

Кафедра «Строительство и строительные материалы»

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология бетона»
для студентов специальности 5В073000 «Производство строительных
материалов, изделий и конструкций»

Уральск 2014

Нариков К.А. канд.техн. наук,
Адилова Н.Б. канд. техн. наук,
Рыскалиев М.Ж. магистр

Рецензент: Бакушев А.А. канд.техн. наук.

Методические указания

по выполнению лабораторных работ по дисциплине «Технология бетона»
для студентов специальности 5В073000 «Производство строительных
материалов, изделий и конструкций»

Обсужден на заседании кафедры «24» апреля 2014г., протокол № 9.

Рекомендовано учебно - методическим бюро машиностроительного фа-
культета «28» апреля 2014 г., протокол № 9.

Одобен УМС университета «__»_____ 201_ г., протокол №__.

Методические указания предназначены для проведения научно-
исследовательских учебных лабораторных работ по дисциплине
«Технология бетона».

По содержанию и методике выполнения лабораторные работы
носят, как правило, исследовательский характер с использованием
современных методов исследований.

**РГП «Западно-Казахстанский аграрно-технический университет
имени Жангир хана, 2014**

СОДЕРЖАНИЕ

Введение	5
Общие сведения	6
Лабораторная работа № 1. Испытание песка для строительных работ	10
1.1. Общие сведения.....	10
1.2. Цель работы.....	11
1.3. Порядок выполнения работы.....	11
1.3.1. Определение истинной плотности зерен песка	11
1.3.2. Определение насыпной плотности песка	11
1.3.3. Определение пустотности песка	11
1.3.4. Определение содержания пылевидных и глинистых частиц	12
1.3.5. Определение наличия органических примесей.....	13
1.3.6. Определение зернового состава и модуля крупности песка.....	13
1.3.7. Определение влажности.....	16
Контрольные вопросы.....	17
Лабораторная работа №2. Определение физико-механических свойств цемента	17
2.1. Общие сведения.....	17
2.2. Цель работы.....	18
2.3. Порядок выполнения работы.....	18
2.3.1. Определение истинной плотности цемента	18
2.3.2. Определение тонкости помола цемента	19
2.3.3. Определение нормальной густоты цементного теста.....	19
2.3.4. Определение сроков схватывания цементного теста.....	20
2.3.5. Определение равномерности изменения объема цемента.....	21
2.3.6. Определение марки цемента.....	22
2.3.7. Определение вида цемента.....	24
Контрольные вопросы.....	25
Лабораторная работа № 3. Определение свойств вязкого нефтяного битума	25
3.1. Общие сведения.....	25
3.2. Цель работы.....	26
3.3. Порядок выполнения работы.....	26
3.3.1. Определение глубины проникания иглы	26
3.3.2. Определение температуры размягчения битума.....	27
3.3.3. Определение растяжимости битума.....	28
Контрольные вопросы.....	29
Лабораторная работа № 4. Подбор состава строительного раствора	29
4.1. Общие сведения.....	29
4.2. Цель работы.....	30

4.3. Порядок выполнения работы.....	30
4.3.1. Назначение раствора	30
4.3.2. Выбор сырьевых материалов.....	31
4.3.3. Расчет ориентировочного состава.....	33
4.3.4. Определение и подбор подвижности растворной смеси.....	34
4.3.5. Определение марки раствор.....	35
Контрольные вопросы.....	36
Лабораторная работа № 5. Проектирование состава тяжелого (конструкционного) бетона.....	37
5.1. Общие сведения.....	37
5.2. Цель работы.....	38
5.3. Состав работы.....	38
5.4. Порядок выполнения работы.....	39
5.4.1. Сырьевые материалы для тяжелого бетона.....	39
5.4.2. Расчет ориентировочного состава бетона.....	40
5.4.3. Подбор удобоукладываемости бетонной смеси и марки бетона с помощью опытных замесов.....	42
5.4.4. Корректировка состава бетона в заводских условиях.....	45
Контрольные вопросы.....	45
Заключение.....	46
Рекомендуемая литература.....	47

Введение

Методические указания создано для студентов высших учебных заведений строительных специальностей, обучающихся по очной (в т.ч. и дистанционной) форме обучения, а также может быть полезно студентам-заочникам и другим лицам, связанным со строительной индустрией.

Разделы посвящены методам определения основных физико-механическим свойствам различных строительных материалов, природным материалам, а также компонентам вяжущей и наполняющей части конгломератов и, наконец, заключительные разделы посвящены самим конгломератам.

Для всех материалов приводятся современные стандартные технические требования и методы испытаний, а для композитных материалов также и этапы подбора состава, методики расчета состава и изготовления образцов для испытаний.

Методические указания предназначены для закрепления общетеоретических знаний и получения практических навыков по дисциплине «Технология бетона».

Общие сведения

Исходные компоненты бетона.

Цемент – гидравлическое минеральное вяжущее, дающее при твердении очень высокие прочности. Его называют гидравлическим, поскольку:

- Твердение основано на химической реакции с водой (гидратации);
- Полученные из цементных минералов и воды твердые соединения в воде нерастворимы, т.е. водостойки.

Его называют минеральным, так как:

- Исходные материалы, используемые для его получения, минеральной природы (это горные породы или продукты их выветривания).

Цемент принципиально отличается от других минеральных вяжущих (гипса, воздушной и гидравлической извести), которые твердеют только на воздухе или, затвердев на воздухе, иногда продолжают твердеть во внешней среде. Чтобы пояснить существенное различия между цементом, известью и гипсом, рассмотрим важнейшие характеристики этих вяжущих таблице 1.

Для изготовления цемента сначала добывают известняк и глину из карьеров. Известняк (приблизительно 75% всего количество) измельчают и тщательно перемешивают с глиной (примерно 25% смеси). Дозировка исходных материалов является чрезвычайно трудным процессом, так как содержание извести должно отвечать заданному количеству с точностью до 0,1%.

Тем самым уже сказано, что соотношения химических составляющих поставлены в узкие пределы.

Эти соотношения определяются в специальной литературе понятиями «известковый», «кремнистый», и «глиноземистый» модули. Поскольку химический состав исходных сырьевых материалов вследствие зависимости от геологического происхождения постоянно колеблется, легко понять, как сложно поддерживать постоянство модулей. На современных цементных заводах внедрены автоматизированные системы управления.

Правильно составленная шахта, подготовленная в зависимости от избранной технологии (сухой или мокрой метод), вводится во вращающуюся печь (длиной 200м и диаметр до 2-4м) и обжигается при температуре около 1450°C – так насыпаемой температуре спекания. При этой температуре материал начинает оплавляться (спекаться), он покидает печь в виде более или менее крупных комьев клинкера (называемого иногда и портландцементным клинкером). Химический процесс, происходящий во время обжига можно увидеть на рисунке 1.

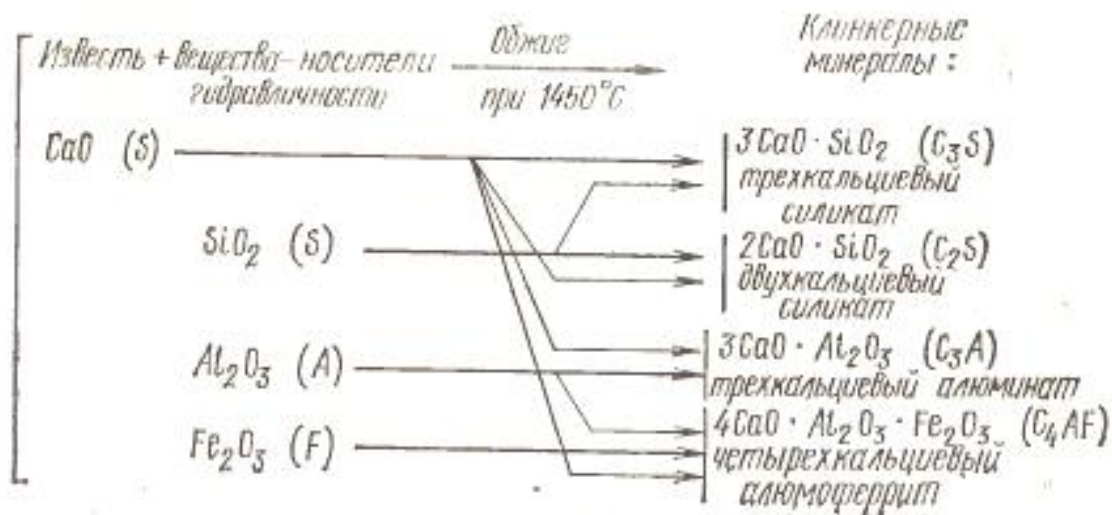


Рисунок 1 - Химический процесс во время обжига

В результате этих реакций образуются клинкерные материалы. Стоящие в скобках символы представляют собой упрощенный способ написания, принятый в химии цемента и применяемый также нами. Полученный обжигом клинкер измельчается с небольшой добавкой гипса (максимум 3%).

Размер зерен цемента лежит в пределах от 1 до 100 мкм. Его лучше иллюстрировать понятием «удельная поверхность».

Преобладающей частью цемента в специальных емкостях перевозится автомобильным или железнодорожным транспортом. Все перевозки производятся пневматическим способом. Меньшая часть цементной продукции доставляется во влажно – и разрывостойких бумажных мешках. Хранится цемент на стройках преимущественно в силосах.

На рисунке 2 представлены некоторые узловые позиции технологии цементного производства.



Рисунок 2 - Технология цементного производства

Если измельчать чистый портландцементный клинкер с добавкой гипса, то получится собственно портландцемент. Оказалось, что к портландцементному клинкеру можно добавлять вещества, приобретающие в присутствии цемента гидравлическому твердению. При этом также получают высококачественный цемент, которые в большей или меньшей степени (в зависимости от вида и количества добавки) отличаются от чистого клинкерного цемента.

Вода.

Для изготовления бетона пригодна любая питьевая и промышленная вода, а также природная вода, если она не загрязнена.

Степень загрязнения воды устанавливают, прежде всего, по ее цвету, запаху, вкусу, содержащимся взвешенным частицам и имеющейся или возникающей при сильном ударе пене. Однако этих критериев, помимо их субъективности, совершенно недостаточно, чтобы судить о степени загрязнения. Некоторые примеси (например, соли морской воды) не ухудшают уже при малых концентрациях.

Особого контроля требует использование открытых вод и колодцев, промышленных районов (особенно в районах химической, кожевенной и пищевой промышленности). Могут оказаться непригодными также воды особых месторождений (например, источники углекислых вод, болотные или воды месторождений бурого угля).

Заполнители.

Заполнителями называются зернистые породы, составляющие основную массу бетона (приблизительно 75%). Они образуют зерновой скелет, которые омоноличиваются с помощью цементного камня (из цемента и воды) в искусственную породу.

Из определения легко сформулировать основные требования к заполнителям: они должны быть прочными и невыветренными и давать прочное сцепление с цементным камнем.

Обычно заполнители добывают из месторождений горных пород – гравийных ям и каменоломен. Если в первые встречаются почти повсеместно и доисторических речных долинах последниковых образованиях, то каменоломни с пригодными разновидностями камня концентрируются преимущественно в южных и восточных районах.

Таблица 1 - Минеральные вяжущие, их изготовление, процесс твердения и свойства

Вяжущее	Гипс	Воздушная известь		Гидравлическая известь	Цемент	
Исходные вещества	Гипсовый камень	Известняки или карбидная известь		Известняк, глина или мергель	Классический способ	С одновременным производством серной кислоты
Химическая формула	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$	CaCO_3 CaC_2		$\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$	Известняк, глина или мергель $\text{CaCO}_3, \text{SiO}_2, \text{Al}_2\text{O}_3, \text{Fe}_2\text{O}_3$	Гипс или ангидрит, песок, глина, кокс
Доля, %	100	100		75-95	75 25	$\text{CaSO}_4, \text{SiO}_2, \text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$
Подготовка I	Измельчение в дробилках и мельницах	Измельчение в дробилках	Обработка водой	Измельчение в дробилках помольных установках и гомогенизация		
Обжиг	В шахтной, вращающейся печи или в гипсоварочном котле				Производство серной кислоты	
Температура	~180°C, для специальных гипсов ~1000°C	1200°C	Ацетилен	1200°C	~1450°C спекание	
Принцип обжига	обезвоживание	Декарбонатизация	$\text{CaC}_2 \rightarrow \text{C}_2\text{H}_2 \uparrow + 2\text{H}_2\text{O}$ Ca(OH)_2	Декарбонатизация Обезвоживание глины и частичное взаимодействие	Декарбонатизация $\text{CaSO}_4 + 2\text{C} \rightarrow \text{CaS} + 2\text{CO}_2 \uparrow$ $\text{CaSO}_4 + \text{CaS} \rightarrow \text{CaO} + 4\text{SO}_2 \uparrow$	
Химические процессы	$\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O} \uparrow$	$\text{CaCO}_3 \rightarrow \text{CaO} + \text{CO}_2 \uparrow$		Минерал C_2S	Полное взаимодействие извести с гидравлическими составляющими с образованием клинкерных минералов $\text{C}_2\text{S}, \text{C}_3\text{S}, \text{C}_3\text{A}, \text{C}_4\text{AF}$	
Подготовка II	Мелкий помол	Гашение $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca(OH)}_2$		Гашение	Тонкий помол с добавкой 3% гипса	
Форма поставки	Порошок	Порошок или тесто	Тесто	Порошок	Порошок	
Переработка (использование)	Гипс (+песок) + вода	С водой → штукатурка С водой и песком → раствор		С песком и водой → раствор	С песком и водой → раствор С заполнителями и водой → бетон	
Процесс твердения	$\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O} + 1,5\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (рекристаллизация)	$\text{Ca(OH)}_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{CaO} \cdot \text{CO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ (карбонизация)		Карбонизация и гидратация (твердеет медленней, чем цемент)	Гидратация	
Свойства	Не водостоек Твердеет в результате взаимодействия с водой	Относительная водостойка		Водостойка Твердеет за счет реакции с водой и воздухом	Водостоек Твердеет благодаря реакции с водой	
Прочность при сжатии	Прочность при сжатии 3-8 МПа	Твердеет только на воздухе Требований нет		2-5 МПа	27,5-55 МПа	

Лабораторная работа № 1

Испытание песка для строительных работ

1.1. Общие сведения

Песок применяется в качестве заполнителя для тяжелых, легких, мелкозернистых, ячеистых и силикатных бетонов, строительных растворов, для приготовления сухих смесей, для устройства оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов.

Свойства бетонов и растворов в значительной степени обуславливаются качеством мелкого заполнителя – песка.

Песок, вместе с крупным заполнителем (щебнем или гравием) занимают до 80 % объема бетона, обуславливая снижение расхода вяжущего вещества при изготовлении изделий.

Заполнители создают в бетоне жесткий каменный скелет, воспринимающий усадочные напряжения и уменьшающий усадку обычного бетона примерно в 10 раз по сравнению с усадкой цементного камня. Жесткий скелет из высокопрочных заполнителей увеличивает прочность и модуль упругости бетона, уменьшает его ползучесть.

К песку относят заполнитель с размером зерен от 0,16 до 5 мм.

Песок для строительных работ подразделяется на следующие виды:

природный песок – материал, получаемый при разработке песчаных и песчано-гравийных месторождений;

дробленый песок – материал, получаемый дроблением скальных горных пород и гравия;

фракционированный песок – песок, искусственно разделенный на две или более фракций;

песок из отсеков дробления – материал, получаемый из отсеков дробления горных пород при производстве щебня.

По насыпной плотности в сухом состоянии разделяют тяжелые ($\rho_n > 1200 \text{ кг/м}^3$) и пористые ($\rho_n < 1200 \text{ кг/м}^3$) мелкие заполнители.

В зависимости от зернового состава песок подразделяют на 8 групп по крупности: очень крупный (песок из отсеков дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

В зависимости от зернового состава и содержания пылевидных и глинистых частиц песок подразделяется на два класса:

I класс (включает в себя 5 групп крупности) – очень крупный (песок из отсеков дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий.

II класс (включает в себя 8 групп крупности) – очень крупный (песок из отсеков дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Качество песка оценивается по результатам лабораторных испытаний.

Песок, предназначенный для строительных работ, должен обязательно удовлетворять требованиям норм относительно зернового состава, содержания органических примесей, пылевидных и глинистых частиц, радиационно-гигиенической характеристике. При подборе состава бетона могут также определяться плотность зерен песка, пустотности, насыпная плотность и другие показатели.

1.2 Цель работы

Ознакомиться с техническими требованиями на песок для строительных работ, методами испытания песка, научиться давать оценку возможности использования песка для приготовления бетонов, растворов и для других строительных целей

1.3 Порядок выполнения работы

1.3.1 Определение истинной плотности зерен песка

Истинную плотность определяют путем измерения массы единицы объема высушенных зерен песка. Истинную плотность определяют с помощью мерного цилиндра, пикнометра или прибора Ле-Шателье.

Результаты опытов заносятся в таблицу.

Мелкий заполнитель в плотном тяжелом бетоне должен иметь плотность зерен $2,0 \dots 2,8 \text{ г/см}^3$.

1.3.2 Определение насыпной плотности песка

Насыпную плотность определяют в неуплотненном состоянии с помощью мерного сосуда вместимостью 1 л.

Результаты опытов заносят в таблице 2.

Таблица 2 - Результаты определения насыпной плотности песка

Номер пробы	Масса, кг		Объем (V), м ³	Насыпная плотность, кг/м ³	
	m ₁	m ₂		Частные значения	Среднее значение

Для обычного тяжелого бетона применяется песок с насыпной плотностью более 1400 кг/м^3 .

1.3.3 Определение пустотности песка

Пустотность (содержание межзерновых пустот) песка в стандартном неуплотненном состоянии определяют расчетом на основании предварительно установленных значений истинной плотности и насыпной плотности песка.

Пустотность песка ($V_{м.п.}$) в % по объему вычисляют по формуле:

$$V_{м.п.} = \left(1 - \frac{\rho_n}{\rho}\right) \cdot 100\% \quad (1)$$

где ρ - истинная плотность песка, кг/м^3 ;

ρ_n - насыпная плотность песка, кг/м³.

Пустотность – очень важная характеристика заполнителя. При изготовлении плотного конструкционного бетона, чем меньше пустотность заполнителя, тем меньше расход цементного теста и соответственно цемента.

1.3.4 Определение содержания пылевидных и глинистых частиц

Содержание в песке пылевидных, глинистых частиц (размер частиц $\leq 0,05$ мм) определяется методом отмачивания. Для этого из средней пробы песка отвешивают 1000 г и высыпают в цилиндрический сосуд для отмачивания (диаметром 120 мм и высотой 320 мм); заливают водой выше уровня песка на 200 мм. Песок выдерживают в воде 2 ч, перемешивая его несколько раз и тщательно отмывая от питавших к зернам глинистых частиц. Затем содержимое сосуда энергично перемешивают и оставляют в покое на 2 мин. Через 2 мин покоя сливают мутную воду до уровня 30 мм над песком. Затем снова заливают чистую воду до первоначального уровня и повторяют опыт. Песок промывают до тех пор, пока сливаемая вода не станет прозрачной.

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц ($P_{отм}$) в % рассчитывают по формуле:

$$P_{отм} = \frac{(m - m_1)}{m} \cdot 100\% \quad (2)$$

где m - масса высушенного песка до отмачивания, г;

m_1 - масса высушенного песка, после отмачивания, г.

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц не должно превышать значений, указанных в таблице 3, с помощью, которой устанавливается класс песка.

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

Таблица 3 - Характеристики песка по содержанию пылевидных и глинистых частиц

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц, в % по массе	
	В песке природном	В песке из отсевов дробления
I класс	-	3
Очень крупный		
Повышенной крупности, крупный и средний	2	3
Мелкий	3	5

Продолжение таблицы 3

II класс Очень крупный	-	10
Повышенной крупности, крупный и средний	3	10
Мелкий и очень мелкий Тонкий и очень тонкий	5 10	10 Не нормируется

1.3.5 Определение наличия органических примесей

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

Для этого из средней пробы песка в состоянии естественной влажности берут навеску около 250 г. Наполняют песком мерный цилиндр вместимостью 250 мл до уровня 130 мл и заливают 3-процентным раствором гидроксида натрия до уровня 200 мл. Содержимое цилиндра перемешивают и оставляют на 24 ч, повторив перемешивание через 4 ч после первого перемешивания. Затем сравнивают окраску жидкости, отстоявшейся над пробой, с цветом эталонного раствора или стеклом, цвет которого идентичен цвету эталонного раствора.

Песок пригоден для использования в бетонах или растворах, если жидкость над пробой бесцветна или окрашена значительно слабее эталонного раствора.

При окраске жидкости незначительно светлее эталонного раствора цвета содержимое сосуда подогревают в течение 2...3 ч на водяной бане при 60...70°C и вновь сравнивают цвет жидкости с цветом эталонного раствора.

Эталон готовят заранее. Он состоит из смеси 5 мл 2-процентного раствора танина в 1-процентном растворе этилового спирта и 195 мл 3-процентного водного раствора гидроксида натрия.

1.3.6 Определение зернового состава и модуля крупности песка

Зерновой состав песка определяют путем отсева песка на стандартном наборе сит (рисунок 3).

Пробу высушенного песка массой 2 кг просеивают через сита с отверстиями диаметрами 5 и 10 мм с целью определения содержания в песке гравия.

Из части пробы песка прошедшего через сито 5 мм отбирают навеску в 1000 г, которую просеивают через стандартный набор сит с отверстиями 2,5 мм, 1,25 мм, 0,63 мм, 0,315 мм и 0,16 мм. Рассев производят на лабораторном трясуне или вручную. По окончании отсева взвешивают остатки на ситах и определяют частные остатки (a_i) в % на каждом сите (отно-

шение массы остатка на данном сите к массе просеиваемой навески) по формуле:

$$a_i = \frac{m_i}{m} \cdot 100\% \quad (3)$$

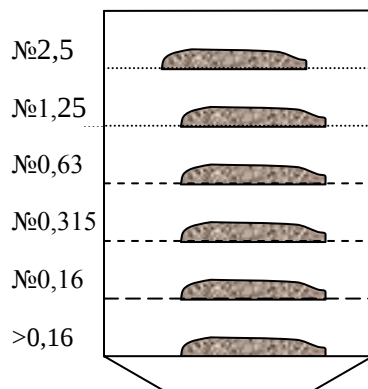


Рисунок 3- Определение зернового состава песка

где m_i - масса остатка на данном сите, г;

m - масса просеиваемой навески, г.

Полные остатки (A_i) в % на каждом сите (сумма частных остатков на всех ситах с большим размером отверстий плюс остаток на данном сите) в процентах вычисляют по формуле:

$$A_i = a_{2,5} + a_{1,25} + \dots + a_i, \quad (4)$$

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

Модуль крупности песка вычисляют по формуле:

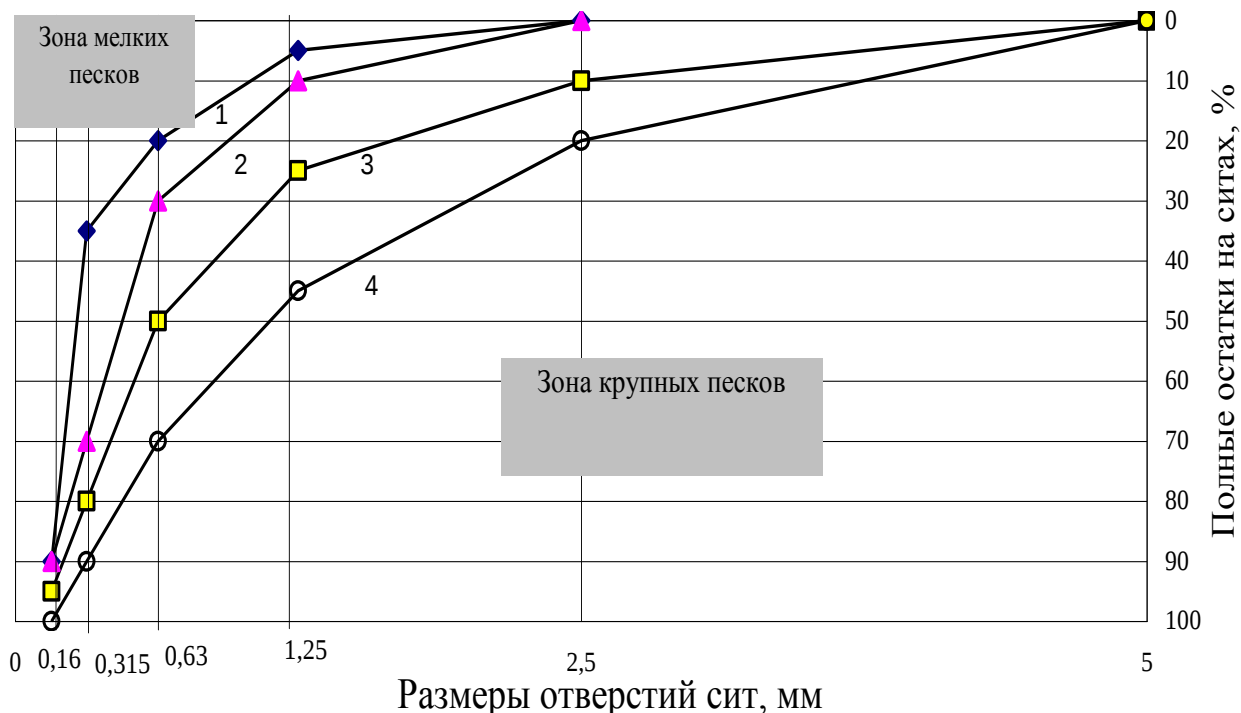
$$M_k = \frac{A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,16}}{100}, \quad (5)$$

где $A_{2,5}; A_{1,25}; A_{0,63}; A_{0,315}; A_{0,16}$ - полные остатки на ситах, %.

Результаты определения зернового состава и расчета модуля крупности песка заносят в таблицу 4 и изображают графически в виде кривой рас-сева (рисунок 4)

Таблица 4 - Зерновой состав песка.

Наименование остатка	Остатки на ситах, %					Проход через сито № 016, %	M_k
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16		
Частные	$a_{2,5}$	$a_{1,25}$	$a_{0,63}$	$a_{0,315}$	$a_{0,16}$		
Полные	$A_{2,5}$	$A_{1,25}$	$A_{0,63}$	$A_{0,315}$	$A_{0,16}$		



1 – нижняя граница крупности песка ($M_k = 1,5$); 2 – нижняя граница крупности песка ($M_k = 2,0$) для бетонов класса В15 и выше; 3 – нижняя граница крупности песка ($M_k = 2,5$) для бетона класса В25 и выше; 4 – верхняя граница крупности песков ($M_k = 3,25$).

Рисунок 4 - График зернового состава песка

Местонахождение кривой просеивания относительно кривых 1,2,3,4 определяет применение песка в тяжелых и мелкозернистых бетонах.

При несоответствии зернового состава требованиям графика (выхода одной или нескольких точек кривой просеивания за пределы рекомендуемой зоны) следует применять укрупняющую добавку к мелким пескам – крупный песок, а к крупному песку – добавку, понижающую модуль крупности, – мелкий песок.

Группа зернового состава песка и область его применения устанавливается с помощью таблицы 5.

Таблица 5 - Группы песка и их применение

Группа песка	Модуль крупности	Полный остаток на сите № 063, %	Область применения
Очень крупный	$> 3,5$	> 75	Для дорожных покрытий
Повышенной крупности	$3,0 \dots 3,5$	$65 \dots 75$	Для бетонов и дорожных покрытий

Продолжение таблица 5

Крупный	2,5...3,0	45...65	Для бетонов, растворов, дорожных покрытий
Средний	2,0...2,5	30...45	То же
Мелкий	1,5...2,0	15...30	То же
Очень мелкий	1,0...1,5	10...30	То же
Тонкий	0,7...1,0	< 10	Для растворов
Очень тонкий	< 0,7	нет нормы	-

С помощью таблицы 6 устанавливается класс песка.

Содержание зерен крупностью свыше 5, 10 мм и менее 0,16 мм не должно превышать значений, указанных в таблице 6.

Таблица 6 - Характеристики классов песка по содержанию крупных и мелких зерен

Класс и группа песка	Содержание зерен крупностью, в % по массе		
	Свыше 10 мм	Свыше 5 мм	Менее 0,16 мм
I класс			
Повышенной крупности, крупный и средний	0,5	5	5
Мелкий	0,5	5	10
II класс			
Очень крупный и повышенной крупности	5	20	0
Крупный и средний	5	10	15
Мелкий и очень мелкий	0,5	10	20
Тонкий и очень тонкий	Не допускается	Не допускается	Не нормируется

В качестве мелкого заполнителя для бетонов, в основном, используются пески с $M_k = 1,5...3,25$. Для строительных растворов лучшими считают пески с $M_k < 2,2$ (для штукатурных растворов $M_k = 1...2$). В штукатурных растворах для обрызга и грунта следует применять песок с размером зерен не более 2,5 мм, а для отделочного слоя – не более 1,25 мм.

1.3.7 Определение влажности

Влажность определяется путем сравнения массы песка в состоянии естественной влажности и после высушивания.

Навеску массой 1000 г песка насыпают в противень и сразу же взвешивают, а затем высушивают до постоянной массы при температуре 105 °С.

Влажность песка (W) в % вычисляют по формуле:

$$W = \frac{(m - m_1)}{m_1} \cdot 100\%, \quad (6)$$

где m – масса навески в состоянии естественной влажности, г
 m_1 – масса навески в сухом состоянии, г.

Приборы, инструменты, материалы: весы по ГОСТ 23711-79 или ГОСТ 24104-80; набор сит по ГОСТ 6613-86; шкаф сушильный; цилиндр стеклянный на 250 мл; колориметрическая проба; пикнометр по ГОСТ 22524-77; мерная емкость размером 1 л; сито с круглыми отверстиями 5 мм; вода дистиллированная по ГОСТ 6709-72; плакат с графиком рассева песка.

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой песок?
2. Какие функции выполняет песок в бетонах и растворах?
3. Как определяют плотность песка с помощью пикнометра?
4. В чем заключается методика определения насыпной плотности песка в неуплотненном состоянии?
5. Изложите последовательность определения зернового состава песка для строительных работ?
6. Как рассчитывается модуль крупности песка?
7. Изложите методику определения плотности песка.
8. Как делят пески по модулю крупности?
9. Опишите порядок определения степени загрязненности песка глинистыми, пылевидными, и органическими примесями.
10. Как определяется влажность песка?

Литература [1, 2, 3, 6, 12]

Лабораторная работа № 2 **Определение физико-механических свойств цемента**

2.1 Общие сведения

Цемент - это название группы гидравлических вяжущих веществ, главной составной частью которых являются силикаты и алюминаты кальция.

В настоящее время наиболее широко применяются в строительстве цементы на основе портландцементного клинкера: портландцемент без добавок, портландцемент с минеральными добавками, быстротвердеющий портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и глиноземистый цемент.

Для проведения испытания цемент доставляют в лабораторию в герметичной таре и хранят в сухом месте.

При испытании цемента в определяют его истинную плотность, тонкость помола, нормальную густоту, сроки схватывания цементного теста, равномерность изменения объема цемента, марку цемента и его вид. Технические требования к цементам различных видов представлены в таблице 7.

Таблица 7 - Технические требования к качеству цементов различных видов

Вид цемента	Тонкость помола по остатку на сите № 008	Сроки схватыва- ния		Предел прочности, МПа, через сут. не менее				Марка цемен- та
				При сжатии		При изгибе		
		Начало	Конец	3	28	3	28	
Портландцемент и портландцемент с минеральными добавками	Не более 15 %	Не ранее 45 мин	Не позд- нее 10ч	-	40	-	5,5	400
				-	50	-	6,0	500
				-	55	-	6,2	550
				-	60	-	6,5	600
Шлакопортландце- мент	- -	- -	- -	-	30	-	4,5	300
	- -	- -	- -	-	40	-	5,5	400
	- -	- -	- -	-	50	-	6,0	500
Портландцемент быстротвердеющий	- -	- -	- -	25	40	4	5,5	400
	- -	- -	- -	28	50	4,5	60	500
Шлакопортландце- мент быстротвер- деющий	Не более 12 %	- -	- -	20	40	3,5	5,5	400
Пуццолановый портландцемент	Не более 15 %	- -	- -		30		4,5	300
		- -	- -		40		5,5	400
Сульфатостойкий портландцемент	- -	- -	- -		40		5,5	400

2.2 Цель работы

Изучение основных требований к цементам, методов оценки их качественных показателей, определение марки цемента и его вида.

2.3 Порядок выполнения работы

2.3.1 Определение истинной плотности цемента

Истинную плотность цемента определяют с помощью пикнометра или прибора Ле-Шателье. В качестве инертной жидкости следует использовать керосин.

Результаты опытов заносятся в таблицу.

Истинная плотность портландцемента (без минеральных добавок) составляет 3,05...3,15 г/см³.

2.3.2 Определение тонкости помола цемента

От средней пробы цемента отвешивают 50 г и высыпают его на сито с сеткой № 008. Закрыв сито крышкой, устанавливают его в прибор для механического просеивания. Через 5...7 мин просеивания прибор останавливают, снимают доньшко и высыпают из него, прошедший через сито цемент. Затем прочищают сетку с нижней стороны мягкой кистью, вставляют доньшко и продолжают просеивание. Опыт считается законченным, если при контрольном просеивании сквозь сито проходит не более 0,05 г цемента. Контрольное просеивание производят вручную при снятом доньшке в течение одной минуты. Тонкость помола цемента определяют как остаток на сите в процентах к первоначальной массе пробы с точностью до 0,1 %. Допускается проведение опыта ручным просеиванием.

Результаты эксперимента заносят в таблице 8.

Таблица 8 - Тонкость помола цемента

Номер опыта	Масса навески, г	Масса остатка, г	Остаток на сите, %
-------------	------------------	------------------	--------------------

Показатель тонкости помола цемента сравнивают с данными таблицы 8. Тонкость помола цемента оказывает существенное влияние на его активность, марку, скорость твердения. Измельчение цемента до 1...3 мк снижает, прочностные показатели затвердевшего цемента. Цементный порошок в основном состоит из частиц размером 5...40 мкм.

2.3.3 Определение нормальной густоты цементного теста

Нормальную густоту цементного теста характеризуют количеством воды затворения, выраженной в процентах от массы цемента. Нормальной густотой цементного теста считают такую его консистенцию, при которой пестик прибора Вика (рисунок 5), погруженный в кольцо, заполненное тестом, не доходит 5...7 мм до пластинки, на которой установлено кольцо. Кольцо и пластинку перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла.

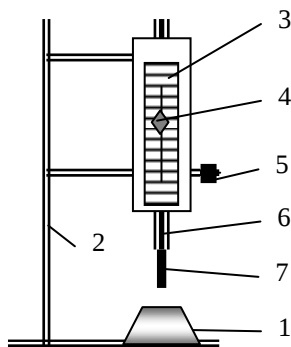


Рисунок 5 - Определение нормальной густоты цементного теста

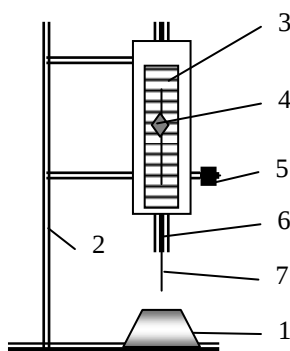
Отвешивают 400 г цемента, высыпаят его в чашку, предварительно протертую влажной тканью. Делают в цементе углубление и вливают туда воду в количестве, соответствующем $V/C=0,23\dots0,28$. Затем энергично перемешивают тесто лопаткой в течение 5 мин с момента приливания воды. После перемешивания кольцо прибора Вика наполняют в один прием цементным тестом и 5...6 раз встряхивают, постукивая пластинку о твердое основание. Поверхность теста выравнивают вровень с краями кольца, срезая избыток теста ножом. Пестик прибора приводят в соприкосновение с поверхностью теста в центре кольца и закрепляют стержень стопорным устройством. Затем быстро освобождают его, представляя пестик под нагрузкой 300 гс свободно погружаться в тесто. Через 30 с производят отсчет глубины погружения его по шкале. Если погружение пестика больше или меньше 5...7 мм, то опыт повторяют, изменяя количество воды затворения. Количество добавленной воды для получения теста нормальной густоты определяют с точностью до 0,25 %.

Результаты эксперимента заносят в таблице 9.

Таблица 9 -Результаты определения нормальной густоты цементного теста

Номер опыта	Масса цемента, г	Масса воды, г	В/Ц	Глубина погружения пестика, мм	Нормальная густота, %
-------------	------------------	---------------	-----	--------------------------------	-----------------------

Величина нормальной густоты в первую очередь зависит от вида цемента, тонкости его помола, количества введенной в цемент добавки, минерального состава цемента. Регулировать нормальную густоту можно добавками поверхностно-активных веществ (ПАВ).



1-кольцо с тестом; 2-штатив; 3-шкала; 4-стрелка; 5-стопорный винт; 6-стержень; 7-игла.

Рисунок 6 - Определение сроков схватывания цементного теста

2.3.4 Определение сроков схватывания цементного теста

Определение производят с помощью прибора Вика (рисунок 6).

Приготовление теста нормальной густоты производят так же, как и при непосредственном его определении. Иглу прибора доводят до соприкосновения с поверхностью цементного теста нормальной густоты, уложенного в кольцо. Стержень закрепляют стопором, затем его освобождают, давая свободно погружаться в тесто. Масса стержня с иглой составляет 300 г. Иглу погружают в тесто каждые 5 мин до начала схватывания и через каждые 25 мин в последующем. Перед каждым погружением передвигают кольцо и протирают иглу.

Началом схватывания цементного теста считают время, прошедшее от начала приливания воды до момента, когда игла не доходит до пластинки на 1...2 мм. Концом схватывания считают время от начала затворения до момента, когда игла опускается в тесто не более чем на 1...2 мм.

Для большинства цементов на основе портландцементного клинкера (кроме быстротвердеющего) начало схватывания наступает не ранее чем через 45 мин, а конец схватывания - не позднее 10 ч.

2.3.5 Определение равномерности изменения объема цемента

Для испытания предварительно готовят тесто нормальной густоты, из которого отбирают две навески массой 75 г каждая. Делают вручную два

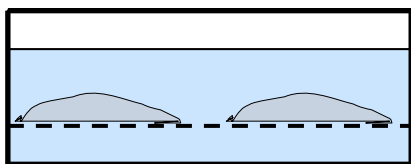


Рисунок 7 - Определение равномерности изменения объема цемента

шарика и помещают их на стеклянную пластинку, предварительно смазанную машинным маслом. Пластинкой постукивают о твердое основание до образования из шариков лепешек диаметром 7...8 см и толщиной посередине около 1 см. Лепешки заглаживают смоченным водой ножом от наружных краев к центру до образования острых краев и гладкой закругленной поверхности.

Приготовленные лепешки хранят 24 ч с момента изготовления в ванне с гидравлическим затвором, а затем подвергают кипячению. Для этого лепешки помещают в бачок с водой на решетку (рисунок. 7). Воду в бачке доводят до кипения, которое поддерживают в течение 3 ч, после чего лепешки в воде охлаждают и сразу производят их внешний осмотр.

Цемент соответствует требованиям стандарта в отношении равномерности изменения объема, если на лицевой стороне лепешки не обнаружено радиальных, не достигающих до краев трещин или сетки мелких трещин, видимых невооруженным глазом или в лупу, а также каких-либо искривлений и увеличения объема лепешек. Искривления обнаруживают при помощи линейки, прикладываемой к плоской поверхности лепешки. При этом обнаруженные искривления не должны превышать 2 мм на краю или в середине лепешки. Допускается в первые сутки после испытаний появ-

ление трещин усыхания, не достигающих до краев лепешки, при условии сохранения звонкого звука при постукивании лепешек одна о другую.

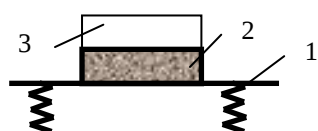
Неравномерность изменения объема цемента вызывается присутствием в нем свободных CaO и MgO в количестве, превышающем 1,5...2 % в клинкере, а также присутствием в клинкере медленно гасящейся части - периклаза. Это приводит к увеличению объема уже затвердевшего цементного камня, неравномерности деформаций и образованию трещин в твердеющих растворах и бетонах.

2.3.6 Определение марки цемента

Марка цемента – величина, устанавливаемая по пределу прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером $4 \times 4 \times 16$ см, изготовленных из цементно-песчаного раствора по специальному рецепту. Марка цемента зависит от минералогического состава клинкера, тонкости его помола.



Рисунок 8 - Определение консистенции растворной смеси



1-виброплощадка;
2-форма со смесью;
3-насадка.

Рисунок 9-
Виброуплотнение образцов

Для проведения испытания отвешивают 500 г цемента и 1500 г вольского кварцевого песка (песка определенного зернового состава). Материалы высыпают в сферическую чашу и перемешивают круглой лопаткой в течение 1 мин. Затем в центр смеси выливают 200 мл воды из расчета $\text{В/Ц} = 0,4$. После впитывания воды смесь перемешивают 1 мин. Дальнейшее перемешивание смеси производят в лабораторной мешалке в течение 2,5 мин. Готовую смесь укладывают в сферическую чашу после чего определяют ее консистенцию на встряхивающем столике (рисунок 8). Для этого форму-конус на половину высоты заполняют раствором и уплотняют 15 штыкованиями металлической штыковкой. Далее конус заполняют с некоторым избытком и штыкуют еще 10 раз. Поверхность раствора выравнивают вровень с краями конуса металлической линейкой, после чего форму-конус поднимают вертикально вверх. Оставшийся растворный конус встряхивают 30 раз в течение 30 с. Диаметр основания растворного конуса после встряхивания из-

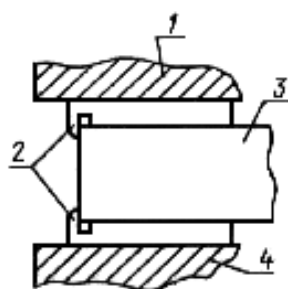
меряют в двух взаимно перпендикулярных направлениях и определяют среднее значение. Если распływ конуса находится в пределах 106...115 мм, то раствор имеет нормальную консистенцию. Если распływ конуса менее 106 мм, количество воды увеличивают для получения распльва 106-108 мм. При распльве конуса больше 115 мм количество воды уменьшают для получения распльва 113...115 мм.

Из раствора нормальной консистенции изготавливают три образца-балочки размером $4 \times 4 \times 16$ см. Перед укладкой раствора форму с насадкой закрепляют в центре лабораторной виброплощадки (рисунок 9). Форму по высоте наполняют приблизительно на 1 см раствором и включают виброплощадку. В течение первых 2 мин вибрации все три гнезда равномерно заполняют раствором. После 3-х мин вибрации отключают виброплощадку, снимают насадку, удаляют излишки раствора, заглаживают поверхность образцов и маркируют их.

Затем форму с образцами помещают в ванну с гидравлическим затвором, обеспечивающую нормальные условия хранения (температура воздуха $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, влажность воздуха $\phi = 95 \dots 100 \%$). Через 24 ч образцы распалубливают и помещают в ванну с питьевой водой ($t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$), где они находятся еще 27 сут.

В возрасте 28 сут с момента изготовления образцы вынимают из воды и подвергают испытанию на изгиб и сжатие.

Предел прочности при изгибе определяют на приборе МИИ-100. Причем из 3-х результатов испытания наименьшее значение отбрасывают и вычисляют среднее арифметическое значение по 2-м оставшимся. Затем



- 1-верхняя плита прессы;
- 2- пластинки;
- 3- половинка образца;
- 4- нижняя плита прессы

Рисунок 10 - Схема испытания на сжатие

на гидравлическом прессе испытывают на сжатие 6 половинок-балочек (рисунок 10). Испытание проводят с помощью 2-х металлических пластин, обеспечивающих опорную площадь 25 см^2 . Для каждого образца вычисляют предел прочности при сжатии по формуле:

$$R_{сж} = \frac{F}{S}, \text{МПа} \quad (7)$$

где F - разрушающая сила, н (кгс);
 S - площадь стальной пластинки, (25 см^2).

Среднее арифметическое значение предела прочности при сжатии вычисляют по 4-м наибольшим показателям из 6-ти.

Результаты испытаний заносят в таблице 10.

Таблица 10-Результаты механических испытаний

Вид испытания						
Растяжение при изгибе			Сжатие			
№ образца	Предел прочности при изгибе		№ образца	Разрушающая сила, Н (кгс);	Предел прочности при сжатии	
	Отдельного образца, МПа	Среднее значение			Отдельного образца, МПа	Среднее значение

Затем с помощью табл. 2 устанавливают марку цемента.

2.3.7 Определение вида цемента

Определение вида цемента производят по следующим признакам: цвету, нормальной густоте, истинной и насыпной плотности, запаху при смешивании с водой, химическому составу и другим признакам.

Основные признаки для определения вида цемента представлены в табл. 11.

Таблица 11 - Основные характеристики цементов различных видов

Вид цемента	Истинная плотность, г/см ³	Насыпная плотность в рыхлом состоянии, г/см ³	Нормальная густота цементного теста, %	Цвет
Портландцемент	3,0...3,2	0,9...1,3	22...28	Серо-зеленый
Портландцемент с минеральными добавками	3,0...3,1	1,0...1,2	23...27	То же
Пуццолановый портландцемент	2,7...2,9	0,9...1,0	32...36	Светло-серый, желтоватый, без запаха
Шлакопортландцемент	2,8...3,0	1,0...1,3	28...30	Сероватый с голубым оттенком
Алюминатовый	2,6...3,0	0,8...1,0	22...28	Темно-серый, коричневый
Глиноземистый	3,1...3,3	1,0...1,3	31...33	Серый или коричневый, без запаха
Известково-пуццолановый	2,2...2,8	0,6...0,8	30...60	Светло-серый

Приборы, инструменты, материалы: объеммер по ГОСТ 310.2; пикнометр по ГОСТ 6427; стеклянный сосуд по ГОСТ 310.2; термометр ртутный с диапазоном измерений температур 10-30°C; штатив; воронка; весы технические по ГОСТ 16474; разновесы; сито с сеткой N 008 по ГОСТ 3584; прибор для просеивания цемента; весы торговые по ГОСТ 16474; прибор Вика с иглой и пестиком по ГОСТ 310.3; кольцо к прибору Вика; мешалка для приготовления цементного теста по ГОСТ 310.3; металлическая чашка со сферическим дном по ГОСТ 310.3; секундомер; нож; ванна с гидравлическим затвором; мешалка бегунковая по ГОСТ 310.4; встряхивающий столик по ГОСТ 310.4; форма-конус по ГОСТ 31074; штыковка; формы для приготовления образцов-балочек по ГОСТ 310-4; вибрационная лабораторная площадка по ГОСТ 310.4; прибор МИИ-100; гидравлический пресс по ГОСТ 8905; пластинки для передачи нагрузки; обезвоженный керосин; пробы цемента; дистиллированная вода; песок кварцевый, нормальный по ГОСТ 6139; штангенциркуль по ГОСТ 166.

Контрольные вопросы:

1. Что представляет собой цемент?
2. Какие виды цементов наиболее широко применяются в строительстве?
 1. Какие свойства цемента определяют при его испытании ?
 2. Как определяют истинную плотность цемента?
 3. Как определяют тонкость помола цемента и на какие его свойства она оказывает влияние?
 4. Что такое нормальная густота цементного теста и как ее определяют?
 5. Как определяются сроки схватывания цементного теста?
 6. Что такое равномерность изменения объема цемента, от чего она зависит и как производят ее определение?
 7. Какова методика определения марки цемента?
 8. По каким показателям определяют вид цемента?

Литература [1, 2, 3, 6, 12]

Лабораторная работа № 3
Определение свойств вязкого нефтяного битума

3.1. Общие сведения

Битумы представляют собой сложные смеси углеводородов и их неметаллических производных с кислородом, азотом, серой. Битумы бывают природными и естественными. Нефтяные битумы - продукты переработки нефти и ее смолистых производных. По консистенции битумы бывают

вязкими и жидкими. По назначению нефтяные битумы подразделяются на строительные, кровельные и дорожные. Дорожные битумы используются при изготовлении дорожных и аэродромных покрытий; кровельные - для кровельных рулонных и гидроизоляционных материалов; строительные - для приклеивающих и изоляционных мастик, асфальтовых бетонов и растворов, применяющихся для устройства полов в промышленных цехах и складских помещениях, плоской кровли, стяжек.

Вязкие битумы подразделяются на марки. Марку битума оценивают по: глубине проникания иглы при температуре $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ или $0\text{ }^{\circ}\text{C}$, температуре размягчения, растяжимости, температуре хрупкости и температуре вспышки.

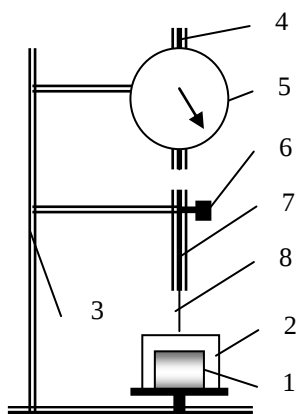
Марку вязкого битума обозначают БНД, БНК или БН с указанием индекса. Для дорожного битума, цифры индекса показывают интервал изменения глубины проникания иглы, а для кровельного и строительного битумов первая цифра индекса (числитель) указывает среднее значение температуры размягчения, а вторая (знаменатель) – среднее значение глубины проникания иглы.

3.2 Цель работы

Ознакомиться с методиками оценки основных качественных показателей вязкого нефтяного битума.

3.3. Порядок выполнения работы

3.3.1. Определение глубины проникания иглы



- 1-чашка с битумом;
- 2-кристаллизатор;
- 3-штатив;
- 4-кремальера;
- 5-лимб со стрелкой;
- 6-стопорная кнопка;
- 7-стержень;
- 8-игла ($d=1\text{ мм}$).

Рисунок 11 - Определение глубины проникания иглы

Показатель глубины проникания иглы является условной вязкости битума. Этот показатель является основным при разделении битумов на марки. Чем меньше глубина проникания иглы, тем больше прочность битума.

Глубина проникания иглы определяется на приборе пенетрометре (рисунок 11) путем измерения глубины погружения иглы прибора в образец битума под нагрузкой 100 гс в течение 5 с при температуре $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ или в течение 60 с при температуре $0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Предварительно обезвоженный и расплавленный битум заливают в металлическую чашку. Чашку с битумом охлаждают на воздухе при температуре $25\pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$. Затем чашку помещают в воду с температурой $+25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выдерживают перед испытанием 60...75 мин.

В момент испытания чашку с битумом помещают в катализатор, наполненный водой

той же температуры. Иглу пенетromетра приводят в соприкосновение с поверхностью битума. После этого снимают начальный показатель по лимбу прибора, включают секундомер и одновременно нажимают стопорную кнопку пенетromетра, давая игле свободно входить в образец в течение 5 с. Затем кнопку отпускают, опускают кремальеру прибора и снимают отсчет по лимбу. Разность второго и первого показателей дает величину глубины проникания. Определение повторяют не менее трех раз в местах, отстоящих друг от друга на 10 мм. Кончик иглы после каждого определения отмывают от битума бензином и насухо протирают тканью.

За глубину проникания принимают среднее арифметическое из трех результатов определений.

Результаты записывают в виде таблицы 12.

Таблица 12 - Результаты определения глубины проникания иглы (пенетрации)

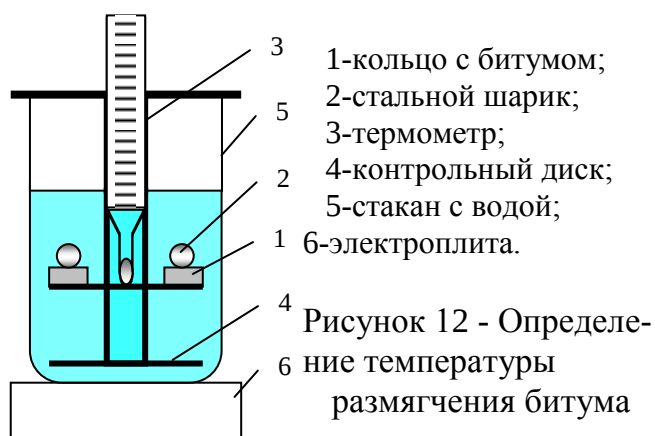
Номер опыта	Начальный показатель по лимбу n_1 , градусы шкалы	Конечный показатель по лимбу, n_2 , градусы шкалы	Показатель пенетрации опыта, $(n_2 - n_1)$ градусы шкалы	Средний показатель пенетрации, градусы шкалы
-------------	---	---	--	--

3.3.2. Определение температуры размягчения битума

Температура размягчения битума является условной характеристикой перехода битума из полутвердого в текучее состояние. Чем выше температура размягчения, тем больше прочность пленки битума.

Для определения температуры размягчения используют прибор "кольцо - шар" (рисунок 12).

Предварительно расплавленный битум заливают с некоторым избытком в два латунных кольца с внутренним диаметром 17,7 мм. После охлаждения избыток битума срезают нагретым



ножом вровень с краями колец. Кольца с битумом устанавливают в отверстия среднего диска прибора, помещают прибор в химический стакан, наполненный водой. На каждое кольцо пинцетом устанавливается стальной шарик (диаметром 9,5 мм, массой 3,5 г). Если температура размягчения

80...110 °С, то стакан заполняют смесью воды и глицерина, если более 110 °С - то глицерином.

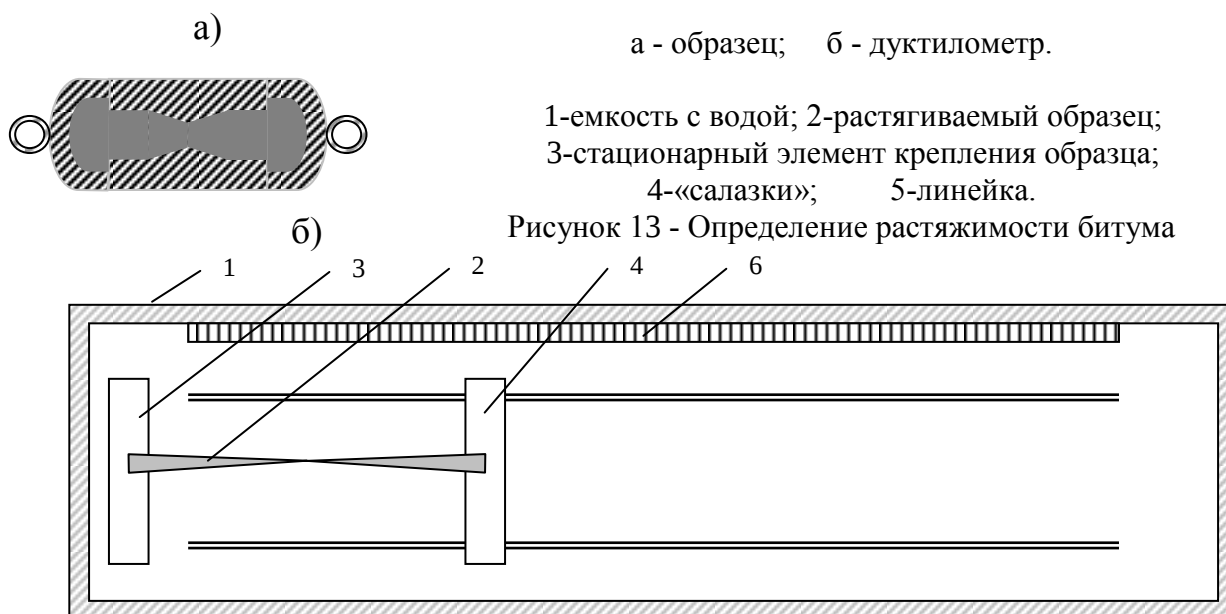
Жидкость в стакане подогревают на электроплитке так, чтобы скорость подъема температуры составляла 5°С в минуту. Температура, при которой битум под действием шарика коснется нижнего контрольного диска подставки прибора, соответствует температуре размягчения битума.

За показатель температуры размягчения принимают среднее арифметическое по результатам 2-х определений.

3.3.3. Определение растяжимости битума

Показателем растяжимости является абсолютное удлинение стандартного образца "восьмерки" (рисунок 13 а) до момента его разрыва. Для определения растяжимости применяют прибор дуктилометр (рисунок 13 б).

Расплавленный и обезвоженный битум наливают в три предварительно смазанные техническим вазелином формы - "восьмерки". Охлаждают битум в формах 30...40 мин до окружающей температуры не ниже + 18°С. После этого излишек битума срезают нагретым ножом вровень с краями форм. Образцы помещают затем в ванну дуктилометр с водой, имеющей температуру 25 °С. Высота воды над слоем битума должна составлять 25 мм. Через час выдержки в воде образцы устанавливают в проушины дуктилометра, включают двигатель дуктилометра и производят растяжение битума со скоростью 5 см/мин. Образцы растягивают до наступления разрыва битума. В момент разрыва снимают отсчет по линейке в сантиметрах. Показатель растяжимости определяют как среднее арифметическое результатов испытаний трех образцов-"восьмерок".



Показатель растяжимости битума влияет на устойчивость битума к старению и его когезионную прочность.

Приборы, инструменты, материалы: представительная проба не-тяного вязкого битума, ручной пенетромтр, металлическая чашка цилиндрической формы для заливки обезвоженного и расплавленного битума, секундомер, прибор "Кольцо и шар", два латунных кольца, спиртовой термометр на 100 °С, электроплитка с закрытой спиралью, дуктилометр, три латунные формы-"восьмерки", две металлические пластинки.

Контрольные вопросы:

1. Что представляют собой битумы?
2. Как подразделяются битумы по назначению?
3. По каким показателям определяют марку битума в производственных условиях?
4. Для каких целей используют битум в строительстве?
5. Опишите методику определения глубины проникания иглы (пенетрации) при определении условной вязкости битума.
6. Как определяется температура размягчения битума на приборе "кольцо - шар"?
7. Что является показателем растяжимости битума и его определение?

Литература:[1, 2, 3, 6, 12]

Лабораторная работа № 4

Подбор состава строительного раствора

4.1. Общие сведения

Строительным раствором называют искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания рационально подобранной смеси вяжущего вещества, мелкого заполнителя, воды и в необходимых случаях различных добавок (минеральных, поверхностно-активных, химических и др.).

Смесь этих материалов до затвердевания называют растворной смесью.

Строительные растворы применяются в кладочных, отделочных и специальных работах, при возведении крупнопанельных зданий и сооружений.

По виду вяжущего растворы разделяются - на простые, изготавливаемые на одном вяжущем (цементные, известковые, гипсовые) и сложные, изготавливаемые на смешанных вяжущих (цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые и др.).

Основными показателями качества растворной смеси являются подвижность, водоудерживающая способность и расслаиваемость.

Подвижность - это способность растворной смеси растекаться под действием сил собственного веса или приложенных внешних сил.

Основными свойствами затвердевшего раствора являются прочность на сжатие, морозостойкость, средняя плотность.

По пределу прочности на сжатие растворы разделяются на марки: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200.

По средней плотности строительные растворы разделяются на тяжелые, средней плотностью 1500 кг/м^3 и более, и легкие - средней плотностью менее 1500 кг/м^3 .

Морозостойкость растворов характеризуется следующими марками: F10, F15, F25, F35, F50, F75, F100, F150, F200.

Подбор состава раствора производят с учетом назначения раствора, его марки, условий эксплуатации, а также подвижности растворной смеси, выбираемой в зависимости от назначения раствора и условий его укладки.

Подбор состава строительного раствора включает 5 этапов. На первом этапе устанавливается назначение раствора, на втором - осуществляется выбор сырьевых компонентов, на третьем - делается расчет ориентировочного состава, на четвертом - подбирается нужная подвижность смеси и на пятом - достигается требуемая марка раствора.

4.2. Цель работы

Ознакомиться с методикой подбора состава сложного строительного раствора, оценкой некоторых качественных показателей растворной смеси и раствора.

4.3. Порядок выполнения работы

4.3.1. Назначение раствора

В зависимости от назначения раствора устанавливаются марки раствора и подвижности растворной смеси (таблице 13, 14)

Таблица 13 - Марка строительного раствора в зависимости от назначения

№	Область применения раствора	Марка
1	Кладка стен зданий (в зависимости от их этажности и влажности воздуха в помещениях)	4-150
2	Кладка столбов, простенков, рядовых перемычек, карнизов	25-150
3	Заполнение горизонтальных швов при монтаже стен из легких бетонных панелей, не ниже	50

Таблица 14 - Подвижность растворной смеси на месте применения в зависимости от назначения раствора

Основное назначение раствора	Глубина погружения конуса, см	Марка по подвижности P_k
<u>А Кладочные:</u>		
- для бутовой кладки:	1-3	$P_{к1}$
вибрированной невибрированной	4-6	$P_{к2}$
- для кладки из пустотелого кирпича или керамических камней	7-8	$P_{к2}$
- для кладки из полнотелого кирпича; керамических камней; бетонных камней или камней из легких пород	8-12	$P_{к3}$
- для заливки пустот в кладке и подачи раствора насосом	13- 14	$P_{к4}$
- для устройства постели при монтаже стен из крупных бетонных блоков и панелей; расшивок горизонтальных и вертикальных швов в стенах из панелей и крупных бетонных блоков	5-7	$P_{к2}$
<u>Б Облицовочные:</u>		
- для крепления плит из природного камня и керамической плитки по готовой кирпичной стене	6-8	$P_{к2}$
- для крепления облицовочных изделий легкобетонных панелей и блоков в заводских условиях		
<u>В Штукатурные:</u>		
- раствор для грунта	7-8	$P_{к2}$
раствор для набрызга:		
- при ручном нанесении	8-12	$P_{к3}$
- при механизированном способе нанесения	9-14	$P_{к4}$
раствор для накрывки:		
- без применения гипса	7-8	$P_{к2}$
- с применением гипса	9-12	$P_{к3}$

4.3.2. Выбор сырьевых материалов

Выбор вяжущих материалов при приготовлении растворов следует производить с учетом назначения и марки раствора, а также условий эксплуатации конструкции (таблица 15).

Таблица 15 - Рекомендации к выбору вяжущих при приготовлении растворов

Рекомендуется к применению	Допускается к применению
<u>1. Для наземных конструкций при относительной</u>	
<u>влажности воздуха помещений до 60 % и для</u>	
<u>фундаментов, возводимых в маловлажных грунтах</u>	
<u>Марка раствора 25 и выше</u>	
Портландцемент	Пуццолановый портландцемент
Пластифицированный и гидрофобный	Цемент для строительных рас- творов
портландцемент	Известково-шлаковые вяжущие
Шлакопортландцемент	
<u>Марка раствора 10</u>	
Известь гидравлическая	Известково-пуццолановые и
Известково-шлаковые вяжущие	известково-золяные вяжущие
Цемент для строительных растворов	
<u>II. Для наземных конструкций при относительно</u>	
<u>влажности воздуха помещений свыше 60 % и для</u>	
<u>фундаментов, возводимых во влажных грунтах</u>	
<u>Марка раствора 25 и выше</u>	
Портландцемент	Цемент для строительных рас- творов
Пластифицированный и гидрофобный	Известково-шлаковые вяжущие
Портландцемент	
Шлакопортландцемент	
Пуццолановый портландцемент	
<u>Марка раствора 10 и выше</u>	
Цемент для строительных растворов	Известково-пуццолановые и
известково-золяные вяжущие	
Известково-шлаковые вяжущие	Известь гидравлическая
<u>III. Для фундаментов при агрессивных сульфатных</u>	
<u>водах (независимо от марки раствора)</u>	
Сульфатостойкий портландцемент	Пуццолановый портландцемент
<u>IV. Для монтажа крупноблочных и крупнопанельных</u>	
<u>бетонных и каменных стен</u>	
<u>Марка раствора 25 и выше</u>	
Портландцемент	Шлакопортландцемент
Пластифицированный и гидро- фобный портландцемент	Пуццолановый портландцемент

Расход цемента на 1 м³ песка в растворах на цементном и цементосодержащих вяжущих должен быть не менее 100 кг, а для кладочных растворов в зависимости от вида конструкций и условий их эксплуатации — не менее указанного в таблице 16.

Таблица 16 - Минимальный расход цемента

При сухом и нормальном режимах помещения	100
При влажном режиме помещения	125
При мокром режиме помещения	175

Для улучшения свойств растворной смеси в нее вводят неорганические и органические пластифицирующие добавки. Из неорганических добавок наибольшее применение имеют известь, глина, зола ТЭЦ, молотый доменный шлак. К числу наиболее распространенных органических пластификаторов относят мылонафт, СДБ.

Качество применяемого песка должно удовлетворять требованиям ГОСТ. В качестве заполнителя следует применять: песок для строительных работ; золу-уноса; золошлаковый песок; пористые пески; пески из шлаков тепловых электростанций, черной и цветной металлургии

Наибольшая крупность зерен заполнителя должна быть, мм, не более:

- кладочные (кроме бутовой кладки)2,5
- бутовая кладка..... 5,0
- штукатурные (кроме накрывочного слоя)2,5
- штукатурные накрывочного слоя..... 1,25
- отделочные..... 1,25

4.3.3. Расчет ориентировочного состава

Расчет состава строительного раствора производится на 1 м³ песка в рыхло-насыпном состоянии.

Порядок расчета:

1. Определяют расход песка (П), кг по формуле:

$$П = V_{п} \cdot \rho_{пп}, \quad (7)$$

где $V_{п}$ - объем песка, м³, $\rho_{пп}$ – насыпная плотность песка, кг/ м³.

2. Определяют расход цемента (Ц), кг на 1 м³ песка по формуле:

$$Ц = \frac{R_p}{\kappa \cdot R_u} \cdot 1000, \quad (8)$$

где R_p - заданная марка раствора МПа (кгс/см²);

R_u - активность или марка цемента МПа (кгс/см²);

κ – коэффициент; для портландцемента 1, для пуццоланового и шлакопортландцемента 0,88.

Расход цемента по объему ($V_{ц}$), м^3 определяют по формуле:

$$V_{ц} = \frac{Ц}{\rho_{нц}}, \quad (9)$$

где $\rho_{нц}$ - насыпная плотность цемента, $\text{кг}/\text{м}^3$.

3. Расход неорганического пластификатора (известкового, глиняного или трепельного теста) по объему ($V_{д}$), м^3 определяется по формуле:

$$V_{д} = 0,17 (1 - 0,002Ц), \quad (10)$$

где Ц - расход цемента, кг.

Пересчитывают расход добавки по массе:

$$Д = V_{д} \cdot \rho_{д}, \quad \text{кг} \quad (11)$$

где $\rho_{д}$ - плотность добавки, $\text{кг}/\text{м}^3$.

Рекомендуется известковую добавку вводить в виде теста плотностью $1400 \text{ кг}/\text{м}^3$. Глиняную добавку вводят также в виде теста. Плотность глиняного теста при этом составляет $1350 \dots 1450 \text{ кг}/\text{м}^3$.

4. Ориентировочный расход воды на 1 м^3 песка для получения растворной смеси заданной подвижности определяют по формуле:

$$В = 0,5 (Ц + Д), \quad \text{л} \quad (12)$$

где Ц - расход цемента, кг; Д - расход добавки, кг.

В последующем расход воды уточняется опытным путем на пробных замесах по величине подвижности растворной смеси.

5. Записывают состав раствора в частях путем деления расхода каждого компонента растворной смеси на расход цемента:

$$\text{Состав по объему: } \frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{д}}{V_{ц}} : \frac{V_{п}}{V_{ц}} \quad (13)$$

$$\text{Состав по массе: } \frac{Ц}{Ц} : \frac{Д}{Ц} : \frac{П}{Ц} \quad (14)$$

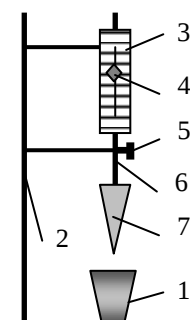
где $V_{ц}$, $V_{д}$, $V_{п}$ и Ц, Д, П - соответственно объемные и массовые расходы цемента, добавки и песка в растворе.

4.3.4. Определение и подбор подвижности растворной смеси

После выполнения расчета готовится пробный замес на 3 л песка из соответствующего количества цемента, добавки и воды. Компоненты растворной смеси тщательно перемешивают в лабораторной сферической чаше сначала в сухом состоянии, а затем вместе с расчетным количеством воды в течение $5 \dots 7$ мин. Добавку в виде теста лучше вводить вместе с водой затворения. После приготовления растворной смеси проверяют ее подвижность и при необходимости производят корректировку состава.

Подвижность растворной смеси определяется с помощью стандартного конуса (рисунок 14). Величина подвижности характеризуется глубиной

погружения см в растворную смесь эталонного конуса массой 300 г и углом при вершине 30 °. Перед определением подвижности растворную смесь помещают в емкость в виде усеченного конуса. Уровень раствора в сосуде должен быть на 1 см ниже его краев. Уложенный раствор штыкуют 25 раз стержнем диаметром 10 мм и встряхивают о край стола 5-6 раз. Затем острие конуса приводят в соприкосновение с поверхностью раствора, закрепляют его направляющий стержень, фиксируют начальное положение указателя на шкале прибора, после чего отпускают зажим и дают возможность конусу свободно погружаться в смесь. Второй отсчет по шкале снимают через 1 мин после начала погружения конуса. Глубину погружения конуса определяют как разность между первым и вторым отсчетом.



- 1-емкость со смесью;
2- штатив; 3- шкала;
4-указатель; 5- стопорный винт;
6- стержень, 7- конус

Рисунок - 14 Стандартный конус

Уложенный раствор штыкуют 25 раз стержнем диаметром 10 мм и встряхивают о край стола 5-6 раз. Затем острие конуса приводят в соприкосновение с поверхностью раствора, закрепляют его направляющий стержень, фиксируют начальное положение указателя на шкале прибора, после чего отпускают зажим и дают возможность конусу свободно погружаться в смесь. Второй отсчет по шкале снимают через 1 мин после начала погружения конуса. Глубину погружения конуса определяют как разность между первым и вторым отсчетом.

По величине погружения конуса устанавливают подвижность смеси как среднее арифметическое двух испытаний.

В тех случаях, когда погружение конуса отличается от заданного состав раствора корректируют, добавляя либо песок либо воду до тех пор, пока подвижность растворной смеси не будет равна заданной.

4.3.5. Определение марки раствора

Марку раствора определяют испытанием на сжатие кубов (3 шт) размером 70,7×70,7×70,7 мм в возрасте, установленном стандартом на данный вид раствора.

Образцы из растворной смеси подвижностью до 5 см изготавливают в формах со стальным дном. Форму заполняют раствором в два слоя. Уплотнение слоев производят 12 нажимами шпателя: 6 нажимов вдоль одной стороны и 6 - в перпендикулярном направлении. Образцы растворной смеси подвижностью 5 см и более изготавливают в формах без дна. Форму при этом устанавливают на керамический кирпич, покрытый влажной газетной бумагой. Формы заполняют растворной смесью в один прием и уплотняют 25 штыкованиями стального стержня по концентрической окружности от центра к краям.

Образцы раствора, предназначенного для эксплуатации в воздушно сухих условиях и приготовленные на воздушных вяжущих, твердеют на воздухе при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 65 ±10 %. Образцы раствора, приготовленные на гидравлических вяжущих, в течение первых 3 сут должны храниться в камере нормального твердения

при относительной влажности воздуха 95...100 %. Дальнейшее твердение обусловлено условиями эксплуатации. Если это влажная среда то образцы хранятся в воде, если воздушная - в помещении при относительной влажности воздуха 65 ± 10 %.

За проектный возраст раствора, если иное не установлено в проектной документации, следует принимать, сут:

- для растворов, приготовленных без применения гидравлических вяжущих.....7 сут;

- для растворов с применением гидравлических вяжущих28 сут.

Предел прочности раствора на сжатие определяется по формуле:

$$R_p = \frac{P}{A}, \quad (15)$$

где P - разрушающая нагрузка, Н (кгс); A - площадь сечения образца, м^2 (см^2).

Если требуемая марка не достигнута, то делается корректировка состава.

Приборы, инструменты, материалы: весы технические по ГОСТ 16474, весы торговые по ГОСТ 16474, мерный сосуд объемом 0,5 л, коническая чаша для перемешивания растворной смеси, конусное ведро емкостью 3 л, стандартный конус СтройЦНИЛа для определения подвижности растворной смеси, формы размером $70,7 \times 70,7 \times 70,7$ мм или балочки размером $40 \times 40 \times 160$ мм, шпатель для уплотнения растворной смеси в формах, штыковка диаметром 10...12 мм, штангенциркуль по ГОСТ 166, гидравлический пресс по ГОСТ 8905-82, цемент, кварцевый песок, пластифицирующая добавка, вода.

Контрольные вопросы

1. Что представляет собой строительный раствор?
2. Как классифицируются строительные растворы по средней плотности, виду вяжущего и прочности на сжатие?
3. По каким показателям осуществляется выбор вида вяжущего для строительного раствора?
4. Перечислите основные показатели качества растворной смеси и раствора.
5. С какой целью вводят в строительные растворы неорганические и органические добавки?
6. Какие исходные данные должны быть известны перед определением состава смешанного строительного раствора?
7. Изложите последовательность подбора состава смешанного строительного раствора.

8. Опишите методику приготовления пробного замеса растворной смеси.
9. Как определяется подвижность растворной смеси?
10. Как производится определение прочности раствора и его марки?
- Литература** [1, 2, 3, 7, 8, 12].

Лабораторная работа № 5

Проектирование состава тяжелого (конструкционного) бетона

5.1. Общие сведения

Бетоном называют искусственный каменный материал, полученный в результате твердения рациональной по составу, тщательно перемешанной и уплотненной смеси из вяжущего вещества, воды и заполнителей. Также в состав бетонов вводят добавки, улучшающие свойства как смесей, так и затвердевших конгломератов.

Смесь компонентов бетона до начала ее затвердевания называют бетонной смесью.

Тяжелый (обычный) бетон содержит плотные заполнители (кварцевый песок, щебень или гравий из плотных каменных пород) и применяется в качестве конструкционного материала.

Пористость тяжелых бетонов не превышает 7 %.

Важнейшим показателем качества бетона является его прочность, выражающаяся классом или маркой. Класс бетона по прочности на сжатие - это гарантированная прочность его на сжатие с обеспеченностью 0,95. Соотношение между классами бетона и его марками по прочности на сжатие при нормативном коэффициенте вариации, равном 13,5 %, представлено в таблице 17.

Таблица 17 - Соотношение между классами и марками тяжелого бетона

Класс бетона по прочности	Средняя прочность бетона, $R_{сж}$, кгс/см ²	Марка бетона по прочности	Класс бетона по прочности	Средняя прочность бетона, $R_{сж}$, кгс/см ²	Марка бетона по прочности
В 3,5	45,8	M50	В 21,5	294,5	M300
В 5	65,5	M75	В 25	327,4	M350
В 7,5	98,2	M100	В 26,5	359,9	M350
В 10	131,0	M150	В 30	392,9	M400
В 12,5	163,7	M150	В 35	458,4	M450
В 15	196,5	M200	В 45	589,4	M600
В 20	261,9	M250	В 50	654,8	M700

Проектирование состава бетона заключается в определении расхода исходных материалов (вяжущего, воды, мелкого и крупного заполнителей) на 1 м³ уплотненной бетонной смеси. От правильности проектирования состава бетона зависит его прочность, плотность, водонепроницаемость, теплопроводность и морозостойкость. Рациональным считается тот состав бетона, в котором расход вяжущего минимальный, а заполнителей - максимальный, при условии получения плотного бетона с заранее назначенными строительно-техническими свойствами. Состав бетонной смеси выражают в виде весового соотношения между цементом, песком и щебнем (гравием) с обязательным указанием водоцементного отношения и активности цемента (1:X:Y по массе при В/Ц = n) или в виде расхода материалов на 1 м³ уложенной и уплотненной бетонной смеси, например:

цемента	_____	280 кг
песка	_____	700 кг
щебня	_____	1250 кг
воды	_____	170 кг
Итого:		2400 кг

Различают номинальный (лабораторный) состав бетона, установленный для сухих материалов, и производственный (полевой) - для материалов в естественно-влажном состоянии. Лабораторный состав определяют расчетно-экспериментальным способом. Производственный состав уточняется непосредственно в условиях производства путем корректировки расхода заполнителей бетона на влажность.

5.2. Цель работы

Изучить расчетно-экспериментальный способ определения состава тяжелого бетона

5.3. Состав работы

Проектирование состава бетона включает следующие этапы:

1. Выбор материалов для бетона исходя из требований к нему, обусловленных особенностями службы и изготовления конструкций. Определение свойств сырьевых материалов.
2. Определение предварительного состава бетона расчетно-экспериментальным способом.
3. Корректировка состава бетона при получении требуемых значений удобоукладываемости смеси и класса (марки) бетона путем проведения пробных лабораторных замесов.
4. Проведение окончательной корректировки состава в условиях производства с учетом колебаний в свойствах заполнителей или других факторов.

5.4. Порядок выполнения работы

5.4.1. Сырьевые материалы для тяжелого бетона

Для определения состава бетона предварительно определяют следующие данные: класс и плотность бетона, гранулометрический состав заполнителей, объем межзерновых пустот в заполнителях, прочность, влажность, среднюю и истинную плотность заполнителей, вид и марку цемента, его среднюю и истинную плотность, удобоукладываемость бетонной смеси, способ формования изделий из проектируемого бетона.

Для приготовления тяжелого бетона в качестве вяжущих материалов следует применять портландцемент и шлакопортландцемент, сульфатостойкий и пуццолановый цементы. Марку цемента следует назначать в зависимости от требуемой прочности (марки или класса) бетона согласно данным таблице 18. Минимальный расход цемента для неармированных (бетонных) конструкций должен составлять не менее 200 кг на 1 м³ бетона, а для железобетонных конструкций - не менее 220 кг. Максимальный расход цемента в бетоне не должен превышать 600 кг на 1 м³.

Таблица 18 -Марка цемента в зависимости от заданного класса бетона

Класс (марка) бетона	B7,5 (100)	B10 (150)	B15 (200)	B25 (300)	B30 (400)	B40 (500)	B45 (600)
Марка цемента	300	400	400	400	500	600	600

При выборе щебня (гравия) для тяжелого бетона следует иметь в виду, что прочность щебня (в насыщенном водой состоянии) должна превышать прочность бетона в 2 раза, если его марка 300 и более, и в 1,5 раза для бетонов меньших марок. Максимально допустимая крупность щебня зависит от размера бетонируемой конструкции. Для достижения необходимой удобоукладываемости нельзя применять щебень крупнее $\frac{1}{4}$ части минимального размера сечения конструкции и больше минимального расстояния между стержнями арматуры. При изготовлении плит покрытий применяют щебень с максимальной крупностью зерен, составляющей до $\frac{1}{2}$ толщины плиты. Крупность заполнителей в бетонных смесях, подаваемых по трубопроводам, должна быть не более $\frac{1}{3}$ их диаметра. Плотность заполнителей для тяжелого бетона должна составлять 2000...2800 кг/м³.

В качестве мелкого заполнителя для тяжелого бетона следует применять природный песок и песок из отсеивов дробления истинной плотностью 2000...2800 кг/м³. Для бетона наиболее пригоден крупный и средний песок по модулю крупности ($M_k = 2...3,5$). Песок для бетонов марок 200 и выше должен иметь насыпную плотность не ниже 1550 кг/м³, в остальных случаях - не ниже 1400 кг/м³.

Вода для приготовления бетонных смесей должна содержать ограни-

ченное количество органических веществ, не содержать окрашивающих примесей, нефтепродуктов, масел, жиров.

5.4.2. Расчет ориентировочного состава бетона

Для определения состава тяжелого бетона существует ряд расчетно-экспериментальных методов. Наибольшее распространение получил метод абсолютных объемов, согласно которому, во-первых, сумма объемов всех компонентов в 1 м³ бетонной смеси составляет 1 м³, т.е.

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} + B = 1, \quad (16)$$

где Ц, В, П, Щ - расходы цемента, воды, песка и щебня на 1 м³ бетонной смеси, кг;

$\rho_{ц}$, $\rho_{п}$, $\rho_{щ}$ - истинные плотности цемента, песка и щебня, кг/м³.

И, во-вторых, цементно-песчаный раствор расходуется на заполнение объема межзерновых пустот крупного заполнителя с некоторой раздвижкой его зерен. Это условие характеризует следующее уравнение:

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + B = \frac{Щ}{\rho_{щн}} \cdot V_{п} \cdot K_{р}, \quad (17)$$

где $\rho_{щн}$ - насыпная плотность щебня, кг/м³;

$V_{п}$ - объем межзерновых пустот щебня (в долях единицы);

$K_{р}$ - коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя (коэффициент избытка раствора).

Кроме того, в расчете используется формула закона прочности бетона:

$$R_{628} = A \cdot R_{ц} (Ц/В - 0,5), \quad (18)$$

где R_{628} - прочность бетона при сжатии, кгс/см²;

$R_{ц}$ - активность (или марка) цемента, кгс/см²;

A - коэффициент, зависящий от качества заполнителей, принимаемый по таблице 19.

Таблица 19 - Значение коэффициента качества заполнителей бетона

Качество заполнителей	A
Высокое	0,65
Рядовое (среднее)	0,60
Пониженного качества (гравий вместо щебня, мелкий песок)	0,55

Расчет состава бетона по методу абсолютных объемов производится в следующей последовательности:

1. Определяют водоцементное отношение (В/Ц), исходя из требуемой прочности бетона (R_{628}), по формуле

$$B / Ц = \frac{AR_{ц}}{R_{б} + 0,5AR_{ц}} \quad . \quad (19)$$

2. В зависимости от принятой подвижности (или жесткости) бетонной смеси, наибольшего размера зерен крупного заполнителя и его вида определяют ориентировочный расход воды (таблице 20).

Таблица 20 - Ориентировочный расход воды на 1 м³ бетонной смеси

Удобоукладываемость бетонной смеси		Расход воды, л/м ³ , при крупности, мм					
		гравия			щебня		
осадка конуса, см	жесткость, с	10	20	40	10	20	40
0	150...200	145	130	120	155	145	130
0	90...120	150	135	125	160	150	135
0	60...80	160	145	130	170	160	145
0	30...50	165	150	135	175	165	150
0	20...30	175	160	140	185	175	155
0	15...20	180	165	145	195	180	160
2...2,5	-	185	170	150	200	185	165
3...4	-	190	175	155	205	190	170
5	-	195	180	160	210	195	175
7	-	200	185	170	215	200	180
8	-	210	195	175	220	205	185
10...12	-	220	205	185	230	215	195

3. Вычисляют расход цемента на 1 м³ бетонной смеси по формуле

$$Ц = \frac{B}{B / Ц} \quad , \quad \text{кг} \quad , \quad (20)$$

где В - расход воды на 1 м³ бетонной смеси, л;

В/Ц - водоцементное отношение, доли.

4. Расход щебня (гравия) и песка в кг на 1 м³ бетонной смеси вычисляют по формулам

$$Щ = \frac{1}{\frac{1}{\rho_{щ}} + \frac{V_{щ} \cdot K_p}{\rho_{щн}}} \quad , \quad \text{кг}; \quad (21)$$

$$П = \left[1 - \left(\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{В}{\rho_{в}} + \frac{Щ}{\rho_{щ}} \right) \right] \rho_n \quad , \quad \text{кг} \quad , \quad (22)$$

где Ц, В, Щ, П - расход цемента, воды, щебня и песка на 1 м³ бетонной смеси, кг;

$V_{щ}$ - объем межзерновых пустот щебня (в долях единицы);

K_p - коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя;

$\rho_{щ}$, $\rho_{п}$ - истинная плотность щебня и песка, кг/м³;

$\rho_{щн}$ - насыпная плотность щебня, кг/м³.

Значение коэффициента раздвижки зерен для умеренно жестких бетонных смесей принимается 1,15...1,2, а для жестких бетонных смесей - 1,0...1,1. Для подвижных бетонных смесей значения зависят от расхода цемента и принимаются согласно данным таблице 21.

Таблица 21 - Значение коэффициента раздвижки зерен заполнителя для подвижных смесей

Расход цемента на 1 м ³ бетонной смеси, кг	Значения K_p	
	Бетон на гравии	Бетон на щебне
250	1,34	1,30
300	1,42	1,36
350	1,48	1,42
400	1,52	1,47

5. Записывают состав бетона в частях по массе путем деления расхода каждого компонента смеси на расход цемента:

$$Ц : П : Щ = \frac{Ц}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{Щ}{Ц}, \quad (23)$$

где Ц, Д, П - соответственно расходы цемента, песка и щебня в бетоне.

5.4.3. Подбор удобоукладываемости бетонной смеси и марки бетона с помощью опытных замесов

Для производства работ и обеспечения высокого качества бетона в конструкции или изделиях необходимо, чтобы бетонная смесь имела удобоукладываемость (консистенцию), соответствующую условиям ее укладки. Удобоукладываемость бетонной смеси оценивают показателем подвижности или жесткости. При проектировании состава бетона удобоукладываемость смеси назначают в зависимости от вида и способа формирования изделия согласно данным таблице 22.

Таблица 22 - Удобоукладываемость бетонной смеси в зависимости от способа формирования

Вид конструкции и способ уплотнения	Подвижность, см	Жесткость, с
Массивные армированные конструкции, плиты, балки, колонны, изготавливаемые с наружным или внутренним вибрированием	3...6	-
Монолитные, густоармированные железобетонные конструкции при сложных условиях вибрирования	10...18 и более	-
Перекрытия и стеновые панели, формуемые на виброплощадке; подготовка под фундаменты, полы и основания дорог наружным вибрированием	1...3	5...10

После выполнения расчета готовится пробный замес объемом 10 л из соответствующего количества компонентов. Смесь тщательно перемешивают сначала в сухом состоянии, а затем вместе с расчетным количеством воды в течение 5 мин.

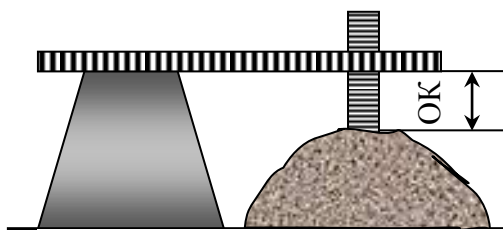


Рисунок 15 - Определение подвижности бетонной смеси

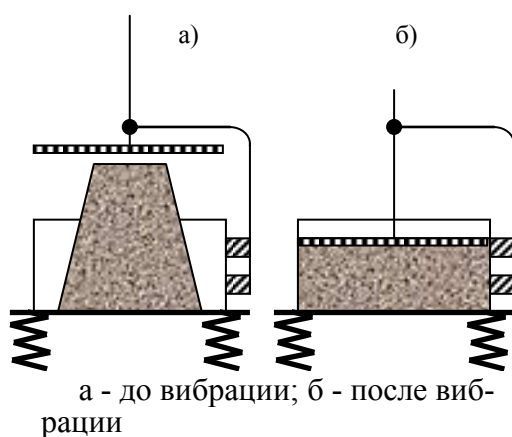


Рисунок 16- Определение жесткости бетонной смеси:

Затем определяют удобоукладываемость смеси.

Подвижные смеси оседают под действием собственной массы.

Подвижность смеси определяют с помощью стандартного конуса (рисунок 15) по величине осадки конуса (ОК) следующим образом. Конус заполняют бетонной смесью в три слоя одинаковой высоты с 25 штыкованиями каждого слоя. После заполнения стального конуса его вертикально снимают и ставят рядом с бетонным конусом, который оседает и расплывается. С помощью двух линеек определяют величину осадки конуса в сантиметрах, которая и является характеристикой подвижности смеси.

Жесткие бетонные смеси при снятии конуса не оседают. Поэтому для их уплотнения требуется значительное механическое воздействие – вибрация,

прессование, вибропрессование.

Жесткость смеси тоже определяют с помощью стандартного конуса

(рисунок 16) по времени виброуплотнения смеси следующим образом. Конус помещают в стальной цилиндр, установленный на вибростоле, заполняют бетонной смесью и уплотняют так же, как при определении подвижности смеси. Затем снимают стальной конус (рисунок 16а) включают вибрацию и одновременно секундомер. Когда смесь перераспределится и уплотнится в цилиндре (рисунок 16б) секундомер выключают. Полученное время в секундах и является показателем жесткости смеси.

Если удобоукладываемость (подвижность или жесткость) смеси окажется не равной заданной, то в смесь небольшими порциями добавляют пропорционально либо цемент и воду, либо щебень и песок и повторяют опыт до получения требуемой удобоукладываемости.

Получив бетонную смесь заданной подвижности, из нее изготавливают образцы-кубы (3 шт.) с размерами $15 \times 15 \times 15$ см, которые должны находиться в камере нормального твердения при температуре 20°C и относительной влажности воздуха 95...100 %. В возрасте 28 сут образцы испытывают на сжатие и по таблице 22 устанавливают класс и марку бетона. Если нужная марка не достигнута, то делается корректировка состава.

После определения фактического расхода компонентов бетонной смеси рассчитывают коэффициент выхода бетона (β), равный объему бетонной смеси (1 м^3) в уплотненном состоянии, деленному на сумму объемов сухих составляющих, затраченных на ее приготовление, по формуле:

$$\beta = \frac{1000}{V_{ц} + V_{п} + V_{щ}} , \quad (24)$$

где $V_{ц}$ $V_{п}$ $V_{щ}$ - объемы составляющих (цемента, песка щебня), затраченных на приготовление 1 м^3 бетонной смеси, м^3 , определяемые по формулам

$$V_{ц} = \frac{Ц}{\rho_{цн}} ; \quad (25) \quad V_{п} = \frac{П}{\rho_{пн}} ; \quad (26) \quad V_{щ} = \frac{Щ}{\rho_{щн}} , \quad (27)$$

где Ц, П, Щ - расход сухих материалов на 1 м^3 бетонной смеси, кг;
 $\rho_{цн}$, $\rho_{пн}$, $\rho_{щн}$ - насыпная плотность сухих (цемента, песка и щебня), кг/м^3 .

Значение величины коэффициента выхода бетона обычно находится в пределах 0,55...0,75. Коэффициент выхода бетона характеризует степень уменьшения объема полученной бетонной смеси по сравнению с суммой объемов всех составляющих ее. Коэффициент выхода бетона используют при определении расхода составляющих бетона на один замес бетоносмесителя.

5.4.4. Корректировка состава бетона в заводских условиях

При использовании в производственных условиях влажных заполнителей производят пересчет состава бетона с лабораторного на полевой (производственный) по формулам:

$$П_{пр} = П_{ф}(1 + 0,01W_{п}), \quad (28)$$

$$Щ_{пр} = Щ_{ф}(1 + 0,01W_{щ}), \quad (29)$$

$$В_{пр} = В_{ф} - 0,01(П_{ф} \cdot W_{п} + Щ_{ф} \cdot W_{щ}), \quad (30)$$

где $П_{ф}$, $Щ_{ф}$, $В_{ф}$ - фактический расход сухих (песка, щебня) и расход воды на приготовление 1 м³ бетонной смеси, кг;

$W_{п}$, $W_{щ}$ - влажность песка и щебня, %.

Контрольные вопросы

1. Что такое бетон?
2. Чем бетонная смесь отличается от бетона?
3. Что является важнейшей характеристикой бетона?
4. Какой состав бетона считается рациональным?
5. Чем различаются лабораторный и производственный составы бетона?
6. Из каких этапов состоит проектирование состава бетона?
7. Какие условия следует выполнить при расчете состава тяжелого бетона по методу абсолютных объемов?
8. Как определяют подвижность бетонной смеси?
9. Изложите методику определения жесткости бетонной смеси.
10. Изложите последовательность определения марки бетона.

Литература [1, 2, 3, 4, 8, 10, 11, 12, 13, 14].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Современные методы определения качества строительных материалов, хорошо организованный текущий контроль параметров технологии строительного производства позволяют обеспечить рациональное использование материалов и высокое качество зданий и сооружений.

Инженер-строитель обязан знать и уметь организовать надежную систему контроля материалов и изделий. На основании нормативных документов он должен:

- ✓ уметь правильно испытывать сырьевые компоненты;
- ✓ владеть способами определения основных характеристик изделий;
- ✓ уметь проверять параметры технологии изготовления строительных материалов и изделий.

Выполнение цикла лабораторных работ создают предпосылки для подготовки специалистов высокой квалификации, способных заниматься научной деятельностью или успешно работать в народном хозяйстве нашей страны.

РЕКОМЕНДУЕМАЯ ЛИТЕРАТУРА

Основная литература

1. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / - М . : Изд-во АСВ, 2003. – 500с.
2. Невский, В.А. Строительное материаловедение: учеб. пособие для вузов /- М . : Высшая школа, 2007.- 701 с.
3. Рыбьев, И. А. Строительное материаловедение: учеб. пособие для вузов /- М . : Высшая школа, 2008.- 501 с.

Дополнительная литература

4. Грушко, И.М. Испытание дорожно- строительных материалов. Лабораторный практикум / И. М. Грушко [и др.] – М. : Транспорт, 1985.- 200 с.
5. ГОСТ 10178-85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия / М . : Изд-во стандартов, 1985. - 6 с.
6. ГОСТ 310.3-76 Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема.- М. : Изд-во стандартов, 1976. - 8 с.
7. ГОСТ 310.4-81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии.- М . : Изд-во стандартов, 1981. - 12 с.
8. ГОСТ 22245-90 Битумы нефтяные дорожные вязкие. Технические условия.- М . : Изд-во стандартов, 1990. - 9 с.
9. ГОСТ 11506-73 Битумы нефтяные. Метод определения температуры размягчения по кольцу и шару.- М . : Изд-во стандартов, 1973. - 4 с.
10. ГОСТ 8736-93 Песок для строительных работ. Технические условия.- М . : Изд-во стандартов, 1993. - 12 с.
11. ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний. – М . : Изд-во стандартов, 1978. - 22 с.
12. СНиП 3.09.01-85 Производство сборных железобетонных конструкций и изделий.- М . : Изд-во стандартов, 1985. - 31 с.
13. ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.- М . : Изд-во стандартов, 1991. - 23 с.
14. ГОСТ 10181.1-81 Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости.- М . : Изд-во стандартов, 1981. - 8 с.
15. ГОСТ 8462-85. Материалы стеновые. Методы определения пределов прочности при сжатии и изгибе.- М . : Изд-во стандартов, 1985. - 6 с.
16. ГОСТ 10180-90 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. – М . : Изд-во стандартов, 1990. - 36 с.