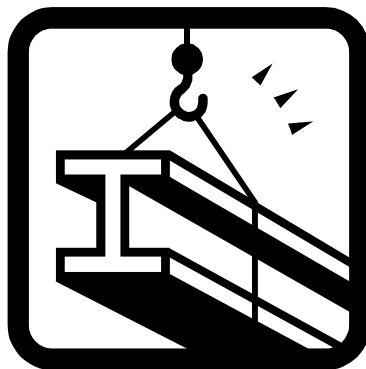


О.А. КОРЧАГИНА, В.Г. ОДНОЛЬКО

•

БЕТОНЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ



◆ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТГТУ ◆

О.А. Корчагина, В.Г. Однолько

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

**БЕТОНЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ
РАСТВОРЫ**

Учебное пособие

Тамбов

◆ Издательство ТГТУ ◆
2004

УДК 691.32(083)
ББК Н331я73-5
К70

Утверждено Ученым советом университета

Р е ц е н з е н т ы:

Кандидат технических наук,
зав. отделом стандартизации ОАО "ВНИИСтром им. П.П. Будникова"
О.Н. Токаева

Кандидат технических наук, профессор
Волгоградского архитектурно-строительного университета
Т.К. Акчурин

Корчагина О.А., Однолько В.Г.

К70 Материаловедение. Бетоны и строительные растворы:
Учебное пособие. Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та,
2004. 80 с.

В данном учебном пособии рассмотрены вопросы, изучаемые в разделе "Бетоны и строительные растворы". Приведены материалы для проведения лабораторных работ и практических занятий.

Предназначены для студентов 2, 3 курсов и магистрантов специальности 270100.

УДК 691.32(083)
ББК НЗ31я73-5

ISBN 5-8265-0330-0

© О.А. Корчагина, В.Г. Однолько, 2004
© Тамбовский государственный
технический университет (ТГТУ), 2004

Учебное издание

КОРЧАГИНА Ольга Алексеевна
ОДНОЛЬКО Валерий Григорьевич

МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ.

БЕТОНЫ И СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Учебное пособие

Редактор Т. М. Федченко
Инженер по компьютерному макетированию М. Н. Рыжкова

Подписано к печати 25.10.2004
Формат 60 × 84 / 16. Бумага офсетная. Печать офсетная
Гарнитура Times New Roman. Объем: 4,65 усл. печ. л.; 4,58 уч.-изд. л.
Тираж 100 экз. С. 713

Издательско-полиграфический центр
Тамбовского государственного технического университета
392000, Тамбов, Советская, 106, к. 14

Р а з д е л I БЕТОНЫ

Бетоны на основе неорганических вяжущих веществ, представляют собой искусственные строительные конгломераты, получаемые в результате твердения рациональной по составу, тщательно перемешанной и уплотненной бетонной смеси из вяжущего вещества, воды и заполнителей. Кроме основных компонентов в состав бетонной смеси могут вводиться дополнительные вещества специального назначения. Бетоны относятся к самым массовым по применению в строительстве вследствие их высокой прочности, надежности и долговечности при работе в конструкциях зданий и сооружений. Кроме высокой прочности бетоны на основе неорганических вяжущих веществ обладают достоинствами легкой формуемости бетонной смеси с получением практически любых наперед заданных форм и размеров изделий и конструкций, доступной высокой механизации технологических операций и т.п.

Большая экономичность изделий из бетона состоит в том, что для их производства применяют свыше 80 % объема местного сырья – песка, щебня, гравия, побочных продуктов промышленности в виде шлака, золы и др.

Лабораторная работа № 1

СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ

Цель работы: освоить методику определения подвижности бетонной смеси.

ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ

Бетонной смесью называют рационально составленную и тщательно перемешанную смесь компонентов бетона до начала процессов схватывания и твердения. Состав бетонной смеси определяют исходя из требований к самой смеси и бетону.

По своему строению бетонная смесь представляет единое физическое тело, в котором частицы вяжущего, вода и зерна заполнителя связаны внутренними силами взаимодействия. Основной структурообразующей составляющей в бетонной смеси является цементное тесто. По мере развития процесса гидратации цемента возрастает дисперсность частиц твердой фазы и увеличивается клеящая и связующая способность цементного теста.

Независимо от вида бетона бетонная смесь должна удовлетворять двум главным требованиям: обладать хорошей удобоукладываемостью, соответствующей применяемому способу уплотнения и сохранять при транспортировании и укладке однородность, достигнутую при приготовлении.

При действии возрастающего усилия бетонная смесь вначале претерпевает упругие деформации, когда же преодолена структурная прочность, она течет подобно вязкой жидкости. Поэтому бетонную смесь называют упруго-пластично-вязким телом, обладающим свойствами твердого тела и истинной жидкости.

Свойство бетонной смеси разжижаться при механических воздействиях и вновь загустевать в спокойном состоянии называется *тиксотропией*.

Технические свойства бетонной смеси. При изготовлении железобетонных изделий и бетонировании монолитных конструкций самым важным свойством бетонной смеси является *удобоукладываемость* (или *удобоформуемость*), т.е. способность заполнять форму при данном способе уплотнения, сохраняя свою однородность. Для оценки удобоукладываемости используют три показателя: подвижность бетонной смеси, являющуюся характеристикой структурной прочности смеси; жесткость (Ж), являющуюся показателем динамической вязкости бетонной смеси; связность, характеризующую водоотделение бетонной смеси после ее отстаивания.

Подвижность бетонной смеси характеризуется измеряемой осадкой (см) конуса (ОК), отформованного из бетонной смеси, подлежащей испытанию (рис. 1).

Для определения подвижности, т.е. способности смеси расплываться под действием собственной массы, и связности бетонной смеси служит стандартный конус. Он представляет собой усеченный, открытый с обеих сторон конус из листовой стали толщиной 1 мм. Высота конуса 300 мм, диаметр нижнего основания 200 мм, верхнего 100 мм. Внутреннюю поверхность формы-конуса и поддон перед испытанием смачивают водой. Затем форму устанавливают на поддон и заполняют бетонной смесью в три приема, уплотняя смесь штыкованием.

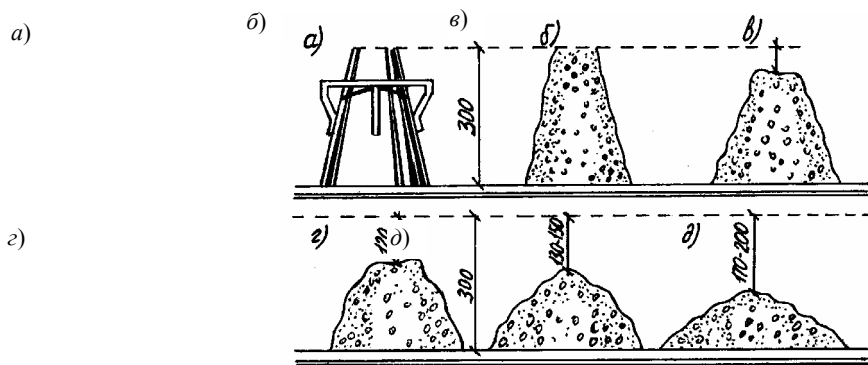


Рис. 1 Определение подвижности бетонной смеси при помощи конуса:

а – общий вид; *б* – жесткая смесь; *в* – малоподвижная;

г – подвижная; *д* – очень подвижная и литая

После заполнения формы и удаления излишков смеси форму тотчас снимают, поднимая ее медленно и строго вертикально вверх за ручки. Подвижная бетонная смесь, освобожденная от формы, дает осадку или даже растекается. Мерой подвижности смеси служит величина осадки конуса, которую измеряют сразу же после снятия формы.

В зависимости от осадки конуса различают подвижные (пластичные) бетонные смеси, величина осадки конуса для которых составляет 1...12 см и более, и жесткие, которые практически не дают осадки конуса. Однако при воздействии вибрации последние проявляют различные формовочные свойства в зависимости от состава и использованных материалов. Для оценки жесткости этих смесей используют свои методы. Подвижность бетонной смеси вычисляют как среднее двух определений, выполненных из одной пробы смеси. Если осадка конуса равна нулю, то удобоукладываемость бетонной смеси характеризуется жесткостью.

Жесткость бетонной смеси характеризуется временем (*с*) вибрирования, необходимого для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в приборе для определения жесткости (рис. 2). Цилиндрическое кольцо прибора (его внутренний диаметр 240 мм, высота 200 мм) устанавливают и жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке. В кольцо вставляют и закрепляют стандартный конус, который заполняют бетонной смесью в установленном порядке и после этого снимают. Диск прибора с помощью штатива опускают на поверхность отформованного конуса бетонной смеси. Затем одновременно включают виброплощадку и секундомер; вибрирование производят до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из отверстий диска диаметром 5 мм. Время виброуплотнения (*с*) и характеризует жесткость бетонной смеси. Ее вычисляют как среднее двух определений, выполненных из одной пробы смеси.

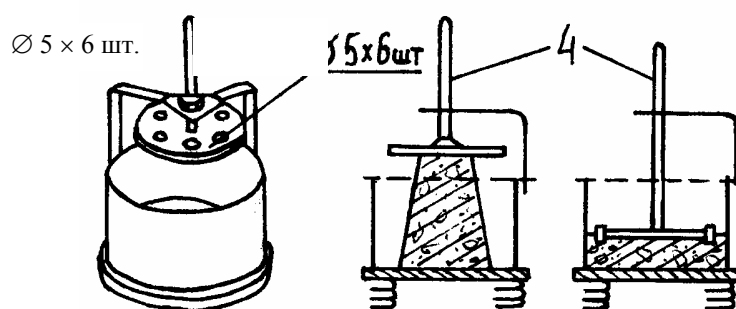


Рис. 2 Прибор для определения жесткости бетонной смеси.

Схема испытания

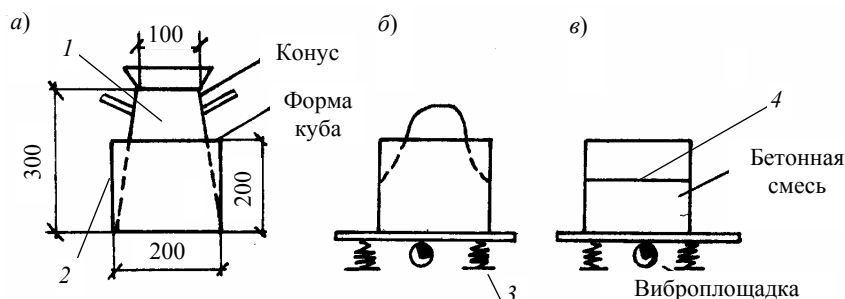


Рис. 3 Определение жесткости бетонной смеси упрощенным способом:

а – общий вид прибора: 1 – металлический корпус; 2 – металлическая форма;
б – бетонная смесь до вибрирования: 3 – вибростол;
в – то же, после вибрирования: 4 – горизонтальная поверхность бетонной смеси

В лабораториях иногда используют упрощенный способ определения жесткости бетонной смеси, предложенный Б.Г. Скрамтаевым. По этому способу испытание проводят следующим образом. В обычную металлическую форму для приготовления кубов размером $20 \times 20 \times 20$ см вставляют стандартный конус. Предварительно с него снимают упоры и немного уменьшают нижний диаметр, чтобы конус вошел внутрь куба (рис. 3). Наполняют конус также в три слоя. После снятия металлического конуса бетонную смесь подвергают вибрации на лабораторной площадке. Стандартная виброплощадка должна иметь следующие параметры: кинематический момент $0,1 \text{ Н} \cdot \text{м}$; амплитуду $0,5 \text{ мм}$; частоту колебаний 3000 мин^{-1} . Вибрация длится до тех пор, пока бетонная смесь не заполнит всех углов куба и ее поверхность не станет горизонтальной.

Продолжительность вибрирования (с) принимают за меру жесткости (удобоукладываемости) бетонной смеси.

Время, необходимое для выравнивания поверхности бетонной смеси в форме, умноженное на коэффициент 1,5 характеризует жесткость бетонной смеси. Литые и подвижные смеси имеют жесткость 0, малоподвижные 15...20, жесткие 30...200 и особо жесткие 200 с.

Применяют сверхжесткие, жесткие и подвижные бетонные смеси (табл. 1). В таблице 2 приводятся требования к подвижности и жесткости бетонной смеси для различных типов конструкций.

Связность бетонной смеси обуславливает однородность строения и свойств бетона. Очень важно сохранить однородность бетонной смеси при перевозке, укладке в форму и уплотнении. При уплотнении подвижных смесей происходит сближение составляющих ее зерен, при этом часть воды отжимается вверх. Уменьшение количества воды затворения при применении пластифицирующих добавок и повышение водоудерживающей способности бетонной смеси путем правильного подбора зернового состава заполнителей является мерами борьбы с расслоением подвижных бетонных смесей.

1 Классификация бетонных смесей

Марка по удобоуклады- ваемости	Норма удобоукладываемости		
	Жесткость, с	Подвижность, см	
		Осадка кону- са	Распływ ко- нуса
Сверхжесткие смеси			
СЖ3	Более 100	—	—
СЖ2	51...100	—	—
СЖ1	50 и более	—	—
Жесткие смеси			
Ж4	31...60	—	—
Ж3	21...30	—	—
Ж2	11...20	—	—
Ж1	5...10	—	—

Подвижные смеси

П1	4 и менее	1...4	–
П2	–	5...9	–
П3	–	10...15	–
П4	–	16...20	26...30
П5	–	21 и более	31 и более

2 Требования к подвижности и жесткости бетонной смеси

Тип конструкций и способ уплотнения бетонной смеси	Жесткость, с	Подвижность, см
Сборные железобетонные с немедленной распалубкой, формуемые на виброплощадках	10...30	–
Перекрытия и стеновые панели, формуемые на виброплощадках	5...10	1...4
Железобетонные плиты, балки, колонны, изготавливаемые с применением наружного или внутреннего вибрирования	2...5	4...8
Железобетонные изделия, формуемые в кассетах	–	4...12
Монолитные густоармированные железобетонные конструкции (бункера, силосы и др.)	–	10...18

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Определение подвижности бетонной смеси

Сначала внутреннюю поверхность конуса вытирают влажной тряпкой и устанавливают на ровную поверхность. На конус надевают воронку, заполняют бетонной смесью до 1/3 высоты и штыкуют металлическим стержнем 25 раз. Диаметр металлического стержня 16 мм, длина 650 мм.

Затем конус заполняют до 2/3 высоты, штыкуют 25 раз, далее заполняют с избытком и опять штыкуют 25 раз. Штыкование производят равномерно от стенок к центру конуса. После уплотнения третьего слоя воронку снимают, металлическим конусом срезают излишек смеси и заглаживают поверхность. Металлический конус поднимают вертикально и устанавливают рядом с бетонным конусом. Разность в высотах металлического и бетонного конуса, измеряемая с точностью до 0,5 см, означает подвижность бетонной смеси. Измерение производят два раза с одним и тем же замесом и по двум результатам вычисляют среднеарифметическое значение подвижности с точностью до 1 см. При этом разница между двумя результатами не должна превышать 2 см. В противном случае готовят новый замес и опыт повторяют до получения необходимых результатов.

Результаты опытов заносят в таблицу 3.

3 Результаты определения подвижности бетонной смеси

№ опыта	Осадка конуса, см	Среднее значение, см	Марка по удобоукладываемости
1			
2			

Если в результате испытания осадка бетонной смеси будет равна нулю, это означает, что она не обладает подвижностью, и поэтому в качестве показателя удобоукладываемости используют жесткость смеси.

2 Определение жесткости бетонной смеси

На лабораторном вибростоле закрепляют металлическую форму 2 размерами $20 \times 20 \times 20$ см, внутрь которой устанавливают стандартный металлический конус 1 со снятыми ручками и заполняют его через воронку бетонной смесью так, как было указано выше (рис. 3, а). Затем осторожно, строго вертикально снимают конус и включают вибростол 3 (рис. 3, б). Вибрирование считается законченным, когда бетонная смесь заполнит все углы металлической формы и поверхность уплотненной смеси будет горизонтальна (рис. 3, в). Время от начала вибрации до этого момента, умноженное на поправочный коэффициент 1,5 выражает жесткость бетонной смеси. Определяют жесткость бетонной смеси с точностью до 5 с. Для одного и того же замеса жесткость смеси определяют два раза и вычисляют среднеарифметическое. При этом разница между значениями двух определений не должна превышать 20 %. В противном случае опыт повторяют с использованием новой пробы бетонной смеси.

Результаты опытов заносят в таблицу 4.

4 Результаты определения жесткости бетонной смеси

№ опы-та	Параметры вибрации	Время работы вибростола, с	Жесткость смеси, с	Среднее значение, с	Марка по жесткости
1					
2					

Лабораторная работа № 2

ТЯЖЕЛЫЙ (ОБЫКНОВЕННЫЙ) БЕТОН

Цель работы: рассчитать состав бетона заданной марки с определенной подвижностью бетонной смеси, изготовить образцы, испытать их через 28 суток и установить соответствие заданной марки с фактически полученной прочностью бетона.

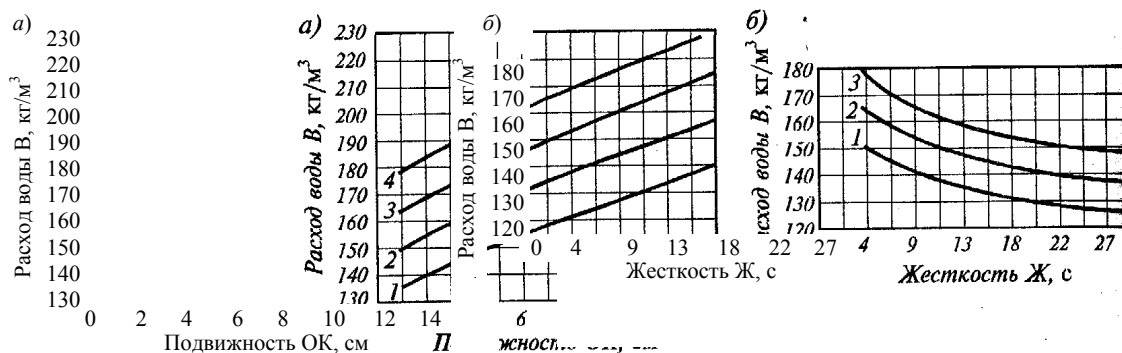
ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Расчет состава бетона заключается в нахождении рационального соотношения между компонентами бетонной смеси.

Для расчета состава бетона необходимо иметь:

- заданную прочность (марку) бетона $R_{28}^{сж}$ (кгс/см²);
- требуемую подвижность или жесткость бетонной смеси ПЖ или ОК;
- характеристики свойств исходных материалов $\rho_{ц}$, $\rho_{н.ц.}$, $\rho_{п}$, $\rho_{н.п.}$, M_k , ρ_k , $\rho_{н.к.}$.

Расчет состава бетона начинают с определения расхода воды, исходя из требуемой подвижности бетонной смеси. Расход воды определяют на основании результатов предварительных испытаний или ориентировочно по графику профессора С.А. Миронова. График представлен на рисунке 4 и составлен для бетонной смеси на гравии при расходе цемента до 400 кг/м³. В случае использования других заполнителей надо вносить соответствующие поправки, указанные в примечании к графику.



Примечание. Расход воды при использовании: мягкого песка увеличить на 10 л; крупного – уменьшить на 10 л; щебня – увеличить на 10 л; пуццоланового цемента – увеличить на 15...20 л.

Рис. 4 Зависимость расхода воды (В) от подвижности бетонной смеси (ОК) или (Ж) при различной крупности гравия:

1 – 70 мм; 2 – 40 мм; 3 – 20 мм; 4 – 10 мм

Расход цемента определяют, исходя из водоцементного отношения, найденного по формуле Боломея-Скрамтаева для бетонов с:

а) $B / Ц \geq 0,4$

$$R_b = A R_{ц} (Ц / B - 0,5); \quad (1)$$

б) $B / Ц < 0,4$

$$R_b = A_1 R_{ц} (Ц / B + 0,5), \quad (2)$$

где R_b – прочность бетона (кгс/см^2), МПа; $R_{ц}$ – активность цемента (кгс/см^2), МПа; A – коэффициент, зависящий от качества заполнителей, значение которого приведено в таблице 5.

$$Ц / B = \frac{R_b}{AR_{ц}} \mp 0,5; \quad Ц / B = 1 / (Ц / B); \quad Ц = B / (B / Ц). \quad (3)$$

5 Значения коэффициента A

Характеристика заполнителей бетона	A	A_1
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

Количество щебня находят при совместном решении уравнений (4) и (5), а песка – по разности из уравнения (4).

$$Ц / \rho_{ц} + П / \rho_{п} + Щ / \rho_{щ} + B / \rho_{в} = 1000, \quad (4)$$

$$Ц / \rho_{ц} + П / \rho_{п} + B / \rho_{в} = (\alpha K_{р.з.} Щ) / \rho_{н.щ}, \quad (5)$$

где $Ц$, $В$, $П$, $Щ$ – масса цемента, воды, песка, щебня в кг на 1 м^3 бетона; $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$, $\rho_{щ}$ – плотность цемента, песка, щебня в кг/дм^3 ; α – пустотность щебня в долях единицы; $\rho_{н.щ}$ – насыпная плотность щебня, кг/дм^3 ; $K_{р.з.}$ – коэффициент раздвижки зерен щебня.

Уравнение (4) основано на том, что сумма абсолютно всех составных частей бетона (л) равна 1000 л в уплотненном состоянии без учета вовлеченного воздуха.

При составлении уравнения (5) исходили из того, что объем цементно-песчаного раствора в бетоне должен быть в принципе равен объему пустот в щебне

$$\alpha = 1 - \frac{\rho_{н.щ}}{\rho_{щ}}.$$

Коэффициент раздвижки зерен щебня ($K_{p.з.}$) показывает избыток растворной части против необходимого ее количества для заполнения пустот в щебне или гравии. Его находят графически (рис. 5) в зависимости от объема цементного теста

$$V_{ц.т} = V_{ц} + V_{в}.$$

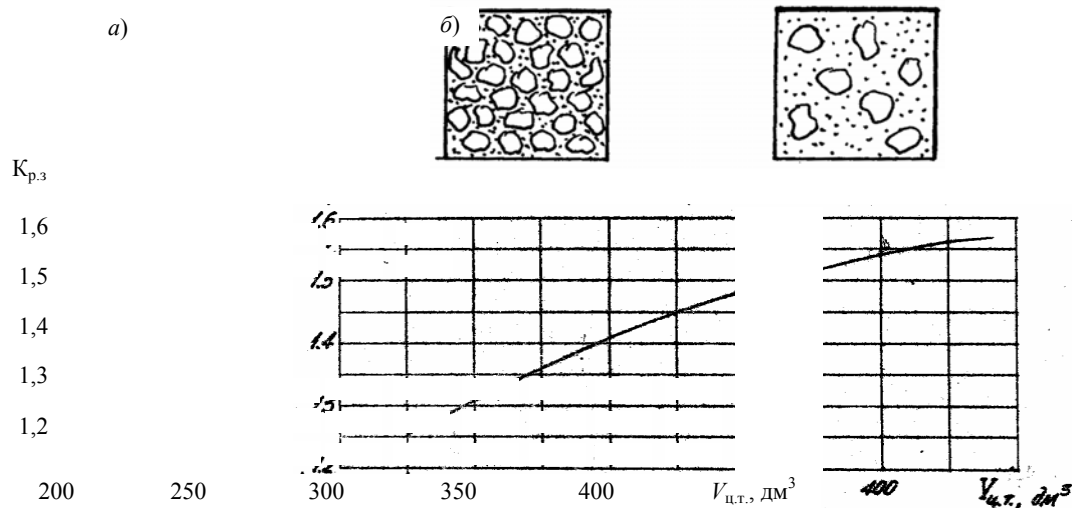


Рис. 5 Влияние коэффициента раздвижки зерен крупного заполнителя на структуру бетона:

$a - K_{p.з.} = 1$; $b - K_{p.з.} > 1,0$

Решая совместно уравнения (4) и (5), получаем формулу для определения количества щебня

$$\text{Щ} = 1000 / (\alpha K_{p.з.} / \rho_{нщ} + 1 / \rho_{щ}). \quad (6)$$

Масса песка составляет

$$\Pi = (1000 - (\text{Щ} / \rho_{ц} + \text{Щ} / \rho_{щ} + B / \rho_{в})) \rho_{п}. \quad (7)$$

Если заполнители влажные, то для перехода от лабораторного состава к рабочему (полевому) делается перерасчет состава с учетом влажности заполнителей.

Исходя из влажности определяют количество воды, содержащейся в заполнителях

$$B_{п} = \Pi \times W_{п} / 100, \quad (8)$$

$$B_{щ} = \text{Щ} \times W_{щ} / 100, \quad (9)$$

где $B_{п}$, $B_{щ}$ — количество воды, содержащейся в песке и щебне, кг; Π , Щ — расход сухих песка и щебня на 1 м^3 бетона, кг; $W_{п}$, $W_{щ}$ — влажность песка и щебня, %.

В заполнителях воды содержится

$$B_{зап} = B_{п} + B_{щ}. \quad (10)$$

Расход влажных песка и щебня определяют по формулам:

$$\Pi_1 = \Pi (1 + W_{п} / 100), \text{ кг}, \quad (11)$$

$$\text{Щ}_1 = \text{Щ} (1 + W_{щ} / 100), \text{ кг}. \quad (12)$$

Тогда расход воды на 1 м^3 бетона составит

$$B_1 = B - B_{\text{зап.}} \quad (13)$$

Расчет состава бетона проверяется на пробном замесе. Объем пробного замеса зависит от количества изготавливаемых образцов. При

изготовлении трех образцов $15 \times 15 \times 15$ см объем составит 12 л, или $10 \times 10 \times 10$ см объем составит 3 л.

При изготовлении пробного замеса корректируется состав, исходя из заданной подвижности или жесткости бетонной смеси.

Если подвижность бетонной смеси пробного замеса получится меньше заданной, то добавляют воду и цемент равными долями, не изменяя водоцементного отношения.

Если подвижность бетонной смеси в пробном замесе получается больше заданной, то в тот же замес добавляют песок и щебень, не меняя отношения П/Щ. Однако не рекомендуется добавлять исходные материалы более, чем по 10 % от первоначальных величин. Если при добавке 10 % не получается требуемая подвижность, делается перерасчет состава бетона с изменением количества цемента и воды.

Из откорректированной бетонной смеси готовят контрольные образцы и затем их испытывают.

Для определения прочности бетона образцы после их изготовления хранят одни сутки в формах, покрытых влажной тканью в помещении с температурой $+20^\circ\text{C}$, после чего их вынимают из форм, маркируют и выдерживают до момента испытания в камере нормального твердения при 20°C и относительной влажности воздуха 95...100 %. Марка бетона по ГОСТу определяется через 28 суток на образцах-кубах. За эталон принимают куб размером $15 \times 15 \times 15$ см. При использовании образцов других размеров производится перерасчет прочности бетона, так как на прочность бетона оказывает влияние масштабный эффект, зависящий от размера испытываемых образцов.

Если испытывают бетон раньше, чем через 28 суток, то для определения марки бетона пользуются логарифмической зависимостью

$$R_n = R_{28} (\lg n / \lg 28) \quad (14)$$

отсюда

$$R_{28} = R_n (\lg 28 / \lg n), \quad (15)$$

где R_n – предел прочности бетона при сжатии в любом возрасте; R_{28} – предел прочности бетона при сжатии в возрасте 28 суток; $\lg n$ – десятичный логарифм срока испытаний в сутках.

Эта формула дает удовлетворительные результаты при $n \geq 3$.

Если фактическая прочность бетона при сжатии отличается от заданной более чем на 15 %, то следует внести коррективы в состав бетона, для повышения прочности увеличить расход цемента, для понижения прочности – уменьшить.

Из вновь рассчитанной смеси изготавливают образцы и испытывают их.

Полученные результаты заносят в таблицу 6.

Таблица 6

Рассчитанный расход Ц, В, П, К, кг					Состав бетона по массе
V	Ц	В	П	К	
1 м ³ 8 дм ³					
<i>Состав откорректированной бетонной смеси</i>					
1 м ³					
8 дм ³					
4 дм ³					

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ

Цель работы: освоить методику определения прочности бетона на сжатие, установление марки бетона.

Определение прочности бетона состоит в измерении минимальных усилий, разрушающих специально изготовленные контрольные образцы бетона при их статическом нагружении с постоянной скоростью роста нагрузки и последующем вычислении напряжений при этих усилиях в предположении упругой работы материалов.

ПОРЯДОК ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

1 Форма, размеры и число образцов

Согласно ГОСТ 10180–90 (СТ СЭВ 3978–83), форма и номинальные размеры образца бетона при испытаниях на сжатие должны быть следующие:

- куб с длиной ребра в мм: 100, 150, 200, 300;
- цилиндр с диаметром d , мм: 100, 150, 200, 300; высотой H , мм, равной $2d$;
- допускается применять кубы с ребром длиной 70 мм и цилиндры диаметром 70 мм.

За базовый следует принимать *образец* с размером рабочего сечения 150×150 мм. Размеры образцов в зависимости от наибольшей номинальной крупности заполнителя в пробе бетонной смеси должны соответствовать указанным значениям.

Наибольший номинальный размер зерен заполнителя, мм	Наименьший размер ребра куба, мм
20 и менее	100
40	150
70	200
100	300

Для испытания конструктивно-теплоизоляционного и теплоизоляционного бетонов класса В5 (М75) и менее на пористых заполнителях (независимо от наибольшей крупности заполнителя) следует применять образцы с наименьшим размером 150 мм. При изготовлении образцов из бетонной смеси должны быть удалены отдельные зерна крупного заполнителя, размер которых превышает более чем в 1,5 раза наибольший номинальный размер заполнителя, указанный в таблице 3, а также все зерна заполнителя размером более 100 мм. При изготовлении образцов с минимальным размером 70 мм максимальная крупность заполнителя не должна превышать 20 мм.

Образцы изготавливают и испытывают сериями. Число образцов в серии (кроме ячеистого бетона) принимают в зависимости от среднего внутрисерийного коэффициента вариации прочности бетона ($\bar{V}_s$, %), определяемого по результатам испытания любых последовательных 30 серий образцов бетона одного класса (марки) не реже одного раза в год. Для этого определяют размах в каждой серии, а также средний размах W_{sj} , МПа и среднюю прочность R_s , МПа, по всем 30 сериям по формуле:

$$W_{sj} = R_{j,\max} - R_{j,\min}, \quad \bar{W}_s = \sum_{j=1}^{30} \frac{W_{sj}}{30},$$

$$R_s = \sum_{j=1}^{30} \frac{R_{sj}}{30}, \quad \bar{V}_a = \frac{\bar{W}_s}{(dR_s)},$$

где $R_{j,\max}$, $R_{j,\min}$ – максимальное и минимальное значение прочности бетона в каждой серии образцов, МПа; R_{sj} , W_{sj} – средняя прочность и размах прочности бетона в каждой серии образцов, МПа; α – коэффициент, принимаемый в зависимости от числа образцов n в серии.

Для ячеистого бетона число образцов в серии принимают равным 3, в остальных случаях согласно данным из таблицы 7.

Таблица 7

Внутрисерийный коэффициент вариации $\bar{V}_s$, %	5 и менее	Более 5, до 8 включительно	Более 8
Требуемое число образцов бетона в серии, шт., не менее	2	3 или 4	6

Отклонения от плоскостности опорных поверхностей кубов, прилегающих к плитам пресса, не должны превышать 0,1 мм. Отклонения от перпендикулярности смежных граней кубов не должны превышать 1 мм.

2 Изготовление образцов

На основании исходных данных, выданных преподавателем, выполняют расчет и подбор состава бетонной смеси для изготовления образцов бетона (лабораторная работа № 2). Объем бетонной смеси должен превышать требуемый для изготовления всех образцов не менее чем в 1,2 раза. Образцы следует изготавливать в проверенных формах, соответствующих требованиям ГОСТ 22685. Перед использованием форм их внутренние поверхности должны быть покрыты тонким слоем смазки, не оставляющим пятен на поверхности образцов и не влияющим на свойства поверхностного слоя бетона.

Укладку и уплотнение бетонной смеси следует производить не позднее, чем через 20 мин после изготовления бетонной смеси.

Формы заполняют бетонной смесью слоями высотой не более 1 см. Каждый слой уплотняют штыкованием стальным стержнем – диаметром 16 мм с закругленным концом. Число нажимов стержня рассчитывают из условия, чтобы один нажим приходился на 10 см² верхней открытой поверхности образца, штыкование выполняют равномерно по спирали от краев формы к ее середине. При подвижности бетонной смеси менее 10 см или жесткости менее 11 с форму с уложенной бетонной смесью жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке и дополнительно уплотняют, вибрируя до полного уплотнения, характеризуемого прекращением оседания бетонной смеси, выравниванием ее поверхности, появлением на ней тонкого слоя цементного теста и прекращением выделения пузырьков воздуха. При изготовлении образцов из бетонной смеси жесткостью 11 с и более на форме закрепляют насадку. Форму с насадкой жестко закрепляют на лабораторной виброплощадке и устанавливают на поверхности смеси пригруз, обеспечивающий давление $4 \pm 0,5$ кПа, и вибрируют до прекращения оседания пригруза плюс дополнительно 5...10 с.

После окончания укладки и уплотнения бетонной смеси в форме верхнюю поверхность образца заглаживают мастерком или пластинкой.

Непосредственно после изготовления образцов на них должна быть нанесена маркировка, которая не должна повреждать образец или влиять на результаты испытаний.

3 Твердение и хранение образцов

Образцы, предназначенные для твердения в нормальных условиях после изготовления до распалубливания хранят в формах, покрытых влажной тканью или другим материалом, исключающим возможность испарения из них влаги, в помещении с температурой воздуха $+20 \pm 5$ °С.

После распалубливания образцы помещают в камеру, обеспечивающую у поверхности образцов нормальные условия ($t = 20 \pm 3$ °С, относительная влажность воздуха 95 ± 5 %). Образцы укладывают так, чтобы расстояние между образцами было не менее 5 мм, площадь контакта образца с подкладками, на которых он установлен не более 30 % площади опорной грани образца. Допускается хранение образцов под слоем влажного песка, опилок или других систематически увлажняемых гигроскопических материалов.

При определении прочности на сжатие образцы распалубливают не ранее, чем через 24 часа для бетонов класса В7,5 (М100) и выше и не ранее, чем через 48...72 часа для бетонов класса В5 (М75) и ниже, а также для бетонов с добавками, замедляющими их твердение в раннем возрасте.

Образцы, предназначенные для твердения в условиях тепловой обработки, должны быть помещены в формы в тепловой агрегат (пропарочную камеру, автоклав и т.п.) и твердеть по принятому режиму. После тепловой обработки образцы распалубливают и испытывают или хранят в нормальных условиях.

Образцы, предназначенные для твердения в условиях аналогичных условиям твердения бетона в монолитных конструкциях, могут твердеть или в формах или в распалубленном виде.

4 Подготовка образцов к испытаниям

До испытания образцы должны быть выдержаны в распалубленном виде в течение 24 часов, если они твердели в воде, и в течение 4 часов, если они твердели в воздушно-влажностных условиях или в условиях тепловой обработки, в помещении с температурой воздуха 20 ± 5 °С и относительной влажностью воздуха не менее 55 %.

Перед испытанием образцы подвергают визуальному осмотру, устанавливая наличие дефектов в виде околов ребер глубиной более 10 мм, раковин диаметром более 10 мм и глубиной более 5 мм (кроме бетона крупнопористой структуры), а также следов расслоения и недоуплотнения бетонной смеси, которые испытанию не подлежат. Наплывы бетона на ребрах опорных граней образцов должны быть удалены напильником или абразивным камнем. Результаты осмотра записывают в журнал испытаний, форма которого прилагается. В случае необходимости фиксируют схему расположения дефектов.

На образцах выбирают и отмечают грани, к которым должны быть приложены усилия в процессе нагружения. Опорные грани кубов выбирают так, чтобы сжимающая сила при испытании была направлена параллельно слоям укладки бетонной смеси в форме. Линейные размеры образцов измеряют с погрешностью не более 1 %, результаты записывают в журнал испытаний. Если образцы изготавливались в формах отвечающих требованиям ГОСТ 22685, то допускается не измерять линейные размеры, а принимать их равными номинальным.

Определяют отклонения от плоскостности и перпендикулярности смежных граней образцов-кубов, если это необходимо, с помощью специальных устройств по ГОСТ 10180–90. При необходимости, выравнивают опорные грани кубов, применяя при этом шлифование или нанесение слоя быстротвердеющего материала толщиной не более 3 мм и прочностью к моменту испытания не менее половины ожидаемой прочности образца бетона. Затем образцы взвешивают с целью определения их средней плотности.

5 Проведение испытаний

Все образцы одной серии должны быть испытаны в расчетном возрасте в течение не более 1 ч. Перед установкой образца на пресс или испытательную машину удаляют частицы бетона, оставшиеся от предыдущего испытания на опорных плитах пресса.

Шкалу силоизмерителя испытательной машины выбирают из условия что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20...80 % максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой.

На нижнюю опорную плиту испытательной машины центрально относительно его продольной оси используя риски, нанесенные на плиту пресса, дополнительные стальные плиты или специальное центрирующее устройство, устанавливают образцы кубов.

Нагружение производят непрерывно со скоростью обеспечивающей повышение расчетного напряжения в образце до его полного разрушения в пределах ($0,6 \pm 0,4$ МПа/с), время нагружения при этом одного образца должно быть не менее 30 с.

Максимальное усилие, достигнутое в процессе испытания, принимают за разрушающую нагрузку и записывают его в журнал испытаний.

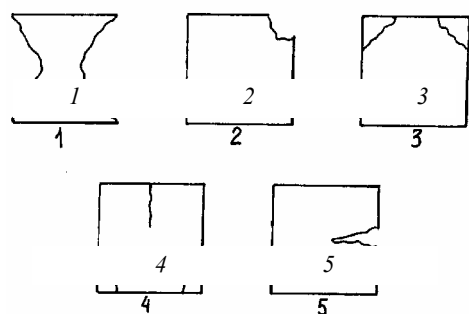


Рис. 6 Характер разрушения при испытаниях на сжатие образцов-кубов:

1 – нормальное; 2, 3, 4, 5 – дефектное

Разрушенный образец подвергают визуальному осмотру и отмечают в журнале испытаний: характер разрушения, наличие крупных (объемом более 1 см^3) раковин, каверн внутри образца, наличие зерен заполнителя размером более $1,5d_{\text{max}}$, комков глины, следов расслоения. Результаты испытаний образцов, имеющих перечисленные дефекты структуры и характер разрушения не учитывают. На рисунке 6 приведены нормальная и дефектные схемы разрушения образцов-кубов.

6 Обработка и оценка результатов испытаний

Прочность бетона, МПа (кг/см^2), следует вычислять с точностью до 0,1 МПа (1 кгс/см^2) при испытаниях на сжатие для каждого образца по формуле

$$R = \alpha \frac{F}{A} K_W,$$

где F – разрушающая нагрузка, Н (кгс); A – площадь рабочего сечения образца, см^2 ; α – масштабный коэффициент для приведения прочности образцов испытываемых к прочности бетона в образцах базового размера и формы; K_W – поправочный коэффициент для ячеистого бетона, учитывающий влажность образцов в момент испытания. Для других видов бетонов K_W равен единице.

Значение масштабных коэффициентов α следует определять экспериментально по ГОСТ 10180–90, допускается определять эти значения по таблице 8.

Таблица 8

Форма и размеры образцов, мм	Куб (ребро)	70	100	150	200	300
Сжатие, α	Всех видов бетонов, (кроме ячеистого)	0,85	0,95	1,00	1,05	1,10

Для ячеистого бетона со средней плотностью менее 400 кг/м^3 $\alpha = 1,0$ независимо от размеров и формы образцов, при средней плотности 400 кг/м^3 и более $\alpha = 0,90$ для кубов с ребром длиной 70 мм и $\alpha = 0,95$ для кубов с ребром длиной 100 мм.

Значения коэффициента K_W для ячеистого бетона принимают по таблице 9, при промежуточных значениях влажности бетона коэффициент K_W определяют по линейной интерполяции.

Таблица 9

Влажность ячеистого бетона по массе в момент испытания W , %	0	5	10	15	20	25 и более
Поправочный коэффициент K_W	0,8	0,9	1,0	0,0 5	1,1 0	1,15

Прочность бетона (кроме ячеистого) в серии образцов определяют как среднее арифметическое значение в серии из двух образцов – по двум образцам; из трех образцов – по двум наибольшим по прочности образцам. Результаты испытания серии из двух образцов при отбраковке одного образца не учитывают.

Результаты испытаний (табл. 10) записывают в журнал по следующей форме.

10 Журнал испытаний (заводская форма)

Дата изготовления образца и номер смены	
Маркировка серии образцов	
Наименование контролируемых конструкций или номер состава	
Проектный класс, марка	
Отпускная и передаточная прочность, МПа	
Средняя плотность кг/м^3 (для легких и ячеистых бетонов)	
Удобоукладываемость бетонной смеси ОК (см), ПЖ (с)	
Ф.И.О. лица изготовившего образцы	
Дата испытаний	
Масса образца, г	
Размеры образца, см	
Средняя плотность образца в момент испытания, кг/м^3	
Номер испытательной машины, шкала	
Показания силоизмерителя испытательной машины	
Разрушающая нагрузка, кН (кгс)	
Прочность бетона, приведенная к базовому размеру образца НПа (с учетом K для ячеистого бетона) МПа	
Средняя влажность (для легкого и ячеистого бетона) в серии, % по массе	
Средняя плотность в сухом состоянии (для легкого и ячеистого бетона)	
Средняя прочность серии образцов, МПа	
Примечания	

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА

Для проектирования состава бетона необходимо знать следующее:

- марку бетона и срок, к которому она должна быть достигнута;
- вид и назначение (условия эксплуатации) конструкции, условия уплотнения бетона;
- удобоукладываемость бетонной смеси, выраженную осадкой стандартного конуса в сантиметрах или показателем жесткости в секундах;
- зерновой состав заполнителей;
- истинную и насыпную плотность цемента и заполнителей в сухом состоянии, насыпную плотность заполнителей в естественном состоянии, а также влажность заполнителей.

Проектирование состава бетона начинают с оценки характеристик материалов, используемых для изготовления бетона.

Рациональную марку цемента определяют в зависимости от марки бетона (по прочности на сжатие) по таблице 11.

Таблица 11

Марка бетона	M15 0	M20 0	M25 0	M30 0	M35 0	M40 0	M45 0	M50 0	M60 0
Марка цемента	300	300–400	300–400	400–500	400–500	500–600	500–600	500–600	600

При необходимости применения цемента высокой активности для бетонов низких марок следует применять тонкомолотые минеральные добавки: доменный гранулированный шлак, золу ТЭС, известняк, каменную муку и др. Количество добавки рассчитывают в зависимости от активности имеющегося цемента.

Вид цемента назначают с учетом условий работы конструкций. В частности, при нормальных условиях эксплуатации – внутри зданий и на открытом воздухе, когда коррозионные воздействия исключены, рекомендуется использовать портландцемент или портландцемент с минеральными добавками, допускается также применение шлакопортландцемента. При наличии коррозионных воздействий следует использовать специальные цементы: сульфатостойкий портландцемент, пуццолановый портландцемент и др.

Истинную и насыпную плотность цемента можно принимать в пределах, указанных в таблице 12.

Таблица 12

Вид цемента	Истинная плотность, $\rho_{\text{ист.}}$, г/см ³	Насыпная плотность, $\rho_{\text{н.}}$, кг/м ³
Портландцемент и некоторые его разновидности (гидрофобный, пластифицированный, сульфатостойкий)	3,0...3,3	1000...1400
Шлакопортландцемент	2,8...3,1	1100...1400

Для оценки характеристик заполнителей необходимо определить соответствие их зернового состава требованиям стандарта, а также вычислить крупность песка и наибольшую крупность гравия или щебня.

С этой целью отдельно для мелкого и крупного заполнителя по данным о частных остатках на ситах находят полные остатки A_i %, равные сумме частных остатков на данном сите и на всех ситах крупнее данного. По найденным полным остаткам строят кривые просеивания песка и щебня (гравия), которые сопоставляют с требованиями стандартов (рис. 7 и 8).

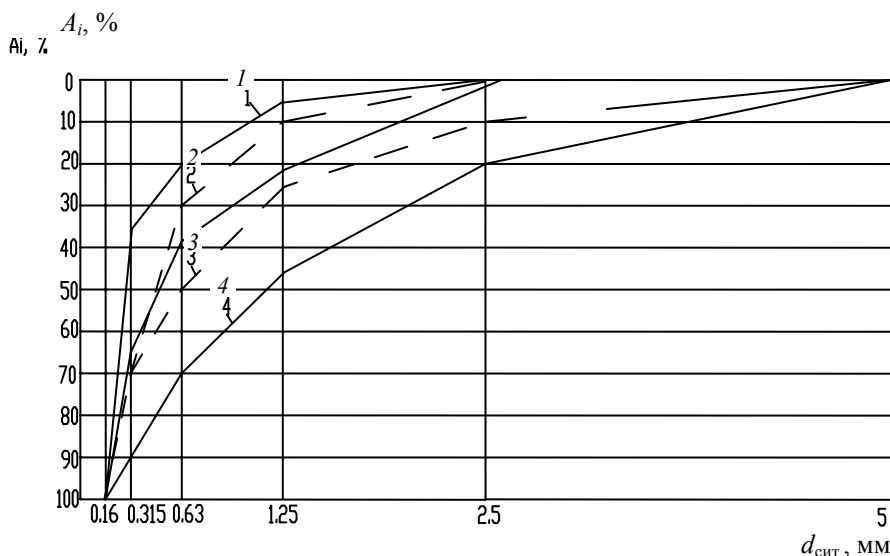


Рис. 7 График зернового состава песка:

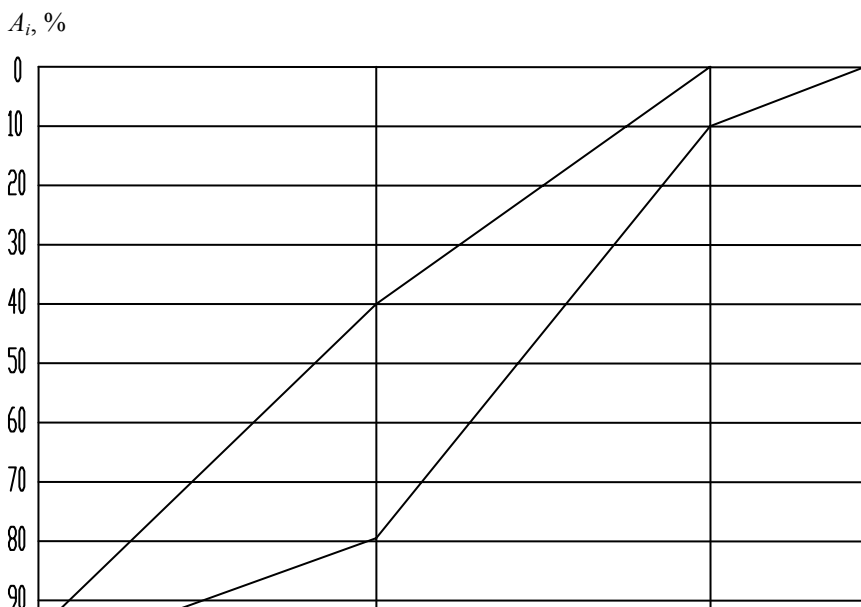
- 1 – допустимая нижняя граница крупности песка ($M_k = 1,5$); 2 – рекомендуемая нижняя граница крупности песка ($M_k = 2,0$) для бетонов марки М200 и выше;
3 – рекомендуемая нижняя граница ($M_k = 2,5$) для бетонов марки М350 и выше;
4 – допускаемая верхняя граница крупности

Следует иметь ввиду, что построения кривой просеивания крупного заполнителя необходимо предварительно вычислить его наибольшую крупность. Наибольшая крупность D характеризуется размером отверстий сита, полный остаток на котором еще не превышает 10 %, а наименьшая крупность d – размером отверстий первого из сит, полный остаток который составляет не менее 95 % массы просеиваемой пробы.

Вычисленную наибольшую крупность заполнителя надо сопоставить с размерами сечения конструкции. При бетонировании железобетонных балок, колонн, рам наибольший размер зерен должен быть не более $\frac{3}{4}$ наименьшего расстояния в свету между стержнями арматуры, а для конструкций в виде плит – не более $\frac{1}{2}$ толщины плиты.

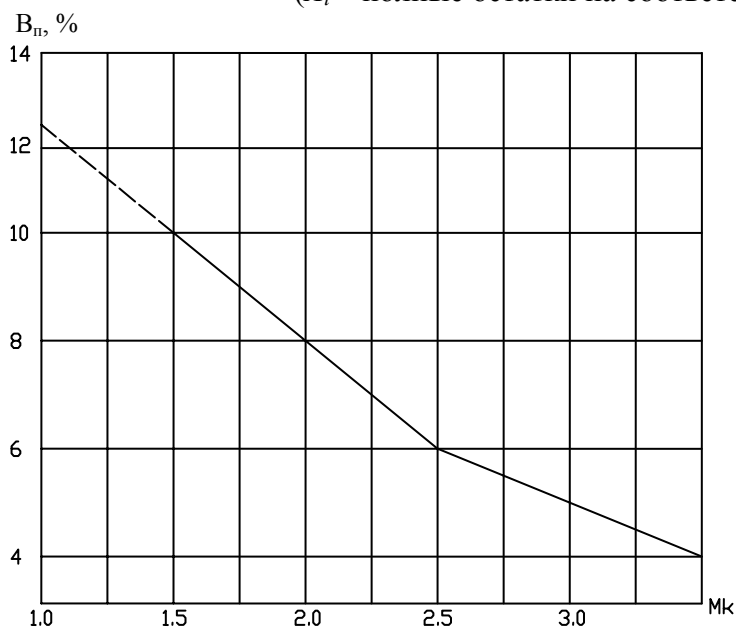
Для оценки крупности песка вычисляют безразмерный показатель – модуль крупности M_k

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



d
 $0,5 (D + d)$
 D
 $1,25D$
 мм

Рис. 8 График зернового состава крупного заполнителя
 (A_i – полные остатки на соответствующих ситах, %)



M_k

Рис. 9 Водопотребность песка в зависимости от модуля крупности

От крупности песка зависит его водопотребность в бетоне B_p ; значение B_p находят по рис. 9.

Из формул прочности бетона определяют цементно-водное отношение, необходимое для получения заданной марки бетона.

Формулы прочности имеют вид:

$$R_6 = AR_{ц}(\frac{Ц}{В} - 0,5), \quad \text{при } \frac{Ц}{В} \leq 2,5, \quad \frac{В}{Ц} \geq 0,4 \quad (2)$$

$$R_6 = A_1 R_{ц}(\frac{Ц}{В} + 0,5), \quad \text{при } \frac{Ц}{В} > 2,5, \quad \frac{В}{Ц} < 0,4 \quad (3)$$

где R_6 – заданная марка бетона в возрасте 28 суток; $R_{ц}$ – активность (марка) цемента или смешанного вяжущего; A и A_1 – коэффициенты, учитывающие качество заполнителей (табл. 13).

Из формул (2) и (3) находят Ц/В.

$$\text{Для Ц/В} \leq 2,5 \text{ имеем} \quad \text{Ц/В} = \frac{R_6}{AR_{ц}} + 0,5, \quad (4)$$

$$\text{а для Ц/В} > 2,5 \quad \text{Ц/В} = \frac{R_6}{A_1 R_{ц}} - 0,5. \quad (5)$$

Таблица 13

Характеристика заполнителей бетона	A	A_1
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

П р и м е ч а н и е. *Высококачественные материалы:* щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности и портландцемент высокой активности; заполнитель чистый, промытый, фракционированные, с оптимальным зерновым составом смеси фракций. *Рядовые материалы:* заполнители среднего качества, в том числе гравий, отвечающие требованиям стандарта, портландцемент средней активности и высокомарочный шлакопортландцемент. *Материалы пониженного качества:* крупный заполнитель низкой активности и мелкие пески, цементы низкой активности.

Далее рассчитывают водоцементное отношение

$$\text{В/Ц} = \frac{1}{\text{Ц/В}}. \quad (6)$$

При определении состава бетона для конструкций работающих в нормальных условиях эксплуатации принимают рассчитанное водоцементное отношение, которое обеспечивает требуемую прочность бетона. Однако в ряде случаев к конструкциям могут предъявляться дополнительные требования – по морозостойкости, водонепроницаемости, стойкости в агрессивных средах и т.п.

Введение таких требований преследует цель обеспечить необходимую долговечность бетона путем повышения его плотности. Плотность бетона в первом приближении находится в обратной зависимости от водоцементного отношения. Поэтому при расчете состава бетона, работающего в специфических условиях, необходимо учесть ограничения В/Ц из условий прочности и долговечности.

Расход воды определяют в зависимости от требуемой удобоукладываемости смеси и крупности заполнителя по табл. 14.

Окончательный расход воды рассчитывают, вводя поправку на водопотребность песка ($B_{п}$)

$$B = B_{\text{табл}} + (B_{п} - 7) \cdot 5 \text{ кг}, \quad (7)$$

где $B_{\text{табл}}$ – расход воды, определяемый по табл. 14; $B_{п}$ – водопотребность песка, определяемая по рис. 9.

Осад- ка ко- нуса, ОК, см	Пока- затель жест- кости, ПЖ, с	Расход воды на 1 м ³ бетона, кг, при наибольшей крупности							
		Гравия, мм				Щебня, мм			
		10	20	40	70	10	20	40	70
–	40...50	15	13	12	12	16	15	13	13
–	25...30	0	5	5	0	0	0	5	0
–	15...20	16	14	13	12	17	16	14	14
–	10...15	0	5	0	5	0	0	5	9
2...4	–	16	15	13	13	17	16	15	14
5...7	–	5	0	5	0	5	5	0	5
8...10	–	17	16	14	14	18	17	16	15
10...12	–	5	0	5	0	5	5	0	5
12...16	–	19	17	16	15	20	19	17	17
16...20	–	0	5	0	5	0	0	5	0
		20	18	17	16	21	20	18	18
		0	5	0	5	0	0	5	0
		20	19	17	17	21	20	19	18
		5	0	5	0	5	5	0	5
		21	20	19	18	22	21	20	19
		5	5	0	0	5	5	0	0
		22	21	19	18	23	22	20	19
		0	0	7	5	0	0	7	5
		22	21	20	19	23	22	21	20
		7	8	3	2	7	8	3	2

П р и м е ч а н и е: 1 Табличные данные справедливы для бетона, изготовляемого на песке средней крупности с водопотребностью $V_{\text{п}} = 7\%$.

2 В случае применения пуццоланового портландцемен-та расход воды увеличивают на 15...20 кг.

3 При расходе цемента свыше 400 кг расход воды уве-личивают на 1 кг на каждые 10 кг цемента сверх 400 кг.

Формула учитывает изменение расхода воды при использовании песков с водопотребностью, отличающейся от 7 % (поправка на расход воды в бетонной смеси составляет 5 кг на каждый процент изме-нения водопотребности песка).

Определив расход воды и взяв из формул (4) – (6) значения Ц/В, или В/Ц, вычисляют расход цемен-та по формулам

$$\text{Ц} = \text{В} \cdot \text{Ц/В} \quad \text{или} \quad \text{Ц} = \text{В} : \text{В/Ц}. \quad (8)$$

Если расход цемента на 1 м³ бетона окажется меньше допустимого по нормам (табл. 15), то следует увеличить его до требуемой нормы, сохранив прежнее Ц/В. Расход воды при этом пересчитывают, ис-ходя из увеличенного расхода цемента.

Расчет заполнителей определяют опираясь на следующие предположения:

а) объем плотно уложенного бетона, принимаемый в расчете равным 1 м³ или 1000 дм³, без учета воздушных пустот складывается из объема зерен мелкого и крупного заполни-телей и объема цементного теста, заполняющего пустоты между зернами заполнителей. Это положение выражается уравнением абсолютных объемов

$$\text{Ц}/\rho_{\text{ц}} + \text{В}/\rho_{\text{в}} + \text{П}/\rho_{\text{п}} + \text{К}/\rho_{\text{к}} = 1000; \quad (9)$$

Условия работы конструкций	Минимально допустимый расход цемента, кг/м ³ , при уплотнении бетона	
	с вибрацией	без вибрации
Бетон находящийся в соприкосновении с водой, подверженный частому замораживанию и оттаиванию	240	265
Бетон, не защищенный от атмосферных воздействий	220	250
Бетон, защищенный от атмосферных воздействий	200	220

б) пустоты между зернами крупного заполнителя должны быть заполнены цементно-песчаным раствором с некоторой раздвижкой зерен.

Это положение записывается уравнением

$$\frac{Ц}{\rho_{ц}} + \frac{П}{\rho_{п}} + \frac{В}{\rho_{в}} = \frac{К}{\rho_{н.к.}} \alpha_{к} K_{р.з.}, \quad (10)$$

где Ц, В, П, К – расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя, кг; $\rho_{ц}$, $\rho_{п}$, $\rho_{в}$, $\rho_{к}$ – плотность этих материалов, кг/дм³; $\rho_{н.к.}$ – насыпная плотность крупного заполнителя, кг/дм³; $\alpha_{к}$ – пустотность крупного заполнителя в насыпном состоянии в долях единицы объема, вычисляемая по формуле

$$\alpha_{к} = 1 - \rho_{н.к.} / \rho_{к},$$

$K_{р.з.}$ – безразмерный коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором.

Решая совместно уравнения (9) и (10), получим формулы для определения расхода крупного заполнителя:

$$К = \frac{1000}{\frac{\alpha_{к} k_{р.з.}}{\rho_{н.к.}} + \frac{1}{\rho_{к}}}, \quad \text{кг} \quad (11)$$

и песка

$$П = [1000 - (Ц/\rho_{ц} + В/\rho_{в} + П/\rho_{п} + К/\rho_{к})] \cdot \rho_{п}, \quad \text{кг}. \quad (12)$$

Для жестких бетонных смесей, характеризующихся показателем жесткости, значения $k_{р.з.}$ в формуле (10) принимают равными 1,05...1,15 в среднем 1,1.

Для пластичных бетонных смесей, характеризующихся осадкой конуса, значения $k_{р.з.}$ следует назначать с учетом водопотребности песка. Вначале определяют исходное значение коэффициента раздвижки зерен $k_{р.з.}$ (рис. 10), причем абсолютный объем цементного теста вычисляют по формуле

$$V_{ц.т.} = Ц/\rho_{ц} + В/\rho_{в.}$$

Затем находят $k_{р.з}$ из выражения

$$k_{р.з} = k'_{р.з} + (7 - B_{п}) \cdot 0,03. \quad (13)$$

На этом заканчивается расчет состава бетона. Расходы цемента, воды, крупного и мелкого заполнителей выписывают отдельно. При сложении их получают среднюю плотность бетонной смеси в кг/м³.

Состав бетона удобно представить в относительных единицах по массе или объему. За единицу при этом принимают массу (объем) цемента, выражая количество других компонентов по отношению к цементу.

Состав бетона по массе

$$\frac{Ц}{Ц} : \frac{В}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{К}{Ц} = 1 : \frac{В}{Ц} : \frac{П}{Ц} : \frac{К}{Ц},$$

где Ц, В, П, К – расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя в кг на 1 м³ бетона.

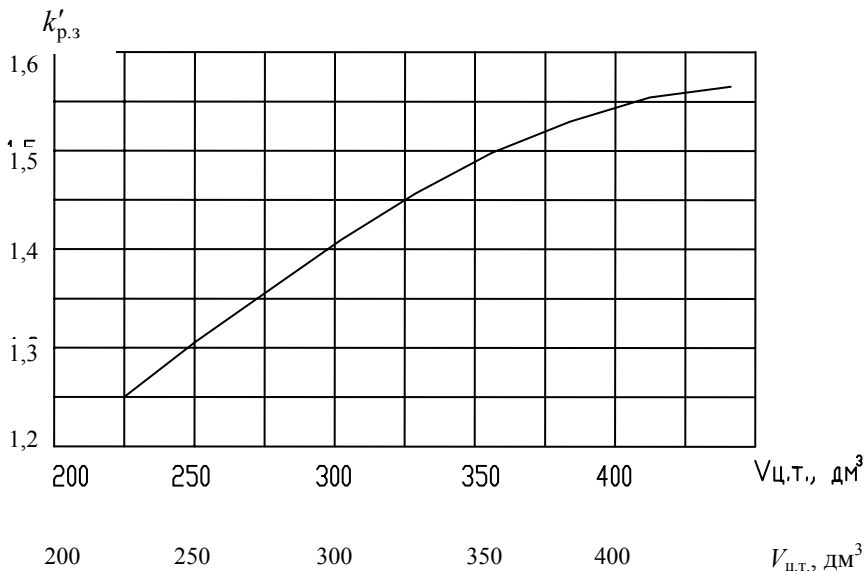


Рис. 10 Значения $k'_{р.з}$ для пластичных бетонных смесей, изготавливаемых с применением песка крупности ($B_{п} = 7\%$)

Состав бетона по объему

$$\frac{V_{ц}}{V_{ц}} : \frac{V_{п}}{V_{ц}} : \frac{V_{к}}{V_{ц}} = 1 : \frac{V_{п}}{V_{ц}} : \frac{V_{к}}{V_{ц}},$$

где $V_{ц} = Ц/\rho_{н.ц}$; $V_{п} = П/\rho_{н.п.}$; $V_{к} = К/\rho_{н.к.}$. Здесь все обозначения прежние. При выражении состава бетона по объему В/Ц указывают отдельно по массе.

Расчет состава бетона производят исходя из условия, что заполнители находятся в сухом состоянии. Полученный состав бетона называют лабораторным. В действительности песок и крупный заполнитель всегда содержит некоторое количество воды, что необходимо учитывать при назначении рабочего состава бетона. В этом случае определяют влажность заполнителей и учитывают содержащуюся в них воду при дозировке компонентов (масса заполнителей будет несколько больше, чем в лабораторном составе, а воды настолько же меньше).

При назначении дозировки материалов на замес бетономешалки следует учитывать, что объем готовой бетонной смеси будет меньше суммарного объема исходных компонентов вследствие уплотнения смеси при перемешивании

$$\beta = \frac{1000}{V_{\text{ц}} + V_{\text{п}} + V_{\text{к}}}. \quad (14)$$

Коэффициент выхода бетона всегда меньше единицы и находится в пределах 0,6...0,75 в зависимости от пустотных заполнителей и состава бетона. Зная коэффициент выхода бетона, можно рассчитать дозировку материалов в рабочем состоянии) на замес бетономешалки:

$$Ц_{\text{в}} = \frac{\beta V}{1000} Ц; \quad В_{\text{в}} = \frac{\beta V}{1000} В; \quad П_{\text{в}} = \frac{\beta V}{1000} П; \quad К_{\text{в}} = \frac{\beta V}{1000} К,$$

где $Ц_{\text{в}}$, $В_{\text{в}}$, $П_{\text{в}}$, $К_{\text{в}}$ – расход цемента, воды, песка и крупного заполнителя на замес бетономешалки вместимостью V , кг; $Ц$, $В$, $К$ – расход цемента, воды, и крупного заполнителя на 1 м³ бетона, кг.

При производстве работ в зимнее время, в соответствии с техническими условиями для обеспечения нормального набора прочности в начальные сроки твердения бетона требуется подогревать бетонные смеси до определенной положительной температуры. Цемент обычно не нагревают. Вода подогревается до наиболее высокой температуры (60...80 °С), значения которой также задаются. Температуру нагрева заполнителей можно непосредственно определить из уравнения теплового баланса, которое составляется из условия, что тепло от остывания воды до температуры бетонной смеси передается цементу и заполнителям. При этом могут быть два случая: заполнители нагревают до одинаковой или разной температуры. В первом случае температура подогрева определяется сразу из уравнения

$$c_{\text{в}} В (t_{\text{в.п}} - t_{\text{б.с}}) = c_{\text{ц}} Ц (t_{\text{б.с}} - t_{\text{н.ц}}) + c_3 (П + К) (t_{\text{б.с}} - t_3),$$

где $c_{\text{в}}$, $c_{\text{ц}}$, c_3 – соответственно удельные теплоемкости воды, цемента и заполнителя, для практических целей можно принять, что

$$c_{\text{ц}} = c_3 = 0,84 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°С)}, \quad c_{\text{в}} = 4,2 \text{ кДж/(кг} \cdot \text{°С)},$$

$t_{\text{в.п}}$ – температура, до которой подогревают воду, °С; $t_{\text{б.с}}$ – заданная температура бетонной смеси, °С; $t_{\text{н.ц}}$ – начальная температура цемента, °С; t_3 – определяемое значение температуры подогрева заполнителей, °С;

Для упрощения вычислений можно вместо $В$, $Ц$, $П$ и $К$ подставить в уравнение теплового баланса соответствующие им части из выражения состава бетона в относительных единицах по массе.

В случае подогрева заполнителей до разных температур уравнение принимает следующий вид

$$c_{\text{в}} В (t_{\text{в.п}} - t_{\text{б.с}}) = c_{\text{ц}} Ц (t_{\text{б.с}} - t_{\text{н.ц}}) + c_{\text{п}} П (t_{\text{б.с}} - t_{\text{п}}) + c_{\text{к}} К (t_{\text{б.с}} - t_{\text{к}}),$$

где $t_{\text{п}}$, $t_{\text{к}}$ – определяемые температуры подогрева песка и крупного заполнителя, °С.

Многие важные свойства бетона – морозостойкость, водонепроницаемость, коррозионная стойкость – тесно связаны с особенностями структуры, в частности, с пористостью бетона. В плотно уложенном бетоне поры образуются в основном вследствие испарения свободной воды. Размеры возникающих пор неодинаковы. Отрицательно влияют на перечисленные выше свойства бетона макропоры, размер которых более 10⁻⁵ см.

Более мелкие поры, заполненные адсорбционно связанной с цементным гелем водой, не оказывают вредного влияния на морозостойкость и водонепроницаемость бетона. Поэтому для оценки этих свойств бетона важно знать его макропористость, которую можно вычислить следующим образом. Цемент связывает химически (считая от массы цемента) воды ω и примерно столько же адсорбционно в микропорах геля. Следовательно, общее количество воды, связанной цементом, будет 2ω . Объем макропор (капиллярных) $П_{\text{к}}$, %, образованных несвязанной водой, определяют по формуле

$$П_{\text{к}} = \frac{В - 2\omega Ц}{1000} 100, \quad \%, \quad (15)$$

где B – расход воды затворения на 1 м^3 бетона, кг; ω – относительное количество воды, связанной цементом, в долях единицы; Π – расход цемента на 1 м^3 бетона, кг. Общую пористость бетона Π_6 рассчитывают по формуле

$$\Pi_6 = \frac{B - \omega \Pi}{1000} 100, \%. \quad (16)$$

Например, в бетоне 28-суточного возраста портландцемент химически связывает примерно 15 % (0,15) воды по массе. При расходе цемента 300 кг $B/\Pi = 0,6$ макропористость бетона составит (расход воды примем равным 180 кг)

$$\Pi_k = 180 - 2 \cdot 0,15 \cdot 300 : 10 = 9 \%,$$

а общая пористость (с учетом испарения вода из микропор)

$$\Pi_6 = 180 - 0,15 \cdot 300 : 10 = 13,5 \%.$$

Макропористость можно уменьшить снижением B/Π , что достигается комплексом средств: тщательным подбором зернового состава заполнителей с минимальным количеством мелких частиц, применением пластифицированных или гидрофобных цементов, добавок поверхностно-активных веществ, интенсивным уплотнением бетонной смеси.

ДОМАШНЕЕ ЗАДАНИЕ ПО РАСЧЕТУ СОСТАВА БЕТОНА

Определить и рассчитать

- 1 Вид и марку цемента в зависимости от марки бетона.
- 2 Соответствие зернового состава песка и крупного заполнителя требованиям стандарта. Модуль крупности и водопотребность песка. Соответствие наибольшей крупности заполнителя размерам сечения конструкции (табл. 16, 17).
- 3 Цементно-водное отношение. Вычислить B/Π .
- 4 По графику или таблице водопотребности бетонной смеси определить расход воды на 1 м^3 бетона. Рассчитать расход цемента. Полученный расход цемента сопоставить с минимально допустимым.
- 5 Расход материалов на 1 м^3 бетона, исходя из необходимости получить плотную смесь; установить среднюю плотность бетонной смеси (табл. 18).
- 6 Состав бетона в относительных единицах по массе и по объему.
- 7 Изменение дозировки материалов с учетом влажности песка и крупного заполнителя. Рабочий состав бетона в относительных единицах (табл. 18).
- 8 Коэффициент выхода бетона рабочего состава и объем бетона, полученного в одном замесе бетономешалки вместимостью $V \text{ дм}^3$ (табл. 16).
- 9 Дозировку материалов (в рабочем состоянии) на замес бетономешалки.
- 10 Температуру подогрева материалов для получения бетонной смеси с температурой T °C (табл. 19).
- 11 Изменение расхода цемента по сравнению с составом п. 5, если:
 - а) на строительство поступил портландцемент марки R_d (табл. 19) при условии, что расход воды в бетоне остается тем же;
 - б) прочность бетона должна быть достигнута в возрасте τ_1 и τ_2 дней (табл. 19), а не 28 дней, как было указано в условии задания. Задание п. 11, а и 11, б решают отдельно.
- 12 Пористость бетона в возрасте τ_1 дней нормального твердения, учитывая, что к этому сроку масса химически связанной воды составит химически связанная масса цемента (табл. 19).

Таблица 17

Вариант	Частные осадки, % на ситах с размером отверстий, мм										
	Щебень (гравий)					Песок					
	70	40	20	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	остаток
1	—	—	55	20	25	15	15	30	25	15	—
2	10	5	35	23	27	24	16	27	20	10	3
3	—	—	15	44	41	5	15	22	44	14	—
4	—	5	50	30	15	1	20	18	36	25	—
5	—	4	40	30	26	4	11	32	30	3	20
6	5	15	32	40	8	13	20	25	27	10	5
7	—	2	25	43	30	8	16	22	24	20	10
8	—	—	53	20	27	12	32	28	20	4	4
9	2	20	8	40	30	5	35	30	15	10	5
10	—	3	50	15	32	20	20	20	20	20	—
11	3	12	50	20	15	15	15	30	30	10	—
12	—	8	22	50	20	25	20	35	10	5	5
13	—	8	22	50	20	25	20	35	5	10	5
14	—	50	20	15	15	20	10	30	20	10	10
15	—	—	60	28	12	10	23	25	31	11	—
16	—	11	69	10	10	25	10	25	15	15	10
17	—	2	25	45	28	16	22	20	30	8	4
18	—	2	25	45	28	16	22	20	26	12	4
19	—	5	3	62	30	10	10	15	20	45	—
20	—	4	60	30	6	20	25	17	25	13	—

21	–	55	15	23	7	5	35	30	20	10	–
22	–	55	15	20	10	5	35	30	20	5	5
23	–	2	25	43	30	16	22	20	26	10	6
24	–	–	4	54	42	15	12	18	25	15	15
25	5	20	4	29	42	15	12	18	25	25	5
26	–	–	65	25	10	10	20	30	20	20	–
27	3	39	28	23	7	3	6	21	33	30	7
28	–	5	35	40	20	25	25	20	20	5	5
29	–	4	50	30	16	15	25	20	13	25	2
30	–	4	50	16	30	20	20	20	20	10	10
31	–	8	22	40	30	5	25	35	20	10	5
32	–	56	24	10	10	12	20	22	30	16	–
33	–	1	51	40	8	13	20	25	27	15	–
34	–	4	50	16	30	20	20	20	20	5	15
35	–	5	30	30	35	20	20	20	10	20	10
36	–	–	65	20	15	10	20	30	19	20	1
37	–	4	40	30	26	15	32	15	18	17	3
38	–	5	55	20	20	10	20	20	23	20	7
39	7	28	30	20	15	10	15	28	25	20	2
40	–	–	65	20	15	10	20	30	15	20	5

Таблица 18

Вариант	Плотность кг/дм ³		Насыпная плотность, кг/дм ³				Влажность по массе, %	
	Песок (П)	Щебень (Щ)	П _{сух.}	Щ _{сух.}	П _{вл.}	Щ _{вл.}	П	Щ
1	2,64	2,68	1,47	1,56	1,41	1,62	3	1
2	2,65	2,68	1,59	1,43	1,52	1,47	6	2
3	2,62	2,65	1,44	1,50	1,39	1,53	3	1
4	2,64	2,71	1,57	1,53	1,53	1,57	4	2
5	2,64	2,65	1,42	1,50	1,39	1,56	5	2
6	2,62	2,65	1,56	1,42	1,51	1,45	4	1
7	2,68	2,65	1,58	1,48	1,51	1,56	7	2
8	2,65	2,67	1,65	1,35	1,55	1,41	4	1
9	2,67	2,70	1,53	1,56	1,48	1,60	5	2
10	2,64	2,69	1,60	1,55	1,52	1,58	5	2
11	2,61	2,65	1,49	1,54	1,41	1,58	7	3
12	2,62	2,65	1,44	1,50	1,40	1,56	3	1
13	2,70	2,65	1,45	1,50	1,39	1,53	4	2
14	2,62	2,71	1,56	1,51	1,50	1,54	6	3
15	2,65	2,69	1,56	1,54	1,49	1,57	4	1
16	2,64	2,68	1,59	1,57	1,53	1,60	8	4
17	2,63	2,70	1,45	1,39	1,39	1,42	7	3
18	2,66	2,61	1,45	1,31	1,40	1,36	6	3
19	2,64	2,70	1,51	1,57	1,44	1,60	6	2
20	2,64	2,70	1,53	1,46	1,48	1,50	4	3
21	2,64	2,70	1,57	1,46	1,48	1,50	7	3
22	2,64	2,70	1,57	1,48	1,48	1,53	5	3
23	2,66	2,75	1,55	1,41	1,49	1,44	6	2
24	2,64	2,65	1,56	1,42	1,52	1,46	5	3
25	2,63	2,65	1,56	1,42	1,52	1,46	4	2

26	2,65	2,70	1,50	1,35	1,45	1,39	4	3
27	2,62	2,65	1,63	1,42	1,55	1,46	4	2
28	2,65	2,70	1,55	1,53	1,48	1,56	5	2
29	2,59	2,65	1,47	1,56	1,43	1,60	5	2
30	2,64	2,69	1,60	1,55	1,50	1,58	5	2
31	2,67	2,70	1,55	1,48	1,46	1,58	5	2
32	2,67	2,70	1,39	1,50	1,28	1,53	5	3
33	2,61	2,63	1,60	1,49	1,45	1,53	4	1
34	2,64	2,69	1,62	1,55	1,36	1,58	4	2
35	2,65	2,69	1,60	1,50	1,40	1,53	4	2
36	2,65	2,70	1,50	1,35	1,45	1,39	4	3
37	2,64	2,65	1,42	1,50	1,38	1,53	4	5
38	2,64	2,70	1,46	1,55	1,40	1,58	3	2
39	2,62	2,69	1,60	1,48	1,52	1,51	5	3
40	2,67	2,70	1,55	1,53	1,48	1,56	5	2

Таблица 19

Вариант	№ 11, а $R_{ц}$	Возраст дней		H_2O х. св. %	Температура подогрева материалов для получения бетонной смеси				
		τ_1	τ_2		Це- мен т (–)	Пе- сок (–)	Начальная температура $T, ^\circ C$		
							Крупный заполни- тель (–)	Во- да (+)	$T_{6.c},$ $^{\circ}C$

		7							
		1							
		4							
		1							
		4							
		1							
		4	18						
		2	0						
		1	18						
		1	0						
		4	90						
		2	29						
		1	0						
1	400	7	90	20	10	26	16	75	24
2	500	7	90	19	12	12	12	68	18
3	300	7	90	18	6	10	10	68	22
4	300	7	90	21	11	14	14	70	25
5	500	7	45	17	11	11	11	70	19
6	500	1	90	19	4	9	9	70	20
7	300	4	90	20	13	13	13	75	20
8	600	7	90	19	8	8	8	60	20
9	600	2	18	16	7	15	15	81	23
10	600	1	0	20	13	13	13	65	18
11	600	1	90	18	15	15	15	75	22
12	600	4	90	20	16	10	15	75	20
13	600	7	90	21	5	10	10	60	20
14	600	7	14	19,5	5	10	10	72	30
15	600	1	5	18	10	10	10	60	21
16	300	4	90	16	5	16	16	70	20
17	600	7	90	20,5	15	15	15	75	24
18	600	1	90	21	10	10	15	70	25
19	400	4	45	19	13	19	19	75	22
20	400	7	90	17	18	25	25	80	28
21	300	1	45	12	20	17	17	85	26
22	500	4	90	22	20	27	27	85	26
23	500	1	90	17	10	10	15	85	20
24	500	4	20	20	4	10	10	75	30
25	300	2	0	17	4	10	10	60	30
26	500	1	90	21	2	2	10	70	19
27	500	2	36	17	4	10	10	80	30
28	600	1	0	18	5	15	15	85	25
29	300	1	90	12	12	14	14	60	18
30	600	4	30	22	14	14	14	75	18
31	400	7	0	17,5	7	13	13	82	22
32	600	1	45	18	0	2	3	45	16
33	500	4	60	15	—	11	—	68	22
34	600	1	90	22	14	14	14	75	18
35	600	4	30	18	5	10	10	80	20
36	500	2	0	21	2	2	10	70	28
37	600	1	30	18	10	12	12	70	26
38	600	2	0	24	13	16	16	85	20
39	500	1	20	23,5	4	16	16	78	28
40	400	1	0	22	12	12	12	68	18
		4	90						
		7	18						
		1	0						
		4	32						
		2	0						
		1	0						

Р а з д е л II ОСОБЫЕ ВИДЫ БЕТОНОВ

Высокопрочный бетон

Бетон высокой прочности получают, применяя цемент высоких марок (> 400) и высококачественные заполнители.

При бетонировании массивных сооружений желательно применять цемент с пониженным содержанием C_3S и особенно C_3A . Лучше всего белитовые цементы C_2S .

При бетонировании сборных железобетонных конструкций, когда необходимо быстрое твердение бетона используют цемент с повышенным содержанием C_3S и C_3A , т.е. БТЦ.

С увеличением расхода цемента увеличивается выделение теплоты и усадка бетона, следовательно, расход цемента необходимо ограничивать.

Максимальный расход белитового цемента $m_{\max,ц} = 430 \text{ кг/м}^3$, обычного портландцемента $m_{\max,ц} = 375 \text{ кг/м}^3$, в остальных случаях не больше 500 кг/м^3 .

Заполнители используют чистые, с хорошим зерновым составом и малой пустотностью.

Прочность заполнителей ($R_{сж}$) не менее $80...100 \text{ МПа}$. Пустотность песка не больше 40% . Водоцементное соотношение предельно низкое.

Приготовление: тщательное перемешивание и уплотнение бетонной смеси и далее тщательный уход за бетоном.

Гидротехнический бетон

Гидротехнический бетон предназначен для плотин, портовых сооружений, подпорных стенок, шлюзов, набережных, водоспусков, опор мостов.

Требования – повышенная плотность и водостойкость, водонепроницаемость, морозостойкость, стойкость в агрессивных средах.

Целесообразно вводить в гидротехнический бетон тонкомолотый песок и другие минеральные добавки (диатомит, гранулированный шлак, песок). Они способствуют уплотнению бетона, повышают его стойкость против агрессивных воздействий и снижают экзотермические явления.

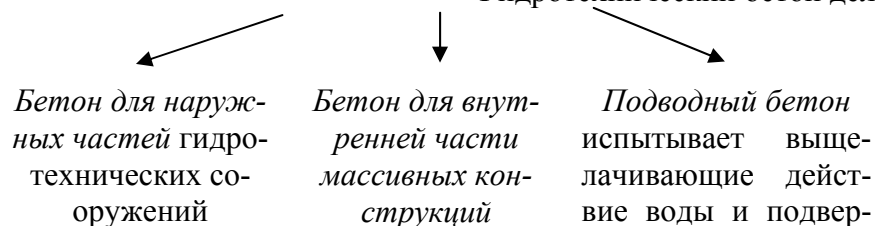
Пластифицирующие и гидрофобизирующие добавки в нем уменьшают водопотребность бетона и повышают его гидротехнические качества. Объем пустот должен быть минимальным. При укладке гидротехнических бетонов (марки 75-300) их надо максимально уплотнять. Для частей сооружений, подвергающихся истиранию водой, применяют марки 400, 500, морозостойкостью 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500 (7 марок).

В я ж у щ и е: Для подводных зон используют шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент. Эти цементы водостойкие и низкотермичные.

Для надводных зон используют цементы на основе гидрофобного и пластифицированного портландцемента. Рекомендуются использовать сульфатостойкий портландцемент. Заполнитель должен обладать повышенной морозостойкостью.

Шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент имеют минимальную величину тепловыделения при твердении, содержат минимальное количество $Ca(OH)_2$. Линейная усадка в возрасте 28 суток не более $0,3 \text{ мм/м}$, в возрасте 180 суток не более $0,7 \text{ мм/м}$. Предельно допустимые величины набухания в возрасте 28 суток не более $0,1 \text{ мм/м}$, в возрасте 180 суток не более $0,3 \text{ мм/м}$.

Гидротехнический бетон делится на



М 250, 300	обычно защищен	гается химической
Мрз 150, 200, 300	бетоном наруж-	коррозии. Исполь-
$C_3A < 5...6\%$	ной зоны от воз-	зуют цемент с ак-
	действия среды	тивными минераль-
	М 100, 150	ными добавками ко-
	(низкомарочный)	торые связывают
		СаО

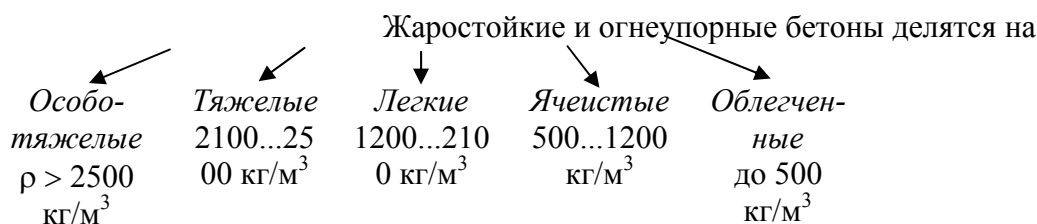
Жаростойкий бетон

Эти виды бетонов применяют в тех случаях, когда бетоны находятся при эксплуатации под воздействием высоких температур ($> 100^\circ\text{C}$). Марки 150-700.

Применение: футеровка печей, реакторных котлов, дымовых труб, устройства фундаментов доменных печей и т.д.

При действии высокой температуры на цементный камень происходит обезвоживание кристаллогидратов и разложение $\text{Ca}(\text{OH})_2$ с образованием СаО. Оксид кальция при воздействии влаги гидратируется с увеличением объема и вызывает растрескивание бетона. Поэтому в жаростойкие бетоны на портландцементе вводят тонко измельченные материалы, содержащие активный кремнезем $\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$, который реагирует с СаО при температуре $700...900^\circ\text{C}$ и в результате химических реакций, протекающих в твердом состоянии, связывает оксид кальция.

Шлакопортландцемент уже содержит добавку доменного гранулированного шлака и может успешно применяться при температуре до 700°C .



Для бетонов, работающих при различных максимальных температурах воздействия рекомендуется использовать следующие материалы:

1) температура не $> 350^\circ\text{C}$

Вяжущие – портландцемент.

Заполнители: кирпичный бой, арктический туф, андезит, диабаз, базальт, доменный шлак.

2) температура до 800°C

К портландцементу добавляют различные тонкомолотые добавки: шлаки, золу-унос, пемзу, кирпич и другие активные минеральные добавки.

Заполнители те же, что и при температуре до 350°C

3) температура до 1200°C

Вяжущие: смеси портландцемента с тонкомолотым шамотом.

Заполнители – дробленый шамот.

4) температура $1580...1770^\circ\text{C}$

Огнеупорные бетоны готовят на основе глиноземистых цементов жидкого стекла с кремнефтористым натрием Na_2SiF_6 . Стекло хорошо противостоит кислотной коррозии и сохраняет свою прочность при нагреве до 1000°C .

Обычный тяжелый бетон способен стабильно сохранять или даже увеличивать свою прочность при нагреве до 100°C .

Жаростойкий бетон до 1580°C .

Огнеупорный бетон $1580...1770^\circ\text{C}$.

Высокоогнеупорный бетон более 1770°C .

Разработаны **огнеупорные бетоны**, способные сохранять свою прочность до 2500°C .

Вязущие: цирконийсодержащие вяжущие с применением тугоплавких заполнителей при температуре больше 1200 °С, прочность бетона повышается за счет спекания смеси, особенно при температуре близкой к 2000 °С.

Глиноземистые цементы можно применять без тонкомолотой добавки, так как при их твердении не образуется $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

Еще большей огнеупорностью (не ниже 1580 °С) обладает высокоглиноземистый цемент с содержанием глинозема 65...80 %. Его применяют при температуре до 1700 °С в сочетании с высокоогнеупорными заполнителями.

Жаростойкие бетоны на фосфатных связующих:

(H_3PO_4 – фосфорная кислота, $\text{Al}(\text{H}_2\text{PO}_4)_3$ – алюмофосфаты, $\text{Mg}((\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ – магнийфосфаты) можно применять при температуре до 1700 °С. Они имеют небольшую огнеую усадку, термически стойки, хорошо сопротивляются истиранию.

Заполнители: заполнитель для жаростойкого бетона должен обладать равномерным температурным расширением.

Сиенит – полевые шпаты (ортоклаз, средний плагиоклаз, роговая обманка).

Диорит – средний плагиоклаз, ортоклаз, роговая обманка, авгит, биотит.

Габбро – основной плагиоклаз, авгит, роговая обманка и т.д.

Диабаз – плагиоклаз, авгит (важно отметить, что везде отсутствует кварц).

Пемза, вулканические туфы, пеплы содержат активный кремнезем.

Бескварцевые изверженные горные породы – плотные (сиенит, диорит, диабаз, габбро), так и пористые (пемза, вулканические туфы, пеплы). Используются для жаростойкого бетона при температуре до 700 °С.

При 700...900 °С – в качестве заполнителя применяется бой глиняного кирпича и доменные отвалы шлаки с модулем основности M_o не больше 1.

Огнеупорные заполнители – кусковой шамот, хромитовая руда, бой шамотных, хроммагнезитовых и других огнеупорных изделий.

Легкий жаростойкий бетон

Плотность $\rho < 2100 \text{ кг/м}^3$ (до 1200 кг/м^3), теплопроводность λ в 1,5 – 2 раза меньше, чем у тяжелого бетона.

Заполнители: керамзит, вспученный перлит, вермикулит, вулканический туф, температура применения 700...1000 °С.

Ячеистый жаростойкий бетон – плотность 500...1200 кг/м^3 .

Г а з о б е т о н

Вязущие: портландцемент, газообразователи – алюминиевая пудра, пергидроль; тонкомолотый шамот, зола – унос, керамзит и др., температура до 1200 °С, плотность 600...800 кг/м^3 .

Особолегкий жаростойкий бетон – быстротвердеющий портландцемент, тонкомолотая силикатная глыба, легкие пористые и волокнистые заполнители: t до 1000 °С, $\rho_{\text{ср}} = 300 \text{ кг/м}^3$, $R_{\text{сж}} = 0,2 \text{ МПа}$, теплопроводность при $t 20 \text{ °С}$ $\lambda_{20 \text{ °С}} = 0,09 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $\lambda_{600 \text{ °С}} = 0,20 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$.

Кислотоупорный бетон

Кислотоупорный бетон (химически стойкий бетон).

Основное свойство – высокая плотность.

Вязущие: растворимое стекло, силикат натрия или калия, кислотоупорный цемент, синтетические смолы, полимерные добавки. Кислотоупорный цемент состоит из смеси тонкоизмельченного кварцевого песка и Na_2SiF_6 , затворяемых жидким стеклом.

Из обычных портландцементов можно применять низкоалюминатные цементы.

Наполнители: кислотостойкие минеральные порошки, получаемые измельчением чистого кварцевого песка, андезита, базальта, диабазы и т.д.

Наполнители применяются для повышения плотности бетона, уменьшения усадки и сокращения расхода дорогостоящих смол.

Отвердители – Na_2SiF_6 (кремнефтористый натрий).

Заполнители – кварцевый песок, щебень из гранита, кварцита, андезита, базальта, габбро, гранита, диабазы и других стойких пород. Не допускается использовать заполнители с повышенным содержанием кремнезема и с содержанием аморфного кремнезема. Твердение кислотоупорного бетона должно проходить в теплой воздушно-сухой среде.

Примерный состав бетона: растворимое стекло 300 кг, Na_2SiF_6 40 кг, наполнитель 360 кг, песок 600 кг, щебень 1000 кг. Средняя плотность приблизительно 2300 кг/м^3 .

После отверждения рекомендуется поверхность бетона "окисловать", т.е. смочить раствором серной (H_2SO_4) или соляной кислоты (HCl).

Прочность $R_{\text{сж}} = 30 \dots 110 \text{ МПа}$ ($300 \dots 1100 \text{ кгс/см}^2$).

Морозостойкость Мрз 1000 циклов.

Для солестойких бетонов применяют пуццолановый портландцемент и сульфатостойкий цемент.

Применение: в качестве защитных слоев (футеровок) по железобетону и металлу.

Дорожный бетон

Дорожный бетон применяется для устройства цементно-бетонных покрытий дорог и аэродромов. Дорожный бетон подвергается совместному действию воды и мороза, солей, истиранию и т.д. Морозостойкость Мрз 200...300 циклов.

Вяжущие: гидрофобный портландцемент с содержанием $\text{C}_3\text{A} < 6 \%$. Бетонные смеси малопластичные и жесткие с В/Ц 0,35...0,45, $R_{\text{изг}} = 45 \dots 55 \text{ кг/см}^2$, $R_{\text{сж}} = 300 \dots 400 \text{ кг/см}^2$.

Для удержания влаги на свежееуложенное бетонное покрытие дороги наносят тонкий слой пленкообразующего материала (например, битумной эмульсии).

Заполнители: природные – граниты, диориты и другие, а также искусственные – металлургические шлаки и некоторые переплавленные горные породы.

Для повышения твердости и износостойкости верхнего слоя цементно-бетонного покрытия можно применять способ посыпки и втрамбовывания в свежееуложенный бетон порошка (с зернами до 5 мм), приготовленного из особотвердых материалов – корунда, карборунда и т.д. Применяется также покрытие синтетическими смолами (например, эпоксидными).

Особотяжелые и гидратные бетоны

Особотяжелые и гидратные бетоны применяются в специальных сооружениях для защиты от радиативных воздействий.

Заполнители: магнетит, лимонит, барит, металлический скрап.

Плотность особотяжелых бетонов:

на лимонитовом щебне $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ и песке	2,3...3 т/м ³
на магнетитовом щебне $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{FeO}$ и песке	2,8...4 т/м ³
на баритовом щебне и песке	3,3...3,6 т/м ³
с чугуном скрапом	3,7...5 т/м ³

(Чугун – железоуглеродистые сплавы, содержащие более 2 % углерода).

Иногда применяют комбинированные бетоны, например, на баритовом щебне и обычном песке $3,0 \dots 3,2 \text{ т/м}^3$.

Гидратные бетоны имеют повышенное содержание химически связанной воды. Для их приготовления используют глиноземистый цемент.

Заполнители: лимонит, серпентин.

Добавки: вещества, содержащие легкие элементы: литий, кадмий, бор.

Мелкозернистый бетон

Мелкозернистый бетон является разновидностью тяжелого бетона и называется еще цементно-песчаным бетоном. Применяется для изготовления тонкостенных железобетонных конструкций (Ц : П как 1 : 3 – 1 : 4). Мелкозернистый бетон не содержит щебень.

Армируя этот бетон стальными ткаными сетками, получают **армоцемент** – высокопрочный материал для тонкостенных конструкций (Ц : П как 1 : 2).

Меньшая крупность и повышенная удельная поверхность заполнителя (песка) увеличивают водопотребность бетонной смеси, способствуя воздухововлечению бетонной смеси при вибрировании.

Например, расход воды при составе бетона (Ц : П)

1 : 3 – 260 л/м³ Н₂О,

При 1 : 2 – 300 л/м³ Н₂О.

В результате для получения равнопрочного бетона и равноподвижной бетонной смеси в мелкозернистом бетоне на 20...40 % возрастает расход цемента по сравнению с обычным бетоном.

Для снижения расхода цемента применяют химические добавки, дополнительное уплотнение песчаных бетонных смесей, пески с хорошим зерновым составом.

Добавки: суперпластификаторы, СДБ (сульфитнодрожжевая барда), комплексная добавка (СДБ + ускорители твердения цемента).

Хорошее уплотнение цементно-песчаной смеси достигается прессованием, трамбованием, вибрированием с пригрузом или вибровакуумированием. Прочность мелкозернистого бетона $R_b = AR_c$ (Ц/В – 0,8).

Если в обычном бетоне замена крупного песка мелким понижает прочность бетона на 5...10 %, то в мелкозернистом бетоне прочность бетона может уменьшиться на 25...30 %, а максимальная прочность песчаного бетона составов 1 : 2 – 1 : 3 иногда снижается в 2–3 раза. Следовательно, пески желательно обогащать более крупными высевками от дробления камня или мелким гравием.

Свойства: мелкозернистый бетон обладает повышенной прочностью на изгиб, хорошей водонепроницаемостью и морозостойкостью.

Применение: для изготовления тонкостенных, в том числе армоцементных конструкций. Применяется также для дорожных покрытий, для изготовления силикатных изделий. В этом случае высокая удельная поверхность заполнителя полезна, так как увеличивает количество новообразований при реакции извести с кремнеземом в автоклаве и повышает прочность бетона.

Быстротвердеющий бетон

Быстротвердеющие цементы и различные способы ускорения твердения цемента, уменьшения В/Ц, повышение жесткости бетонной смеси, введение добавок-ускорителей твердения (CaCl₂, NH₄Cl и др.), увеличения степени помола цемента с добавкой гипса, 2...5 % от цемента.

Цементно-полимерный бетон

Цементно-полимерный бетон относится к бетонам, свойства которых улучшаются за счет введения в их состав полимеров.

Полимеры и материалы на их основе применяют в виде добавок в бетонную смесь, в качестве вяжущего, для пропитки готовых бетонов и железобетонных изделий в виде легких заполнителей, в качестве микрозаполнителей. Их называют "П-бетоны": цементно-полимерные бетоны, полимербетоны, бетонополимеры, бетоны, содержащие полимерные материалы.

Полимерные вещества, внесенные в состав бетонной смеси в ограниченном количестве, участвуют в процессах формирования структуры на стадии твердения отформованного и уплотненного изделия. В целях ускорения этих процессов в их состав вводят катализаторы, стабилизаторы или некоторые другие вещества.

Полимерцементные бетоны обладают несколько пониженной прочностью, но увеличенной деформативностью и трещиностойкостью.

Получение: технология обычная, но на завершающей стадии твердения бетонного изделия производится его вакуумная сушка и последующая пропитка мономером. При этом в 3–4 раза возрастает сопро-

тивление истиранию $R_{сж} = 120...300$ МПа. Резко снижается ползучесть, но увеличивается модуль упругости. Улучшается морозостойкость, водонепроницаемость, химическая стойкость.

Недостатки: дороговизна материала.

Применение: для особо ответственных конструкций и сооружений.

Фибробетон

Разновидность цементного бетона, в котором равномерно распределены обрезки "фибры" – волокна из металла, обрезки тонкой стальной проволоки, отходы гвоздевого производства, отходы стекла, полимеров и т.д. Фибра выполняет функции армирующего компонента, что способствует улучшению качества бетона, повышает его трещиностойкость и деформативность. $R_{сж\ max} = 40$ МПа при 3 % содержание фибры (по объему).

Применение: в сборных и монолитных конструкциях, работающих на знакопеременные нагрузки (например, при возведении станций Московского и Ленинградского метрополитенов), для заполнения зазоров в металлических и железобетонных конструкциях.

Декоративный бетон

Декоративный бетон должен отвечать требованиям повышенной прочности, плотности и атмосферостойкости. Прочность $R_{сж} < 150$, морозостойкость $Мрз < 25$.

Заполнители: граниты, мраморы, кварциты, известняки, вулканические туфы, гравий, песок. Искусственные заполнители: керамическая крошка, стеклянный бой и т.д.

Используют ряд способов фактурной обработки бетона.

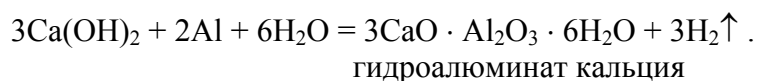
- 1 Набивка лицевого слоя декоративного бетона.
- 2 Присыпка каменной крошки с прикаткой по поверхности свежесформованного изделия (например, для стеновых панелей).
- 3 Обнажение зерен заполнителя путем снятия поверхностной пленки цементного камня струей воды.
- 4 Для создания на фактурном слое мозаичного рисунка применяют в качестве заполнителя каменную крошку различных пород (гранит, мрамор) и различных размеров. Жесткую смесь с таким заполнителем наносят на поверхность и после затвердения ее подвергают механической обработке (шлифуют).

Применение: покрытие лестничных площадок, ступеней, подоконных досок, полов вестибюлей и др.

Газобетон

В качестве газообразователя вводится тонкоизмельченный алюминиевый порошок (алюминиевая пудра ПАК-3).

Способ газообразования основан на введении в сырьевую смесь компонентов, которые способны вызвать химические реакции с выделением в больших количествах газовой фазы. Газы, стремясь выйти из твердеющей пластической массы, образуют пористую структуру материала – газобетона, газосиликата, газокерамики, ячеистого стекла, газонаполнителей пластмассы и др. Вступая в химическую реакцию с Ca(OH)_2 , алюминий способствует выделению молекул водорода и соответствующей энергии химической связи образования из простых веществ



Выделяющийся водород вспучивает цементное тесто. Ячеистое цементное тесто затвердевает. Крупный заполнитель в нем отсутствует. Для ускорения процесса вспучивания к портландцементу добавляют примерно 10 % извести-пушонки от его массы. Процесс газообразования продолжается примерно 15...20 мин.

Другой газообразователь – пергидроль (техническая перекись водорода). В щелочной среде цементного теста или цементного раствора пергидроль разлагается с выделением кислорода



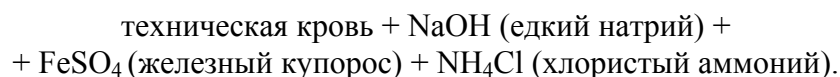
Молекулы кислорода вспучивают цементное тесто или строительный раствор в течение 7...10 мин.

Пенобетон

Способ пенообразования основан на введении в воду затворения вяжущих пенообразующих веществ. Стабилизированные пузырьки пены представляют собой воздушные поры пенобетона, пеносиликата, пенокерамики и др.

В качестве стабилизаторов пены с повышением их стойкости используют столярный клей, сернокислый глинозем, смолы и др.

Пенообразователи – соли жирных кислот – натриевые и калиевые мыла, клееканифольный пенообразователь, алюмосульфонафтенный пенообразователь, ГК – гидролизованная кровь, получаемая путем обработки отходов мясокомбинатов по схеме:



Изделия из ячеистых бетонов имеют марки 350, 400 по плотности ($R_{\text{сж}} = 0,7 \dots 1 \text{ МПа}$, $R_{\text{изг}} = 0,2 \dots 0,3 \text{ МПа}$), $\lambda = 0,09 \dots 0,1 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, $t_{\text{пред}} = 400 \text{ }^\circ\text{C}$.

Коррозия цементного камня в бетоне

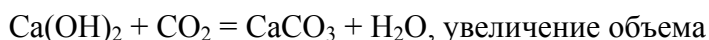
- 1 Растворение составных частей цементного камня Ca(OH)_2 .
- 2 Взаимодействие цементного камня с содержащимися в воде свободными кислотами.
- 3 Образование новых продуктов, кристаллизующихся в порах цементного камня.
- 4 Коррозия цементного камня под действием мягких вод, разрушение напорными водами (увеличение диффузии воды внутрь бетона) – фильтрация.

Обычно одновременно протекает несколько видов коррозии.

Причины: механическое разрушение, растворение Ca(OH)_2 (максимальная растворимость по сравнению с другими продуктами твердения цемента).

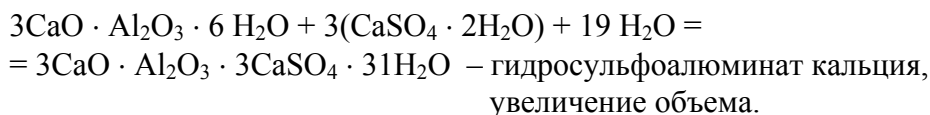
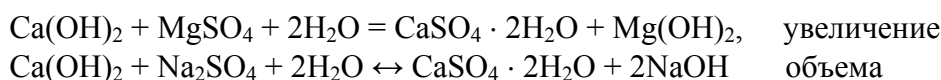
Разрушение цементного камня углекислыми водами

Природные воды часто насыщены насыщенной углекислотой (15...20 мг/л – агрессивен для бетона).



Разрушение цементного камня водами, содержащими сульфаты

Многие природные воды являются минерализованными (особенно морская вода).



вызывает увеличение твердой фазы цементного камня – возникновение внутренних напряжений в цементном камне и, следовательно, разрушение.

В этих целях рекомендуют применять специальные цементы (пуццолановый портландцемент, сульфатостойкий портландцемент)

Разрушение цементного камня магниальными водами

> 5000 мг/л Mg – агрессивные воды

$\text{MgCl}_2 + \text{Ca(OH)}_2 = \text{Mg(OH)}_2 + \text{CaCl}_2$, вымывание

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{MgSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} + \text{Mg(OH)}_2$, увеличение объема

Mg(OH)_2 – труднорастворим, осаждается в порах цементного камня в виде порошка, а CaCl_2 вымывается, что ведет к разрушению цементного камня.

Коррозия под действием минеральных удобрений

$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{NH}_4\text{NO}_3 + 2\text{H}_2\text{O} = \text{Ca(NO}_3)_2 + 4\text{H}_2\text{O}$, растворяется и
аммиачная нитрат кальция вымывается
селитра

Разрушение цементного камня кислыми водами

Помимо растворения (выщелачивания), наблюдается и химическое разрушение.

$\text{Ca(OH)}_2 + 2\text{HCl} = \text{CaCl}_2 + 2\text{H}_2\text{O}$, вымывается
хлорид кальция

$\text{Ca(OH)}_2 + \text{H}_2\text{SO}_4 = \text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, увеличение объема.

Меры борьбы с коррозией

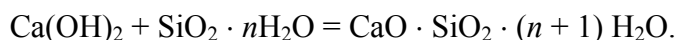
- 1 Гидроизоляция – самый надежный и дорогой способ.
- 2 Изменение минералогического состава клинкера (уменьшение содержания C_3S)



Для повышения стойкости цемента в сульфатных водах нужно уменьшить содержание C_3A до 5 % ($3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$).

3 Карбонизация. При длительном выдерживании на воздухе изделий на их поверхности образуется очень тонкая пленка 5...10 мк, нерастворимая в пресной воде и не взаимодействующая с сульфатами.

4 Пуццоланизация заключается в введении в состав портландцемента кислых гидравлических добавок, содержащих активный кремнезем.



Образующийся гидросиликат кальция гораздо устойчивее Ca(OH)_2 .

Контрольные вопросы к теме "Бетоны"

- 1 Для каких конструкций бетон должен иметь:
 - а) малую теплопроводность и небольшую объемную массу;
 - б) малую экзотермию и усадку;
 - в) прежде всего морозостойкость, а также высокую прочность;

- г) самое высокое сопротивление ударным нагрузкам.
- 2 Что надо сделать, если марка цемента выше рекомендуемой для проектируемой марки бетона, а другого цемента нет?
- 3 Какой вид цемента наиболее рекомендуем для:
- а) сборных железобетонных конструкций, изготавливаемых с пропариванием;
- б) монолитных тонкостенных конструкций, изготавливаемых в зимнее время;
- в) наружной зоны массивного монолитного гидротехнического сооружения;
- г) внутренней зоны массивного монолитного гидротехнического сооружения.
- 4 Какие вредные неорганические примеси в кварцевом песке могут вызвать химическую коррозию цементного камня в бетоне?
- 5 Что надо делать с песком, если в нем содержание органических веществ выше допускаемой нормы?
- 6 Какая форма зерна крупного заполнителя является наилучшей с точки зрения прочности бетона?
- 7 В известной формуле прочности тяжелого бетона $R_b = AR_{ct}(\sigma/B \pm 0,5)$ при каком виде в качестве крупного заполнителя принимается наибольшее значение коэффициента A ?
- 8 Как определяют расход воды на 1 м^3 тяжелого бетона при подборе его состава методом абсолютно плотных объемов?
- 9 Что такое коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя, применяемый в расчете состава тяжелого бетона методом абсолютно плотных объемов?
- 10 Какие по принципу действия вибраторы наиболее часто применяются на заводах сборного железобетона?
- 11 Какой режим колебаний при виброуплотнении подвижной бетонной смеси будет наиболее эффективным?
- 12 Каким технологическим приемом наиболее удобно формировать железобетонные трубы?
- 13 Каков должен быть стандартный размер образцов-кубов для определения марки тяжелого бетона?
- 14 За счет чего происходит усадка цементного бетона при твердении его на воздухе в течение первых суток?
- 15 Что дает наибольшую экономию цемента в бетоне?
- 16 От чего зависит в первую очередь возможность получения легкого бетона с заданной прочностью?
- 17 Какой способ зимнего бетонирования является самым экономным?
- 18 Из какого материала 1 м^3 глухой стены будет самым легким и дешевым?
- 19 С какой подвижностью по конусу СтройЦНИЛА надо брать растворную смесь для кирпичной кладки?
- 20 Какова должна быть степень удобоукладываемости бетонной смеси для:
- а) подготовки под основания дорог, фундаментов, полов зданий;
- б) массивных неармированных и слабоармированных монолитных конструкций;
- в) монолитных конструкций, балок, колонн большого и среднего сечения;
- г) монолитных конструкций, выполняемых способом подводного бетонирования;
- д) бетонирования сборных железобетонных конструкций с немедленной их распалубкой;
- е) бетонирования сборных ребристых железобетонных панелей, формируемых методом вибропроката;
- ж) бетонирования сборных железобетонных элементов, формируемых на виброплощадке;
- з) изготовления сборных железобетонных колонн и свай, формируемых с применением внутренних вибраторов;
- и) изготовления сборных железобетонных тонкостенных конструкций, сильно насыщенных арматурой.
- 21 По величине какого показателя определяется группа крупности песка?
- 22 Определением какой величины заканчивается расчет состава тяжелого бетона по методу абсолютно плотных объемов?
- 23 Какую из молотых минеральных добавок следует взять для:
- а) кислотостойкого бетона;

- б) щелочестойкого бетона;
 - в) коррозионностойкого раствора.
- 24 Какие из пластифицирующих добавок относятся к типу:
- а) гидрофильных;
 - б) гидрофобных;
 - в) микропенообразователей.
- 25 Какой из порообразователей ячеистого бетона должен реагировать с известью?
- 26 Какие добавки для процессов схватывания и твердения цементного бетона являются:
- а) ускорителями;
 - б) замедлителями;
 - в) повышающими морозостойкость бетона;
 - г) повышающими водонепроницаемость бетона;
 - д) противоморозными в технологии зимнего бетонирования.
- 27 Какой вид цемента наиболее рекомендуем для сборных железобетонных конструкций, изготавливаемых без припаривания?

Р а з д е л III СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Цель работы: 1 Изучение свойств строительных растворов. 2 Определение влияния различных технологических факторов (крупности песка, вида и содержания добавок и др.) на свойства строительных растворов.

Строительный раствор – искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердения рационально подобранной растворной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды и мелкого заполнителя (песка). Смесь этих материалов до затвердевания называют *растворной смесью*.

Растворы отличаются от бетонов отсутствием крупного заполнителя (щебня или гравия), поэтому их иногда называют мелкозернистыми бетонами и им свойственны те же закономерности, которые определяют подвижность и прочность бетонов.

Строительные растворы классифицируются по ряду признаков, важнейшими из которых являются: назначение, объемная масса, вид вяжущего, используемого для приготовления раствора.

В зависимости от назначения различают растворы *кладочные* – для кладки фундаментов, стен, столбов, сводов, *штукатурные* и *специальные* (акустические, теплоизоляционные, рентгенозащитные и др.). К растворам для кладки предъявляют требования по прочности, ибо последнее в определенной мере предопределяет прочность кладки. Для штукатурных растворов за основной показатель принимается не прочность, а их способность давать плотную штукатурку, достаточно прочно сцепляющуюся с основанием и обладающую высокими декоративными качествами.

По объемной массе в сухом состоянии растворы делятся на *тяжелые*, объемная масса которых выше 1500 кг/м^3 , и *легкие* с объемной массой менее 1500 кг/м^3 . Для приготовления тяжелых растворов применяют песок из плотных горных пород (кварцевый), а для легких – пески, получаемые дроблением пористых легких горных пород (пемзы, туфа), доменных гранулированных или топливных шлаков.

По виду вяжущего различают растворы *цементные, известковые, гипсовые, цементно-известковые, цементно-глиняные* и др. Если в состав раствора входит один вид вяжущего, то его называют простым, например, цементный, известковый. Чаще применяют сложные (смешанные) растворы, включающие два-три вида вяжущих, или одно вяжущее с неорганической добавкой (цементно-известковый).

При установлении приведенных в таблице составов растворов принято, что цементы марок 200 – 500 имеют насыпную плотность 1100 кг/м^3 . Если насыпная плотность имеющего цемента отличается от вышеуказанного более, чем на 10 %, то состав раствора необходимо пересчитать. Песок принять в рыхло-насыпном состоянии с естественной влажностью 1...3 %. Известь II сорта плотностью 1400 кг/м^3 ; при применении известкового теста I сорта количество теста уменьшают на 10 %. Глина принята в виде теста с глубиной погружения стандартного конуса на 13...14 см.

Составы растворов и требуемые марки для разных условий применения

Состав растворов исходя из степени подвижности раствора, необходимой для укладки, условий эксплуатации (например, подземная или надземная кладка), заданной марки и раствора (табл. 20).

20 Подвижность растворов в зависимости от условий их применения

Назначение раствора	Подвижность, см
Заполнение горизонтальных швов при монтаже стен из бетонных и виброкирпичных панелей	5...7
Расшивка горизонтальных и вертикальных швов в стенах из панелей и крупных блоков	5...7
Кладка из кирпича, бетонных камней и камней	9...13
из легких пород	4...6
Бутовая кладка обычная	13...15
Заливка пустот в бутовой кладке	1...3
Вибрированная бутовая кладка	

Для кладки ниже уровня грунтовых вод и во влажных грунтах применяют растворы на шлаковых цементах, пуццолановом портландцементе, портландцементе с активными минеральными добавками.

При надземной кладке стен многоэтажных зданий применяют портландцемент и шлаковые цементы, преимущественно шлакопортландцемент.

Для растворов невысоких марок экономически выгодно использовать цементы с относительно невысокой активностью, и главным образом кладочные цементы, т.е. специальные цементы для строительных растворов.

Надземную кладку с небольшими напряжениями (стены невысоких зданий и т.п.) ведут на растворах, содержащих самые дешевые и недефицитные местные вяжущие: известь, известково-золевое вяжущее и др.

Понижение температуры сильно замедляет скорость твердения растворов (особенно в начальные сроки). Например, при температуре твердения ниже +5 °С прочность растворов почти вдвое меньше, чем при температуре твердения +20 °С.

В зимних условиях для заполнения горизонтальных швов при монтаже крупнопанельных стен применяют раствор, имеющий марку не менее 100 (в летних условиях не менее 50). В зимних условиях марка растворов для каменной кладки обычно на одну ступень выше, чем для летних условий (например, 50 вместо 25).

Для заполнения горизонтальных швов при монтаже стен из бетонных и виброкирпичных панелей и крупных блоков в зимних условиях применяют: при слабых морозах (до –10 °С) обыкновенные растворы без химических добавок; при средних и сильных морозах (ниже –11 °С) растворы с добавками поташа или нитрита натрия (табл. 21).

21 Марки растворов применяемые для каменной кладки и при монтаже крупнопанельных стен

Назначение раствора	Требуемые марки растворов
Кладка наружных стен зданий при относительной влажности воздуха в помеще-	

нии:	От 4 до 10
60 % и менее	25
61...75 %	От 25 до 50
более 75 %	25, 50, 75 и 100
Кладка столбов, простенков, рядовых перемычек, карнизов	Не менее 50
Заполнение горизонтальных швов при монтаже стен из легкобетонных панелей	Не менее 25
Изготовление крупных блоков из кирпича и камней всех видов	

Составы растворов марок 10 – 50 подбирают редко. Обычно пользуются таблицами составов растворов, а качество получаемых растворов проверяют испытаниями.

В таблице 22 приведены для примера ориентировочные составы растворов на цементах разных марок.

22 Составы растворов для каменной кладки

Марка цемента	Составы в объемной дозировке для растворов марок			
	100	75	50	25
<i>Цементно-известковые и цементно-глиняные</i>				
500	1 : 0,5 : 5,5	1 : 0,8 : 7	–	–
400	1 : 0,4 : 4,5	1 : 0,5 : 5,5	1 : 0,9 : 8	–
300	1 : 0,2 : 3,5	1 : 0,3 : 4	1 : 0,6 : 6	1 : 1,4 : 10
200	–	1 : 0,1 : 2,5	1 : 0,3 : 4	1 : 0,8 : 7
<i>Цементные</i>				
500	1 : 5,5	1 : 6	–	–
400	1 : 4,5	1 : 5,5	–	–
300	1 : 3	1 : 4	1 : 6	–
200	–	1 : 2,5	1 : 4	–

Растворы, изготовленные на воздушных вяжущих (воздушные растворы) предназначены для конструкций, находящихся в сухих, а на гидравлических – во влажных условиях. Для получения растворов, твердеющих на воздухе применяют воздушную известь в виде теста или молотой извести-кипелки, строительный гипс, а для твердеющих в воде – портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый и др.

С целью улучшения технологических свойств (удобоукладываемости, водоудерживающей способности и др.) в растворные смеси вводят специальные добавки, которые делятся на следующие группы:

- неорганические дисперсные, состоящие из очень мелких частиц, способных хорошо удерживать воду и дающих с ней пластичное тесто – глина, известь, золы, молотые шлаки, диатомиты и др.;
- поверхностно-активные вещества, оказывающие пластифицирующий (сульфитно-дрожжевая бражка – СДБ) и гидрофобный эффект (мылонафт, асидол, кремнийорганические жидкости ГКЖ-10, ГКЖ-94 и др.);
- добавки-регуляторы твердения – хлористый кальций, хлористый натрий, известь-пушонка, гипс, нитрит и нитрат натрия и др.

Применение пластифицирующих добавок позволяет получать удобоукладываемые растворы значительно в меньшем количестве воды (водовязущем отношении – В/В). Последнее определяет не

только экономию вяжущего, но и значительно улучшает технические свойства материала. Оптимальное содержание добавки зависит от вида добавки, состава раствора, крупности и пустотности песка и устанавливается опытным путем. Дисперсные добавки вводят в количестве от 20 до 100 % и более, добавки поверхностно-активных веществ – 0,05...0,3 % массы вяжущего.

Важнейшими строительными свойствами растворов является прочность, а растворных смесей – подвижность и водоудерживающая способность.

Прочность затвердевшего раствора оценивают его маркой, которая определяется по пределу прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером $4 \times 4 \times 16$ см, изготовленных из раствора рабочей подвижности и испытанных в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора (для обычного строительного раствора – 28 суток). По прочности при сжатии установлены следующие марки растворов: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300. Марка раствора для кладки устанавливается проектом. При этом учитывается характер конструкций и условия эксплуатации (см. табл. 23).

Наиболее распространенным являются марки 4 – 50. При кладке сильно нагруженных конструкций (столбы, простенки, колонны) применяют марки растворов выше 50. При производстве работ составы растворов низких марок (до 50) обычно принимают по таблицам, приведенным в справочниках. Составы растворов высоких марок рассчитывают. Штукатурные растворы не являются несущими, поэтому их прочность имеет второстепенное значение. Штукатурные растворы должны хорошо сцепляться с основанием и не иметь усадочных трещин. В случае же применения штукатурки для защиты от воздействия агрессивных сред, раствор должен также обладать достаточной плотностью, водо- и морозостойкостью.

Таблица 23

Назначение раствора	Рекомендуемые марки растворов
Кладка наружных стен зданий при относительной влажности воздуха менее 60 %	4 – 25
То же при влажности более 60 %	25 – 50
Кладка столбов, простенков, карнизов	50 – 100
Расшивка швов в стенах из крупных блоков	50

Для приготовления штукатурных растворов используют те же материалы, что и для растворов для кладки, но к ним предъявляются более высокие требования. Так, например, гашеная известь должна быть тщательно очищена от непогасившихся зерен. Гипс и песок для отделочных слоев должны быть просеяны через сито с отверстием 1,2 мм.

Подвижность штукатурных растворов выбирают в зависимости от способа (ручной или механизированный) нанесения штукатурного слоя. Для подготовительного слоя подвижность смеси составляет 11...13 см, основного слоя (грунта) – 7...8 см и отделочного слоя 7...10 см.

Наружные и внутренние части зданий находящиеся в обычных воздушно-влажностных условиях, оштукатуривают известковыми растворами состава 1 : 3 (известковое тесто : песок) для подготовительного и основного слоя, 1 : 2 – отделочного слоя. Поверхности, подвергающиеся систематическому увлажнению, в зависимости от требования по водостойкости оштукатуривают цементным раствором состава 1 : 2 (3) или цементно-известковым состава 1 : 1 : 5 (6) – для наружных частей, а для внутренних – 1 : 2 : 9 (цемент : известковое тесто : песок). При замене дисперсных добавок (известки, глины) на ПАВ применяют – цементные растворы состава 1 : 5 – 1 : 6 (цемент : песок по объему). Для внутренних штукатурок сухих зданий (стен, потолков) используют известково-гипсовые растворы. Добавка гипса способствует ускорению твердения, и его содержание колеблется от 0,2 до 1 объемной части на одну объемную часть известкового теста.

Кроме обычных штукатурных растворов находят широкое применение декоративные штукатурки, которые готовят на белых или цветных цементах и цветных заполнителях. Для придания блеска в их состав вводят слюду (до 1 %) или стекло (до 10 %).

Поэтапно определяем:

- 1 водопотребность растворной смеси;
- 2 плотность и объем раствора в замесе;
- 3 предел прочности при изгибе и сжатии;
- 4 расход материалов на 1 м³ раствора.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям. Для этого подгруппа разбивается на 3 – 4 бригады, каждая из которых проводит самостоятельные исследования соответственно заданию, выданного преподавателем в начале занятия. При этом за основу следует принять цементный раствор, предназначенный для кирпичной кладки. Состав раствора 1 : 6 (цемент : песок по массе). Подвижность растворной смеси – 8...9 см.

Лабораторная работа № 5

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУПНОСТИ ПЕСКА НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ РАСТВОРА

Исследования проводят на песке разной крупности: крупном с модулем крупности (M_k), около 2,5 и мелком – с модулем крупности не более 1,0. Модуль крупности рассчитывают по готовым данным ситового анализа или берут из ранее выполненной лабораторной работы.

Лабораторная работа № 6

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

В качестве добавок – пластификаторов могут быть использованы:

- а) неорганические дисперсные вещества (глиняное или известковое тесто);
- б) органические ПАВ – СДБ, ССБ (0,15...0,30 % сухого вещества), мылонафт (0,05...0,10 % товарного раствора), асидол (0,05...0,10 % массы цемента) и другие.

Конкретно вид добавки и ее дозировки (кроме дисперсных) устанавливает преподаватель. Количество дисперсной добавки, кг (глиняного или известкового теста) подсчитывают по формуле

$$D = 170 (1 - 0,002Ц) \rho_d$$

где Ц – расход цемента, кг (см. задание 1); ρ_d – плотность дисперсной добавки, кг/л.

Лабораторная работа № 7

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК-РЕГУЛЯТОРОВ ТВЕРДЕНИЯ НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

Вид и содержание добавки устанавливает преподаватель. При этом могут быть рекомендованы: хлористый кальций, хлористый натрий, поташ, гипс в количестве 1...5 % массы цемента.

Лабораторная работа № 8

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИМЕРНОЙ ДОБАВКИ (СМОЛЫ) НА ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО РАСТВОРА

Вид добавки и ее дозировку устанавливает преподаватель.

Ход выполнения работы задания 2 – 4 сводится к следующему. На одних и тех же материалах приготавливают цементные растворы одного состава (1 : 6) без добавки и с добавкой. По методикам, изложенным ниже, определяют водопотребность и плотность растворной смеси, а затем прочность раствора в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ ЛАБОРАТОРНЫХ РАБОТ 5 – 8

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

Объем испытываемого раствора должен быть не менее 3 л. Испытание растворной смеси должно быть начато не позднее чем через 10 мин после ее приготовления.

Испытание затвердевших растворов проводят на образцах форма и размеры которых в зависимости от вида испытания должны соответствовать указанным в табл. 24. Отклонения размеров отформованных образцов по длине ребер кубов и сторон поперечного сечения призм не должны превышать 0,7 мм.

Таблица 24

Вид испытания	Форма образцов	Геометрические размеры, мм
Определение прочности на сжатие и растяжение при раскладывании	Куб	Длина ребра 70,7
Определение усадки, прочности на растяжение при изгибе	Призма квадратного сечения	40 × 40 × 160
Определение плотности, влажности, водопоглощения, морозостойкости	Куб	Длина ребра 70,7

Перед формированием образцов внутренние поверхности форм покрывают тонким слоем смазки. Все образцы должны иметь маркировку, которая должна быть несмываемой и не должна повреждать образец. Изготовленные образцы измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм.

Температура в помещении, в котором проводят испытания, должна быть 20 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 50...70 %.

Результаты испытаний растворных смесей и образцов раствора заносят в журнал, на основании которых составляют документ, характеризующий качество строительного раствора.

Определение водопотребности растворной смеси

На песке известного зернового состава готовят цементный раствор состава 1 : 6, состоящий из одной массовой части цемента и шести массовых частей песка. На один замес расходуется 2,1 кг сухой смеси. Водопотребность – количество воды, необходимое для получения раствора заданной подвижности (пластичности), устанавливают опытным путем с помощью конуса СтройЦНИЛа (рис. 11) по глубине погружения последнего в растворную смесь.

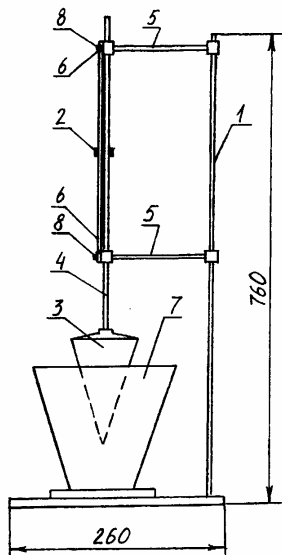


Рис. 11 Конус СтройЦНИЛа:
1 – штатив; 2 – шкала; 3 – эталонный конус; 4 – штанга; 5 – держатели; 6 – направляющие; 7 – сосуд для растворной смеси; 8 – стопорный винт

Аппаратура для проведения испытаний: прибор для определения подвижности (рис. 11), стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм, кельма. Эталонный конус приборов изготовлен из листовой стали или из пластмассы со стальным наконечником. Высота эталонного конуса 145 мм, диаметр основания 75 мм угол при вершине должен быть $30^\circ \pm 3$. Масса эталонного конуса со штангой должна быть (300 ± 2) г. Сосуд для растворной смеси емкостью 3 л должен иметь форму усеченного конуса с диаметром нижнего основания 150 мм, верхнего основания 250 мм, высотой 180 мм.

Подготовка к испытаниям. Все соприкасающиеся с растворной смесью поверхности конуса и сосуда следует очистить от загрязнений и протереть влажной тканью.

Для определения водопотребности сухую смесь перемешивают вручную до однородного состояния. Затем в центре смеси делают лунку и вводят в нее порциями воду, начиная с 10 % массы сухой смеси. После каждого добавления



Рис. 12 Зависимость подвижности смеси от расхода воды на песке:

1 – крупном; 2 – мелком

смесь тщательно перемешивают и проверяют подвижность.

Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности (рис. 11) 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 25 раз стальным стержнем диаметром 10...12 см 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 конуса измеряют с погрешностью до 1 мм как разность между первым и вторым отсчетом.

Глубина погружения конуса (см) характеризует величину подвижности.

Обработка результатов. Глубину погружения конуса оценивают по результатам двух испытаний на разных пробах растворной смеси одного замеса как их среднее арифметическое значение которое округляют. Разница в показаниях частных испытаний не должна превышать 20 мм. Если разница окажется больше 20 мм, то испытания следует повторить на новой пробе растворной смеси. Результаты испытаний заносят в журнал.

В процессе определения водопотребности растворной смеси должно быть проделано не менее трех испытаний. Это дает возможность при обработке результатов построить график зависимости подвижности растворной смеси от расхода воды (рис. 12) на песке: 1 – крупном; 2 – мелком.

Определение плотности и объема раствора в замесе

Приготовленную растворную смесь укладывают в предварительно взвешенный сосуд объемом 1 л, (рис. 13) уплотняют штыкованием 25 раз стальным стержнем и встряхиванием сосуда 5 – 6 раз с легким постукиванием о стол. После этого излишек растворной смеси срезают и находят массу сосуда с раствором. Плотность ρ_0 , (кг/л) и объем раствора в замесе V_3 вычисляют по формулам:

$$\rho_0 = (m - m_1) / V;$$

$$V_3 = (Ц_3 + П_3 + В_3) / \rho_0,$$

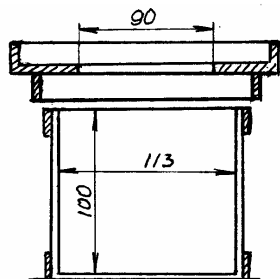


Рис. 13 Стальной цилиндрический сосуд для определения плотности растворной смеси

где m_1 — масса мерного сосуда, кг;
 m — то же с раствором, кг; V — объем сосуда, л; Π_3 , Π_3 , V_3 — соответственно расход цемента, песка, воды на замес, кг.

За величину плотности принимают среднее арифметическое результатов двух испытаний.

Определение предела прочности раствора при изгибе и сжатии

Прочность раствора на сжатие должна определяться на образцах-кубах размерами $70,7 \times 70,7 \times 70,7$ мм в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора. Основным качественным показателем строительного раствора является его марка, которую определяют путем испытания образцов-кубов в 28-суточном возрасте. На каждый срок испытания изготавливают три образца.

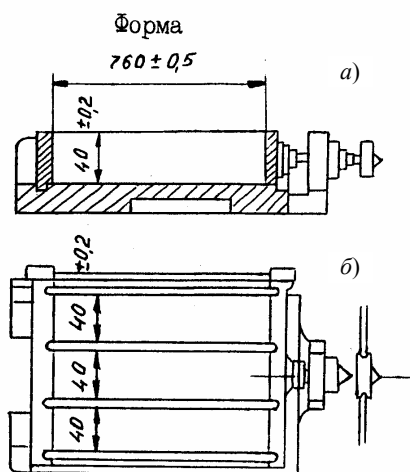


Рис. 14 Оборудование для проведения испытаний:

форма для изготовления образцов при определении прочности раствора на сжатие:
 а — с поддоном; б — без поддона

Оборудование.

Аппаратура для проведения испытаний: разъемные стальные формы с поддоном (рис. 14, а) и без поддона (рис. 14, б), для уплотнения пресс гидравлический; штангенциркули; стержень стальной диаметром 12 мм, длиной 300 мм; шпатель.

Подготовка к испытанию.

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 кратными 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 или другой непроклеенной бумагой, смоченную водой. 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 concentрической окружности от центра к краям.

Формы, заполненные растворной смесью на гидравлических вяжущих, выдерживают до распалубки в камере нормального хранения при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха 95...100 %, а формы, заполненные растворной смесью на воздушных вяжущих, в помещении при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 10) \%$. Образцы освобождают из форм через (24 ± 2) ч после укладки растворной смеси. Образцы, изготовленные на растворных смесях, приготовленных на шлакопортландцементе, пуццолановых портландцементе с добавлениями замедлителей схватывания, а также образцы зимней кладки, хранившиеся на открытом воздухе, освобождают из форм через 2 — 3 суток.

После освобождения из форм образцы должны храниться при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. При этом должны соблюдаться следующие условия: образцы из растворов, приготовленных на гидравлических вяжущих, в течение первых 3 суток должны храниться в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95...100 %, а оставшиеся до испытания время в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10) \%$. Образцы из растворов, приготовленных на воздушных вяжущих должны храниться в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10) \%$. При отсутствии камеры нормального хранения допускается хранение образцов, приготовленных на гидравлических вяжущих, во влажном песке или в опилках. Перед испытанием на сжатие (для последующего определения плотности) образцы взвешивают с погрешностью до 0,1 %, измеряют штангенциркулем с погрешностью до

0,1 мм. Образцы, хранившиеся в воде, должны быть вынуты из нее не ранее чем за 10 мин до испытания и вытерты влажной тканью. Образцы, хранившиеся в помещении, должны быть очищены волосистой щеткой.

Определение прочности раствора можно выполнять испытанием на изгиб и на сжатие образцов-балочек размерами 40 × 40 × 160 мм по ГОСТ 5802–86, аналогично определению прочности цемента при изгибе и сжатии. После получения раствора требуемой консистенции изготавливают образцы-балочки в специальных разъемных формах (рис. 14), внутренняя поверхность которых смазывается минеральным маслом. Уплотнение раствора в формах производят на вибрационной площадке, которая обеспечивает вертикальное колебание с амплитудой 0,35 мм и частотой 3000...3200 колебаний в минуту. Формы заполняют раствором на 1 см, закрепляют на рабочем столе площадки, включают ее и в течение 2 мин вибрации равномерно небольшими порциями заполняют раствором все три гнезда формы. Через 3 мин вибрацию образцов прекращают, снимают форму с площадки и срезают ножом, смоченным в воде, излишки раствора, выравнивая поверхность образцов вровень с краями формы. Хранение и подготовка к испытаниям образцов-балочек аналогично хранению и подготовке к испытаниям образцов-кубов.

Определение предела прочности при изгибе

Проведение испытания. Образцы устанавливают на опоры изгибающего устройства так, чтобы его грани, которые при изготовлении были горизонтальными, находились в вертикальном положении. Схема испытания показана на рис. 15. Шкалу силоизмерителя испытательной машины или прессы выбирают из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20...80 % от максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно с постоянной скоростью $(0,6 \pm 0,4)$ МПа в секунду до его разрушения. Достигнутое в процессе испытания образца максимальное усилие принимают за величину разрушающей нагрузки.

Предел прочности раствора на изгиб вычисляют как среднее арифметическое двух наибольших значений результатов испытаний трех образцов.

Формула для определения прочности при изгибе

$$R_{\text{изг}} = \frac{3}{2} \frac{Pl}{bh^2},$$

Ø10_{-0,1}

Б

А

100±0,15

где P — разрушающая нагрузка, МПа;
 b — ширина образца, см; l — расстояние между опорами, см; h — высота образца, см.

Рис. 15 Схема испытания на изгиб

Определение предела прочности при сжатии

Шесть полубалочек, полученных в результате испытания на изгиб, сразу же подвергают испытаниям на сжатие. Помещают каждую половину между двумя пластинками (рис. 16) таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении были вертикальными, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой кладке стенки образца (рис. 17). Предел прочности на сжатие вычисляют делением величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь (25 см^2) и за величину его принимают среднее арифметическое четырех образцов, получивших наибольшие результаты шести испытаний.

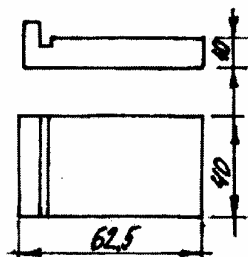


Рис. 16 Металлические пластины для определения прочности образцов на сжатие

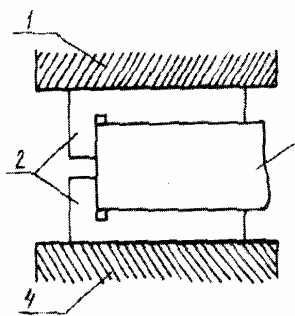


Рис. 17 Схема испытания половинок балочек на сжатие:
1 – верхняя плита пресса; 2 – пластины;
3 – половина образца; 4 – нижняя плита пресса

Формула для определения прочности при сжатии:

$$R_{\text{сж}} = P / A,$$

где P – разрушающая нагрузка, (кН); A – рабочая площадь пластины 25 см^2 .

Результаты испытаний заносят в табл. 25.

25 Журнал испытаний

Форма испытания	
Марка раствора по заданию	
Объем раствора, м^3	
Подвижность смеси, см	
Плотность смеси, г/см^3	
Размер образца, см	

Окончание табл. 25

Возраст, сут.	
Рабочая площадь, см^2	
Масса образца, г	
Плотность образца раствора, г/см^3	
Разрушающая нагрузка, Н, (МПа)	
Прочность отдельного образца, МПа	
Средняя прочность в серии, МПа	
Примечание	

Ответственный за изготовление
и испытание образцов _____

Определение расхода материалов на 1 м^3 раствора

Расход материалов рассчитывают по массе и объему:

а) расход материалов по массе, (кг):

$$\text{Ц} = (\text{Ц}_3 / V_3) 1000; \text{В} = (\text{В}_3 / V_3) 1000; \text{П} = (\text{П}_3 / V_3) 1000; \text{Д} = (\text{Д}_3 / V_3) 1000,$$

б) расход материалов по объему, (л):

$$V_{\text{ц}} = \text{Ц} / \rho_{\text{оц}}; \quad V_{\text{в}} = \text{В} / \rho_{\text{в}}; \quad V_{\text{п}} = \text{П} / \rho_{\text{оп}}; \quad V_{\text{д}} = \text{Д} / \rho_{\text{д}};$$

где V_3 – объем раствора в замесе, л; Ц, В, П, Д – соответственно расход цемента, воды, песка на замес, кг; Ц, В, П, Д – то же на 1 м³ раствора, кг; $V_{\text{ц}}$, $V_{\text{в}}$, $V_{\text{п}}$, $V_{\text{д}}$ – то же, л; $\rho_{\text{оц}}$, $\rho_{\text{оп}}$, $\rho_{\text{д}}$ – объемные массы цемента, песка, добавки, кг/л.

Результаты всех испытаний заносят в общую таблицу по прилагаемой ниже форме (табл. 26) и наносят на графики с координатами "подвижность, содержание воды" и (или) "прочность, содержание добавки".

Таблица 26

№ № бри гад	Наименование добавки	Расход материалов на 1 м ³ раствора, кг			Водопотребность, л/м ³	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа	
		Ц	П	Д			при изгибе	при сжатии

В ы в о д ы: По сопоставлению всех результатов делают вывод о влиянии технологических факторов крупности песка, вида, содержания добавки и других на свойства растворной смеси и раствора.

Лабораторная работа № 9

ПОДБОР СОСТАВА СЛОЖНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Подбор состава сложного строительного раствора состоит в установлении рационального соотношения между составляющими его материалами (цементом, минеральной, поверхностно-активной добавкой; водой и песком). Такое соотношение должно обеспечивать получение растворной смеси заданной подвижности и приобретение раствором требуемой прочности в назначенный срок. Состав сложного раствора обычно подбирают исходя из заданной марки раствора, активности цемента и степени подвижности растворной смеси. Сначала рассчитывают ориентировочный состав раствора, а затем пробными замесами уточняют расход воды.

Расчет состава сложного раствора. Чтобы рассчитать состав сложного строительного раствора необходимо иметь следующие данные: марку раствора, R_p ; подвижность растворной смеси, активность цемента, $R_{\text{ц}}$; насыпную плотность цемента, $\rho_{\text{нц}}$; вид минеральной добавки, плотность теста добавки, $\rho_{\text{д}}$.

Расчет ведут в такой последовательности: определяют количество цемента на 1 м³ песка, необходимое для получения раствора заданной марки, затем устанавливают количество минеральной добавки (известкового или глиняного теста), необходимое для получения удобоукладываемой и нерасслаивающейся растворной смеси, после этого вычисляют ориентировочный расход воды.

Расход цемента на 1 м³ песка в рыхло-насыпном состоянии, кг

$$Q_{\text{ц}} = \frac{R_p}{K R_{\text{ц}}} 1000,$$

где R_p – заданная марка раствора, 0,1 МПа; $R_{\text{ц}}$ – активность цемента при испытании цемента в образцах из пластического раствора 0,1 МПа; K – коэффициент (портландцемента – 1; пуццоланового или шлакопортландцемента – 0,88).

Расход цемента на 1 м³ песка,

$$V_{\text{ц}} = Q_{\text{ц}} / p_{\text{нц}}.$$

где $p_{\text{нц}}$ – плотность цемента в рыхло-насыпном состоянии, кг/м³; принимают $p_{\text{нц}} = 1100$ кг/м³.

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³ песка, кг

$$Q_{\text{д}} = V_{\text{д}} \rho_{\text{д}}.$$

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³

$$V_{\text{д}} = 0,17 (1 - 0,002 Q_{\text{ц}}).$$

Плотность известкового теста принимают равной 1400 кг/м³, а глиняного теста из пластичной глины с содержанием песка до 5 % – 1300 кг/м³, из глины средней пластичности с содержанием песка до 5 % – 1450 кг/м³.

На практике часто используют известковое молоко, которое легко прокачивается насосом. Дозировка его назначается из расчета содержания в известковом молоке (плотность 1200 кг/м³) 25 % извести.

Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают путем деления расхода каждого компонента растворной смеси на расход цемента по объему:

$$\frac{V_{\text{ц}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{1}{V_{\text{ц}}} = 1 : \frac{V_{\text{д}}}{V_{\text{ц}}} : \frac{1}{V_{\text{ц}}}.$$

Ориентировочный расход воды на 1 м³ песка для получения растворной смеси заданной подвижности

$$B = 0,5 (Q_{\text{ц}} + Q_{\text{д}} \rho_{\text{д}}),$$

где $Q_{\text{ц}}$ и $Q_{\text{д}}$ – расход цемента, извести или глины на 1 м³ песка, кг; $\rho_{\text{д}}$ – плотность неорганической добавки, кг/л.

Приготовление пробного замеса. Рассчитав расход материалов по приведенным выше формулам, приступают к приготовлению пробного замеса объемом 5 л. Для этого отвешивают компоненты растворной смеси (из расчета на 5 л) согласно выполненному расчету. Песок высыпают на противень, к нему добавляют цемент и тщательно перемешивают вручную мастерком в течение 5 мин, затем вводят известковое (или глиняное) тесто и снова перемешивают. После этого добавляют воду и окончательно перемешивают смесь в течение 3...5 мин.

Подвижность растворной смеси определяют по погружению стандартного конуса. Когда фактическое погружение конуса отличается от заданного, состав раствора корректируется. Если погружение конуса оказалось больше заданного, добавляют песок в количестве 5...10 % его расхода на опытный замес; если меньше заданного – добавляют воду в количестве 5...10 % ее расхода на опытный замес. Пробный замес перемешивают 5 мин., вновь определяют его подвижность и корректируют до тех пор, пока подвижность растворной смеси не станет соответствовать заданной.

Затем из растворной смеси требуемой подвижности изготавливают контрольные образцы – кубы размером 70,7 × 70,7 × 70,7 мм согласно ГОСТ 5802–86. В результате испытания контрольных образцов в возрасте 28 суток определяют марку раствора и ее соответствие запроектированной.

Образцы можно испытывать и в другие сроки – через 7 или 14 суток. Для приведения полученных к их марочной 28-суточной прочности следует пользоваться следующими данными:

Возраст образцов, сут.	3	7	14	28	60	90
Прочность раствора, %	33	55	80	100	120	130

Приведенные выше данные относятся к растворам, приготовленным на портландцементе, шлакопортландцементе или пуццолановом портландцементе.

Пример 1 Требуется подобрать состав сложного строительного раствора марки $R_p = 75$ при следующих данных: подвижность растворной смеси 9...10 см; активность используемого шлакопортланд-

цемента $R_{\text{ц}} = 320 \times \times 0,1$ МПа; насыпная плотность цемента $\rho_{\text{нц}} = 1100$ кг/м³; песок средней крупности ($M_{\text{к}} = 1,5$); минеральная добавка – известковое тесто плотностью $\rho_{\text{д}} = 1400$ кг/м³.

1 Расход цемента на 1 м³ песка

$$Q_{\text{ц}} = R_{\text{п}} \cdot 1000 / 0,88 R_{\text{ц}}; \quad Q_{\text{ц}} = (75 \cdot 1000) / (0,88 \cdot 320) = 282 \text{ кг};$$

$$V_{\text{ц}} = Q_{\text{ц}} / \rho_{\text{нц}}; \quad V_{\text{ц}} = 282 / 1100 = 0,225 \text{ м}^3.$$

2 Расход известкового теста на 1 м³

$$V_{\text{д}} = 0,17 (1 - 0,002 Q_{\text{ц}}) = 0,17 (1 - 0,002 \cdot 282) = 0,057;$$

$$Q_{\text{д}} = V_{\text{д}} \rho_{\text{д}}; \quad Q_{\text{д}} = 0,057 \cdot 1400 = 88 \text{ кг}.$$

3 Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают путем деления расхода каждого компонента раствора на расход цемента по объему

$$V_{\text{ц}} / V_{\text{ц}} : V_{\text{д}} / V_{\text{ц}} : 1 / V_{\text{ц}} = 0,255 / 0,255 : 0,057 / 0,255 : 1 / 0,255 = 1 : 0,2 : 3,9.$$

4 Ориентировочный объем воды на 1 м³ песка

$$B = 0,5(Q_{\text{ц}} + Q_{\text{д}} \rho_{\text{д}}) = 0,5 (282 + 88 \cdot 1,4) = 202 \text{ кг}.$$

Расход материалов на 1 м³ песка для приготовления сложного строительного раствора марки 75

Цемент	282 кг
Вода	202 кг
Известковое тесто	0,057 м ³
Песок	1,0 м ³

Пример 2 Рассчитать количество материалов для приготовления 1 м³ раствора, который наносится в виде отделочного слоя на плиты газосиликата. Рекомендуется применять цветной раствор состава 1 : 1 : 3 : 4 (цемент : известь : молотый песок : песок) по объему. Объемный вес раствора 1300 кг/м³. Водотвердое отношение 0,24. К раствору добавлено 3 % воздухововлекающей добавки (гидрофобной). Для придания цвета раствору добавлено 10 % охры. Количество добавок вводится от веса цемента. При испытании материалов были определены: пористость цемента – 58 %, пористость молотого песка – 45 %, пористость песка – 40 %. Принято, что известковое тесто пористости не имеет.

Решение:

Абсолютный объем раствора

$$1 \cdot 0,42 + 1 + 3 \cdot 0,55 + 4 \cdot 0,6 + 7 \cdot 0,24 = 7,15.$$

Коэффициент выхода раствора

$$\beta = \frac{7,15}{1+1+1+4} = 0,8.$$

Расход цемента на 1 м³ раствора

$$\frac{1}{0,8(1+1+3+4)} = 0,14 \text{ м}^3 \text{ или по весу } 0,14 \cdot 1300 = 182 \text{ кг/м}^3.$$

Расход известкового теста 0,14 м³/м³.

Расход молотого песка $0,14 \cdot 3 = 0,42 \text{ м}^3/\text{м}^3$.
 Расход песка $0,14 \cdot 4 = 0,56 \text{ м}^3/\text{м}^3$.
 Расход гидрофобизирующей добавки $182 \cdot 0,03 = 5,46 \text{ кг/м}^3$.
 Охры было добавлено в раствор $182 \cdot 0,10 = 18,2 \text{ кг/м}^3$.
 Расход воды 302 л/м^3

$$B = (V_{\text{ц}} + V_{\text{щ.в.}} + V_{\text{п.м}} + V_{\text{п}}) 0,24 = (0,14 + 0,14 + 0,42 + 0,56) \cdot 0,24 = 0,302 \text{ м}^3$$

или 302 л/м^3 .

Контрольные вопросы к теме "Строительные растворы"

- 1 Понятие о растворе и растворной смеси.
- 2 Общая классификация строительных растворов.
- 3 Из каких материалов изготавливаются строительные растворы.
- 4 Область применения строительных растворов.
- 5 На каком приборе определяется подвижность растворной смеси.
- 6 Какую массу имеет конус СтройЦНИЛА?
- 7 Какую подвижность должны иметь растворы, применяемые для кладки из обыкновенного кирпича, бетонных камней и камней из легких пород.
- 8 Какую подвижность должны иметь растворы, применяемые для обычной кладки из пустотелого кирпича или керамических камней.
- 9 Какую подвижность должны иметь растворы, применяемые для обычной бутовой кладки?
- 10 От каких факторов зависит прочность растворов и как выражается эта зависимость.
- 11 Какие марки строительных растворов различают?
- 12 Какие образцы изготавливаются для определения марки строительных растворов.
- 13 Как влияют пластифицирующие и другие добавки на свойства растворов?
- 14 Какие неорганические добавки используются для пластификации строительных растворов?
- 15 Технологические свойства растворной смеси.
- 16 Понятие о водоудерживающей способности раствора и значение этого свойства.
- 17 Методика расчета состава раствора.

Р а з д е л IV ЗАДАЧИ

1 Определить плотность цементного бетона состава $1 : 1,9 : 4,5$ (по массе) при $B/C = 0,65$, если химически связанная вода составляет 15 % от массы цемента. Плотность цемента равна $1,3 \text{ г/см}^3$, а смеси песка и гравия – $1,1 \text{ г/см}^3$. Плотность бетона 2450 кг/м^3 при его влажности 2 %.

2 Номинальный состав цементного бетона по объему при проектировании оказался $1 : 2,5 : 3,1$; $B/C = 0,45$. Определить количество составляющих материалов на 135 м^3 бетона, если на 1 м^3 его расходуется 390 кг цемента, а влажность песка и гравия в момент приготовления бетонной смеси была соответственно равна 5,0 и 3,0 %. Плотность цемента в насыпном состоянии равна $1,3 \text{ т/м}^3$.

3 Определить номинальный состав по объему и расход материалов на 1 м^3 плотного бетона, если номинальный состав его по массе $1 : 2,2 : 5,1$ при $B/C = 0,65$. Принять при расчетах, что материалы сухие и имеют следующие плотности в насыпном состоянии: песок – 1600 кг/м^3 ; щебень – 1450 и цемент – 1300 кг/м^3 . Коэффициентом выхода нужно задаться.

4 Лабораторный (номинальный) состав тяжелого бетона (на 1 м^3): цемент – 360 кг, песок – 580 кг; щебень 1330 кг; вода 180 л. В производственных (полевых) условиях влажность песка составляла 2 %, а щебня

1,5 % по массе. Каким будет полевой состав бетона? Записать номинальный и полевой состав бетона по массе в виде пропорции.

5 Определить среднюю плотность и минимально необходимую емкость бетоносмесителя для изготовления за один замес 2 т бетонной смеси состава $1 : 2,2 : 3,9$ (по массе) при $B/C = 0,57$ и коэффициен-

те выхода бетона $\beta = 0,68$. Насыпная плотность использованных материалов: песка – 1,5; щебня – 1,6 и цемента – 1,3 т/м³.

6 Определить коэффициент выхода и среднюю плотность бетонной смеси, если для получения 200 м³ бетонной смеси было израсходовано 60 т цемента, 95 м³ песка и 152 м³ щебня с насыпной плотностью соответственно 1,3; 1,5 и 1,4 т/м³, в В/Ц = 0,44.

7 Определить коэффициент выхода бетонной смеси и расход материалов на один замес бетоносмесителя емкостью 750 л (по загрузке). Состав бетона по массе 1 : 2 : 4 при В/Ц = 0,6; расход цемента 320 кг на 1 м³ бетона. Средняя насыпная плотность цемента 1,3 кг/л, песка 1,5 кг/л, щебня 1,45 кг/л.

8 Рассчитать состав тяжелого бетона марки М300 удобоукладываемостью 80 с. Дано: портландцемент марки М500; песок с насыпной массой $\rho_{н.п.} = 1500$ кг/м³ при влажности 7 %; щебень с объемной массой $\rho_{о.щ.} = 1400$ кг/м³, крупностью зерен до 20 мм и плотностью $\rho_{щ.} = 2,8$ г/см³. Пустотность щебня 45 %, а его влажность 2 %.

9 Подобрать состав бетона $R_{28} = 300$ кгс/см². Дано: цемент марки $R_c = 500$; жесткость смеси 60 с; щебень с крупностью зерен до 20 мм и объемной массой $\rho_{о.щ.} = 1400$ кг/м³; песок с насыпной массой $\rho_{н.п.} = 1500$ кг/м³. Твердение в нормальных условиях, $\rho_p = 2,65$ г/см³, $\rho_{щ.} = 2,7$ г/см³, $\rho_{н.ц.} = 3100$ кг/м³.

10 Определить расход цемента на 1 м³ бетона, если проектируемый бетон должен иметь марку "150", в качестве исходных материалов используется крупный песок, шлакопортландцемент марки "400", наибольшая крупность рядового щебня 40 мм, подвижность бетонной смеси 4 см.

11 Определить пористость отвердевшего портландцементного теста, если известно, что воды со-держалось 40 % по отношению к массе цемента (В/Ц = 0,4), а количество химически связанной воды после отверждения составило 15 % от массы цемента, т.е. В/Ц_{св} = 0,15. Плотность портландцемента принять равной 3,1 г/см³, а изменения объема при твердении цементного камня в расчетах не учитывать.

12 Вычислить расход материалов на 1 м³ бетонной смеси со средней плотностью $\rho_{б.с.} = 2400$ кг/м³ и водоцементным отношением В/Ц = 0,6 если производственный состав такого бетона по массе 1 : 2 : 4 (цемент : песок : : щебень).

13 Подобрать марку портландцемента для тяжелого бетона марки "400", изготовленного на рядовых заполнителях, при подвижности бетонной смеси 4 см. Максимальная крупность щебня 20 мм, расход цемента 300 кг на 1 м³ бетона, песок средней крупности.

14 На бетонный завод передан лабораторный состав бетона: Ц = 300 кг; П = 650 кг; Щ = 1300 кг; В = 150 л (на 1 м³ бетонной смеси). Активность цемента $R_c = 45$ МПа. На сколько снизится прочность бетона, если не будет учтена при дозировке составляющих в заводских условиях влажность песка 2 % и влажность щебня 3 %.

15 Бетон марки "400" имеет состав по массе 1 : 2,1 : 4,3 при В/Ц = 0,5. Средняя плотность бетонной смеси 2500 кг/м³. Какую экономию цемента можно получить на каждом кубометре бетона, если по условиям сдачи сооружения в эксплуатацию прочность его в 40 МПа потребуется не через 28, а через 70 суток? Заполнители бетона рядовые.

16 Рассчитать производственный (полевой) состав тяжелого бетона для массивных армированных конструкций марки "300". Материалы: портландцемент М400 с плотностью 3,1 кг/л; песок средней крупности, плотностью 2,6 кг/л, щебень гранитный с наибольшей крупностью зерен 20 мм и плотностью 2,65 кг/л. Среднюю насыпную плотность принять: для цемента – 1,1 кг/л; щебня – 1,48 кг/л; для песка – 1,5 кг/л. Пустотность щебня – 0,42. Заполнители улучшенного качества. Влажность песка и щебня в заводских условиях составила соответственно 2 и 1 %. Записать состав бетона в виде пропорции по массе.

17 Рассчитать состав тяжелого бетона марки М350 и удобоукладываемости 60 с. Для приготовления смеси служат материалы: портландцемент марки М500 плотностью $\rho_c = 3,0$ г/см³; песок средней крупности плотностью $\rho_p = 2,9$ г/см³ и насыпной массой $\rho_{н.п.} = 1500$ кг/м³ при влажности 4 %; щебень с наибольшей крупностью зерен 20 мм, плотностью $\rho_{щ.} = 2,8$ г/см³, и насыпной массой $\rho_{н.щ.} = 1350$ кг/м³. Пустотность щебня 46 % и влажность 3 %.

18 Определить коэффициент выхода и расход материалов на 1 м³ абсолютно плотного известкового раствора состава 1 : 4 (по объему). Объем пустот в песке составляет 42 %. Подобрать состав легкого бетона марки М120 на естественных пористых заполнителях. Дано: объемная масса бетона $\rho_{об} = 1450$ кг/м³; цемент марки $R_{ц} = 400$; легкий заполнитель – туф с насыпной массой $\rho_{н.т.} = 900$ кг/м³ и крупностью зерен 12 мм; насыпная масса песка $\rho_{н.п.} = 1200$ кг/м³; жесткость смеси 75 с.

19 Определить состав конструктивного теплоизоляционного легкого бетона марки М150. Дано: объемная масса бетона $\rho_{об} = 1400$ кг/м³; цемент марки $R_{ц} = 500$; легкий заполнитель с насыпной массой $\rho_{н.т.} = 1100$ кг/м³ и крупностью зерен 15 мм; песок с насыпной массой $\rho_{н.п.} = 1200$ кг/м³; жесткость смеси принять равной 80 с.

20 Подобрать состав легкого бетона марки 100 на вулканическом туфе. Средняя плотность бетона $\rho_{срб.} = 1100$ кг/м³; марка цемента $R_{ц} = 400$; средняя плотность легкого заполнителя – туфа $\rho_3 = 1800$ кг/м³; крупность заполнителя 12 мм; насыпная плотность туфового песка 1200 кг/м³; жесткость бетонной смеси 70 с.

21 Определить расход цемента и молотого песка для изготовления 1 м³ пенобетона, если средняя плотность его в сухом состоянии равна 680 кг/м³, а количество химически связанной воды составляет 20 % от массы цемента и молотого песка. Отношение массы цемента к массе песка 1 : 0,8.

22 Определить расход цемента и молотого песка для изготовления 1 м³ пенобетона, если его объемная масса в сухом состоянии равна 700 кг/м³, а количество химически связанной воды составляет 20 % от массы цемента и молотого песка; отношение массы цемента к массе песка 1 : 0,8.

23 Определить состав пенобетона с объемной массой 700 кг/м³ для крупных блоков. Дано: портландцемент марки 400 кгс/см²; пенообразователь ГК; песок с модулем $M_{кр} = 1,3$.

24 Для приготовления 1 м³ газобетона с объемной массой 800 кг/м³ принято соотношение между смешанным вяжущим (известь + цемент 1 : 1) и молотым песком 1 : 2,3 по массе. Количество химически связанной воды составляет 21 % от массы вяжущего. Определить расходы цемента, извести, песка и воды, если водотвердое отношение (отношение массы воды в бетоне к массе цемента, извести и песка) составляет 0,47.

25 Определить расход материалов на 1 м³ газобетона. Дано: газобетон марки М50 ($R_f = 50$ кгс/см²) с объемной массой $\rho_{о.г.} = 500$ кг/м³.

26 Определить состав газобетона на смешанном вяжущем материале. Дано: объемная масса газобетона $\rho_{о.г.} = 600$ кг/м³, предел прочности при сжатии $R_{сж} = 6,5$ МПа.

27 Подсчитать расход материалов для изготовления 140 м² гипсошлаковых перегородочных плит толщиной 80 мм. Состав гипсобетона 1 : 1,9 по объему, пустотность шлака 52 %, а водогипсовое отношение по массе В/Г = 0,51. Объемная масса (насыпная) полуводного гипса составляет 800 кг/м³.

28 При выходе из бетономешалки бетонная смесь имела температуру $t_{б.см.} = 45$ °С, температура наружного воздуха –15 °С. От бетонного завода на место укладки бетонная смесь перевозилась на автосамосвале. Длительность перевозки 50 мин. Какова будет температура смеси в момент укладки и нужно ли принимать меры по дополнительному разогреву уже уплотненной смеси?

29 При испытании кубов бетона с размером ребра 10 см из тяжелого цементобетона в возрасте 7 суток, твердевших в нормальных условиях, разрушающая нагрузка составила 260 кН. Бетон приготовлен на портландцементе. Определить марку бетона в стандартном возрасте.

30 Бетон на щебне с 7-дневным сроком твердения показал предел прочности при сжатии 20 МПа. Определить активность цемента, если В/Ц = 0,4.

31 Определить марку цементно-известкового раствора состава 1 : 0,5 : 5 по объему и марку цементно-глиняного раствора состава 1 : 1 : 5, если В/Ц = 1,3 для обоих растворов и использован портландцемент марки "500". Марку раствора следует рассчитать по формуле

$$R_p = 0,25 R_{см} \left(\frac{Ц + Д}{В} - 0,4 \right),$$

где $R_{см}$ – прочность на сжатие смешанного вяжущего вещества; Д и Ц – масса добавки и цемента

$$R_{\text{см}} = \frac{R_{\text{ц}}}{1 + 1,5 \text{Д/Ц}}.$$

32 Рассчитать состав смешанного строительного раствора для кладки труб марки "100", если в качестве вяжущего используется шлакопортландцемент марки "400" с насыпной плотностью 1,3 кг/л. Добавка-пластификатор – известковое тесто плотностью 1,4 кг/л. Записать состав раствора по массе и объему, если насыпная плотность песка составляет 1,5 кг/л.

33 Состав (по объему) смешанного раствора 1 : 0,7 : 5 (цемент : известковое тесто : песок). Насыпная плотность этих материалов составляет соответственно 1300, 1400, и 1450 кг/м³. Сколько материалов потребуется заказать на приготовление 150 м³ такого раствора и какое количество воды будет израсходовано для этого? Пустотность песка принять равной 0,4.

34 Подсчитать расход материалов на 1 м³ известково-песчаного раствора состава 1 : 5 по объему при условии, что известковое тесто и готовый раствор пустот не имеют, а песок имеет объем пустот равный 38 %; В/Ц = 0,9.

35 Рассчитать расход материалов на 1 м³ цементно-песчаного раствора состава 1 : 4 по объему, если В/Ц = 0,5, песок имеет объем пустот равный 40 %, объемный вес цемента 1300 кг/м³, плотность цемента 0,5. Определить расход цемента по весу и объему, песка – по объему.

36 Рассчитать количество материалов для приготовления 1 м³ цементно-известково-песчаного раствора состава 1 : 1 : 5 по объему. Плотность цемента 0,42, известковое тесто без пустот, количество пустот в песке 0,40, удельный вес цемента 1300 кг/м³. Воды израсходовано 1,0 объема по отношению к вяжущему (цемент + известковое тесто).

37 Рассчитать количество материалов для приготовления 1 м³ цветного цементно-песчаного раствора состава 1 : 2 по объему для отделки панелей; раствор укладывается на поверхность панели после пропаривания. В раствор вводят 3 % воздухововлекающей добавки ГК и 5 % железного сурика (добавки вводятся от веса цемента). Кварцевый песок имеет пустотность 38 %, объемный вес цемента 1300 кг/м³.

38 Рассчитать количество материалов для приготовления 1 м³ раствора, который наносится в виде отделочного слоя на плиты газосиликата. Рекомендуется применять цветной раствор состава 1 : 1 : 3 : 4 (цемент :

: известь : молотый песок : песок) по объему. Объемный вес раствора 1300 кг/м³. Водотвердое отношение 0,24. К раствору добавлено 3 % воздухововлекающей добавки (гидрофобной). Для придания цвета раствору добавлено 10 % охры. Количество добавок вводится от веса цемента. При испытании материалов были определены: пористость цемента – 58 %, пористость молотого песка – 45 %, пористость песка – 40 %. Принято, что известковое тесто пористости не имеет.

39 Определить состав раствора М100 для надземной кладки стен зданий с нормальной влажностью воздуха помещений. Вяжущее для раствора – портландцемент М500; объемный вес цемента 1200 кг/м³, пластифицирующая добавка – глиняное тесто с объемным весом 1500 кг/м³. Песок природный удовлетворяет требованиям ГОСТов. Объемный вес песка 1300 кг/м³ при влажности 3 %.

40 Определить расход материала на один замес в растворомешалке емкостью 100 л. Состав раствора 1 : 0,31 : 4,3 (цемент : глиняное тесто : песок). Объемные веса материалов: цемента – 1200; глиняного теста – 1500; песка (сухого) – 1300 кг/м³.

41 Определить марку цементно-известкового раствора состава 1 : 0,5 : 5 по объему и марку цементно-глиняного раствора состава 1 : 1 : 5; В/Ц = 1,3 для обоих растворов. Для растворов применен цемент М500. Марку раствора подсчитать по формуле

$$R_{\text{см}} = 0,25 R_{\text{см}} \left(\frac{\text{Ц} + \text{Д}}{\text{В}} - 0,40 \right);$$

где $R_{\text{см}}$ – прочность смешанного вяжущего вещества,

$$R_{\text{см}} = \frac{R_{\text{ц}}}{1 + 1,5Д/Ц};$$

Ц и Д – веса цемента и добавки.

42 Определить расход материалов на 1 м³ инъекционного раствора для заполнения каналов предварительно напряженных железобетонных конструкций. Прочность раствора через 28 дней 300 кг/см². Раствор имеет состав 1 : 0,25 (цемент : молотый песок); В/Ц = 0,45. Для раствора применяется портландцемент М400 (ГОСТ 310-60), а расход цемента на 100 л раствора 116 кг.

43 Рассчитать количество материалов для приготовления 1 м³ раствора, который наносится в виде отделочного слоя на плиты газосиликата. Рекомендуется применять цветной раствор состава 1 : 1 : 3 : 4 (цемент :

: известь : молотый песок : песок) по объему. Объемный вес раствора 1300 кг/м³. Водотвердое отношение 0,24. К раствору добавлено 3 % воздухововлекающей добавки (гидрофобной). Для придания цвета раствору добавлено 10 % охры. Количество добавок вводится от веса цемента. При испытании материалов были определены: пористость цемента – 58 %, пористость молотого песка – 45 %, пористость песка – 40 %. Принято, что известковое тесто пористости не имеет.

44 Используя приблизительный логарифмический закон изменения прочности по времени, построить график для бетона, твердеющего в нормальных условиях через 3, 14, 90, 180, 360 дней, если бетон через 28 суток имел прочность 17,5 МПа.

45 Бетон на хорошем заполнителе показал через один год предел прочности при сжатии 60,0 МПа. Определить активность цемента при В/Ц = 0,5.

46 Определить активность цемента для состава бетона с прочностью 35,0 МПа в 90-дневном возрасте при В/Ц = 0,5 и заполнителях хорошего качества.

47 Построить график и найти зависимость прочности бетона от водоцементного отношения, используя формулу профессора Б.Г. Скрамтаева при цемента марки "400" и заполнителях хорошего качества.

48 Определить активность цемента в бетоне прочностью 35 МПа в 90-суточном возрасте и В/Ц = 0,5 при заполнителях хорошего качества.

49 Определить расход цемента и В/Ц для бетона прочностью 14,0 МПа через 7 дней при условии использования цемента марки "400", расходе воды 160 л, заполнителях хорошего качества ($A = 0,6$).

50 Рассчитать необходимое В/Ц для получения прочности бетона через 7 дней – 20,0 МПа, (цемент марки "400", крупный заполнитель – гравий).

51 Произвести расчет полевого состава бетона 1 : 2,44 : 5,7; В/Ц = 0,57, плотность – 2400 кг/м³, при влажности песка – 3 %, щебня – 1,2 %.

52 Определить расход материалов на один замес бетономешалки – 500 л при расходе материалов на 1 м³ бетона Ц = 242 кг, П = 607 кг, Щ = 1350 кг, В = 104 л, с плотностью соответственно 1,3; 1,63; 1,5.

53 Номинальный состав бетона по массе равен 1 : 2 : 4; В/Ц = 0,5 плотностью 2400 кг/м³. Определить расход материалов на 500 м³ бетона.

54 Определить расход материалов на один замес бетономешалки емкостью 300 л, если расход материалов по массе на 1 м³ бетона равен: Ц = 320 кг, П = 640 кг, Щ = 1280 кг, В = 160 л, а влажность песка – 3 %, щебня – 1 %, насыпная плотность цемента 1,2; щебня 1,4; песка 1,2.

55 Определить номинальный состав бетона по объему и расход материалов на 1 м³ бетона при плотности Ц = 1,3; П = 1,5; Щ = 1,5; В/Ц = 0,6, если номинальный состав бетона по массе 1 : 2,5 : 4,1, а коэффициент выхода бетона $\beta = 0,7$.

56 В результате расчета состава бетона определено соотношение материалов 1 : 1,65 : 3,0 с плотностью 2300 кг/м³. При пробном замесе для достижения требуемой подвижности бетонной смеси выявилась необходимость добавления 13 л воды. Определить окончательный состав бетона.

- 57 При проверке пробного замеса бетонной смеси состава 1 : 2,5 : 4,0 : 0,55 и расходе цемента 280 кг/м³ для достижения нужной подвижности потребовалось прибавить 12 л воды. Плотность исправленной бетонной смеси – 2500 кг/м³. Определить окончательный состав бетона.
- 58 Рассчитать необходимое В/Ц для получения прочности бетона через 7 дней – 20,0 МПа. Цемент марки "400", заполнитель – гравий.
- 59 При испытании тяжелого бетона в образцах размером 10 × 10 × 10 см средний предел прочности в возрасте 7 дней оказался равным 18,4 МПа. К какой марке относится испытываемый бетон?
- 60 Вычислить прочность бетона, МПа, и построить график функции $R_b = f(R_{ц})$ при цементе марки "400", хорошем щебне и В/Ц 0,4; 0,5; 0,6; 0,8.
- 61 Вычислить прочность бетона, МПа, и построить график функции $R_b = f(R_{ц})$ при активности цемента – 20,0; 25,0; 35,0; 50,0; 65,0 МПа и заполнителях хорошего качества.
- 62 Рассчитать необходимое В/Ц при получении бетона с прочностью через 90 дней – 40,0 МПа: цемент марки "400", заполнителях хорошего качества.
- 63 Определить марку бетона, если после 7 суток твердения в нормальных условиях в образцах 10 × 10 × 10 см были получены следующие разрушающие нагрузки: 35, 40, 41 т.
- 64 При активности цемента "300", расходе воды – 200 л, В/Ц = 0,5; коэффициенте качества заполнителей – 0,5. Определить экономию цемента, если через 90 дней требуется достижение прочности бетона 20,0 МПа.
- 65 Определить экономию цемента, если прочность бетона в возрасте 90 дней должна быть 55,5 МПа, применяется пластифицирующая добавка 0,2 % от массы цемента, снижающая расход воды на 15 %, цемент марки "400", щебень гранитный. Подвижность бетонной смеси – 3...4 см.
- 66 При расходе материалов на 1 м³ бетона: Ц = 300 кг; П = 600 кг; Щ = 1200 кг; В = 180 л определить расход материалов на 1 замес бетономешалки емкостью 1500 л при насыпной плотности материалов Ц = 1,3; П = 1,5; Щ = 1,6 кг/дм³.
- 67 Водопоглощение бетона по массе и объему соответственно – 3,9 и 8,6 %. Рассчитать истинную пористость бетона при истинной плотности 2,72 г/см³.
- 68 Кубик из газосиликата с размером ребер 15 см в абсолютно сухом состоянии имел массу 2,7 кг, а после нахождения в воде – 2,95 кг. Определить степень заполнения пор образца водой при истинной плотности газосиликата 2,68 г/см³.
- 69 Для приготовления тяжелого бетона марки "200" употребляется портландцемент марки "300" с активностью 340 кг/см² и заполнители среднего качества. Рассчитать, чему должно быть равно В/Ц в данном бетоне.
- 70 Какой прочностью (маркой) будет обладать бетон, приготовленный из портландцемента марки "400" с активностью 410 кг/см² и заполнителей высокого качества при В/Ц = 0,65?
- 71 Какой активности (марки) портландцемент следует употребить, чтобы получить бетон марки "200" на заполнителях низкого качества при В/Ц = 0,58?
- 72 Сколько килограммов портландцемента марки "300" активностью 312 кг/см² необходимо израсходовать на 1 м³ бетона марки "150" при заполнителях среднего качества, если расход воды на 1 м³ бетона составляет 185 л?
- 73 Номинальный состав тяжелого бетона по массе был 1 : 1,9 : 4,1; В/Ц = 0,45. При пробном замесе в лаборатории средняя плотность бетона оказалась 2235 кг/м³. Определить расход материалов на 1 м³ бетона при влажности песка 4 %, щебня – 1 %.
- 74 Номинальный состав цементного бетона (по объему) оказался 1 : 2,2 : 3,1 при В/Ц = 0,45. Сколько необходимо материалов для приготовления 150 м³ бетона при расходе на 1 м³ бетона 390 кг цемента? Влажность песка 6 %, щебня – 2 %. Средняя плотность цемента 1,3 т/м³; песка (в сухом состоянии) – 1,6 т/м³; щебня (в сухом состоянии) – 1,5 т/м³.
- 75 При испытании в возрасте 8 суток средний предел прочности тяжелого бетона на портландцементе в кубиках размером 10 × 10 × 10 см оказался равным 8,4 МПа. Какой, приблизительно, марке относится испытанный бетон?

НА ОСНОВНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИХ ИСПЫТАНИЙ
(по состоянию на 1.07.99)

Бетоны и растворы

- Растворы строительные. Общие технические условия 28013–98
Растворы строительные. Методы испытаний 5802–86
Смеси бетонные. Технические условия 7473–94
Смеси бетонные. Общие требования к методам испытаний 10181.0–81
Смеси бетонные. Методы определения удобоукладываемости 10181.1–81
Смеси бетонные. Методы определения плотности 10181.2–81
Смеси бетонные. Методы определения пористости 10181.3–81
Смеси бетонные. Методы определения расслаиваемости 10181.4–81
Бетоны. Классификация и общие технические требования 25192–82
Бетоны. Правила подбора состава 27006–86
Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия 26633–91
Бетоны легкие. Технические условия 25820–83
Бетоны ячеистые. Технические условия 25485–89
Вода для бетонов и растворов. Технические условия 23732–79
Добавки для бетонов. Общие технические требования 24211–91
Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости 12730.0–78
Бетоны. Метод определения плотности 12730.1–78
Бетоны. Метод определения влажности 12730.2–78
Бетоны. Метод определения водопоглощения 12730.3–78
Бетоны. Метод определения показателей пористости 12730.4–78
Бетоны. Метод определения водонепроницаемости 12730.5–84
Бетоны. Правила контроля прочности 18105–86
Бетоны. Метод определения прочности по контрольным образцам 10180–90
Бетоны. Метод ускоренного определения прочности на сжатие 22783–77
Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля 22690–88
Бетоны. Ультразвуковой метод определения прочности 17624–87
Бетоны. Метод определения прочности по образцам, отобранным из конструкций 28570–90
Бетоны. Методы контроля морозостойкости. Общие требования 10060.0–95
Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости 10060.1–95
Бетоны. Ускоренные методы определения морозостойкости при многократном замораживании и оттаивании 10060.2–95
Бетоны. Дилатометрический метод ускоренного определения морозостойкости 10060.3–95
Бетоны. Структурно-механический метод ускоренного определения морозостойкости 10060.4–95

Заполнители для бетонов и растворов

- Песок для строительных работ. Технические условия 8736–93
Песок для строительных работ. Методы испытаний 8735–88
Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия 8267–93
Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы физико-механических испытаний 8269.0–97
Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленного производства для строительных работ. Методы химического анализа 8269.1–97

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- 1 **Попов Л.Н.** Лабораторный практикум по предмету "Строительные материалы и детали". М.: Стройиздат, 1988. 221 с.
- 2 **Кальгин А.А., Сулейманов Ф.Г.** Лабораторный практикум. М.: Высш. шк., 1994. 271 с.
- 3 **МИКУЛЬСКИЙ В.Г. СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ: УЧЕБНИК. М.: ИЗД-ВО АСВ, 1996. 488 С.**
- 4 **Горчаков Г.И., Баженов Ю.М.** Строительные материалы: Учеб. для вузов. М.: Стройиздат, 1986. 688 с.
- 5 **Воробьев В.А., Комар А.Г.** Строительные материалы: Учебник. М.: Стройиздат, 1976. 478 с.
- 6 **Комар А.Г.** Строительные материалы: Учебник. М.: Стройиздат, 1983.
- 7 **Рыбьев И.А.** Общий курс строительных материалов: Учебник. М.: Высш. шк., 1987. 583 с.
- 8 **Борщевский А.А., Ильин А.С.** Механическое оборудование для производства строительных материалов и изделий: Учебник. М.: Высш. шк., 1987. 367 с.
- 9 **Домокеев А.Г.** Строительные материалы. М.: Высш. шк., 1989. 494 с.
- 10 **Синяков В.К.** Строительные материалы и работы. М.: Стройиздат, 1986. 431 с.
- 11 **Строительные материалы:** Справочник / Под ред. А.С. Болдырева, П.П. Золотова. М.: Стройиздат, 1989.
- 12 **Попов Л.Н., Попов Н.Л.** Строительные материалы и изделия: Учебник. М.: ГУПЦПП, 2000. 384 с.
- 13 **Комар А.Г.** Строительные материалы и изделия. М.: Высш. шк. 1988. 527 с.
- 14 **Айрапетов Д.П.** Архитектурное материаловедение: Учебник. М.: Стройиздат, 1983. 310 с.
- 15 **Кропотов В.Н.** Строительные материалы: Учебник для специальности "Архитектура". М.: Высш. шк. 1973. 381 с.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Раздел I БЕТОНЫ	3
Лабораторная работа № 1 СВОЙСТВА БЕТОННОЙ СМЕСИ	3
Лабораторная работа № 2 ТЯЖЕЛЫЙ (ОБЫКНОВЕННЫЙ) БЕТОН	9
Лабораторная работа № 3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА НА СЖАТИЕ	14
Лабораторная работа № 4 ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА БЕТОНА ...	21
Раздел II ОСОБЫЕ ВИДЫ БЕТОНОВ	37
Раздел III СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ	50
Лабораторная работа № 5 ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КРУП-	56

НОСТИ	ПЕСКА НА ВОДОПОТРЕБ-	
НОСТЬ,	ПЛОТНОСТЬ И ПРОЧНОСТЬ	
РАСТВОРА ..		
Лабораторная работа № 6	ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ	
БАВОК НА	ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДО-	
НОСТЬ И	ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТ-	
РАСТВОРА ..	ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО	56
Лабораторная работа № 7	ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБА-	
ВОК-	РЕГУЛЯТОРОВ ТВЕРДЕНИЯ	
НА	ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТ-	
НОСТЬ И	ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО	
РАСТВОРА ..		56
Лабораторная работа № 8	ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ПОЛИ-	
МЕРНОЙ	ДОБАВКИ (СМОЛЫ) НА	
НОСТЬ И	ВОДОПОТРЕБНОСТЬ, ПЛОТ-	
РАСТВОРА ..	ПРОЧНОСТЬ ЦЕМЕНТНОГО	57
Лабораторная работа № 9	ПОДБОР СОСТАВА СЛОЖНО-	
ГО	СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА	
.....		65
Раздел IV ЗАДАЧИ		
.....		69
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК		
.....		79

16 Данные к заданию по вариантам

Вариант	Класс Б	$M_b, (R_b)$	ОК, см	ПЖ, с	Наименование конструкции	$d_{min}, мм$	$l_{min}, мм$	$V, дм^3$
1	B35	450	2...4	—	ж/б ригель	240	80	750
2	B15	200	10...12	—	ж/б плита	300	75	750
3	B27,5	350	—	40...50	ж/б балка	300	70	2400
4	B25	300	8...10	—	ж/б ригель	400	40	2400
5	B20	250	12...16	—	ж/б балка	300	70	1200
6	B10	150	8...10	—	ж/б фунда. блок	300	75	2400
7	B30	400	—	15...20	б/б колонна	800	80	750
8	B15	200	—	15...20	ж/б плита	500	100	1200
9	B20	250	—	10...15	ж/б фунда. блок	200	80	750
10	B10	150	—	10...15	ж/б перегород.	150	85	2400

11	B10	150	16...20	—	ж/б фунда. блок	300	100	1200
12	B15	200	12...16	—	ж/б плита	200	80	750
13	B20	250	10...12	—	ж/б балка	180	70	2400
14	B22,5	300	8...10	—	ж/б колонна	400	80	1200
15	B27,5	350	5...7	—	ж/б настил	200	60	750
16	B27,5	350	—	25...35	ж/б свая	400	80	2400
17	B22,5	300	—	15...20	ж/б балка	400	100	2400
18	B27,5	350	—	10...15	ж/б плита	250	60	1200
19	B30	400	12...16	—	ж/б плита	220	50	1200
20	B35	450	16...20	—	ж/б балка	350	88	2400

Окончание табл. 16

Вариант	Класс Б	M _б , (R _б)	ОК, см	ПЖ, с	Наименование конструкции	d _{min} , мм	l _{min} , мм	V, дм ³
21	B27,5	350	10...12	—	ж/б колонна	500	120	750
22	B15	200	5...7	—	ж/б балка	500	120	750
23	B10	150	2...4	—	ж/б фундам.	300	100	2400
24	B20	250	8...10	—	ж/б плита	200	50	1200
25	B20	200	—	10...12	ж/б плита	150		500
26	B20	250	2...4	—	ж/б плита	200		2400
27	B15	200	5...6	—	ж/б балка	400	100	2400
28	B20	250	2...4	—	ж/б плита	120	—	1000
29	B20	250	2...4	—	ж/б балка	180	75	750
30	B10	150	3...4	—	ж/б балка	300	—	1200
31	B10	100	6	—	ж/б плита	450	100	500
32	B15	200	0	25...35	канал. трубы	120	—	750
33	B20	250	2...4	—	ж/б плита	200	85	750
34	B10	150	2...4	—	ж/б блок	500	80	1200
35	B22,5	300	3	—	ж/б колонна	200	—	425
36	B20	250	—		ж/б плита	200	—	2400
37	B22,5	300	3		фундамент	400	100	1200
38	B20	250	4...6		ригель	250	—	750
39	B15	200	8...1		ж/б блоки	200	120	2400
40	B10	100	—		подготовка под асфальт	100	—	1200