

БЕТОН ДЛЯ ФУНДАМЕНТА

Бетон – это каменный материал, который образуется в результате затвердевания бетонной смеси. В состав бетонной смеси для заливки монолитного фундамента входят смешанные в определенных пропорциях цемент, песок, гравий и вода. Песок и гравий называются заполнителями бетонной смеси, а цемент является вяжущим веществом, которое связывает между собой отдельные песчинки и камешки в единый монолитный блок. Цемент заполняет пустоты между частицами песка и гравия, поэтому, чем больше будет расход цемента, чтобы уменьшить их количество нужно использовать как крупный, так и мелкий гравий – мелкие частицы будут заполнять пространство между мелкими частицами гравия, заполняет песок.

После заливки фундамента бетону нужно время чтобы «созреть» и набрать прочность. Полное затвердевание бетонной смеси занимает месяц, наиболее интенсивно происходит в первые 5-7 дней.

СОСТАВ БЕТОНА ДЛЯ ФУНДАМЕНТА

Для приготовления бетона нужно использовать песок с частицами от 1,2 мм до 3,5 мм. Более мелкий песок непригоден. В идеале песок должен быть чистым, то есть не должен содержать частиц глины или ила. Допускается содержание илистых и глинистых частиц до 5%, большее количество значительно сказывается на прочности бетона. Проверить наличие загрязнений в песке можно так: насыпать песок в бутылку, налить туда воды и взболтать. Если вода остается прозрачной или чуть-чуть мутной, значит песок чистый. Если вода становится сильно мутной, окрашивается в цвет глины, а когда отстоится, сверху песка оседает глиняный осадок, значит песок содержит слишком много глины и его нельзя использовать для приготовления бетонной смеси для фундамента.

Гравий также должен быть чистым, по крайней мере, не должен содержать большого количества глины. Размеры частиц гравия могут быть от 1 до 8 см. Так же вместо гравия может использоваться щебень тех же размеров.

Существует несколько видов цемента: портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент и их быстротвердеющие варианты. Все они имеют одну природу, но имеют некоторые особенности. Портландцемент – это наиболее распространенный цемент, который может использоваться для строительства любых сооружений, в том числе и для заложения монолитного фундамента. Шлакопортландцемент в отличие от него имеет большую влагостойкость и меньшую морозостойкость; медленнее набирает прочность. Пуццолановый портландцемент предназначен для использования в условиях большой влажности, то есть для строительства подводных и подземных конструкций; на воздухе дает большую усадку и частично теряет прочность. Использование быстротвердеющих цементов позволяет сократить срок созревания бетона до двух недель, но размешивать и заливать быстротвердеющую бетонную смесь так же надо быстрее, что не очень удобно при самостоятельном строительстве. При строительстве монолитного фундамента своими руками наиболее подходящим будет обычный портландцемент.

Каждый вид цемента имеет различные марки: 200, 300, 400 и т.д. Марка цемента означает, какой предел прочности на сжатие в кг/см² у бетонного кубика с ребром 20 см после созревания в течение 28 дней. Марка бетона принимается в 1,5-2 раза меньше марки цемента.

ПРОПОРЦИИ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ БЕТОНА

Количество песка, гравия и воды, необходимых для приготовления бетона, измеряется в частях от цемента. Соотношение цемента, песка и гравия 1:3:5 – на 10 кг цемента нужно 30 кг песка и 50 кг гравия. Соотношение воды и цемента – водоцементное соотношение – показывает, сколько литров воды на килограмм цемента необходимо для приготовления бетона для фундамента. В зависимости от того, какая нужна марка бетона, можно выбрать разное водоцементное соотношение и из одной и той же марки цемента получать различные марки бетона.

В таблице приведены значения водоцементного соотношения для использования портландцемента.

Марка цемента	Марка бетона					
	100	150	200	250	300	400
300	0.75	0.65	0.55	0.50	0.40	-
400	0.85	0.75	0.63	0.56	0.50	0.40
500	-	0.85	0.71	0.64	0.60	0.46
600	-	0.95	0.75	0.68	0.63	0.50

ПРИГОТОВЛЕНИЕ БЕТОНА СВОИМИ РУКАМИ

Бетон можно замешивать в бетономешалке, железной ванне, деревянном ящике или на деревянном настиле. Главное, чтобы в бетон не попадало примесей. Вначале нужно засыпать сухие ингредиенты – песок, гравий и цемент – тщательно их перемешать до получения однородной массы. Затем нужно доливать воду, перемешивая бетонную смесь. Она должна быть полностью и равномерно увлажнена. Залить ее нужно в течение двух часов после приготовления.

Разумеется, при самостоятельном строительстве фундамента никто не может гарантировать чистоту всех материалов и их идеальные пропорции. Точно так же нет гарантии, что цемент будет иметь именно ту марку, которая указана на его упаковке. Цемент не предназначен для долгого хранения и со временем его марка понижается, потому что он вступает в реакцию с содержащейся в воздухе влагой. После месяца хранения он теряет до 10% своей изначальной прочности, через три месяца до 20%, через полгода – до 30%. Так что купленный цемент марки М-200 на самом деле может быть уже не М-200, а М-180. При самостоятельной заливке фундамента единичей измерения, скорее всего, будет ведро, и вряд ли кто-то будет измерять пропорции цемента, песка, воды и гравия в составе бетона с точностью до килограмма и литра. Перемешивание бетонной смеси при помощи лопаты так же может быть недостаточно эффективным, бетон может получиться недостаточно однородным по составу. Наконец, залить этот самый бетон может быть не очень удачно, и где-то внутри фундамента окажутся микроскопические пустоты, которые нельзя устранить без использования глубинного вибратора, которым строители уплотняют бетон после заливки. Пусть в результате всех недочетов и потерь итоговая марка бетона составит 100, этого будет более чем достаточно для небольшого загородного дома.

Марка бетона 100 означает, что он выдерживает нагрузку в 100 кг/см². Один столбик столбчатого фундамента из такого бетона сечением 20 на 20 см имеет площадь поперечного сечение 400 см² и выдержит нагрузку в 40 т. Четыре таких столбика способны выдержать дом массой в 160 тонн. В случае заливки ленточного фундамента вес дома будет распределяться по еще большей площади. Вывод: даже при достаточно сильном отклонении от технологии фундамент будет достаточно прочным, чтобы выдерживать нагрузку от дома. Однако, официальные документы и нормы гласят, что для монолитного фундамента нужно использовать бетон марки 200 и выше, соответственно для его приготовления нужен цемент марки 300 или 400.

Заливать фундамент нужно в теплое время года. Теоретически это можно делать и при отрицательных температурах, но это порождает много проблем: необходимо подогревать воду и бетонную смесь, иначе вода может замерзнуть прежде, чем цемент начнет схватываться. На время созревания бетона его придется как-то подогревать, иначе вода в нем замерзнет и вместо того, чтобы участвовать в реакции с цементом превратится в лед, увеличится в объеме и будет разрушать фундамент изнутри.

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОННОЙ СМЕСИ И РАСЧЕТ МАТЕРИАЛОВ НА ЗАМЕС БЕТОНОМЕШАЛКИ

Прочность и долговечность монолитных бетонных конструкций фундаментов напрямую зависят не только от качества применяемых материалов, способа уплотнения бетонной смеси и условий выдерживания бетона, но, главным образом, и от рационального подбора состава бетонной смеси, ее подвижности (жесткости) и дозировки материалов на замес бетономешалки.

Если объем строительства находится недалеко от бетонного завода (бетонного узла), то лучше заказать доставку бетона нужной марки с определенной подвижностью и крупностью щебня. Транспортирование бетонной смеси необходимо осуществлять автобетоносмесителями, которые не допускают потерю цементного молока, исключают попадание атмосферных осадков и прямое воздействие солнечных лучей, расхождение и нарушение однородности смеси.

В большинстве случаев при «самострое» с помощью наемных рабочих или небольших строительных фирм, не имеющих опытного специалиста или договора со строительной лабораторией, подбор состава бетона и дозировка материалов производятся «на глазок» лопатами. Подвижность бетонной смеси не контролируется (рис. 54), а для облегчения укладки в смесь добавляются излишнее количество воды, что приводит к нарушению водоцементного (В/Ц) отношения и потере прочности бетона.

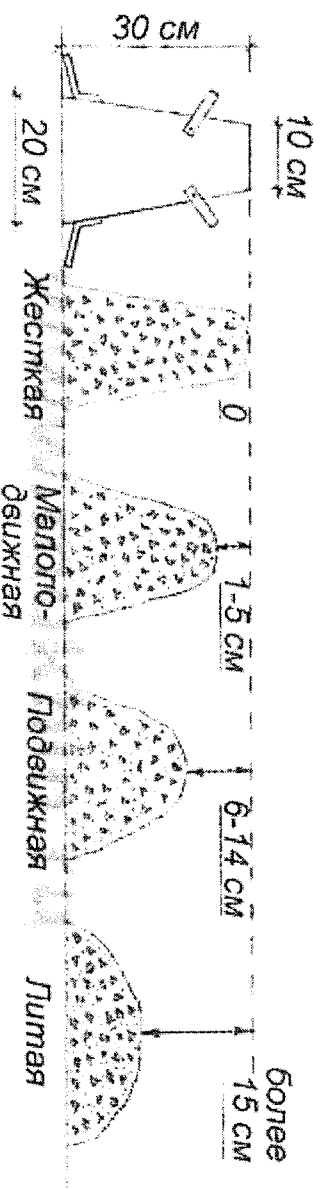


Рис. 54. Схема определения подвижности (величины осадки конуса) бетонной смеси

Конечно, в условиях строительной площадки невозможно выполнить весь комплекс работ по определению качественных характеристик применяемых материалов: песка (удельный вес, объемная масса, пустотность, влажность, зерновой состав и модуль крупности, содержание глинистых частиц и органических примесей и др.); щебня (объемная масса, прочность, влажность, объем пустот, загрязненность, содержание пластинчатых и игольчатых зерен и др.); цемента (удельный вес и удельная поверхность, сроки начала и окончания схватывания, активность и др.); бетонной смеси (подвижность, прочность, объемная масса, водоотделение, водонепроницаемость и др.).

Однако и в построечных условиях можно с достаточной точностью оценить некоторые свойства материалов и с помощью справочных данных выполнить подбор составов бетонных смесей различных марок.

Исходные данные для расчета состава товарного бетона

При приготовлении бетонных смесей на цементе и песке без крупного заполнителя (щебня) значения В/Ц для получения мелкозернистого бетона требуемых марок уменьшают на 0,1 против указанных в табл. 20.

Приведенные в табл. 20 значения В/Ц предусматривают получение соответствующих марок бетона при твердении его в нормальных условиях, т. е. при относительной влажности воздуха 90-100% и температуре 15-20°С. Указанные в таблице значения В/Ц являются ориентировочными. Однако, как показал опыт, они обеспечивают получение бетона заданной марки лишь с незначительными отклонениями.

Таблица 20

Значение водоцементного отношения (В/Ц)

100	1,03	-
150	0,85	-
200	0,69	0,79
250	0,57	0,65
300	0,53	0,61

Примечание. Значения В/Ц приведены для бетона, приготовленного на щебне и песке с модулем крупности до 2,5.

При использовании табл. 21 надо иметь в виду, что в ней приведены данные, полученные на основе изучения бетонов, приготовленных из смесей на природном песке с модулем крупности $M_k = 2,7$, при $B/C = 0,57$ и подвижностью бетонной смеси, соответствующей 5 см осадки стандартного конуса (см. рис. 54). Для бетонов, приготовленных на песке с другим модулем крупности (табл. 22), а также имеющих иные подвижность и В/Ц, данные табл. 21 следует принимать с поправками.

Таблица 21

Расход воды и содержание песка в смеси заполнителей для пробных замесов товарного бетона

15		52	220
20		49	200
25		46	195
40		41	185
50		39	177
70		35	167

Примечание. Если в составе щебня имеется песок, его количество надо уменьшить. Расход воды приведен с учетом условного водопоглощения щебня до 1,5%

Определение расхода материалов на 1 м3 бетона

- Требуемая прочность бетона М200
- Подвижность бетонной смеси - ОК = 5 см
- Наибольший размер щебня - 40 мм
- Водоцементное отношение В/Ц = 0,57
- Плотность цемента для портландцемента принята $\gamma_{\text{ц}} = 3,1 \text{ г/см}^3$
- Плотность песка $\gamma_{\text{п}} = 2,63 \text{ г/см}^3$, объемная масса щебня $\gamma_{\text{об.м}} = 2,6 \text{ кг/л}$

Расход цемента Ц, кг, на 1 м3 бетона подсчитывают по формулам $\text{Ц} = \text{В} : (\text{В/Ц})$ или $\text{Ц} = \text{В} (\text{Ц/В})$, где В - расход воды, л, на 1 м3 бетона.

По табл. 21 находим расход воды - 185 л при применении щебня размером 40 мм и содержание песка - 41% общего количества заполнителей.

$$\text{Ц} = 185 : 0,57 = 325 \text{ кг.}$$

Далее определяем абсолютный объем смеси песка и щебня Асм , л. Для этого из 1 м3 бетона вычитают сумму абсолютных объемов цемента и воды, т.е. абсолютный объем, занимаемый в бетоне цементным тестом:

$$\text{Асм} = 1000 - ((\text{Ц}/\gamma_{\text{ц}}) + \text{В}).$$

$$\text{Асм} = 1000 ((325/3,1) + 185) = 1000 - 290 = 710 \text{ л.}$$

Группы песка

Крупный	3,5 - 2,4
Средний	2,5 - 1,9
Мелкий	2,0 - 1,5
Очень мелкий	1,6 - 1,1
Тонкий	Менее 1,2

Минимальный расход цемента для бетонов на портландцементе, твердеющих в естественных условиях, приведен в табл. 23.

Таблица 23

	5-9	-	225	-
M150	1-4	-	210	-
	-	5-10	200	-
	5-9	-	265	235
M200	1-4	-	245	210
	-	5-10	235	200
	-	11-20	220	-
M250	5-9	-	310	275
	1-4	-	285	250

M300	-	5-10	270	235
	-	11-20	255	220
	5-9	-	355	315
	1-4	-	325	290
	-	5-10	305	270
	-	11-20	285	250
	5-9	-	400	360
	1-4	-	365	325
	-	5-10	345	310
	-	11-20	320	290
M350	5-9	-	-	405
	1-4	-	-	365
	-	5-10	-	340
	-	11-20	-	320
M400	5-9	-	-	405
	1-4	-	-	365
	-	5-10	-	340
	-	11-20	-	320

Абсолютный объем песка Ап, л, определяем по формуле

$$Aп = (Aсм * г) / 100$$

где г - найденное по табл. 21 процентное содержание песка (41%),

$$Aп = (710 * 41) / 100 = 290 \text{ л}$$

Абсолютный объем щебня Ащ, л, находят как разность между абсолютными объемами смеси заполнителей и песка:

$$Aщ = Aсм - Aп$$

$$A_{\text{щ}} = 710 - 290 = 420 \text{ л}$$

Зная плотность песка $\gamma_{\text{п}}$ и объемную массу щебня $\gamma_{\text{об.щ.}}$, определяют расходы песка Π и щебня Щ , кг, на 1 м³ бетона:

$$\Pi = A_{\text{п}} \gamma_{\text{п}}$$

$$\Pi = 290 \cdot 2,63 = 763 \text{ кг}$$

$$\text{Щ} = A_{\text{щ}} \gamma_{\text{об.щ.}}$$

$$\text{Щ} = 420 \cdot 2,6 = 1092 \text{ кг}$$

Расход материалов на 1 м³ бетона: $\text{Ц} = 325 \text{ кг}$; $\text{В} = 185 \text{ л}$; $\Pi = 763 \text{ кг}$; $\text{Щ} = 1092 \text{ кг}$.

Объемная масса бетонной смеси: $\gamma_{\text{об.б.см}} = 325 + 185 + 763 + 1092 = 2365 \text{ кг/м}^3$.

Состав бетонной смеси может быть выражен весовым соотношением цемент : песок : щебень: $(325/325) : (763/325) : (1092/325) = 1 : 2,3 : 3,4$

Для приготовления пробных замесов количество цемента, песка, щебня и воды уменьшают в соответствии с принятым объемом пробного замеса. Затем делают пробные замесы и путем корректирования устанавливают окончательный расход воды на 1 м³ бетона,

обеспечивающий заданную подвижность смеси. В том случае, когда заданное количество воды не обеспечивает требуемой подвижности бетонной смеси, в приготовленную смесь добавляют воду порциями по 2-3% от заданного количества. Для сохранения принятого В/Ц добавляют также соответствующее количество цемента. Если смесь получилась с избыточной подвижностью по сравнению с требуемой, в замес добавляют песок и щебень, сохраняя между ними принятое по расчету соотношение. Песок и щебень также добавляют порциями, по 3-5% от их веса. После корректировки пробного замеса окончательно устанавливают состав бетона.

Определение подвижности бетонной смеси

От конструктивных особенностей изделий зависит в значительной мере выбор метода их формирования, а это, в свою очередь, предъявляет соответствующие требования к консистенции бетонной смеси в отношении ее подвижности и удобоукладываемости.

Бетонные смеси бывают подвижными и жесткими. Подвижные смеси при укладке легко заполняют форму и уплотняются в ней под действием собственной силы тяжести. Жесткие смеси для указанных выше операций требуют приложения подчас значительных внешних сил. Независимо от того, к какой из этих групп относится бетонная смесь, каждая из них в производственных условиях характеризуется определенной степенью подвижности. Подвижность бетонной смеси определяется по величине осадки стандартного конуса, отформованного из данной смеси (см. рис. 54).

Для определения осадки конуса потребуются средняя проба бетонной смеси, деревянная или металлическая площадка, форма конуса, стержень для стыкования смеси, стальная линейка длиной не менее 70 см, стальная линейка с делениями длиной 20-50 см, кельма.

Ход работы. На деревянную, обшитую листовой сталью площадку толщиной ~25 мм, размером 70х70 см устанавливают металлическую форму в виде усеченного прямого конуса высотой 30 см, диаметром нижнего основания 20 см и верхнего 10 см. Внутреннюю поверхность формы и площадку, на которой она установлена, увлажняют водой. Затем, прижав форму к площадке (наступив на педали), в нее в три приема равными частями помещают бетонную смесь. Каждую порцию бетонной смеси в форме уплотняют 25-кратным штыкованием стальным гладким стержнем диаметром 16 мм, длиной 650 мм. Стержень при каждом штыковании должен проникать через всю толщину бетонной смеси.

После уплотнения излишек бетонной смеси срезают вровень с верхними краями формы, заглаживая кельмой поверхность смеси. Затем форму медленно поднимают строго вертикально и ставят рядом с конусом, отформованным из смеси. На форму конуса по его диаметру кладут на ребро стальную линейку длиной 70 см так, чтобы свободный конец линейки проходил через центр конуса, изготовленного из бетонной смеси. Расстояние между поверхностью бетонной смеси и ребром линейки измеряют другой линейкой с делениями с точностью до 0,5 см. Результат промера характеризует величину осадки конуса. Как правило, определение для одной и той же смеси повторяют дважды. Результат двух параллельных измерений не должен отличаться больше чем на 2 см.

Выбор подвижности бетонной смеси зависит от вида конструкции. Например, для бетонных набивных свай О.К. ~4-5 см, для густоармированных плит перекрытий и монолитных фундаментных столбов О.К. = 6-8 см и т.д. В каждом случае учитываются конструктивные особенности элементов, густота армирования, воспринимающие элементом нагрузки, марка бетона и используемые фракции (размеры крупного заполнителя - щебня, гравия).

Расчет расхода материалов на один замес бетономешалки

В зависимости от объема бетонных работ на строительных объектах используются в основном бетономесители гравитационного типа емкостью от 60 до 3000 л. Для расчета расхода материалов на один замес примем бетономешалку с емкостью смесительного барабана (V_б) 1200 л. Производственный расход материалов на 1 м³ бетона следующий:

Ц_{пр} - 342 кг, В_{пр} - 153 л, П_{пр} - 612 кг, Щ - 1296 кг.

Объемный вес влажных песка и щебня принят 1,6 и 1,495 кг/л соответственно, объемный вес цемента 1,3 кг/л, щебень применяется двух фракций: 40% щебня крупностью 10-20 мм и 60% щебня крупностью 20-40 мм. Вычислим расход материалов на один замес. Для этого определим коэффициент выхода бетонной смеси:

$$\beta = 1000 / (V_{ц} + V_{п} + V_{щ}) = 1000 / ((C_{пр} / V_{об.ц}) + (П_{пр} / V_{об.п}) + (Щ_{пр} / V_{об.щ}))$$

$$\beta = 1000 / ((312 / 1,3) + (612 / 1,6) + (1296 / 1,495)) = 0,672$$

Расходы материалов на один замес бетономешалки:

$$\text{цемента } C = (V_{б} * \beta / 1000) * C_{пр}$$

$$\text{Ц} = (1200 * 0,672 / 1000) * 312 = 0,806 * 312 = 252 \text{ кг}$$

воды **В = $(\sqrt[6]{\beta / 1000}) * \text{В}_{\text{нр}}$**

$$\text{В} = 0,806 * 153 = 123,4 \text{ л}$$

песка **П = $(\sqrt[6]{\beta / 1000}) * \text{П}_{\text{нр}}$**

$$\text{П} = 0,806 * 612 = 493 \text{ кг}$$

цебня **Ц = $(\sqrt[6]{\beta / 1000}) * \text{Ц}_{\text{нр}}$**

$$\text{Ц} = 0,806 * 1296 = 1044 \text{ кг, в том числе:}$$

$$\text{Ц}_{10-20} = 1044 * 40 / 100 = 436 \text{ кг}$$

$$\text{Ц}_{20-40} = 1044 * 60 / 100 = 626 \text{ кг}$$