

## БЕТОНЫ И РАСТВОРЫ

Бетон является главным строительным материалом, который применяют во всех областях строительства. Техничко-экономическими преимуществами бетона и железобетона являются низкий уровень затрат на изготовление конструкций в связи с применением местного сырья, возможность применения их в сборных и монолитных конструкциях различного вида и назначения, полная механизация и автоматизация приготовления бетона и производства сборных конструкций.

Бетонная смесь при надлежащей обработке позволяет формировать изделия оптимальной формы с точки зрения строительной механики и архитектуры.

Бетон долговечен и огнестоек, его средняя плотность, прочность и другие характеристики можно изменять в широких пределах и получать материал с заданными свойствами. Недостатком бетона, как любого каменного материала, является низкая прочность на растяжение, которая в 10—15 раз ниже прочности на сжатие. Этот недостаток устраняется в железобетоне, когда растягивающие напряжения воспринимает арматура. Близость коэффициентов температурного расширения и прочное сцепление обеспечивают совместную работу бетона и стальной арматуры в железобетоне как единого целого. В силу этих преимуществ бетоны различных видов и железобетонные конструкции из них являются основой индустриального строительства.

Бетон представляет собой искусственный каменный материал, получаемый в результате формования и твердения бетонной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды, заполнителей и специальных добавок.

Состав бетонной смеси должен обеспечить бетону к определенному сроку заданные свойства — прочность, морозостойкость, водонепроницаемость и др.

По виду вяжущего различают бетоны:

- цементные (наиболее распространенные);
- силикатные (на известково-кремнеземистом вяжущем);
- на гипсовом вяжущем;
- на смешанных вяжущих (цементно-известковых, известковошлаковых и т. п.);
- на специальных вяжущих, (неорганических и органических), применяемых при наличии особых требований (жаростойкости, химической стойкости и др.).

По виду заполнителя различают бетоны:

- на плотных заполнителях;
- на пористых заполнителях;
- на специальных заполнителях, удовлетворяющих специальным требованиям (защита от излучений, жаростойкость, химическая стойкость и т. п.).

В правильно подобранной бетонной смеси расход цемента составляет 8—15 %, а заполнителей — до 85 % (по массе). Поэтому в виде заполнителей применяют местные каменные материалы: песок, гравий, щебень, а также побочные продукты промышленности (например, дробленые и гранулированные металлургические шлаки).

Многие свойства бетона зависят от его плотности, на величину которой влияют плотность цементного камня, вид заполнителя и структура бетонов. По плотности бетоны делят на особо тяжелые с плотностью более  $2500 \text{ кг/м}^3$ ; тяжелые —  $1800—2500 \text{ кг/м}^3$ ; легкие —  $600—1800 \text{ кг/м}^3$ ; особо легкие — менее  $600 \text{ кг/м}^3$ .

Легкие бетоны менее теплопроводны по сравнению с тяжелыми, поэтому их применяют преимущественно в наружных ограждающих конструкциях. В несущих конструкциях используют более плотные и прочные легкие бетоны (на пористых заполнителях и ячеистые) средней плотностью  $1200—1800 \text{ кг/м}^3$ .

Следовательно, средняя плотность бетонов изменяется в широких пределах: от 300 до  $3600 \text{ кг/м}^3$  и более. Поэтому и пористость бетонов может быть очень большой — 70—85 % у ячеистых теплоизоляционных бетонов и незначительной — 8—10 % у гидротехнических бетонов.

Строительный раствор — это искусственный каменный материал, полученный в результате затвердевания растворной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды, мелкого заполнителя и добавок, улучшающих свойства смеси и растворов. Крупный заполнитель отсутствует, так как раствор применяют в виде тонких слоев (шов каменной кладки, штукатурка и т. п.).

Для изготовления строительных растворов чаще используют неорганические вяжущие вещества (цементы, воздушную известь и строительный гипс). В дорожном строительстве и в специальных работах (устройство стяжек, защитных антикоррозионных слоев) находят применение растворы, основанные на битумных и полимерных вяжущих; в состав этих растворных смесей вода не входит.

Строительные растворы разделяют в зависимости от вида вяжущего вещества, величины плотности и назначения. По виду вяжущего различают растворы цементные, известковые, гипсовые и смешанные (цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые и др.).

По средней плотности различают: тяжелые растворы со средней плотностью более 1500 кг/м<sup>3</sup>, изготавливаемые обычно на кварцевом песке; легкие растворы со средней плотностью менее 1500 кг/м<sup>3</sup>, изготавливаемые на пористом мелком заполнителе и с порообразующими добавками.

По назначению различают строительные растворы: кладочные — для каменной кладки стен, фундаментов, столбов, сводов и др.; штукатурные — для оштукатуривания внутренних стен, потолков, фасадов зданий; монтажные — для заполнения швов между крупными элементами (панелями, блоками и т. п.) при монтаже зданий и сооружений из готовых сборных конструкций и деталей; специальные растворы (декоративные, гидроизоляционные, тампонажные и др.).

Цементные бетоны приготавливают на различных цементах и наиболее широко применяют в строительстве. Среди них основное место занимают бетоны на портландцементе и его разновидностях (около 65 % общего объема производства), применяемых для различных видов конструкций и условий их эксплуатации. Успешно используются бетоны на шлакопортландцементе и пуццолановом цементе. К разновидностям цементных бетонов относятся: декоративные бетоны, изготавливаемые на белом и цветных цементах, бетоны для самонапряженных конструкций на напрягающем цементе, бетоны для специальных целей, получаемые на особых видах цемента: глиноземистом, безусадочном и т. д.

### ***Мелкий заполнитель***

В качестве мелкого заполнителя в тяжелом бетоне применяют песок, состоящий из зерен размером 0,14—5 мм и имеющий плотность более 1,8 г/см<sup>3</sup>. Для приготовления тяжелых бетонов применяют природные пески, образовавшиеся в результате естественного разрушения горных пород, а также искусственные, полученные путем дробления твердых горных пород и из отсеков.

Природные пески представляют собой рыхлую смесь зерен различных минералов, входивших в состав изверженных (реже осадочных) горных пород (кварца, полевого шпата, кальцита, слюды и др.).

Качество песка, применяемого для изготовления бетона, определяется минеральным составом, зерновым составом и содержанием вредных примесей.

Заполнитель должен состоять из зерен разного размера (разных фракций), при этом количество крупных, средних и мелких зерен (т. е. зерновой состав заполнителя) устанавливается на основе проверенных рекомендаций таким образом, чтобы зерна меньшего размера располагались в пустотах между крупными. Чем компактнее расположены зерна заполнителей, тем меньше объем пустот.

Зерновой состав песка определяют просеиванием высушенной средней пробы (1000 г) через стандартный набор сит с размерами отверстий 2,5 мм и с сетками, имеющими квадратные ячейки размером 1,25; 0,63; 0,315; 0,14 мм. Мелкие частицы песка (пыль) имеют размер менее 0,14 мм. Сначала вычисляют частный остаток на каждом сите  $a_i$  (%), как отношение массы остатка к массе просеиваемой пробы  $t$ :  $a_i = 100m_i/m$ .

Затем определяют полный остаток  $A_i$  (%) на каждом сите как сумму частных остатков на данном сите и на всех ситах крупнее данного:  $A_i = a_{2,5} + \dots + a_i$ .

Зерновой состав песка удобно представить графически, если по горизонтали отложить размеры отверстий сит, а по вертикали — полные остатки на ситах. На рис. 1 в виде заштрихованной области указаны допустимые пределы колебаний зернового состава песков для бетона.

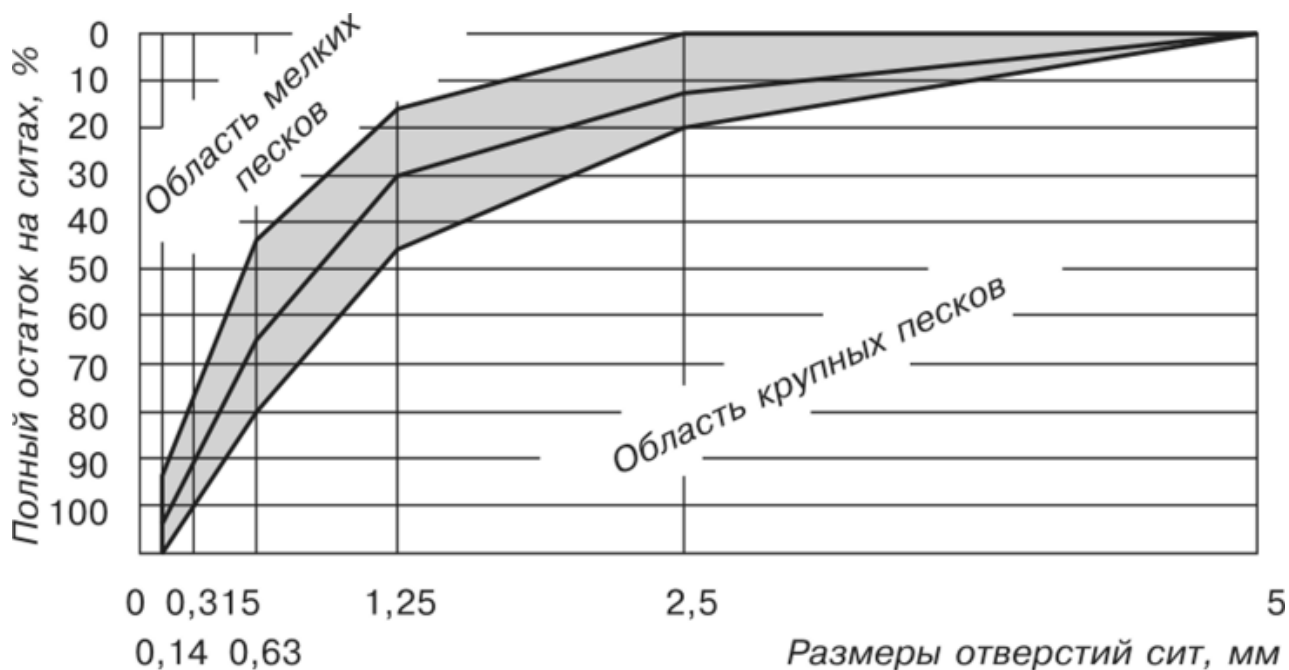


Рис. 1. График зернового состава песка

Для оценки крупности песка применяют безразмерный показатель — модуль крупности  $M_k$ , который вычисляют как отношение суммы полных остатков на ситах, начиная с сита с отверстиями 2,5 мм и кончая ситом 0,14 ко всей пробе, принятой за 100:

$$M_k = (A_{2,5} + A_{1,25} + A_{0,63} + A_{0,315} + A_{0,14}) / 100.$$

В зависимости от зернового состава песок разделяют на крупный, средний, мелкий и очень мелкий. Для бетона рекомендуется применять крупный, средний и мелкий песок. Для строительных растворов применяют и очень мелкий песок. Если песок не удовлетворяет по зерновому составу требованиям стандарта, то его необходимо фракционировать, т. е. рассевать на две фракции — крупную и мелкую, получаемые разделением исходного песка по граничному зерну, соответствующему размеру отверстий сит 1,25 или 0,63 мм, а затем смешивать эти фракции.

Мелкие частицы (пыль, ил, глина) увеличивают водопотребность бетонных смесей и расход цемента в бетоне. Поэтому содержание в песке зерен, проходящих через сито 0,14, должно быть не более 10 % по массе, при этом количество пылевидных, илстых и глинистых частиц, определяемых отмучиванием, не должно превышать 3 % в природном песке и 4 % в дробленном (глины не более 0,1—0,5 %).

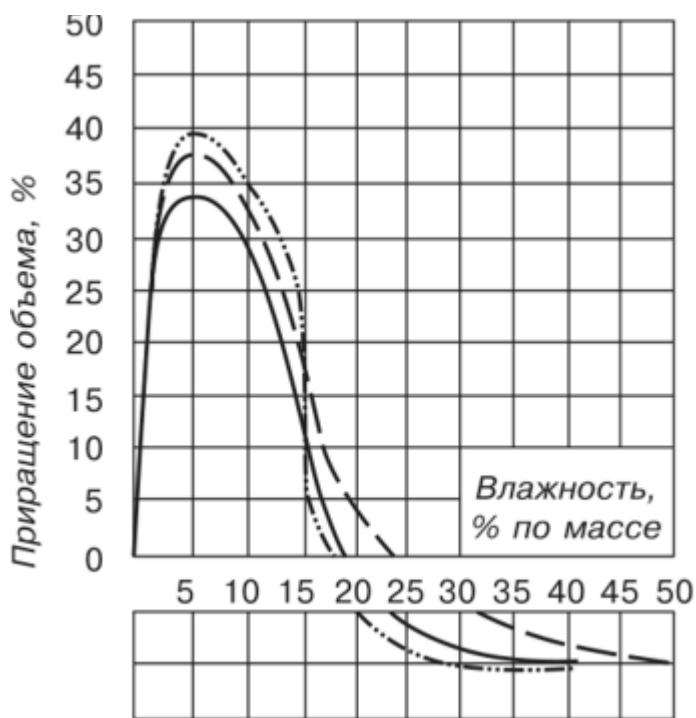
Таблица 1.

#### Классификация песков по крупности

Группа песка	Полный остаток на сите 0,63, % по массе	Модуль крупности $M_k$
Крупный	Более 45	Более 2,5
Средний	30-45	2,5-2
Мелкий	10-30	2-1,5
Очень мелкий	Менее 10	1,5—1

Глина набухает при увлажнении и увеличивается в объеме при замерзании, снижая морозостойкость. Поэтому содержание глины в песке строго ограничивается, тем более не должно быть комков глины и суглинка.

Песок очищают от мелких частиц путем промывки. В природном песке и в гравии могут содержаться органические примеси (например, продукты разложения остатков растений), в частности органические гумусовые кислоты, которые понижают прочность бетона и даже разрушают цемент. Наличие органических примесей определяют колориметрическим (цветовым) методом. Песок считают пригодным для бетона, если жидкость — 3 %-ный раствор NaOH над песком — не окрашивается или приобретает окраску светлее эталона (эталон имеет светло-желтый цвет).



### Крупный заполнитель

В качестве крупного заполнителя для бетона применяют гравий, щебень и щебень из гравия с размером зерен 5—70 мм. При бетонировании массивных конструкций можно применять щебень крупностью до 150 мм.

Зерна гравия имеют скатанную форму и гладкую поверхность. Обычно гравий содержит в том или ином количестве песок, а также вредные примеси—глину, пыль, слюду, гумусовые вещества (органические примеси).

Щебень получают дроблением изверженных, метаморфических, плотных и водостойких осадочных горных пород (плотных известняков, песчаников и др.). Зерна щебня имеют угловатую форму, желательно, чтобы по форме они приближались к кубу. Более шероховатая, чем у гравия, поверхность зерен способствует лучшему их сцеплению с цементным камнем, поэтому для бетона высокой прочности (класса В40 и выше) обычно применяют щебень, а не гравий.

Качество крупного заполнителя определяется минеральным составом и свойствами исходной породы (ее прочностью и морозостойкостью), зерновым составом заполнителя, формой зерен и содержанием вредных примесей. Прочность исходной породы при сжатии в насыщенном водой состоянии должна не менее чем в 1,5—2 раза превышать прочность бетона.

В районах с развитой металлургической промышленностью экономически выгодно применять щебень, полученный в результате дробления и отсева тяжелых отвалных или специально отлитых доменных и мартеновских шлаков. Щебень из шлака должен иметь устойчивую структуру. Распад шлака может вызываться гашением зерен свободной извести.

Щебень из шлака должен удовлетворять общим требованиям в отношении зернового состава. Не допускаются в нем посторонние примеси топливных шлаков и зол, колошниковой пыли и т. д.

Применяют метод прямого определения прочности крупного заполнителя путем раздавливания в цилиндре. Показатель дробимости  $D_p$  (%) вычисляют с погрешностью до 1 % по формуле:  $D_p = 100(m_1 - m_2) / m_1$ , где  $m_1$  — испытываемая проба щебня (гравия), кг;  $m_2$  — остаток на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы щебня (гравия), кг.

В зависимости от дробимости при сжатии в цилиндре щебень подразделяют на следующие марки по прочности: 1400, 1200, 1000, 800, 600, 400, 300 и 200. Щебень марок 1400 и 1200 может содержать зерна слабых пород в количестве не более 5 %, щебень марок 1000, 800, 600, 400 — не более 10 %, щебень марок 300 и 200 — не более 15 % (по массе).

В природном песке и гравии могут содержаться и неорганические примеси, которые тоже вызывают химическую коррозию цементного камня. К этой группе примесей относятся сернокислые и сернистые соединения.

Рис. 2. Изменение объема песка при увлажнении. Кривые относятся к пескам различного зернового состава

Песок отличается от крупного заполнителя способностью сильно изменять насыпную плотность и объем при изменении влажности (рис. 2) от 0 до 25 %. Сухой песок занимает наименьший объем, а влажный при укладке сбивается в комки и не укладывается так плотно, как сухой. Наибольший объем занимает песок при влажности 5—7 %.

Содержание в гравии и щебне из гравия зерен слабых пород не должно превышать 10 % по массе.

Морозостойкость щебня и гравия должна обеспечивать получение проектной марки бетона по морозостойкости. Установлены следующие марки щебня и гравия по морозостойкости: F15, F25, F50, F100, F150, F200 и F300. Марка обозначает число циклов попеременного замораживания и оттаивания, при котором потеря в массе пробы крупного заполнителя не превышает 5 % (для марок 15, 25 и 50 циклов допускается потеря массы до 10 %).

Относительный объем пустот (пустотность) крупного заполнителя ( $V_{\text{пуст}}$ ) определяют с точностью до 0,1 % по формуле:  $V_{\text{пуст}} = 1 - \rho_n / \rho$ , где  $\rho_n$  — насыпная плотность крупного заполнителя;  $\rho$  — его плотность в куске.

Из формулы видно, что для уменьшения пустотности необходимо увеличение объемной насыпной массы путем правильного подбора зернового состава.

Зерновой состав крупного заполнителя устанавливают с учетом наибольшего  $D_{\text{наиб}}$  и наименьшего  $D_{\text{наим}}$  размеров зерен щебня или гравия. Наибольший размер зерен при бетонировании железобетонных балок, колонн, рам должен быть не более 3/4 наименьшего расстояния между стержнями арматуры, а для плит перекрытий и покрытий — не более 1/2 толщины плиты.

Наименьшая крупность соответствует размеру отверстия самого мелкого из сит, через которое проходит не более 5 % просеиваемой пробы; обычно наименьшая крупность равна 5 (3) мм.

В зависимости от крупности зерен щебень, гравий и щебень из гравия подразделяют на четыре фракции: 5—10 мм, 10—20 мм, 20—40 мм и 40—70 мм. Щебень, гравий и щебень из гравия могут поступать в виде смеси двух или большего числа фракций. По соглашению между поставщиком и потребителем может применяться щебень фракций 3—10 мм, 10—15 мм (или 5—15), 15—20 мм. Зерновой состав каждой фракции или смеси фракций должен находиться в указанных ниже пределах (табл. 2 и рис. 3).

Таблица 2

*Зерновой состав крупного заполнителя*

Размер контрольных сит	$D_{\text{наим}}$		$0 > 5 D_{\text{наим}} + D_{\text{наиб}}$		$D_{\text{наиб}}$	$> D_{\text{наиб}}$
	5(3) мм	10 мм	Для 1 фракции	Для смеси		
Полный остаток на ситах, % по массе	95-100	90-100	40-80	50-70	0-10	0

В зависимости от формы зерен устанавливают три группы щебня из натурального камня: кубовидную, улучшенную и обычную. Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы в них не превышает соответственно 15, 25 и 35 % по массе. К пластинчатым и игловатым зернам относят такие, в которых толщина или ширина меньше длины в 3 раза и более.

Содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц в щебне допускается в зависимости от вида исходной породы и марки щебня по прочности. Содержание глинистых частиц — не более 0,25 %, содержание пылевидных и илистых частиц — не более 3 %.

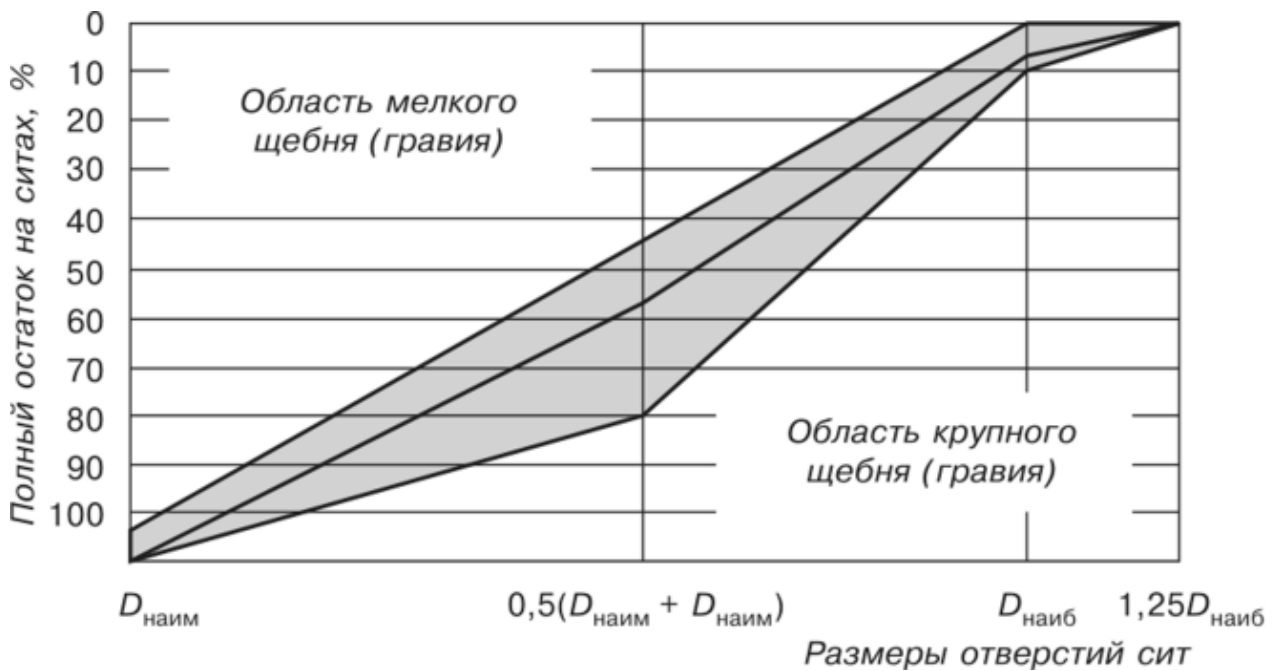


Рис. 3. График зернового состава щебня (гравия)

Водопоглощение является важной технологической характеристикой заполнителя. Зерна заполнителя поглощают воду и адсорбируют ее на своей поверхности, поэтому необходимо регулировать количество воды затворения с учетом влияния заполнителя.

#### Определение водопоглощения заполнителя

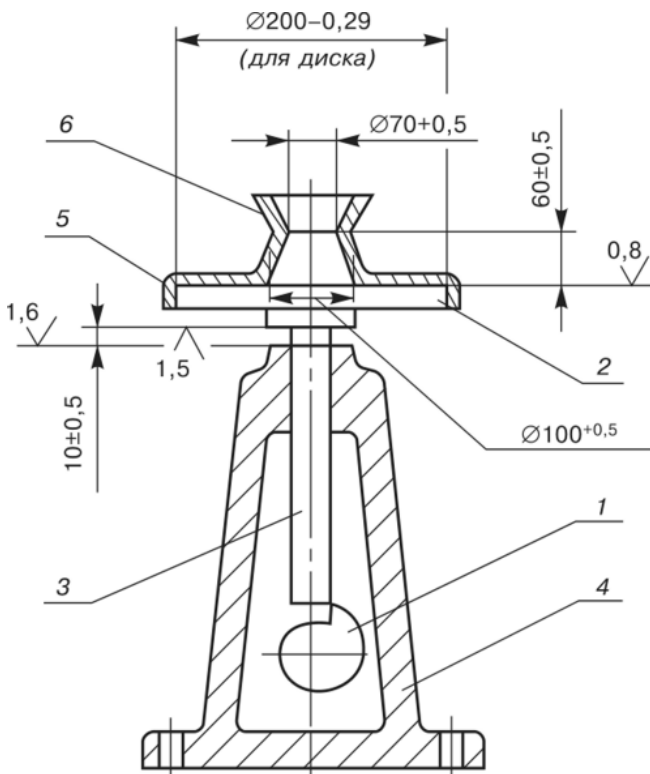


Рис. 4. Встряхивающий столик: 1 — кулачок; 2 — диск; 3 — шток; 4 — станина; 5 — форма-конус с центрирующим устройством; 6 — насадка

1. На стандартном встряхивающем столике устанавливают расплыв цементного теста при (В/Ц)ц, соответствующем его нормальной густоте. Для этого 900 г цемента перемешивают с водой в течение 5 мин, а затем определяют расплыв конуса, равный  $(170 \pm 1)$  мм на встряхивающем столике по стандартной методике (рис. 4).

2. Подбирают (В/Ц)р, при котором раствор 1:2 на исследуемом песке имеет такой же расплыв конуса. Для этого 300 г цемента и 600 г песка перемешивают в течение 1 мин всухую и 5 мин с водой, и затем по стандартной методике определяют расплыв конуса на встряхивающем столике.

3. Устанавливают осадку конуса раствора состава 1:2 нормальной густоты при (В/Ц)р, определенном ранее на встряхивающем столике.

Для этого отвешивают 5 кг цемента и 10 кг песка и перемешивают их вначале 1 мин всухую, а затем 5 мин с водой, количество которой устанавливают в соответствии с (В/Ц)р. После этого определяют осадку конуса раствора стандартными способами.

4. Подбирают (В/Ц)б, при котором достигается та же осадка конуса бетонной смеси состава 1:2:3,5, т.е. получают бетонную смесь нормальной густоты. Для этого отвешивают 2,5 кг цемента, 5 кг песка, и 8,75 кг щебня (гравия), перемешивают их 1 мин всухую и 5 мин с водой, а затем определяют подвижность бетонной смеси стандартными способами.

Водопоглощение песка (Вп) и щебня (Вщ) вычисляют по формулам (в %):

$$V_p = 100[(V/C)_p - (V/C)_ц] / 2;$$

$$V_{щ} = 100[(V/C)_б - (V/C)_п] / 3,5,$$

где в знаменателе количество частей песка и щебня, приходящееся на 1 часть цемента.

### ***Вода затворения***

Вода, применяемая для затворения бетонной смеси и поливки бетона, не должна содержать вредных примесей, препятствующих нормальному схватыванию и твердению вяжущего вещества. Для затворения бетонной смеси применяют водопроводную питьевую воду, а также природную воду (рек, естественных водоемов), имеющую водородный показатель рН не менее 4, содержащую не более 5000 мг/л минеральных солей, в том числе сульфатов не более 2700 мг/л. Морскую воду с содержанием солей не более 3,4 % разрешается применять для затворения и поливки бетона на портландцементе при бетонировании массивных неармированных конструкций в тех случаях, когда допускается появление выцветов (высолов) на поверхности сооружения.

Не допускается применять болотные, а также сточные бытовые и промышленные воды без их очистки.

### ***Добавки к бетонам***

Для регулирования свойств бетона, бетонной смеси и экономии цемента применяют различные добавки. Их подразделяют на два вида: химические добавки, вводимые в бетон в небольшом количестве (0,1 — 2 % массы цемента) и изменяющие в нужном направлении свойства бетонной смеси и бетона, и тонкомолотые добавки (5—20 % и более), используемые для экономии цемента, получения плотного бетона при малых расходах цемента и повышения стойкости бетона. Применение химических добавок является одним из наиболее универсальных, доступных и гибких способов управления технологией изготовления бетона и регулирования его свойств. Если ранее наиболее широко в строительстве использовались в виде добавок отдельные химические продукты и модифицированные отходы промышленности, то в настоящее время преобладают добавки, специально приготовленные для бетона (суперпластификаторы, органоминеральные и другие). Планы развития строительной индустрии предусматривают значительное расширение производства бетонных смесей с использованием эффективных добавок, применение новых видов добавок.

Химические добавки классифицируют по основному эффекту действия: 1) регулирующие свойства бетонных смесей: пластифицирующие, т.е. увеличивающие подвижность бетонной смеси; стабилизирующие, т.е. предупреждающие расслоение бетонной смеси; водоудерживающие, уменьшающие водоотделение; 2) регулирующие схватывание бетонных смесей и твердение бетона: ускоряющие или замедляющие схватывание, ускоряющие твердение, обеспечивающие твердение при отрицательных температурах (противоморозные); 3) регулирующие плотность и пористость бетонной смеси и бетона: воздухововлекающие, газообразующие, пенообразующие и уплотняющие (воздухоудаляющие и коагулирующие поры бетона); 4) добавки-регуляторы деформаций бетона, расширяющие добавки; 5) повышающие защитные свойства бетона к стали, ингибиторы коррозии стали; 6) добавки-стабилизаторы, повышающие стойкость бетонных смесей против расслоения, снижающие растворо- и водоотделение; 7) придающие бетону специальные свойства: гидрофобизирующие, т.е. уменьшающие смачивание бетона; антикоррозионные, т.е. повышающие стойкость в агрессивных средах, красящие, повышающие бактерицидные и инсектицидные свойства, электроизоляционные, электропроводящие, противорадиационные.

Некоторые добавки обладают полифункциональным действием, например, пластифицирующие и воздухововлекающие, газообразующие и пластифицирующие и др. В этом случае добавку классифицируют по наиболее выраженному эффекту действия.

Большое значение имеет эффективность воздействия добавки на бетонную смесь или бетон, которую обычно оценивают по величине максимального технического эффекта, достигаемого при введении данной добавки. Добавки одного класса могут заметно различаться по эффективности. В этом случае применяют дополнительную классификацию добавок по группам, обладающим определенной эффективностью. Например, добавки пластификаторы делят на четыре группы по эффективности (табл. 3).

Воздухововлекающие добавки используют главным образом для повышения морозостойкости бетонов и растворов. Эти добавки несколько понижают прочность бетона (1 % вовлеченного воздуха снижает прочность бетона на сжатие на 3 %), поэтому не следует в бетонную смесь с целью ее пластификации вводить большое количество воздухововлекающей добавки. Содержание вовлеченного воздуха составляет обычно 4—5 %.

Таблица 3. *Классификация пластификаторов*

Группа	Наименование	Эффективность действия	
		Изменение осадки конуса, см	Уменьшение водопотребности, %
1	Суперпластификатор	От 2 до 20	Не менее 20
2	Сильный пластификатор	» 2 » 14	» 10
3	Средний пластификатор	» 2 » 8	» 5
4	Слабый пластификатор	» 2 » 6	Менее 5

В качестве ускорителей твердения применяют хлорид кальция (ХК), сульфат натрия (СН), нитрит-нитрат-хлорид кальция (ННХК) и др. При этом необходимо учитывать побочное действие этих добавок. Например, хлорид кальция способствует коррозии арматуры, поэтому количество его в железобетоне ограничивается 2 %, не допускают его применения в конструкциях с тонкой и предварительно напряженной арматурой, эксплуатирующихся в неблагоприятных условиях. Сульфат натрия может вызвать появление высолов на поверхности конструкций, что требует специальных предохранительных мер. В нитрит-нитрат-хлориде кальция ускоряющие действия хлорида сочетаются с ингибирующим действием нитрата кальция, что несколько снижает опасность коррозии арматуры.

В качестве противоморозных добавок применяют поташ (П), хлорид натрия (ХН), хлорид кальция (ХК) и др. Эти добавки понижают точку замерзания воды и способствуют твердению бетона при отрицательных температурах. Чем ниже температура твердения, тем выше дозировка добавки (до 10% массы цемента и больше).

Для получения эффекта полифункционального действия применяют комплексные добавки, включающие несколько компонентов, например, добавки, одновременно пластифицирующие бетонную смесь и ускоряющие твердение бетона и др. Разработано большое количество разнообразных комплексных добавок, позволяющих осуществлять действенное управление свойствами и технологией бетона. Комплексные добавки условно можно разделить на пять групп: смеси поверхностно-активных веществ (I), смеси поверхностно-активных веществ и электролитов (II), смеси электролитов (III), комплексные добавки на основе суперпластификаторов (IV), сложные многокомпонентные комплексные добавки (V).

Для активного управления структурой и свойствами бетонной смеси и бетона, наряду с химическими добавками применяют минеральные добавки (МД). Эти материалы представляют собой порошки различной минеральной природы, получаемые из природного или техногенного сырья (золы, молотые шлаки и горные породы, микрокремнезем и др.).

Минеральные добавки делятся на активные и инертные. Активные МД способны в присутствии воды взаимодействовать с диоксидом кальция при обычных температурах, образуя соединения, обладающие вяжущими свойствами. При введении в бетон они взаимодействуют с  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , выделяющимся при гидратации портландцемента. Некоторые активные МД, например, молотые доменные шлаки, способны к самостоятельному твердению, которое активизируется при добавке извести. На свойства минеральных добавок значительное влияние оказывает зерновой состав, определяющий удельную поверхность и соответственно реакционную способность или возможность уплотнения структуры бетона.

Инертные добавки, например молотый кварцевый песок, при обычной температуре не вступают в реакцию с компонентами цемента, однако при определенных условиях эти добавки могут проявлять реакционную способность (например, при автоклавной обработке). В большинстве случаев инертные добавки используют для регулирования зернового состава и пустотности твердой фазы бетона: заполнитель — цемент — минеральная добавка, с целью управления свойствами бетонной смеси и бетона.



Природные минеральные добавки получают тонким измельчением различных горных пород вулканического (туфы, пеплы, трассы) или осадочного (диатомит, трепел, опока) происхождения. Именно к туфам первоначально был применен термин «пуццоланы» по названию итальянского местечка, где он добывался.

### Бетонная смесь

Бетонной смесью называют рационально составленную и тщательно перемешанную смесь компонентов бетона до начала процессов схватывания и твердения.

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: 1) подвижность бетонной смеси, являющуюся характеристикой структурной прочности смеси; 2) жесткость (Ж), являющуюся показателем динамической вязкости бетонной смеси;

3) связность, характеризующую водоотделением бетонной смеси после ее отстаивания.

Подвижность бетонной смеси характеризуют измеряемой осадкой (в см) конуса (ОК), отформованного из бетонной смеси, подлежащей испытанию (рис. 5). Конус № 1 применяют для бетонных смесей с наибольшей крупностью зерен заполнителя до 40 мм включительно; конус № 2 (табл. 4)—для смесей с заполнителем наибольшей крупностью 70 и 100 мм.

Подвижность бетонной смеси вычисляют как среднее двух определений, выполненных из одной пробы смеси.

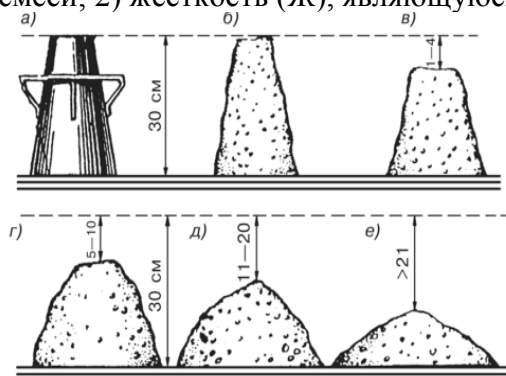


Рис. 5. Определение подвижности бетонной смеси с помощью конуса: а — общий вид; б — жесткая смесь; в — малоподвижная; г — подвижная; д — очень подвижная; е — литая

Таблица 4

#### Внутренние размеры, мм, конуса для определения подвижности бетонной смеси

Размеры конуса, мм	Конус № 1	Конус № 2
Диаметр основания; верхнего	100	150
нижнего	200	300
Высота	300	450

Если осадка конуса равна нулю, то удобоукладываемость бетонной смеси характеризуется жесткостью.

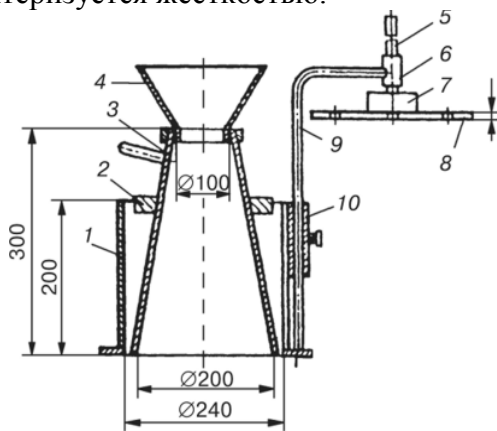


Рис. 6. Прибор для определения жесткости бетонной смеси: 1 — форма; 2 — упоры для крепления конуса; 3 — конус; 4 — воронка; 5 — штанга; 6 — направляющая втулка; 7 — втулка для крепления диска; 8 — диск с шестью отверстиями; 9 — штатив; 10 — зажим штатива

Жесткость бетонных смесей характеризуют временем (в секундах) вибрирования, необходимым для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси. Для оценки их свойств используют стандартный вискозиметр, с помощью которого определяют растекаемость бетонной смеси при вибрировании.

Прибор состоит из цилиндрического сосуда высотой 200 мм с внутренним диаметром 240 мм, на котором закреплено устройство для измерения осадки бетонной смеси в виде направляющего штатива, штанги и металлического диска толщиной 4 мм с шестью отверстиями (рис. 6).

Прибор устанавливают на виброплощадку и плотно прикрепляют к ней. Затем в сосуд помещают металлическую форму-конус с насадкой для наполнения бетонной смесью. Размеры формы-конуса такие же, как при определении подвижности бетонной смеси.

Форму-конус с помощью специального кольца-держателя закрепляют в приборе и заполняют тремя слоями бетонной смеси, уплотняя ее штыкованием (25 раз каждый слой). Затем снимают форму-конус, поворачивают штатив, устанавливают на поверхности бетонной смеси диск и включают виброплощадку. Вибрирование при амплитуде 0,5 мм продолжают до тех пор, пока не начнется выделение цементного теста из двух отверстий диска. Полученное время вибрирования является показателем жесткости бетонной смеси.

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 бетонных смесей происходит сближение составляющих ее зерен, при этом часть воды отжимается вверх. Вода обтекает зерна заполнителя и стержни арматуры, образуя капиллярные ходы, повышающие водопроницаемость и понижающие морозостойкость бетона. Избыточная вода, скапливается под зернами крупного заполнителя, образуя полости, ухудшающие строение и свойства бетона.

Большое значение для предотвращения расслоения имеет правильное определение количества мелкого заполнителя — песка, который заполняет крупные пустоты, имеющиеся между зернами щебня, а также повышает вязкость цементного теста.

Уменьшение количества воды затворения при применении пластифицирующих добавок и повышение водоудерживающей способности бетонной смеси путем правильного подбора зернового состава заполнителей являются главными мерами борьбы с расслоением подвижных бетонных смесей.

В производстве бетонных и железобетонных изделий и конструкций в зависимости от вида изделия, характера его армирования и принятой технологии изготовления применяют бетонные смеси различной подвижности. Для удобства пользования близкие по свойствам бетонные смеси объединены в группы, представленные марками по удобоукладываемости (табл. 5).

**Таблица 5. Классификация бетонных смесей**

Марка по удобоукладываемости	Жесткость, с	Подвижность, см
сжз	Более 100	0
СЖ2	51-100	0
СЖ1	50 и менее	0
Ж4	31-60	0
жз	21-30	0
Ж2	11-20	0
Ж1	5-10	0
П1	4 и менее	1-4
П2	—	5-9
П3	—	10-15
П4	—	16-20
П5	—	21 и более

**Факторы, определяющие удобоукладываемость бетонных смесей**

Подвижность или жесткость бетонных смесей зависит от количества воды и цемента, а также от свойств исходных материалов.

Количество воды затворения является основным фактором, определяющим удобоукладываемость бетонной смеси. Вода затворения ( $V$ ,  $\text{кг}/\text{м}^3$ ) распределяется между цементным тестом ( $V_{\text{ц}}$ ) и заполнителем. При определении состава бетона учитывают, что количество воды (на  $1 \text{ м}^3$  бетона), необходимое для получения из данных материалов бетонной смеси требуемой подвижности, является более или менее постоянной величиной, если расход цемента находится в пределах от  $200$  до  $400 \text{ кг}/\text{м}^3$ .

Эта закономерность, получившая название «правила постоянства водопотребности» и позволяющая в расчетах использовать упрощенную зависимость подвижности бетонной смеси только от расхода воды, объясняется следующим образом. Увеличение содержания цемента в бетонной смеси повышает толщину обмазки зерен заполнителя цементным тестом. Однако при этом уменьшается  $V/\text{Ц}$  (при постоянном расходе воды), т.е. влияния этих факторов, один из которых увеличивает, а второй — уменьшает консистенцию бетонной смеси, суммируются таким образом, что изменение расхода цемента в указанных пределах не влияет на подвижность бетонной смеси. Поэтому количество воды затворения определяют исходя из требуемых показателей удобоукладываемости, пользуясь таблицами и графиками, составленными на основании практических данных с учетом вида и крупности заполнителя (рис. 7).

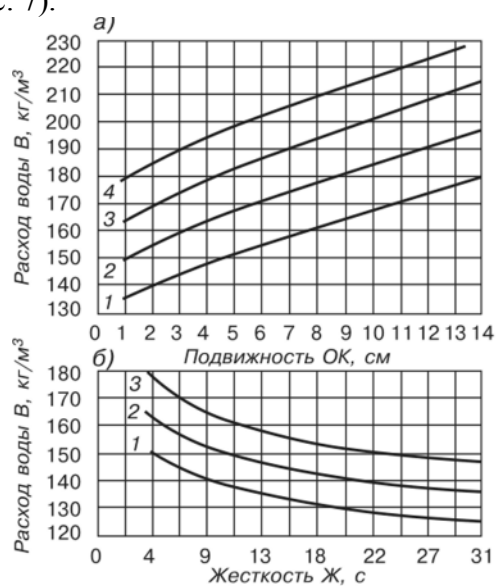


Рис. 7. Водопотребность бетонной смеси, приготовленной с применением портландцемента, песка средней крупности и гравия наибольшей крупности: а — подвижные смеси; б — жесткие смеси; 1 — 70 мм; 2 — 40 мм; 3 — 20 мм; 4 — 10 мм

Объем цементного теста существенно влияет на свойства бетонной смеси. В подвижной бетонной смеси плотной структуры цементное тесто заполняет пустоты между зернами заполнителя и образует «смазочные» слои на поверхности его зерен, снижающие внутреннее трение. Из рис. 8 видно, что наименьший расход теста вяжущего на заполнение пустот соответствует минимальной пустотности смеси мелкого и крупного заполнителей, а на обмазку зерен расходуется теста тем больше, чем выше доля песка в смеси заполнителей, т.е. чем больше суммарная поверхность зерен. Следовательно, имеется оптимальное соотношение между песком и щебнем (гравием), при котором требуемый объем теста вяжущего получается минимальным (рис. 8, кривая 3).

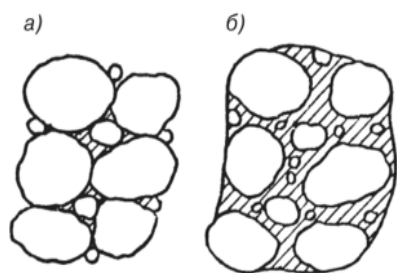


Рис. 9. Структура бетонной смеси а — жесткой; б — подвижной

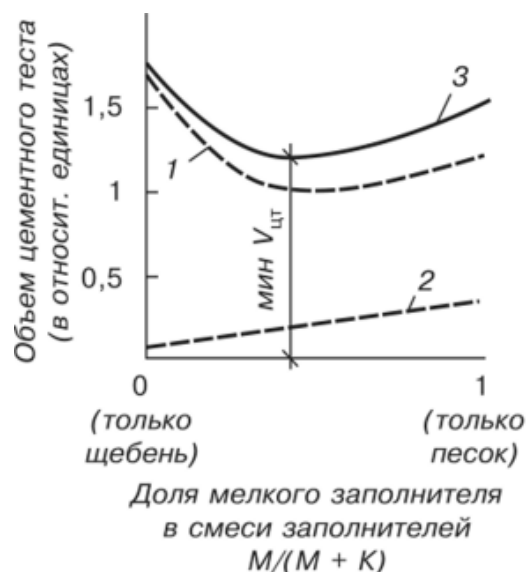


Рис. 8. Объем цементного теста ( $V_{\text{цт}}$ ), расходуемый на:

1 — заполнение пустот между зернами заполнителя; 2 — обмазку зерен; 3 — интегральный, где  $M$  и  $K$  — соответственно масса мелкого и крупного заполнителя

**Объем цементного раствора.** На рис. 9 приведены типичные структуры плотной бетонной смеси. Если в бетонной смеси заполнить цементным раствором только пустоты между зернами крупного заполнителя, то получится очень жесткая бетонная смесь (рис. 9, а). Для придания подвижности необходимо раздвинуть зерна крупного заполнителя и окружить их оболочкой из растворной смеси, которая играет роль смазки, скрепляющей после отвердевания зерна камневидной составляющей бетона (рис. 9, б).

Следовательно, объем растворной части бетона следует принимать равным объему пустот в крупном заполнителе, умноженному на коэффициент раздвижки; он равен 1,05—1,15 — для жестких смесей и 1,2—1,5 — для подвижных смесей.

Влияют на подвижность бетонной смеси и свойства цемента. Применение цемента с более высокой нормальной густотой понижает подвижность бетонной смеси (при постоянном расходе воды). Бетонные смеси, содержащие пуццолановый портландцемент с активной кремнеземистой добавкой, особенно осадочного происхождения (трепелы, диатомиты), при одном и том же расходе воды имеют значительно меньшую осадку конуса, чем смеси с обычным портландцементом.

С повышением содержания воды подвижность бетонной смеси увеличивается, но если расход цемента остается постоянным, то прочность бетона понижается. Однако каждая бетонная смесь обладает определенной водоудерживающей способностью; при большем содержании воды часть ее отделяется от бетонной смеси, что недопустимо. Изменение содержания воды является главным регулятором консистенции бетонной смеси.

Подвижность бетонной смеси существенно зависит от крупности зерен заполнителя. С увеличением крупности зерен суммарная площадь их поверхности уменьшается, снижается их влияние на цементное тесто, в результате подвижность бетонной смеси возрастает. Пыль, глинистые и другие загрязняющие примеси обычно снижают подвижность бетонной смеси.

Эффективным регулятором подвижности бетонной смеси являются добавки пластификаторов и суперпластификаторов. Введение добавок позволяет существенно повысить подвижность бетонной смеси или уменьшить ее водопотребность, тем самым давая возможность приготавливать бетонные смеси равной подвижности при меньшем расходе воды и цемента.

В качестве пластификаторов используют: гидрофилизующие — ЛСТ, гидрофобизующие — мылонафт, асидол и др., микропенообразующие — омыленный древесный пек и т.п. и комплексные.

*Суперпластификаторы* в большинстве случаев представляют собой синтетические полимеры: производные меламиновой смолы или нафталинсульфоокислоты; другие добавки (СПД, ОП-7 и т.д.) получены на основе вторичных продуктов химического синтеза. Суперпластификаторы, вводимые в бетонную смесь в количестве 0,15—1,2 % массы цемента, разжижают бетонную смесь в большей степени, чем обычные пластификаторы.

Пластифицирующий эффект сохраняется в течение 1 — 1,5 ч после введения добавки, а через 2—3 ч он уже невелик. В щелочной среде эти добавки переходят в другие вещества, безвредные для бетона, не снижающие его прочности.

Суперпластификаторы позволяют применять литьевой способ изготовления железобетонных изделий и бетонирования конструкций с использованием бетононасосов и трубного транспорта бетонной смеси. Эти добавки дают возможность существенно снизить В/Ц, сохраняя подвижность смеси, и изготавливать высокопрочные бетоны.

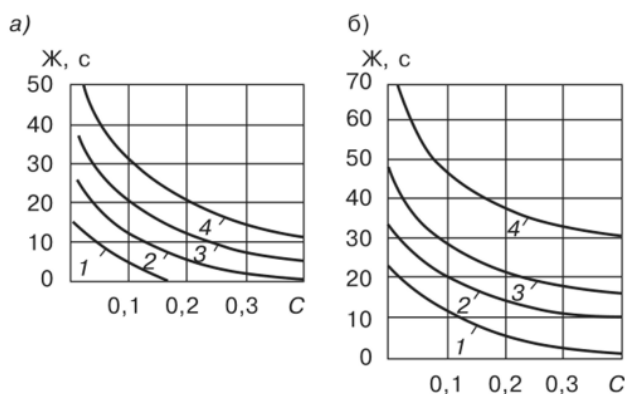
В жестких бетонных смесях эффективность действия пластификаторов и суперпластификаторов уменьшается, так как количество воды оказывается недостаточным для обеспечения их действия.

Однако развитие технологии изготовления бетона, использование разнообразных материалов и способов приготовления бетонной смеси повышают возможность заметных отклонений водопотребности от средних значений, получаемых по ориентировочным зависимостям. Для повышения надежности технологии и обеспечения экономии цемента необходимо использовать более сложные многофакторные модели, применять ЭВМ. Определенное повышение точности технологических расчетов без их заметного усложнения может быть получено при применении интегральных характеристик заполнителей — их водопотребности, которые более точно учитывают влияние заполнителей на свойства бетонной смеси, и структурных характеристик бетонной смеси: эффективного или истинного  $W$  объемной концентрации цементного теста  $C$ .

Под эффективным или истинным  $W$  понимают такое водоцементное отношение, при котором бетонная смесь будет иметь ту же подвижность, что и цементное тесто, и определяют, зная водопотребность песка и щебня:  $W = (V - V_{п\ П} - V_{щ\ Щ}) / Ц$ .

Объемная концентрация цементного теста в бетонной смеси  $C$  выражается в долях от единицы объема смеси:  $C = (1/\rho_{ц} + W)Ц / 1000$ , где  $Ц$  — расход цемента, кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{ц}$  — плотность цемента, г/см<sup>3</sup>.

Использование структурных характеристик позволяет получать уточненные зависимости «подвижность — состав бетонной смеси — свойства материалов» при значительных колебаниях состава смеси и свойств исходных материалов.



На рис. 10 приведены результаты определения жесткости бетонной смеси на гранитном щебне и керамзите, показывающие, что имеются четкие зависимости жесткости смеси от  $C$  и  $W$ , в то время как зависимость жесткости от расхода воды и цемента имеет значительно больший разброс результатов и, следовательно, меньшую точность.

Рис. 10. Зависимость удобоукладываемости (жесткости) бетонной смеси на гранитном щебне (а) и керамзите (б) от объемной концентрации цементного теста (Он истинного В/Ц (IV): 1 -  $W=0,2$ ; 2 —  $IV=0,25$ ; 3 —  $W=0,3$ ; 4-  $W=0,35$

### **Разные виды бетонов**

#### **Высокопрочный бетон**

Высокопрочный бетон  $\sigma = 60—100$  МПа получают на основе высокопрочного портландцемента, промытого песка и щебня.

Малоподвижные и жесткие смеси приготавливают с низким  $В/Ц=0,27—0,45$  в бетоносмесителях принудительного действия (например, турбинных). Для плотной укладки этих смесей при формировании изделий и конструкций используют интенсивное уплотнение: вибрирование с пригрузом, двойное вибрирование, сильное прессование. Значительно облегчают уплотнение суперпластификаторы, не понижающие прочности бетона.

Высокопрочные бетоны являются, как правило, и быстротвердеющими. Однако для ускоренного достижения отпускной прочности бетона в изделиях обычно требуется тепловая обработка, которая может проводиться по сокращенному режиму. Новые особо быстротвердеющие цементы дают возможность обойтись без тепловой обработки, так как бетон достигает нужной прочности в «естественных» условиях твердения при температуре  $20—25$  °С. Применение высокопрочных бетонов взамен бетона класса В30 дает возможность уменьшить расход арматурной стали на  $10—20$  % и сократить объем бетона на  $10—30$  %.

Тяжелый бетон хорошо сопротивляется поверхностному износу, что важно для цементно-бетонных дорог и полов промышленных зданий. Хорошие защитные свойства против радиоактивных излучений определяют его широкое применение в конструкциях биологической защиты атомных реакторов.

Проектные марки тяжелого бетона по морозостойкости — F50, F75, F100, F150, F200, F300, F400 и F500.

#### **Бетоны высокой морозостойкости**

Бетоны высокой морозостойкости применяют для тех частей сооружений, которые подвергаются многократному замораживанию и оттаиванию во влажном состоянии. Это зона переменного уровня гидротехнических сооружений, конструкции железобетонных градирен, цементно-бетонных дорог и аэродромов и т.п.

Морозостойкость зависит от качества исходных материалов, состава бетона и тщательности производства работ, которые и определяют структуру бетона. Рекомендуется применять сульфатостойкий портландцемент, являющийся одновременно и морозостойким. В этом цементе содержится лишь небольшое количество трехкальциевого алюмината (до 5 %), снижающего морозостойкость. В него не вводят минеральные добавки (кроме гипса). Заполнители должны быть чистые: промытый кварцевый песок, щебень из плотных изверженных горных пород с водопоглощением не более 0,5 % (по массе).

Решающее влияние на морозостойкость оказывает структура бетона и прежде всего капиллярная пористость. Поэтому важнейшим требованием к составу бетона является ограничение величины  $В/Ц$  в зависимости от суровости условий работы бетона в той или иной зоне сооружения: для бетона марки F500 рекомендуется принимать  $В/Ц$  не более 0,4; F400 — не более 0,45; F300 — не более 0,5; F200 — не более 0,55.

Для повышения морозостойкости и водонепроницаемости бетона применяют добавки поверхностно-активных веществ.

### ***Крупнопористый бетон***

В состав крупнопористого (беспесчаного) бетона входят гравий или щебень крупностью 5—20 мм, портландцемент или шлакопортландцемент 300—400 и вода. За счет исключения песка из состава крупнопористого бетона его средняя плотность уменьшается примерно на 600—700 кг/м<sup>3</sup> и составляет 1700—1900 кг/м<sup>3</sup>. Отсутствие песка и ограниченный расход цемента (70—150 кг/м<sup>3</sup>) позволяют получить пористый бетон с теплопроводностью 0,55—0,8 Вт/(м °С) и прочностью 1,5—7,5 МПа. Крупнопористый бетон целесообразно применять в районах, богатых гравием. Из крупнопористого бетона возводят монолитные наружные стены зданий, изготавливают крупные стеновые блоки. Стены из крупнопористого бетона оштукатуривают с двух сторон, чтобы устранить продувание.

### ***Бетон, упрочненный волокнами***

Армирование бетона, цементных и гипсовых растворов тонкими неорганическими и органическими волокнами (из металла, стекла, пропилена и др.) существенно улучшает прочностные и деформативные характеристики материала, повышает сопротивление образованию трещин. Например, использование коротких стальных волокон для дисперсного армирования цементных бетонов увеличивает прочность на растяжение в 2—3 раза, на изгиб — в 4—5 раз, на сжатие — в 1,5—2 раза, ударную прочность — в 10 раз и более, сопротивление истиранию в 2 раза.

Дисперсно-армированный бетон (фибробетон) представляет собой композиционный материал, упрочненный волокнами. В нем невысокая прочность на растяжение и пластичность матрицы (бетона) сочетается с высокомодульным волокном, обладающим высокой прочностью на разрыв. Эффективность армирования короткими волокнами зависит от ориентации волокон к действию растягивающих усилий и при перпендикулярной ориентации составляет 40—50 %, а при объемно-произвольной — лишь около 20 % по отношению к параллельной ориентации. Волокна препятствуют развитию усадочных трещин, их наличие повышает прочность сцепления стержневой арматуры с бетоном примерно на 40 %. Волокна должны быть стойкими в щелочной среде цементного раствора или бетона. В зависимости от конструкций применяют волокна: минеральные (стеклянные — из бесщелочного стекла, базальтовые, кварцевые и др.), металлические (преимущественно из обычной или нержавеющей стали), синтетические (пропиленовые, капроновые и др.). Фибробетон стремятся использовать в сборных и монолитных конструкциях, работающих на растяжение и изгиб и воспринимающих ударные, знакопеременные и вибрационные нагрузки. Имеется опыт применения дисперсно-армированного бетона в бетонных трубах, плитах-оболочках, в конструкциях туннелей, покрытиях дорог и взлетно-посадочных полос аэродромов и др.

### ***Дорожный бетон и бетонные покрытия полов промышленных зданий***

Дорожный бетон предназначен для оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов. Покрытие работает на изгиб как плита на упругом основании, поэтому основной прочностной характеристикой бетона является проектная марка на растяжение при изгибе.

Крупный заполнитель (щебень, гравий, щебень из шлака) обязательно проверяют на износостойкость в полочном барабане; она нормируется в соответствии с назначением бетона.

Бетон дорожных покрытий подвергается совместному действию воды и мороза при одновременном влиянии солей, использующихся для предотвращения обледенения и облегчения очистки дорог от льда. Поэтому бетон однослойных покрытий и верхнего слоя двухслойных покрытий должен иметь необходимую морозостойкость: в суровом климате — не ниже F200, в умеренном — F150; в мягком — F100. Чтобы получить морозостойкий бетон, применяют портландцемент марки 500 с содержанием трехвалентного алюмината не более 10 %, гидрофобный и пластифицированный портландцемент, а В/Ц бетона ограничивают пределом 0,5—0,55. Бетон оснований дорожных покрытий изготавливают на портландцементе марок 300 и 400 и шлакопортландцементе. Начало схватывания цемента должно быть не ранее, чем через 2 ч, поскольку дорожный бетон нередко приходится перевозить на большие расстояния.

Бетонные покрытия полов промышленных зданий могут быть монолитными и сборными. Бетон для пола должен хорошо сопротивляться действию истирания. При прочности бетона выше величины, называемой «порогом выкрашивания» и равной 30—40 МПа, зерна заполнителя почти не выкрашиваются и основным фактором, влияющим на истираемость, в этом случае является твердость заполнителя. Используют твердые заполнители из гранитов, диоритов и других изверженных горных пород. Искусственные заполнители повышенной вязкости и износостойкости получают путем переплавки некоторых горных пород, а также из металлургических шлаков.

Для повышения плотности и износостойкости верхнего слоя покрытия втрамбовывают в свежееуложенный бетон порошок, приготовленный из твердых материалов — корунда, карборунда и т. п. Износостойкость бетонного пола сильно возрастает при покрытии его, например, эпоксидными полимерами, которые защищают бетон одновременно и от химической коррозии.

### **Мелкозернистый (цементный) бетон**

Мелкозернистый (цементный) бетон применяют при изготовлении тонкостенных, в том числе армоцементных конструкций. Его целесообразно использовать и для обычных железобетонных конструкций, когда на месте нет крупного заполнителя, а возить заполнитель — далеко и дорого. Мелкозернистый бетон отличается от обычного большим содержанием цементного камня, поэтому его усадка и ползучесть несколько выше.

### ***Строительные растворы***

#### ***Материалы для изготовления строительных растворов***

Для строительных растворов применяют *портландцемент и шлакопортландцемент*. Принимают марку цемента в 3—4 раза выше марки раствора. Воздушную известь в виде известкового теста вводят в смеситель при изготовлении растворной смеси; реже используют молотую негашеную известь. Строительный гипс входит в состав гипсовых и известково-гипсовых растворов.

*Пески* применяют природные—кварцевые, полевошпатовые, а также искусственные дробленые—из плотных горных пород и из пористых пород и искусственных материалов (пемзовые, керамзитовые, перлитовые и т. п.). Пористые пески служат для приготовления легких растворов. Если песок содержит крупные включения (комья глины и др.), то его просеивают. Для кирпичной кладки применяют растворы на песках с зернами не более 2 мм. Для растворов прочностью 10 МПа и выше пески должны удовлетворять тем же требованиям в отношении содержания вредных примесей, что и пески для изготовления бетона. Для растворов прочностью 5 МПа и ниже допускается согласно ГОСТ 8736 содержание пылевидных частиц (проходящих через сито 0,14 мм) до 20 % по массе.

*Пластифицирующие добавки.* Чаще всего растворные смеси укладывают тонким слоем на пористое основание, способное отсасывать воду (кирпич, бетоны легкие, ячеистые и т. п.). Чтобы сохранить удобоукладываемость растворных смесей при укладке на пористое основание, в них вводят неорганические и органические пластифицирующие добавки, повышающие способность растворной смеси удерживать воду.

Неорганические дисперсные добавки состоят из мелких частиц, хорошо удерживающих воду (известь, глина, зола ТЭС, диатомит, молотый доменный шлак и т. п.). Глина, используемая в качестве пластифицирующей добавки, не должна содержать органических примесей и легкорастворимых солей, вызывающих появление «выцветов» на фасадах зданий. Глину вводят в растворную смесь в виде жидкого теста.

Органические поверхностно-активные пластифицирующие и воздухововлекающие добавки: смыленный древесный пек, канифольное мыло, мылонафт, ЛСТ и другие вводят в количестве 0,1—0,3 % массы вяжущего. Они не только улучшают удобоукладываемость растворных смесей, но также повышают морозостойкость, снижают водопоглощение и усадку раствора.

В растворы, применяемые для зимней кладки и штукатурки, добавляют ускорители твердения, понижающие температуру замерзания растворной смеси: хлористый кальций, поташ, хлористый натрий, хлорную известь и др.

#### ***Кладочные, монтажные и штукатурные растворы***

Основными свойствами растворов являются: прочность (марка) к заданному сроку твердения, сцепление с основанием, морозостойкость и деформативные характеристики: усадка в процессе твердения, влияющая на трещиностойкость, модуль упругости, коэффициент Пуассона.

Прочность при сжатии определяют испытанием образцов-кубиков с длиной ребра 7,07 см в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора. Изготовление образцов из растворной смеси подвижностью менее 5 см производят в обычных формах с поддоном, а из смеси с подвижностью 5 см и более—в формах без поддона, установленных на отсасывающем основании — кирпиче (покрытом смоченной водой газетной бумагой).

*Строительные растворы* по прочности в 28-суточном возрасте при сжатии имеют марки: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200. Растворы марок 4 и 10 изготавливают на местных вяжущих (воздушной и гидравлической извести и др.).

Для каменной кладки наружных стен зданий применяют главным образом цементные и смешанные растворы (цементно- известковые и цементно-глиняные) марок 10, 25 и 50 в зависимости от влажностных условий и требуемой долговечности здания. В кладке перемычек, простенков, карнизов, столбов марка может быть повышена до марки 100.

Виброкирпичные панели изготавливают с применением растворов марок 75, 100, 150, приготовленных на портландцементе и шлакопортландцементе.

*Монтажные растворы* для заполнения горизонтальных швов при монтаже стен из легкобетонных панелей должны иметь марку не ниже 50, а для панелей из тяжелого бетона — не ниже 100.

Минимальные расходы цемента для растворов различного назначения (75—125) кг/м<sup>3</sup> принимают для подземной кладки зданий в зависимости от относительной влажности воздуха в помещениях, а для кладки фундаментов — в соответствии с влажностью грунтов.

Для кладки во влажных грунтах и ниже уровня грунтовых вод применяют растворы на портландцементе с активными минеральными добавками или на шлакопортландцементе.

*Декоративные растворы* предназначены для отделочных слоев стеновых панелей и блоков, наружной и внутренней отделки зданий. Эти растворы изготавливают на белом, цветном и обычном портландцементе; для цветных штукатурок внутри зданий применяют также строительный гипс и известь. Заполнителем служит чистый кварцевый песок либо дробленые пески из белого известняка, мрамора и т. п.

*Гидроизоляционные растворы* для гидроизоляционных слоев и штукатурок обычно изготавливают состава 1:2,5 или 1:3,5 (цемент:песок по массе), применяя портландцемент, расширяющиеся цементы, сульфатостойкий портландцемент.

*Инъекционные цементные растворы* применяют для заполнения каналов в предварительно напряженных конструкциях и уплотнения бетона. Марка раствора должна быть не ниже 300, поэтому используют портландцемент марки 400—500.

*Тампонажные растворы* предназначены для гидроизоляции скважин, шахтных стволов и туннелей путем закрытия водоносных грунтов, трещин и пустот в горных породах и заполнения закрепленного пространства. Вяжущим в этих растворах служит специальный тампонажный портландцемент, а в агрессивных водах— сульфатостойкий портландцемент.

*Рентгенозащитный раствор* готовят на баритовом песке (BaSO<sub>4</sub>) (предельной крупностью 1,25 мм), применяя портландцемент или шлакопортландцемент. В него вводят добавки, содержащие легкие элементы: литий, бор и др.