 6. Определение плотности.
СТБ EN 12620-2010 Заполнители для бетона.

СОДЕРЖАНИЕ

Лабораторная работа №1 <i>ЗАПОЛНИТЕЛИ ДЛЯ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ</i>	3
Лабораторная работа №2 <i>ПОДБОР СОСТАВА ТЯЖЕЛОГО БЕТОНА</i>	14
Лабораторная работа №3 <i>СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ</i>	29
<i>СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ</i>	45

Учебное издание

Составители:

Шалобыта Татьяна Петровна

Марчук Виталий Алексеевич

СТРОИТЕЛЬНОЕ МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ

**Лабораторный практикум
Часть 2**

для студентов строительных специальностей

Текст печатается в авторской редакции

Ответственный за выпуск: **Шалобыта Т.П.**

Редактор: **Боровикова Е.А.**

Компьютерная вёрстка: **Боровикова Е.А.**

Подписано к печати 31.07.2015 г. Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага «Снегурочка». Гарнитура Arial. Усл. п. л. 2,8. Уч. изд. л. 3,0. Тираж **70** экз. Заказ № 810. Отпечатано на ризографе учреждения образования «Брестский государственный технический университет». 224017, Брест, ул. Московская, 267.