НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ И НАЗНАЧЕНИЮ ЕГО СОСТАВА

СИ МОСКВА — 1975

gost.e-ecolog.ru

НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ИНСТИТУТ
БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА

РЕКОМЕНДАЦИИ

ПО УСКОРЕННОЙ ОЦЕНКЕ КАЧЕСТВА ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ И НАЗНАЧЕНИЮ ЕГО СОСТАВА

МОСКВА
СТРОЙИЗДАТ
1975

УДК 666.942.004.12+666.972.1.031.1

Рекомендации по ускоренной оценке качества цемента в бетоне и назначению его состава. М., Стройиздат, 1975. 24 с. (Науч.-исслед. ин-т бетона и железобетона Госстроя СССР).

Рекомендации содержат основные положения по ускоренному испытанию портландцементов в бетоне и назначению фактора прочности *Ц/В* бетонов разных марок. Приведены технические требования к бетону, порядок и последовательность работ по расчету и подбору состава бетона, определению расхода цемента в бетонной смеси, песка и крупного заполнителя и дозировке воды.

Рекомендации предназначены для инженерно-технических работников заводов железобетонных изделий и строительных организаций.

Табл. 8, ил. 4.

Р $\frac{30213\text{-}300}{047(01)\text{-}75}$ Инструк.-нормат., IV вып.— 17—74

© Стройиздат, 1975

НИИЖБ

Рекомендации по ускоренной оценке качества цемента в бетоне и назначению его состава

Редакция инструктивно-нормативной литературы
Зав. редакцией А. С. Певзнер
Редактор Л. Т. Калачева
Мл. редактор Н. В. Лосева
Технические редакторы Л. В. Бодрова, Н. Г. Бочкова
Корректоры Л. П. Бирюкова, И. Л. Шахновская

Сдано в набор 2 XII 1974 г. Подписано в печать 14/III 1975 г.
Т-04439 Формат 84×108 1/32 Бумага типографская № 1
усл.-печ. л.—1,26 (1,26 уч.-изд. л.) Тираж 25 000 экз.
Изд. № XII—5325 Заказ № 596 Цена 7 коп.
Цена в суперобложке 11 коп.

Стройиздат
103066, Москва, Каляевская ул., 23а

Подольская типография Союзполиграфпрома
при Государственном комитете Совета Министров СССР
по делам издательств, полиграфии и книжной торговли
г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

ПРЕДИСЛОВИЕ

Рекомендации имеют целью дать возможность заводам железобетонных изделий и строительным площадкам в короткий срок оценить прочность применяемого в деле цемента и использовать его с наименьшим расходом в условиях данного производства. При этом длительное испытание по ГОСТ 310—60 для проверки активности и паспортной марки цемента не является необходимым. Назначение фактора ($Ц/В$) прочности бетона заданной марки выполняется по достоверным результатам испытания цемента в бетоне, а не по усредненным формулам типа Боломея.

Примененные в Рекомендациях единицы физических величин даны по Международной системе СИ, при этом термин «объемный вес» заменен на «плотность», «вес» на «массу» (под термином «масса» понимается результат взвешивания тела на рычажных весах).

Рекомендации составлены на основании результатов научно-исследовательских работ НИИ бетона и железобетона Госстроя СССР и производственного опыта заводов ЖБИ и строительных организаций треста Череповецметаллургстрой Минтяжстроя СССР, гг. Москвы, Тюмени и др.

Рекомендации разработаны д-ром техн. наук проф. С. А. Мироновым, д-ром техн. наук И. М. Френкелем и канд. техн. наук В. М. Медведевым.

Предложения и замечания по содержанию настоящих Рекомендаций просим направлять в НИИЖБ по адресу: 109389, Москва, Ж-389, 2-я Институтская ул., 6.

Дирекция НИИЖБ

1. НАЗНАЧЕНИЕ И ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ

1.1. Настоящие Рекомендации предназначаются для заводов железобетонных изделий, полигонов и стройплощадок при работе по расчету и подбору состава тяжелого бетона для промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений. Рекомендации предусматривают способ быстрого и надежного выбора фактора прочности бетона $Ц/В$ в бетоне любых марок с одновременной проверкой активности цемента[1].

1.2. Рекомендации могут быть также использованы для назначения состава бетона для гидротехнических, энергетических и транспортных сооружений, но при этом должны быть учтены специальные требования, предъявляемые к таким бетонам.

1.3. Бетон, состав которого будет разработан по настоящим Рекомендациям, должен приготовляться из цемента и заполнителей, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 10178—62* «Портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их разновидности» и ГОСТ 10268—70 «Заполнители для тяжелого бетона. Технические требования».

Количество цементного клея заданного качества в бетонной смеси должно быть достаточно для покрытия всех поверхностей кусков и зерен заполнителя и замещения пустот между ними. Бетонная смесь должна быть уложена плотно.

2. ТРЕБОВАНИЯ К БЕТОНУ

2.1. К бетону промышленных, жилых и общественных зданий и сооружений предъявляются следующие требования:

а) должен иметь к установленному сроку прочность, предусмотренную проектом или техническими условиями;

б) должен быть долговечен при работе в среде, для которой предназначен;

---

[1] Разработан д-ром техн. наук проф. С. А. Мироновым и д-ром техн. наук И. М. Френкелем.

в) подвижность или жесткость бетонной смеси в момент укладки ее в дело должна соответствовать месту и средствам укладки; при этом подвижность должна быть наименьшей, а жесткость наибольшей из возможных;

г) бетонная смесь и бетон должны быть однородными по своим свойствам.

2.2. Прочность плотно уложенного отвердевшего бетона, приготовленного из данных пригодных для него материалов, зависит только от пористости цементного камня, определяемой величиной отношения по весу цемента и воды, введенных в бетон, т. е. от величины $Ц/В$ (качества клея).

2.3. Долговечность бетона зависит от правильного выбора материалов для него и от структуры, которая будет обусловлена составом бетона, качеством укладки смеси в дело и режимом твердения.

2.4. Степень подвижности или жесткости бетонной смеси из имеющихся материалов зависит только от количества клея требуемого качества.

2.5. Однородность свойств бетона зависит от постоянства состава цемента и заполнителей, стабильности их соотношения в бетонной смеси, от качества перемешивания смеси, ее укладки и режима твердения.

3. ПОРЯДОК РАБОТ ПО РАСЧЕТУ И ПОДБОРУ СОСТАВА БЕТОНА

3.1. Задание на подбор состава бетона обязательно должно содержать следующие данные:

а) марку бетона или требуемую долю марочной прочности к определенному сроку;

б) подвижность (осадку конуса в см) или жесткость (время в с, затраченное для уплотнения смеси в техническом вискозиметре) бетонной смеси;

в) наибольшую крупность заполнителя при приготовлении бетонной смеси для укладки в конструкции.

3.2. Производят подготовку материалов для работ по расчету и подбору состава бетона:

а) для бетона заданной марки по прочности на сжатие целесообразно выбирать цемент, руководствуясь данными, приведенными в табл. 1.

При этом отбирают пробу цемента массой 50 кг, просевают ее через сито с 64 отв/см^2 и удаляют остав-

Таблица 1

Рациональные марки цемента для бетонов различных марок

Марка бетона	100	150	200	250	300	350	400	450	500	600
Марка цемента по ГОСТ 10178—62*	200	300	300—400	400	400—500	500	500—600	600	600	600

шиеся на сите комки. Подготовленную пробу цемента помещают в жесткую тару и закрывают плотной крышкой;

б) отбирают пробу крупного заполнителя. Для этого сначала намечают размер контрольных образцов бетона, которые должны быть изготовлены при разработке состава бетона, и соответственно этим образцам устанавливают размер пробы крупного заполнителя. Если для образцов бетона намечаются кубы с ребром 20 см, пробу крупного заполнителя принимают массой 150 кг, с ребром 15 см—70 кг, 10 см—25 кг.

Таблица 2

Наибольшая крупность гравия (щебня) и фракции его соответственно размерам образца

Размер ребра куба, см	Наибольшая крупность кусков, мм	Число фракций	Размер фракций, мм			
			5—20	20—40	40—70	всего
			Количество фракций, кг / %			
10	20	1	25 / 100	—	—	25 / 100
15	40	2	35 / 50	35 / 50	—	70 / 100
20	70	2	90 / 60	—	60 / 40	150 / 100
20	70	3	45 / 30	45 / 30	60 / 40	150 / 100

Каждому размеру образца бетона должна соответствовать своя наибольшая крупность заполнителя с фракциями по табл. 2.

Масса пробы крупного заполнителя определяется как произведение девятикратного объема принимаемой формы для одного образца бетона (в л) на плотность заполнителя, принимаемую 1,6 кг/л;

в) отобранные пробы крупного заполнителя просеивают через сита для удаления кусков, превышающих по крупности данную фракцию, например:

для фракции	5—20 мм		просевают	через	сито	∅	20 мм
»	» 20—40 и 5—40 мм		»	»	»	∅	40 »
»	» 40—70 и 5—70 »		»	»	»	∅	70 »

Остатки на ситах отбрасывают;

г) для определения водопоглощения щебня (гравия) из смеси отбирают разные куски щебня массой 1 кг, укладывают их на решето и погружают в воду, уровень которой должен на 5—7 см превышать высоту слоя замачиваемой пробы. Через $^1/_2$ ч решето с пробой извлекают из воды, дают воде стечь и спустя 1—2 ч, обтерев тряпкой куски щебня на решете, взвешивают их для определения водопоглощения по формуле

$$W = \frac{P - 1}{1} 100, \qquad (1)$$

где W — водопоглощение щебня, %;

P — масса влажного заполнителя, кг;

д) отбирают пробу песка в количестве 30—35% массы крупного заполнителя

Отобранную пробу высушивают до постоянного веса.

4. ОПЫТНОЕ ОПРЕДЕЛЕНИЕ ФАКТОРА ПРОЧНОСТИ *Ц/В*

4.1. После подготовки материалов изготовляют три состава бетонной смеси: 1-й состав с $Ц/В = 1{,}43$; 2-й состав с $Ц/В = 2$ и 3-й состав с $Ц/В = 2{,}8$ или соответственно $В/Ц = 0{,}7$; 0,5 и 0,36.

Количество материалов на замес, из которого может быть отформовано и уплотнено 9 кубов размером 10×10×10 см бетонной смеси каждого состава, приведено в табл. 3.

Таблица 3

Количество материалов на замес трех составов бетонной смеси

Состав	Ц/В	Расход материалов на 9 л уплотненной бетонной смеси в кг (для образцов 10×10×10 см)				
		цемента	песка	крупного заполнителя сухого	воды основной	воды на водопоглощение крупного заполнителя
1	1,43	2,5	8,3	13,5	1,74	$\frac{13,5}{100} W$
2	2	3,6	7,5	12,3	1,8	$\frac{12,3}{100} W$
3	2,8	7,7	4,5	10,6	2,73	$\frac{10,6}{100} W$

Примечание. Для кубов с ребром более 10 см количество каждого материала находят умножением количества, приведенного в таблице, на объем большего куба. Например, для изготовления 9 шт. кубов размером 20×20×20 см количество каждого материала, приведенного в табл. 3, следует умножать на 8.

4.2. Отвешенные на замес материалы для каждого состава в зависимости от их количества перемешивают вручную или в смесителе и устанавливают для перемешанной смеси плотность, подвижность — осадку конуса в см, или жесткость в с.

Примечание. Консистенция смеси в трех разных составах может оказаться не одинаковой. Это, однако, не должно оказывать влияния на прочность бетона, если смесь каждого состава будет хорошо уплотнена в формах.

4.3. Из каждого состава бетонной смеси формуют 9 образцов-близнецов. Смесь уплотняют на виброплощадке до полного прекращения ее оседания, выравнивания ее поверхности и появления на ней цементного раствора. На форму какой-либо краской, стойкой к влажным и температурным условиям, наносят номер состава, из которого в этой форме заготовлены образцы.

4.4. После изготовления и 2-часовой выдержки 6 шт. образцов каждого состава помещают в формах в пропарочную камеру, где подвергают тепловой обработке при атмосферном давлении по следующему режиму:

а) если бетонная смесь приготовлена на портландцементе: 3 ч — подъем, 6 ч — выдержка при температуре изотермического прогрева 80—85°С и 2 ч — охлаждение;

б) если бетонная смесь приготовлена на шлакопортландцементе или пуццолановом портландцементе: 3 ч — подъем, 8 ч — выдержка при температуре изотермического прогрева 90—95°С и 2 ч — охлаждение.

Три оставшихся образца каждого состава выдерживают в форме в течение 1 сут при комнатной температуре.

Примечание. На заводах ЖБИ пропаривание может производиться по принятому на заводе режиму.

4.5. Через 12 ч с момента отключения пара образцы извлекают из форм, переносят метку с формы на каждый образец и, руководствуясь требованиями ГОСТ 10180—67 «Бетон тяжелый. Методы определения прочности», производят испытание на сжатие трех из шести пропаренных образцов.

Три оставшихся пропаренных образца каждого состава и три образца, не подвергавшихся пропариванию, по освобождении из форм помещают в камеру нормального хранения для испытания в возрасте 28 сут.

4.6. Результаты испытания на сжатие кубов разных размеров должны быть приведены к прочности кубов с ребром 20 см, для чего их прочность надо умножить:

на 0,85,	если	был	испытан	куб	с	ребром	10	см
» 0,9	»	»	»	»	»	»	15	»
» 1,1	»	»	»	»	»	»	30	»

Примечание. Завод или строительная площадка могут установить для своих прессов другие переводные коэффициенты по правилам, изложенным в п. 1.4 ГОСТ 10180—67.

4.7. По результатам испытания на сжатие, приведенным к прочности кубов с ребром 20 см, выводят среднюю прочность бетона каждого состава, руководствуясь при этом требованиями п. 2.7 ГОСТ 10180—67.

4.8. Для построения зависимости $R_1 = f(Ц/В)$, где R_1 — прочность бетона после тепловой обработки, в координатной системе по оси абсцисс откладывают значение $Ц/В$, а по оси ординат — прочность в МПа. В этой координатной системе откладывают три точки, абсциссы которых показывают $Ц/В$, а ординаты — полученную среднюю прочность, приведенную к прочности куба с ребром 20 см. Через отложенные точки проводят прямую,

---

[1] В соответствии с Международной системой единиц СИ 100 кгс/см^2 = 10 МПа.

которая и является графическим изображением искомой функции.

В случае, если прямая не проходит через все три точки, и какая-нибудь из них по ординате отклоняется от возможного расположения на проводимой прямой с той же абсциссой более чем на 10%, опыт должен быть повторен.

Пример построения функции $R=f$ ($Ц/В$) приведен на рис. 1.

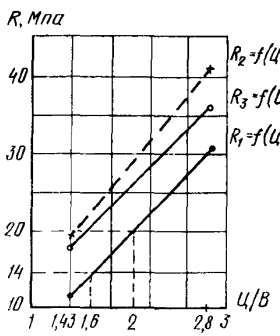

Рис. 1. Прочность бетона в зависимости от цементно-водного отношения

R_1 — пропаренного и испытанного через 12 ч после отключения пара; R_2 — то же, через 27 сут последующего нормального твердения; R_3 — нормального твердения в возрасте 28 сут

4.9. На заводах ЖБИ построение функции $R_1=f$ ($Ц/В$) достаточно для выбора фактора прочности бетона заданной прочности. Если по остывании требуется, например, прочность бетона 70% проектной марки 200, т. е. необходимо найти $Ц/В$ для прочности 14 МПа, то через точку прочности *14* на оси ординат проводят прямую параллельно оси абсцисс до пересечения с прямой R_1. Абсцисса точки пересечения дает искомую величину $Ц/В=1{,}6$ (см. рис. 1).

Если бы требовалось обеспечить полную проектную прочность сразу после остывания, линию, параллельную абсциссе, пришлось бы провести через точку ординаты 20 МПа. В этом случае $Ц/В=2$.

4.10. Для строительных площадок, где требуемая прочность, как правило, должна быть обеспечена к возрасту 28 сут, построения функции $R_1=f$ ($Ц/В$) недостаточно. Необходимо построить функцию $R_3=f$ ($Ц/В$); с этой целью следует воспользоваться значениями M, приведенными в графах $R_3=f$ (R_1) из табл. 4, и подсчитать величины R_3 при каких-либо двух значениях $Ц/В$, например при $Ц/В=1{,}43$ и $Ц/В=2{,}8$.

Таблица 4

Коэффициенты прочности пропаренного бетона и активности цемента

Ц/В	$R_2=f(R_1)$			$R_3=f(R_1)$			$R_1=f(R_Ц)$			$R_2=f(R_Ц)$			$R_1=f(R_3)$			$R_2=f(R_3)$		
	M	S	C_v	M	S	C_v	M	S	C_v	M	S	C_v	M	S	C_v	M	S	C_v
1,43	177	44	25	158	37	23	27	10	37	44	16	36	67	14	21	116	18	15
2	143	23	16	131	22	17	51	10	20	71	12	20	78	11	15	115	17	15
2,5	138	24	17	123	20	17	72	12	17	96	19	20	81	13	16	112	16	14
2,8	135	22	17	120	21	18	85	16	15	110	20	18	83	14	17	110	16	14

Примечание. Все величины даны в процентах.

Обозначения: R_1 — прочность бетона после пропаривания и остывания;
R_2 — то же, через 27 сут после пропаривания;
R_3 — то же, через 28 сут после твердения только в нормальных условиях;
$R_Ц$ — активность цемента, определяемая по ГОСТ 310—60;
M — средняя прочность;
S — стандарт;
C_v — изменчивость.

Если при испытании образцов после их пропаривания и остывания получены прочности для построения R_1 при $Ц/В = 1{,}43$—11,5 МПа и при $Ц/В = 2{,}8$—31 МПа, то при тех же значениях $Ц/В$ для построения R_3 имеем:

при $Ц/В = 1{,}43$ прочность $11{,}5\,\frac{158}{100} = 18{,}2$ МПа;

» $Ц/В = 2{,}8$ » $31\,\frac{120}{100} = 37{,}2$ МПа.

На рис. 1 проведена прямая $R_3 = f(R_1)$.

4.11. В тех случаях, когда интерес представляет прочность пропаренного бетона через 27 сут последующего твердения в нормальных условиях, нужно построить $R_2 = f(R_1)$. Данные для этого построения приведены в табл. 4, где находим:

при $Ц/В = 1{,}43$ $R_2 = \frac{177}{100}$, $R_1 = \frac{177}{100}\,11{,}5 = 20{,}4$ МПа;

» $Ц/В = 2{,}8$ $R_2 = \frac{135}{100}$, $R_1 = \frac{135}{100}\,31 = 42$ МПа.

На рис. 1 проведена прямая $R_2 = f(R_1) = f(Ц/В)$.

4.12. *Для проверки активности примененного для бетона цемента воспользуемся функцией* $R_1 = f(R_ц)$ (см. табл. 4).

Поскольку R_1 как функция $R_ц$ может быть выяснена при разных значениях $Ц/В$, следует принять то из них, которому соответствует наименьшая величина изменчивости; $C_v = 15\%$ и является наименьшей. Величину $R_ц$ найдем из частного от деления R_1 при $Ц/В = 2{,}8$ на 0,85 (см. табл. 4), а именно $R_ц = \frac{R_1 \cdot 100}{85} = \frac{31 \cdot 100}{85} = 36{,}5$ МПа.

4.13. В условиях монолитного строительства испытание цемента в бетоне и нахождение фактора прочности $Ц/В$ может быть выполнено без ускорения твердения бетона пропариванием.

Кубы, изготовленные так же, как это приведено для бетона с пропариванием его (пп. 4.1—4.12), хранят в нормальных условиях и испытывают по 3 шт. от каждого состава через 2, 7 и 28 сут или через 7, 14 и 28 сут.

Ранние испытания (двух- и семисуточные) могут быть использованы для построения функции $R^н_{28} = f(R^н_2) = f(R^н_7) = f(R^н_{14}) = f(Ц/В)$. При этом, если время позволит воспользоваться функцией $R^н_7$, она дает

более точный результат, нежели функции $R_2^н$, как это видно по величине изменчивости из табл. 5, в которой приведены коэффициенты прочности бетона нормального твердения.

Чтобы построить функцию $R_{28}^н = f(R_2^н)$ или $R_{28}^н = f(R_7^н)$, нужно испытать в возрасте 2 или 7 сут три из девяти кубов каждого состава, найти среднюю прочность и привести ее к прочности кубов с ребром 20 см. По полученным прочностям строят функцию $R_2^н = f(Ц/В)$ или $R_7^н = f(Ц/В)$ и далее, пользуясь величиной M по табл. 5 (с учетом дисперсности цемента), находят значение $R_{28}^н = f(R_2^н)$ или $R_{28}^н = f(R)_7^н$). Например, бетон, изготовленный из цемента с удельной поверхностью, определяемой по ГОСТ 310—60, равной 2800 см²/г, при испытании в возрасте 2 сут показал средние прочности, приведенные к стандартному образцу:

при $Ц/В = 1{,}43$ $R_2^н = 4{,}9$ МПа;
» $Ц/В = 2$ $R_2^н = 10{,}5$ МПа;
» $Ц/В = 2{,}8$ $R_2^н = 18$ МПа.

Таблица 5

Коэффициенты прочности бетона нормального твердения

В/Ц	$R_2^н$ в % от $R_{28}^н$			$R_7^н$ в % от $R_{28}^н$			$R_{14}^н$ в % от $R_{28}^н$		
	M	S	C_v	M	S	C_v	M	S	C_v
1,43	47	9,2	19,5	73	9	12	89	7,6	8
	20	7,8	39	62	9,8	15,8	83	7,5	9
2	56	8,4	15	84	8,6	10,2	94	7,8	8,3
	31	8,5	27	71	7,7	10,9	84	6	7,1
2,8	68	10,5	15,4	86	8,5	9,8	95	5,4	5,7
	37	8	22	77	8	10,3	88	7	8

Примечание. Цифры над чертой даны для быстротвердеющих цементов повышенной дисперсности 4000—4500 см²/г; под чертой — для обычных цементов с дисперсностью 2500—3000 см²/г. Для промежуточных значений дисперсности множитель M следует брать по интерполяции.

С учетом дисперсности цемента по табл. 5 и по $R_2^н$ найдем $R_{28}^н$:

при $Ц/В = 1{,}43$ $R_{28}^н = R_2^н : \frac{20}{100} = 4{,}9 : \frac{20}{100} = 24{,}5$ МПа;

» $Ц/В = 2$ $R_{28}^н = R_2^н : \frac{31}{100} = 10{,}5 : \frac{31}{100} = 33{,}8$ МПа;

» $Ц/В = 2{,}8$ $R_{28}^н = R_2^н : \frac{37}{100} = 18 : \frac{37}{100} = 48{,}6$ МПа.

По полученным прочностям строим график функции $R_{28}^н = f(Ц/В)$, по которому можно найти требуемый для бетона фактор прочности $Ц/В$ (рис. 2).

4.14. Предполагаемую активность (и, следовательно, марку) цемента найдем по величине $R_{28}^н$ при $Ц/В = 2{,}8$*. В этом случае можно считать, что был применен цемент марки 500.

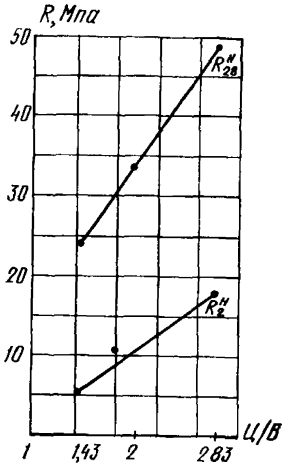

Рис. 2. Прочность бетона в зависимости от цементно-водного отношения при нормальном твердении

$R_2^н$ в 2-суточном возрасте;

$R_{28}^н$ – в 28-суточном возрасте

4.15. Помимо определения приближенной активности или марки цемента по приведенным данным в пп. 4.12 и 4.14 целесообразно охарактеризовать цемент по его поведению в бетоне коэффициентом активности.

Коэффициент активности $M_{стр}$ вычисляется как частное от деления на 10 МПа произведения приведенной к стандартной прочности бетона при $Ц/В = 2{,}5$ на тангенс угла наклона прямой $R = f(Ц/В)$:

$$M_{стр} = R_{Ц/В=2,5} \operatorname{tg} \alpha = R_{Ц/В=2,5} \times \times \frac{R_{Ц/В=2,5} - R_{Ц/В} = 1{,}43}{100 \cdot 1{,}07},$$

где $M_{стр}$ — коэффициент активности цемента;

* 28-суточная прочность бетона при $Ц/В$, равном 2,8, численно равна активности цемента.

1,07 — разность абсцисс 2,5 и 1,43 на графике $R = f(Ц/В)$.

Коэффициент активности $М_{стр}$ может быть вычислен для функций $R=f(Ц/В)$, построенных по результатам испытания пропаренных и испытанных после остывания образцов (это будет $М^{проп}_{стр}$), или по результатам испытания пропаренных и затем твердевших до 28 сут в нормальных условиях ($М^{проп+н}_{стр}$), или по результатам испытания нормально твердевших образцов ($М^{н}_{стр}$).

Коэффициенты активности разных цементов, маркируемых при испытании по ГОСТ 310—60 одной и той же маркой, могут оказаться различными при сравнении их друг с другом по данным о бетонах равновозрастных и равных по режиму твердения. Таким образом, коэффициент активности лучше отражает прочность цемента в бетоне нежели стандартная марка.

5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РАСХОДА ВОДЫ И ЦЕМЕНТА В БЕТОННОЙ СМЕСИ

5.1. Расход воды в единице объема бетона с заданной прочностью определяет собой расход цемента в нем и, как правило, должен быть установлен экспериментально. Поскольку вода совместно с цементом образует вязкую систему — цементный клей, вязкость бетонной смеси может быть связана с расходом воды в ней.

Для определения расхода воды в бетонной смеси намечают состав ее в зависимости от найденного значения $Ц/В$, как это указано в табл. 6.

Таблица 6

Расход материалов на замесы

$Ц/В$	Количество материалов на замес, кг		
	цемента	песка	крупного заполнителя
1,43—2	3,15	7,2	11,7
2,1—2,5	4,3	6,4	11,4
2,6—3	4,75	5,9	11,4
Более 3	6,35	5	10,7

Состав рассчитан на изготовление 10 л бетонной смеси.

5.2. Крупный заполнитель в требуемом количестве на данный замес за 2 ч до проведения опыта погружают на решете в воду. Через $^1/_2$ ч заполнитель извлекают из воды, дают ей стечь и через $1^1/_2$ ч начинают опыт.

5.3. В ведре, масса которого заранее установлена и краской проставлена на внешней его поверхности, заготовляют 5 л воды.

5.4. Цемент и песок по принятому составу перемешивают до получения однородной смеси. Затем в смесь вводят крупный заполнитель и вновь подвергают перемешиванию до придания смеси однородности. После этого в смесь добавляют воду, взятую из отмеренной в ведре порции. Первый раз вводят 1,5 л воды, распределяя ее равномерно по смеси цемента и заполнителей. Вторую и последующие порции воды добавляют мензуркой вместимостью 0,2 л и после каждого добавления воды смесь тщательно перемешивают.

Когда бетонная смесь приобретает вязкость заведомо бо́льшую, чем требуется для производства работ (это устанавливается либо на глаз, либо пробной проверкой конусом или техническим вискозиметром), дальнейшие порции воды вводят мензуркой вместимостью 0,1 л и после этого измеряют подвижность или жесткость смеси.

Опыт заканчивают, когда будет установлено, что смесь приобрела подвижность или жесткость, равную требуемой условиями укладки или с небольшими отклонениями (± 1 см или ± 5с). После этого взвешивают ведро с водой и по остатку ее в ведре подсчитывают количество израсходованной воды.

Для приготовленной смеси устанавливают ее плотность $\gamma'_{см}$ в кг/л и вычисляют объем приготовленной смеси по формуле

$$V = \frac{ц + п + к_р + в}{\gamma'_{см}}, \qquad (2)$$

где V — объем приготовленной бетонной смеси, л;

$ц$, $п$, $к_р$, $в$ — соответственно расход цемента, песка, крупного заполнителя в кг, а воды на замес в л.

Затем вычисляют расход воды в л/м³ бетонной смеси по формуле

$$B = \frac{1000\,в}{V}. \qquad (3)$$

В отдельных случаях расход воды может быть установлен по табл. 7. При этом обязательна проверка подвижности или жесткости смеси опытом с внесением поправки, если она потребуется.

5.5. Расход цемента вычисляется по формуле

$$Ц = В \cdot Ц/В. \qquad (4)$$

Таблица 7

Рекомендуемый ориентировочный расход воды

Характеристика бетонной смеси		Расход воды, л/м³, при наибольшей крупности заполнителя, мм							
		гравия				щебня			
осадка конуса, см	жесткость, с	10	20	40	70	10	20	40	70
—	150—200	145	130	120	115	155	145	130	125
—	90—120	150	135	125	120	160	150	135	130
—	60—80	160	145	130	125	170	160	145	140
—	30—50	165	150	135	130	175	165	150	145
—	20—30	175	160	145	140	185	175	160	155
2—4	—	190	175	160	155	200	190	175	170
5—7	—	200	185	170	165	210	200	185	180
8—10	—	205	190	175	170	215	205	190	185

6. ВЫЧИСЛЕНИЕ РАСХОДА ПЕСКА И КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ В БЕТОНЕ

6.1. Важнейшая роль песка в бетонной смеси — это сообщение цементному клею вязкости, необходимой для поддержания крупного заполнителя во взвешенном состоянии. Поскольку песок обладает относительно большей удельной поверхностью и должен быть покрыт цементным клеем, количество песка в бетонной смеси следует принимать по возможности наименьшим. Это позволит сэкономить цемент.

Количество песка в бетонной смеси всегда должно быть наименьшим, если бетонная смесь готовится для *конструкций внутренних частей зданий при работе в неагрессивной среде*, так как следует иметь в виду, что при малом количестве песка в смеси крупный заполнитель расположен в бетоне контактно, и вследствие усадочных явлений в растворной части могут образовываться трещины, безвредные при неагрессивной среде и совершенно недопустимые в агрессивной.

В конструкциях, работающих в условиях атмосферных воздействий, количество песка в смеси может быть больше минимально необходимого, так как это сообщает бетону возможность бо́льших пластических деформаций и, следовательно, лучшего перераспределения напряжений, смягчение усадочного трещинообразования.

Количество песка в бетонной смеси зависит от качества цементного клея. Чем выше это качество, т. е. чем выше $Ц/В$, тем более вязок клей и тем меньше он требует песка для поддержания крупного заполнителя во взвешенном состоянии. Но вязкого цементного клея расходуется в бетоне больше, чем менее вязкого. Отсюда следует, что доля песка в смеси будет меньше там, где расход цемента больше. Наконец, при всех прочих равных условиях доля песка в смеси заполнителей будет больше в бетоне со щебнем, нежели в бетоне с гравием.

Выбор доли песка r в смеси заполнителей рекомендуется производить по табл. 8.

Таблица 8

Рекомендуемые доли песка r в смеси заполнителей

Расход цемента в бетоне, кг/м³	Бетон с гравием				Бетон со щебнем			
	При наибольшей крупности заполнителей, мм							
	10	20	40	70	10	20	40	70
200	0,42	0,4	0,38	0,37	0,45	0,43	0,41	0,4
300	0,4	0,38	0,36	0,35	0,43	0,41	0,4	0,39
500	0,38	0,36	0,35	0,34	0,4	0,38	0,37	0,36
500	0,36	0,35	0,34	0,33	0,38	0,36	0,35	0,34

6.2. Общее содержание заполнителей в бетонной смеси на 1 м³ бетона определяется по формуле

$$(П + К_р)_{масса} = \gamma' - (Ц + В), \quad (5)$$

где $П$ — содержание песка на 1 м³ бетонной смеси, кг;
$К_р$ — содержание крупного заполнителя на 1 м³ бетонной смеси, кг;
γ' — плотность бетонной смеси, кг/м³;
$В$ — расход воды в л на 1 м³ бетонной смеси, установленный из опыта (п. 5.4.) или по табл. 7 настоящих Рекомендаций;
$Ц$ — расход цемента на 1 м³ бетонной смеси в кг, подсчитанный по формуле (4).

6.3. Количество песка в кг/м³ бетонной смеси определится как произведение $(П+К_р)_{масса}$ на долю песка в смеси r, приведенную в табл. 8:

$$П = (П + К_р)_{масса} \cdot r. \quad (6)$$

Количество крупного заполнителя подсчитывается по формуле

$$К_р = (П + К_р)_{масса} (1 - r). \quad (7)$$

6.4. Состав бетонной смеси выражают в кг/м³ цемента, песка, крупного заполнителя и воды, например:

$Ц$—300 кг
$П$—600 »
$Щ$—1200 »
$В$—200 л

7. ПРОИЗВОДСТВЕННЫЕ ПОПРАВКИ К ДОЗИРОВКЕ ВОДЫ

7.1. Производственные поправки к составу бетона предусматривают учет влаги, содержащейся в песке и в крупном заполнителе. Влажность песка $\alpha_п$ определяют по формуле

$$\alpha_п = \frac{1 - P_с}{P_с}, \quad (8)$$

где $P_с$ — 1 кг массы песка естественной влажности, после просушки до нулевой влажности сделавшейся меньше 1 кг.

Влажность крупного заполнителя $\alpha_{кр}$ вычисляют по формуле

$$\alpha_{кр} = \frac{5 - P_{кр.\,с}}{P_{кр.\,с}}, \qquad (9)$$

где $P_{кр.с}$ — масса пробы в 5 кг отобранного заполнителя после просушки.

7.2. Количество воды на 1 м^3 бетонной смеси с учетом влажности заполнителей и водопоглощения крупного заполнителя определяют по формуле

$$B_{испр} = B - П\,\alpha_{п} - K_{р}\,\alpha_{кр} + K_{р}\,\frac{W}{100}, \qquad (10)$$

где $B_{испр}$ — количество воды в л, расходуемое на 1 м^3 смеси;

B — количество воды, найденное из опыта с сухими материалами;

$П$ и $K_{р}$ — соответственно расход песка и крупного заполнителя, кг/м^3;

$\alpha_{п}$ и $\alpha_{кр}$ — соответственно влажность песка и крупного заполнителя, %;

W — водопоглощение крупного заполнителя, %.

ПРИМЕРЫ НАЗНАЧЕНИЯ ФАКТОРА ПРОЧНОСТИ *Ц/В* В БЕТОНАХ РАЗНЫХ МАРОК И ОПРЕДЕЛЕНИЯ АКТИВНОСТИ ЦЕМЕНТА

Пример 1. Требуется проверить активность портландцемента, если при испытании его в бетоне после тепловой обработки и остывания были получены следующие прочности в пересчете на контрольный куб размером 20×20×20 см:

при $Ц/В=1{,}43$ . . . 200 кГ/см²=20 МПа;
» $Ц/В=2$ . . . 325 кГ/см²=32,5 МПа;
» $Ц/В=2{,}8$ . . . 500 кГ/см²=50 МПа.

Пользуясь данными графы $R_1=f(R_ц)$ табл. 4 настоящих Рекомендаций, замечая, что наименьшая изменчивость C_v выявлена при $Ц/В=2{,}8$, принимаем $M=85\%$ для этого значения $Ц/В$. Поэтому получаем

$$R_1 = 85\% \text{ от } R_ц,$$

откуда

$$R_ц = R_1 : \frac{85}{100} = \frac{500 \cdot 100}{85} = 590 \text{ кГ/см}^2 = 59 \text{ МПа}.$$

Заключаем, что примененный портландцемет относится к марке 600.

Пример 2. Требуется выбрать фактор прочности *Ц/В* для бетона марки 400 нормального твердения, если данные по прочности после пропаривания и остывания составляют величины, приведенные в примере 1.

Пользуясь показателями графы $R_3=f(R_1)$ табл. 4, находим:

при $Ц/В = 1{,}43$ $R_3 = \frac{158}{100} R_1 = 1{,}58 \cdot 200 = 317$ кГ/см²=31,7 МПа;

» $Ц/В = 2$ $R_3 = \frac{131}{100} R_1 = 1{,}31 \cdot 325 = 426$ кГ/см²=42,6 МПа;

» $Ц/В = 2{,}8$ $R_3 = \frac{120}{100} R_1 = 1{,}2 \cdot 500 = 600$ кГ/см² =60 МПа.

Построив график $R_3=f(R_1)$, легко установить, что искомое $Ц/В=1{,}88$ (рис. 3).

Пример 3. Требуется рассчитать состав бетонной смеси по следующим данным:

а) марка бетона 300 должна быть получена через 28 сут после твердения в нормальных условиях;

б) подвижность смеси сразу после перемешивания должна соответствовать осадке конуса 5 см;

в) крупным заполнителем служит известняковый щебень. Наибольшая крупность 40 мм;

г) применяется кварцевый песок влажностью 3%;

д) цемент с удельной поверхностью 4200 см²/г.

Расчет состава бетонной смеси производится следующим образом:

а) выбираем размер образцов для построения функции $R=f(Ц/В)$. Пусть это куб размером 15×15×15 см. Объем такого куба $V=1{,}5^3=3{,}38$ дм $=3{,}38$ л;

б) для проведения опытного затворения бетона, согласно п. 3.2 настоящих Рекомендаций, необходимо заготовить 70 кг щебня, фракционировать, просеять его через сито 20 и 40 мм и высушить до постоянной массы;

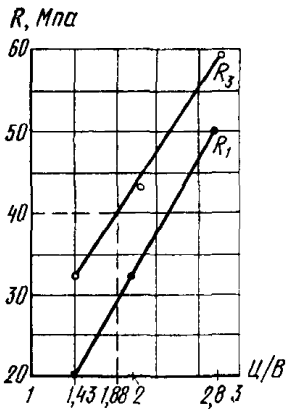

Рис. 3. График для определения требуемой величины $Ц/В$ в бетоне

R_1 — прочность бетона, пропаренного и испытанного через 12 ч после отключения пара; R_3 — прочность бетона, твердевшего в нормальных условиях в возрасте 28 сут

в) определяем водопоглощение щебня за $^1/_2$ ч. Пусть масса щебня 1 кг повысилась до 1,03 кг. Следовательно, водопоглощение его составит:

$$100\,\frac{1{,}03-1}{1}=3\%;$$

г) отбираем пробу песка согласно п.3.2 «д» настоящих Рекомендаций из расчета

$$3{,}38\ л\cdot 4\cdot 1{,}6=22\ кг$$

и высушиваем его до постоянного веса;

д) подсчитываем нужное количество материалов на замес, умножая данные табл. 1 настоящих Рекомендаций на объем формы куба размером 15×15×15 см, т. е. на 3,38;

е) изготовленные образцы-кубы размером 15×15×15 см через 7 сут нормального твердения показали следующие средние прочности:

при $Ц/В=1{,}43$ . . . 136 кГ/см^2 = 13,6 МПа;
» $Ц/В=2$ . . . 260 кГ/см^2 = 26 МПа;
» $Ц/В=2{,}8$ . . . 460 кГ/см^2 = 46 МПа.

Для подсчета прочности куба размером 20×20×20 см умножаем полученные прочности на переводной коэффициент, равный 0,9, в в результате имеем:

прочность при $Ц/В=1,43: R_{28}=136$ кГ/см$^2 \cdot 0,9=123$ кГ/см$^2=12,3$ МПа;

» » $Ц/В=2: R_{28}=260$ кГ/см$^2 \cdot 0,9=235$ кГ/см$^2=23,5$ МПа;

» » $Ц/В=2,8: R_{28}=460$ кГ/см$^2 \cdot 0,9=414$ кГ/см$^2=41,4$ МПа.

По этим данным построен график $R_7=f\ (Ц/В)$, приведенный на рис. 4;

ж) пользуясь табл. 5 настоящих Рекомендаций, находим:
при $Ц/В=1,43: R_{28}=123:0,73=169$ кГ/см^2=16,9 МПа;

» $Ц/В=2,8: R_{28}=414:0,86=480$ кГ/см^2=48 МПа

и строим график этой функции (рис. 4), из которого для бетона марки 300 требуется $Ц/В \approx 2,02$.

Пример 4. Нужно установить из опыта требуемый расход воды. Поскольку расчетное $Ц/В=2,02$, определение расхода воды проводим по замесу с количеством сухих материалов, приведенных в 1-й строке сверху табл. 6 настоящих Рекомендаций, а именно:

цемента — 3,15 кг;
песка — 7,2 кг;
щебня — 11,7 кг.

Для получения смеси с осадкой конуса в 6 см следует добавить в смесь 2,25 л воды (в ведре из 5 л воды остается 2,75 л).

Из 2,25 л часть воды поглотилась щебнем, а именно:

$$11,7 \cdot 0,03 = 0,35 \text{ л}.$$

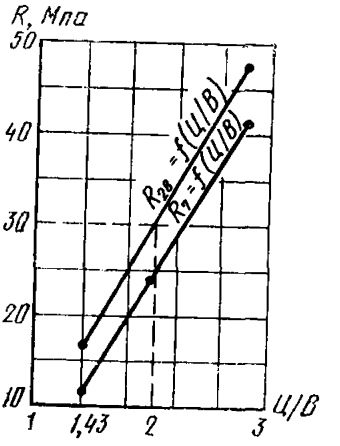

Рис. 4. График для определения требуемой величины $Ц/В$ в бетоне
R_{28} построена по результатам 7-суточных испытаний

При определении γ' было получено 2,42 кг/л, или 2420 кг/м^3. Объем приготовленной смеси, согласно формуле (2), составил:

$$\frac{3,15+7,2+11,7+(2,25-0,35)}{2,42}=\frac{23,95}{2,42}=9,9 \text{ л}.$$

Расход воды в 1 м^3 бетонной смеси, согласно формуле (3), для образования клея составит:

$$\frac{1000 \cdot 1,9}{9,9}=192 \text{ л/м}^3.$$

Расход цемента составит: $192 \cdot 2,02 = 384$ кг/м^3.

Пример 5. Требуется определить содержание заполнителей в бетоне:

$$(П+Щ)_{\text{масса}}=2420-(384+192)=1844 \text{ кг}.$$

По табл. 6 настоящих Рекомендаций принимаем долю песка в смеси $r=0,38$. Следовательно,

$$П_{\text{масса}}=1844 \cdot 0,38=700 \text{ кг};$$

$$Щ_{\text{масса}}=1844\ (1-0,38)=1144 \text{ кг}.$$

В результате произведенного расчета состав бетона, определяемый расходом материалов на 1 м³ в плотном теле, составит:

цемента — 384 кг/м³;
песка — 700 кг/м³;
щебня — 1144 кг/м³;
воды — 192 л/м³.

Кроме того, потребуется добавить воды на водопоглощение щебня:

$$1144 \cdot 0{,}03 = 34{,}32 \approx 34 \text{ л}.$$

При дозировке материалов на производстве, вследствие влажности песка $\alpha_п = 3\%$ и щебня $\alpha_п = 1\%$, количество воды на затворение бетона составит:

$$B_{испр} = 192 + 34 - 700 \cdot 0{,}03 - 1144 \cdot 0{,}01 = 192 + 34 - 21 - 11{,}44 =$$
$$= 193{,}56 = 194 \text{ л}.$$

СОДЕРЖАНИЕ

	Стр.
Предисловие	3
1. Назначение и область применения	4
2. Требования к бетону	4
3. Порядок работ по расчету и подбору состава бетона	5
4. Опытное определение фактора прочности *Ц/В*	7
5. Определение расхода воды и цемента в бетонной смеси	15
6. Вычисление расхода песка и крупного заполнителя в бетоне	17
7. Производственные поправки к дозировке воды	19
Приложение. Примеры назначения фактора прочности *Ц/В* в бетонах разных марок и определения активности цемента	21

gost.e-ecolog.ru