**ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА**

**Тема проекта:**

"ПРОИЗВОДСТВО ЛИНЕЙНЫХ КОНСТРУКЦИЙ (СВАЙ)"

**Введение**

На свайных фундаментах жилища начали сооружать еще в эпоху родового строя. В странах древних культур можно увидеть остатки сохранившихся до наших дней свайных фундаментов. Однако до середины прошлого века сваи изготовлялись только из дерева.

В нашей стране уже в XIX веке были приведены подробные чертежи для изготовления ручных копров из бревен и копров с подъемом ударной части шпилем и лебедкой. Там же описаны устройства ручных и машинных молотов, правила изготовления свай из бревен, предложены формы журнала свайной сбойки, планы забивки свай частоколом и рядами, таблицы допускаемых нагрузок на сваю в зависимости от ее диаметра, а также предельные силы удара молота на дерево в зависимости от его породы; приведены конструкции наращивания свай, таблицы стоимости забивки свай ручным и машинным копром.

Свайные фундаменты в XIX в. использовались в основном в гидротехническом и железнодорожном строительстве и при возведении специальных сооружений (например, заводских труб).

В конце XIX в. свайные фундаменты завоевывают всеобщее признание. Этому способствовало появление и развитие железобетона, что давало возможность сооружать из этого материала свайные фундаменты независимо от уровня поверхностных или грунтовых вод. Для погружения железобетонных свай промышленность начала выпускать высокопроизводительные и мощные копры с паровыми молотами.

В XX в. свайные фундаменты начали широко использовать в больших объемах в промышленном строительстве.

В жилищном и гражданском строительстве свайные фундаменты сооружались только на просадочных грунтах, причем применялись лишь длинные сваи (от 6 до 12 м). Изобретение железобетона дало возможность устраивать новый вид свай – набивных непосредственно в грунте, в подготовленных различным способом скважинах. Первым в 1899 г. такую технологию устройства фундаментов при сооружении здания управления Юго-запада железных дорог в Киеве предложил инж. А.Э. Страус. С той поры термины забивные и набивные сваи стали общепринятыми.

В 1935 г. инж. Л.М. Пешковский предложил применять в гражданском строительстве короткие сваи длиной от 3 до 6 м. В настоящее время такие сваи широко применяют в жилищном строительстве

В процессе дальнейшего развития техники свайных работ были разработаны методы вибропогружения и вибровдавливания свай, затем после создания завинчивающего механизма железобетонные и металлические сваи стали ввинчивать в грунт.

Сравнительно новым способом повышения несущей способности как готовых, так и набивных свай является уширение пяты или ствола свай, что дает возможность передавать давление от сооружения на большую площадь опоры.

В настоящее время в нашей стране более 20% гражданских зданий и промышленных объектов сооружают на свайных фундаментах. В Москве возводят на таких фундаментах до 40% жилых домов, ежегодно забивается более 200 тыс. свай. При устройстве свайных фундаментов в сравнении с другими их видами объем земляных работ сокращается на 85%, расход бетона на сооружение подземной части здания – на 32, затраты – на 27, а стоимость – более чем на 15%.

Все это свидетельствует о больших преимуществах свайных фундаментов и широкой перспективе их применения в промышленном и гражданском строительстве.

# Номенклатура и характер выпускаемых изделий

Сваей называется стержень, находящийся в грунте в вертикальном или наклонном положении и предназначенный для передачи грунту нагрузки от надфундаментной части сооружения. Для устройства свайных фундаментов применяют сваи, различающиеся по материалу, положению в вертикальной плоскости, форме поперечного и продольного сечений, способу изготовления и погружения в грунт. По форме поперечного сечения сваи различают квадратные, прямоугольные, круглые, треугольные, трубчатые, трапецеидальные. Также оно может быть сплошным (полнотелые сваи) пли полым (пустотелые сваи и сваи-оболочки). Принципиального различия между пустотелыми сваями и сваями – оболочками нет. Обычно при диаметре (стороне) поперечного сечения сваи до 800 мм и наличии внутренней полости сваи называют пустотелыми. При тех же условиях, но при диаметре более 800 мм сваи относят к сваям-оболочкам. По длине сваи могут иметь постоянное сечение (призматические и цилиндрические) или переменное (пирамидальные, трапецеидальные, ромбовидные). По положению в вертикальной плоскости различают сваи вертикальные и наклонные. Наклонные сваи служат для восприятия горизонтальных нагрузок.

По условиям изготовления сваи подразделяют на две группы: сваи готовые, погружаемые в грунт забивкой, вдавливанием, ввинчиванием и т.д., и набивные сваи, изготовляемые непосредственно в скважине, предварительно пробуренной или пробитой в грунте.

Сваи подразделяют на следующие типы:

1) С – квадратного сплошного сечения, цельные и составные, с поперечным армированием ствола;

2) СП – квадратного сечения с круглой полостью, цельные;

3) СК – полые круглого сечения диаметрами 400 – 800 мм, цельные и составные;

4) СО – сваи-оболочки диаметрами 1000 – 3000 мм, цельные и составные;

5) 1СД – сваи-колонны квадратного сплошного сечения, двухконсольные, расположенные по крайним осям здания;

6) 2СД – то же, расположенные по средним осям здания;

7) СЦ – квадратного сплошного сечения, цельные, без поперечного армирования ствола, с напрягаемой арматурой в центре сваи.

В основу классификации сборных железобетонных изделий положены следующие признаки: вид армирования, плотность, вид бетона, внутреннее строение и назначение.

По виду армирования железобетонные изделия делят на: предварительно напряженные и с обычным армированием.

По плотности изделия бывают из тяжелых бетонов, облегченного, легкого и из особо легких (теплоизоляционных) бетонов. Для элементов каркаса зданий применяют тяжелый бетон, а для ограждающих конструкций зданий – легкий.

По виду бетонов и применяемых в бетоне вяжущих различают изделия:

* из цементных бетонов – тяжелых на обычных плотных заполнителях и легких бетонов на пористых заполнителях;
* силикатных бетонов автоклавного твердения – плотных (тяжелых) или легких на пористых заполнителях на основе извести или смешанном вяжущем;
* ячеистых бетонов – на цементе, извести или смешанном вяжущем; специальных бетонов – жаростойких, химически стойких, декоративных, гидратных.

По внутреннему строению изделия могут быть сплошными и пустотелыми, изготовленными из бетона одного вида, однослойные или двухслойные и многослойные, изготовленные из разных видов бетона или с применением различных материалов, например теплоизоляционных.

Железобетонные изделия одного вида могут отличаться также типоразмерами, например стеновой блок угловой, подоконный и т.д. Изделия одного типоразмера могут подразделяться также по классам. В основу деления на классы положено различное армирование, наличие монтажных отверстий или различие в закладных деталях.

В зависимости от назначения сборные железобетонные изделия делят на основные группы: для жилых, общественных, промышленных зданий, для сооружений сельскохозяйственного и гидротехнического строительства, а также изделий общего назначения.

Железобетонные изделия должны отвечать требованиям действующих государственных стандартов, а также требованиям рабочих чертежей и технических условий на них. Изделия массового производства должны быть типовыми и унифицированными для возможности применения их в зданиях и сооружения различного назначения. Изделия должны иметь максимально степень заводской готовности. Составные или комплексные изделия поставляют потребителю, как правило, в законченном, собранном и полностью укомплектованном деталями виде. Железобетонные изделия с проемами поставляют со вставленными оконными или дверными блоками, проолифленными или загрунтованными. Качество поверхности изделия должно быть таким, чтобы на месте строительства (если это не предусмотрено проектом) не требовалось дополнительной их отделки.

# Выбор и характеристики исходных материалов

Материалы, используемые для приготовления бетона, предопределяют его состав, физико-механические свойства, стойкость и долговечность бетона. При выборе материалов для бетона следует учитывать требования к бетону, условия эксплуатации конструкции, особенности технологии изготовления. Правильный выбор материалов позволяет экономить цемент и способствует получению качественного бетона с требуемыми характеристиками.

## Цемент

Цемент самый дорогостоящий материал в бетоне и энергоемкий при производстве. Экономия цемента ведет к существенному снижению стоимости бетона.

При выборе марки цемента для бетона данной прочности необходимо руководствоваться следующим.

Для получения плотной однородной структуры цементного теста в бетоне активность цемента должна быть в пределах 0,7…2 от требуемой прочности бетона. При значениях отношения активности цемента к прочности бетона меньше 0,7. Требуется низкое водоцементное отношение и как следствие густое цементное тесто вызывает высокую жесткость бетонной смеси и высокий расход цемента требующее интенсивных методов уплотнения и как результат высокая себестоимость бетона.

При значении отношения активности цемента к прочности бетона больше 2 требуется высокое водоцементное отношение вызывающее низкий расход цемента и низкую вязкость цементного теста, что понижает связность цементного теста и вызывает необходимость применения тонкомолотых добавок что также удорожает технологию бетона и приводит к ухудшению физико-механических свойств цементного камня и бетона.

Для вибрированного бетона указанное отношение активности цемента к прочности бетона должно быть в пределах 1,2…2.

Для бетонов различной прочности рекомендуется использовать следующие марки цемента:

Марка 100 150 200 300 400 500 600

(класс) бетона В7,5 810 В15 В25 830 340 В45

Марка цемента 300 400 400 400 500 600 600

Цёменты, имеющие величину активности выше значения требуемой прочности бетона в два и более раз, при отсутствии агрессии должны применяться с тонкомолотыми активными минеральными добавками или микронаполнителями, снижающими активность цемента, но увеличивающими общее количество вяжущего.

Установлено, что. с увёличением содержания добавки на 1% активность цемента снижается примерно на 1%.Ориентировочно требуемый расход добавки д может быть определен из выражения

,

где **-** активность цемента с добавкой; - активность цемента.

Минимальный расход цемента для неармированных конструкций должен составлять не менее 200 кг на 1 м3 бетона, а для железобетонных конструкций – не менее 220 кг. Максимальный расход цемента, в бетоне не должен превышать 600 кг/м3.

Значения плотности и насыпной плотности цементов приведен в табл. 1.

Таблица 2.1

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Вид цемента | Плотность, кг/см3 | Насыпная плотность, кг/м3 |
| Портландцемент и некоторые его разновидности (пластифицированный, сульфатостойкий) | 3,0…3,3 | 1000…1400 |
| Пуццолановый портландцемент | 2,7…2,9 | 950…1300 |
| Шлакопортландцемент | 2,8…3,1 | 1100…1400 |

Испытания цемента производятся по ГОСТ 310.4–76\*… ГОСТ 310.4–81\*. Основные свойства цементов для бетона регламентированы ГОСТ 10178–85\*.

Применяемые для приготовления бетона заполнители классифицируются по величине зерен: мелкий заполнитель – песок с размером зерен до *5*мм, крупный – с размером зерен более 5 мм – в свою очередь подразделяется на щебень и гравий. Щебень получают дроблением горных пород, гравий представляет собой рыхлую смесь выветрившихся горных пород.

Заполнители оказывают непосредственное влияние на характеристики бетонной смеси и на свойства затвердевшего бетона.

## Крупный заполнитель

Определение основных характеристик крупных заполнителей для тяжелого бетона производится в соответствии с ГОСТ 8269.0–97 «Щебень и гравий из плотных горных пород и отходов промышленности производствадля строительных работ. Методы физико-механических испытаний».

Плотность зерен определяют, помещая навеску
*т* = 100 г. щебня (гравия), насыщенную водой в частично наполненный водой мерный цилиндр объемом 0,5 л. Определив объем (V1 см3), занимаемый в цилиндре водой допогружения щебня (гравия), и объем (V2) после погружения. щёбня (гравия), вычисляют плотность зерен заполнителя по формуле:

, г/см3 (кг/м3)

Насыпная плотность определяется взвешиванием определенного объема щебня (гравия) в мерном цилиндре со стандартным уплотнением.

Под, стандартным уплотнением понимается уплотнение под действием собственной массы при насыпании щебня (гравия) в посуду совком с высоты 10 см до образования конуса, который снимается вровень с краями.

В зависимости открупности щебня (гравия) принимают емкость мерного цилиндра по табл. 2.

Взвешивают сначала пустую мерную посуду, затем – со щебнем (гравием), после чего определяют насыпную плотность щебня (гравия) по формуле

, кг/дм3 (кг/м3)

где *т1* – масса мерного цилиндра, кг; *т2 –* масса черного цилиндра со щебнем (гравием), кг; V – объем черного цилиндра, дм3.

Таблица 2.2

|  |  |
| --- | --- |
| Наибольшая крупность щебня (гравия), мм | Объем мерного цилиндра, л |
| 10 | 5 |
| 20 | 10 |
| 40 | 20 |
| 70 и более | 50 |

Пустотность (объем межзерновых пустот) щебня зависит от одержания в нем зерен различной крупности и степени его уплотнения.

Повышение пустотности щебня вызывает увеличенный расход цемента в бетоне.

Пустотность щебня (гравия) определяют на основании ранее установленных значений плотности зерен щебня (гравия) и насыпной
плотности щебня (гравия) по формуле:

,

где Vпуст – пустотность щебня. (гравия), %; - насыпная плотность щебня (гравия), кг/дм3; – плотность зерен щебня (гравйя), г/см3).
Зерновой состав. Для определения. зернового состава нефракциокированного щебня (гравия) берут среднюю пробу в количестве, указанном в табл. 3. Пробу просеивают через стандартный набор сит 0,14; *3;* 5; 10; 20; 40 и 70 мм. Частицы щебня (гравия) прошедшие через сито 0,14 мм, отбрасывают. Остатки щебня (гравия) на каждом сите взвешивают, ’ определяя тем самым частные остатки *т0,14; т3; т70* в граммах.
Складывая сумму частных остатков на всех ситах, определяют
суммарную массу просеянной пробы:

,

Затем вычисляют частные остатки в% от суммарной массы пробы , а также полные остатки, равные сумме частных остатков на данном и на всех вышележащих ситах с большим размером отверстий.

Таблица 2.3 Масса пробы щебня

|  |  |
| --- | --- |
| Наибольшая крупность зерен щебня (гравия), мм | Масса пробы, кг |
| 10 | 5,0 |
| 20 | 10 |
| 40 | 20 |
| 70 | 30 |
| 70 и более | 50 |

По результатам этих определений строят кривую просеивания, характеризующую зерновой состав испытуемого щебня (гравия). По горизонтальной оси графика откладывают в масштабе размеры отверстий контрольных сит от 0,14 до 70 мм. По вертикали откладывают полные остатки на каждом из сит в% сверху вниз. Полученные точки графика соединяют плавной кривой (или ломаной), состоящей из участков прямых линий между смещениями по размеру отверстий ситами.

Наибольшая и наименьшая крупности щебня (гравия) пробы характеризуются размерами отверстий сит, полные остатки на которых, определенные по кривой просеивания, составляют соответственно 5% (Днаиб) и 95%. (Днаим). Значения этих размеров определяют в большую сторону до ближайших размеров отверстии стандартных сит.

Водопоглощение. Для определения водогхоглощения щебня берут пробу в количестве, указанном в табл. 4, и помещают в сосуд с водой комнатной температуры на 48 ч (при кипячении в течение 2 ч) так, чтобы уровень воды был выше кусков щебня не менее чем на 20 мм. Затем образцы вынимают, удаляют влагу с поверхности влажной мягкой тряпкой и взвешивают.

Таблица 2.4

|  |  |
| --- | --- |
| Наибольшая крупность щебня, мм | Масса пробы, кг |
| 10 | 0,5 |
| 20 | 1,0 |
| 40 | 2,5 |
| 70 | 5,0 |
| 70 и более | 10,0 |

Водопоглощение (Wм) в% по массе вычисляют с точностью до
0,1% по формуле

,

где *т* **–** масса пробы в сухом состоянии, г; *т1 –* масса пробы в насыщенном водой состоянии, г.

Прочность по показателю дробимости при сжатии в цилиндре. Для определения прочности щебня (гравия) применяют цилиндр диаметром 150 ми, а для фракций 5…10 и 20…10 мм допускается применять цилиндр диаметром 75 мм.

Навеску щебня (гравия) массой 500 г. для цилиндра диаметром 75 мм и 4 кг для цилиндра диаметром 150 мм насыпают с высоты 5 см в цилиндр, затем вставляют плунжер и помещают под прёсс. Повышая давление пресса на 100…200 кгс/с, доводят его при испытании в цилиндре диаметром 75 мм до 5Тс, а при испытании в цилиндре диаметром 150 мм – до 20 Тс.

Раздробленный щебень (гравий) просеивают через сита с размером отверстий 1,25 мм для фракции 5…10 мм, 2,5 – для фракции
10…20 мм, 5,0 – для фракции 20…40 мм.

Остаток щебня (гравия) взвешивают и вычисляют показатель дробимости в процентах по формуле

,

где *т* – масса пробы щебня, г; *т1*– масса остатка на контрольном сите после просеивания раздробленной в цилиндре пробы щебня (гравия), г.

Испытания повторяют два раза, используя две подготовленные
пробы.

При испытании щебня (гравия), состоящего из смеси двух или
более смежных фракций, показатель дробимости Др вычисляют как средневзвешенное результатов испытания отдельных фракций.

По ГОСТ 8267–82 устанавливается марка щебня по результатам определения показателя дробимости. Для всех видов тяжелого бетона сборных конструкций должен использоваться щебень из метаморфических пород марки не ниже 600 и осадочных пород марки не ниже 300.
Марки щебня (гравия) по дробимости должны быть не ниже:

Др8– для бетона марок М 400 и выше;

ДрI2 – для бетона марок М 350 и М 300;

ДрI6 – для бетона марок ниже М 300.

## Мелкий заполнитель

Методы испытаний мелкого заполнителя для бетона устанавливаются ГОСТ 8735 – 88\*.Свойства песка регламентированы ГОСТ 8736–93.

Плотность зерен необходимо знать для расчета пустотности песка при проектировании состава бетона.

Мерный цилиндр, наполненный водой в количестве 100…150 см3 V1,всыпают 200 г. песка и определяют объем V2, занятый водой после всыпания.

Плотность песка (объемную массу его зерен) вычисляют по формуле

, г/м3,

где *т* – масса песка, г.

Насыпная плотность. Сухой песок всыпают с высоты 10 см в предварительно взвешенный мерный сосуд объемом 2 дм3 до образования конуса, который линейкой снимается вровень с краями, после чего сосуд с песком взвешивается (песок не уплотняется).

Насыпную плотность песка вычисляют по формуле

, кг/м3,

где *т* – масса пустого сосуда, кг; *т* – масса сосуда с песком, кг; V– объем сосуда, дм3.

Пустотность песка. Объем пустот в песке зависит от содержания в нем зерён различной крупности. Повышенная пустотность песка вызывает увеличенный расход цемента в бетоне.

Пустотность песка вычисляется по формуле

.

Зерновой состав и модуль крупности. Навеску песка массой I кг, прошедшую сквозь сито 5 им, просевают через набор сит 1,25; 0,63; 0,315и 0,14. Остатки песка на каждом сите взвешивают и определяют:
а) частный остаток на каждом сите *а*i% в по формуле

,

где *т*i – масса остатка на данном сите, г; *т* – масса просеиваемой навески, г;

б) полный остаток на каждом сите – как сумма частных остатков на данном сите и ситах с более крупными отверстиями. Например, полный остаток А0,63 (на сите 0,63) будет равен сумме частных остатков на ситах размером 2,5; 1,25 и 0,63 мм и т.д.

Фактическая кривая просеивания песка наносится на график, по которому определяется пригодность песка для бетона;

в) модуль крупности песка (без фракции с размером зерен крупнее 5 мм) по формуле

,

где А2,5, А1,25, … А0,14 полные остатки на ситах №2,5; 1,25; …; 0,14.

По результатам испытаний определяют группу песка (табл. 2.5).

Таблица 2.5 Классификация песков по зерновому составу

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Группа песка | Модуль крупности | Полный остаток на сите №063, % по массе |
| Крупный | Свыше 2,5 | Свыше 45 |
| Средний | 2,0…2,5 | 30…45 |
| Мелкий | 1,5…2,0 | 10…30 |
| Очень мелкий | 1,0…1,5 | До 10 |

Мелкие пески (Мкр=1,5…2,0) допускается применять в бетонах марки до М 200. Крупные пески рекомендуется применять для бетонов марки М 350 и выше.

## Вода

Для приготовления бетонной смеси применяется питьевая, а также любая вода, не содержащая вредных примесей (кислот, сульфатов, жиров, растительных масел, сахара), препятствующих нормальному твердению бетона. Нельзя применять воды болотные и сточные, а также воды, загрязненные вредными примесями, имеющие водородный показатель *рН* менее 4 и содержащие сульфаты в расчете на ионы SO4 более 2700 мг/л и всех других солей более 5000 мг/л. Морскую и другую воду, содержащую минеральные соли, можно применять, если общее количество солей в ней не превышает 2%. Пригодность воды для бетона устанавливают химическим анализом и сравнительными испытаниями прочности бетонных образцов, изготовленных на данной воде и на чистой питьевой воде и испытанных в возрасте 28 суток при хранении в нормальных условиях. Воду считают пригодной, если приготовленные на ней образцы имеют прочность не меньше, чем у образцов на чистой питьевой воде.

## Добавки для бетона

К добавкам для бетонов относятся неорганические и органические вещества или их смеси, за счет введения которых в контролируемых количествах направленно регулируются свойства бетонных смесей и бетонов либо бетонам придаются специальные свойства. В основу классификации добавок для бетонов положен эффект их действия. По этому признаку добавки для бетонов делят на следующие группы:

1. Регулирующие реологические свойства бетонных смесей. К ним относятся пластифицирующие, увеличивающие подвижность бетонных смесей; стабилизирующие, предупреждающие расслоение, и водоудерживающие, уменьшающие водоотделение.

2. Регулирующие схватывание бетонных смесей и твердение бетонов. К ним относятся добавки, замедляющие схватывание, ускоряющие схватывание и твердение, и противоморозные, т.е. обеспечивающие твердение бетона при отрицательных температурах.

3. Добавки, регулирующие пористость бетонной смеси и бетона. К ним относятся воздухововлекающие, газообразующие и пенообразующие добавки, а также уплотняющие (воздухоудаляющие или кольматирующие поры бетона).

4. Добавки, придающие бетону специальные свойства: гидрофобизующие, уменьшающие смачивание, повышающие противорадиационную защиту, жаростойкость; антикоррозионные, т.е. увеличивающие стойкость в агрессивных средах; ингибиторы коррозии стали, улучшающие защитные свойства бетона к стали; добавки, повышающие бактерицидные и инсектицидные свойства.

5. Добавки полифункционального действия, одновременно регулирующие различные свойства бетонных смесей и бетонов: пластифицирующе-воздухововлекающие; пластифицирующие, повышающие прочность бетона, и газообразующе-пластифицирующие.

6. Минеральные порошки – заменители цемента. К этой группе относятся тонкомолотые материалы, вводимые в бетон в количестве 5 – 20%. Это золы, молотые шлаки, отходы камнедробления и др., придающие бетону специальные свойства (жаростойкость, электропроводимость, цвет и др.).

В качестве пластифицирующих добавок наибольшее распространение получили поверхностно-активные вещества (ПАВ).

Поверхностно-активные добавки представляют собой особую группу органических веществ, введение которых в бетонные (растворные) смеси позволяет существенно улучшить их удобоукладываемость. Вместе с тем поверхностно-активные добавки позволяют уменьшить водоцементное отношение и соответственно сократить расход цемента без снижения прочности материалов и изделий. Использование поверхностно-активных добавок в малых дозах (0,05 – 0,2% от массы цемента) позволяет на 8 – 12% уменьшать удельный расход цемента в бетонах и растворах. Вместе с тем поверхностно-активные добавки повышают водонепроницаемость, морозостойкость, коррозиеустойчивость и вообще долговечность материалов в конструкциях. Этим самым применение поверхностно-активных добавок способствует повышению эффективности капиталовложений в строительство. По указанным причинам поверхностно-активные добавки в цементно-бетонной технологии приобретают все большее значение, как у нас, так и за рубежом.

Действие поверхностно-активных добавок на цементные системы основано на следующих положениях физической химии. Поверхностно-активные вещества способны повышать поверхностное натяжение у поверхности раздела фаз, например на границах раздела фаз вода – твердое тело, вода – воздух. Мельчайшие частицы поверхностно-активных веществ адсорбируются, т.е. прочно связываются с внутренней поверхностью раздела тел, образуя на этих поверхностях молекулярные слои толщиной в одну молекулу. Величина этого адсорбционного слоя относится к диаметру цементной частицы так же, как толщина спички к высоте 30‑этажного здания. Однако применение в малых дозах добавок поверхностно-активных веществ к цементным системам существенно меняет свойства их.

Поверхностно-активные добавки, используемые в цементах, растворах и бетонах, по определяющему эффекту действия на цементные системы можно условно разделить на три группы: гидрофилизующие, гидрофобизующие и воздухововлекающие.

Гидрофализующие добавки при затворении вяжущего водой предотвращают на определенный срок слипание отдельных цементных частиц между собой. В этом случае несколько замедляется коагуляция новообразований, а вместе с тем высвобождается некоторое количество воды, которое обычно как бы застревает в коагуляционных структурах. По этой причине требуемая удобоукладываемость смеси с добавкой достигается при меньшем количестве воды затворения, чем у смеси без добавки. Наибольшее распространение получили гидрофилирующие добавки на основе лигносульфатов – сульфитно-дрожжевой бражки (СДБ). Эта добавка несколько замедляет твердение бетона в раннем возрасте, и поэтому на заводах ЖБИ ее применяют в сочетании с добавками – ускорителями твердения.

Суперпластификаторы – новые эффективные разжижители бетонной смеси – в большинстве случаев представляют синтетические полимеры – производные меламиновой смолы или нафталинсульфокислоты.

Применяют суперпластификатор С‑3 – на основе нафталинсульфокислоты, суперпластификатор 10–03 – продукт конденсации сульфированного меламина с формальдегидом и др. При введении в бетонную смесь суперпластификатора резко увеличивается ее подвижность и текучесть. Воздействуя на бетонную смесь, как правило, в течение 2 – 3 ч с момента введения, суперплаетификаторы под действием щелочной среды подвергаются частичной деструкции и переходят в другие вещества, безвредные для бетона и не тормозящие процесса твердения. Суперпластификаторы, вводимые в бетонную смесь в количестве 0,15 –1,2% от массы цемента, разжижают бетонную смесь в большей мере, чем обычные пластификаторы. Пластифицирующий эффект сохраняется, как правило, 1 – 2 ч после введения добавки, а через 2 – 3 ч он уже невелик. Суперпластификаторы используются в бетонах как единолично, так и в комплексе с другими добавками, например с сульфитно-дрожжевой бражкой (СДБ) и нитрит-нитрат-хлоридом кальция (ННХК). При использовании комплексной добавки содержание каждой добавки составляет «10–03» – 0,3 – 1,2%; ННХК – 1,5 – 2,5% и СДБ – 0,1 – 1,15% от массы цемента. Суперпластификаторы позволяют существенно снизить В/Ц, повысить подвижность смеси, изготовить изделия высокой прочности, насыщенных арматурой из изопластичкых смесей.

Гидрофобизующие добавки, как правило, существенно повышают нераселаиваемость, связанность бетонной (растворной) смеси, находящейся в покое. При действии внешних механических факторов (при перемешивании, укладке и т.д.) бетонная или растворная смесь с добавкой отличается повышенной пластичностью. Такое свойство гидрофобизующих смесей объясняется специфическим смазочным действием тончайших слоев поверхностно-активных веществ, распределяемых в смеси. Кроме того, эти добавки предохраняют цементы от быстрой потери активности при перевозке или хранении. В качестве гидрофобизующих добавок раньше применялись в основном природные продукты – некоторые животные жиры, алеиновая и стеариновая кислоты. Развитие химической промышленности дало возможность широко использовать новые гидрофобизующие добавки – битумные дисперсии (эмульсии и эмульсосуспензии), нафтеновые кислоты и их соли, окисленные, синтетические жирные кислоты и их кубовые остатки, кремнийорганические полимеры и др.

Воздухововлекающие добавки позволяют получать бетонные (растворные) смеси с некоторым дополнительным количеством воздуха. Чтобы повысить пластичность смеси, обычно увеличивают объем вяжущего теста. Вовлекая воздух, увеличивается объем вяжущего теста без введения лишнего цемента. Поэтому удобоукладываемость такой системы повышается. К тому же воздухововлекающие добавки образуют и ориентированные слои, активные в смазочном отношении. Широко применяют воздухововлекающие добавки на основе смоляных кислот, смолу нейтрализованную воздухововлекающую (СНВ), смыленный древесный пек и др.

К ускорителям твердения цемента, увеличивающим нарастание прочности бетона, особенно в ранние сроки, относятся хлорид кальция, сульфат натрия, нитрит-иитрат-хлорид кальция и др. Влияние хлористого кальция на повышение прочности бетона объясняется его каталитическим воздействием на гидратацию С3S и C2S, а также реакцией с С3А и C4AF. Ускорители твердения не рекомендуется применять в железобетонных конструкциях и предварительно напряженных изделиях с диаметром арматуры менее 5 мм и для изделий автоклавного твердения, эксплуатирующихся в среде с влажностью более 60%. Сульфат натрия может вызвать появление высолов на изделиях.

В нитрит-нитрат-хлориде кальция ускоряющее действие хлорида сочетается с ингибирующим действием нитрата кальция.

Противоморозные добавки – поташ, хлорид натрия, хлорид кальция и др. – понижают точку замерзания воды, чем способствуют твердению бетона при отрицательных температурах.

Для замедления схватывания применяют сахарную патоку и добавки СДБ, ГКЖ‑10 и ГКЖ‑94.

Пено- и газообразователи применяют для изготовления ячеистых бетонов. К пенообразователям относятся клееканифольные, смолосапониновые, алюмосульфонафтеновые добавки, а также пенообразователь ГК. В качестве газообразователей применяют алюминиевую пудру ПАК‑3 и ПАК‑4.

Комбинированные добавки, например пластификатор СДБ, ускоритель твердения (хлористый кальций) с ингибитором (нитратом натрия), способствуют экономии цемента. При этом ускоритель твердения нейтрализует некоторое замедление твердения смеси в раннем возрасте.

# Проектирование состава бетона

Подбор состава бетона осуществляется на методе абсолютных объемов с использованием формулы Боломея-Скрамтаева

 (1)

где Rб – требуемая марка бетона;

А – коэффициент, характеризующий качество заполнителей;

Rц – активность цемента.

1. Определяем ориентировочный расход воды для приготовления бетонной смеси исходя из ее удобоукладываемости. Бетонная смесь имеет жесткость 50…70с, тогда ориентировочный расход воды составит для щебня фракции 5…10 – 173 л/м3.

2. Из формулы (1) определяем Ц/В

.

3. Определяем ориентировочный расход цемента

Ц=В∙Ц/В=173∙1,75=303 кг.

С уменьшением модуля крупности песка возрастает расход цемента. Пески с Мк<1,5 увеличивают расход цемента на 12%. Тогда расход цемента с учетом Мк песка будет

Ц=(303∙0,12)+303=339 кг.

4. Водопотребность песка составляет 9%, тогда должен быть увеличен на 5 л на каждый процент увеличения водопотребности. Ориентировочный расход воды равный 173 л принят для песков средней крупности, имеющих водопотребность 7%. Тогда расход воды будет 173+10=183 л. Тогда с учетом крупности песка реальное целое будет 258/183=1,41.

5. Определяем расход щебня

Vпуст=1-

где α – коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя, зависящий от расхода цемента, равный 1,31.

.

6. Определяем расход песка

Проверка:

109+183+249,5+458,5=1000.

Получили бетон следующего состава:


# Технологическая схема производства

Производство квадратных свай осуществляется по стендовой технологии.

При стендовой технологии изделия формуются и твердеют в стационарном положении на стенде или установке без перемещения. Основные ее достоинства – простота оборудования, незначительная энергоемкость, возможность легкого перехода на выпуск изделий разнообразных типоразмеров. В то же время стендовый способ требует больших производственных площадей, усложняет механизацию и автоматизацию процесса, имеет высокую трудоемкость. Его применяют при изготовлении крупногабаритных и массивных конструкций, перемещение которых по постам трудноосуществимо или неэкономично. На стендах формуют формы и балки длиной 12 м и более, пролетные строения мостов массой до 100 т и более, арки и другие элементы сборного железобетона значительной массы. Формование изделий при стендовом способе осуществляют на плоских стендах, в матрицах или кассетах.

Плоский стенд представляет собой бетонную площадку, разделенную на формовочные линии. Наличие на стенде нескольких технологических линий обеспечивает поточность завода изготовления изделий: на одной линии производят армирование, на другой изделия формуют, а на следующей происходит твердение изделий. Такая организация позволяет более полно использовать рабочее время и повышает в целом съем продукции со стендовых линий. Стенды, соответствующие по длине одному или двум наибольшим размерам изготовляемых элементов, называют короткими; рассчитанные на несколько (4… 16) одинаковых элементов – длинными, или линейными. Первые широко применяют для изготовления элементов с любой напрягаемой арматурой, а вторые – главным образом при производстве изделий с проволочной арматурой.

По способу организации работы линейные стенды подразделяют на протяжные и пакетные. Протяжными стенды называют потому, что стальную проволоку, сматываемую с бухт, расположенных в торце стенда, с помощью крана или специальной тележки протягивают по линии формования к противоположному, концу стенда, где закрепляют на упорах. Такие стенды используют для изготовления длинномерных изделий с большим поперечным сечением и значительной высотой, а также при производстве изделий, армированных проволочной арматурой. Пакетные стенды отличаются от протяжных тем, что пучки арматуры требуемой длины готовят заранее на установке, размещаемой вне формовочной полосы. Заготовку арматурных пакетов ведут одновременно с технологическими операциями на формовочных линиях стенда.

Короткие стенды длиной до 36 м обычно специализированы на изготовлении одного-двух видов изделий. Они могут быть одноярусными, когда формование изделий осуществляется по высоте в один ряд, и многоярусными. Применение коротких стендов позволяет ускорить их оборачиваемость и увеличить съем продукции с 1 м2 формовочной площади по сравнению с линейными стендами, но трудоемкость изготовления предварительно напряженных изделий на них выше, чем на механизированных линейных стендах.

Различают стенды для формования изделий и конструкций в горизонтальном либо вертикальном положении. Различают также стенды универсальные, рассчитанные на изготовление различных видов изделий в зависимости от парка форм на заводе, и специализированные, рассчитанные на выпуск определенного сортамента близких по типу и размерам изделий. Разновидность коротких стендов – силовые формы, они отличаются повышенной жесткостью.

Наиболее типичные способы напряженного армирования изделий и конструкций на стендах или в силовых формах: линейное армирование высокопрочной проволокой с натяжением на упоры стендов механическим способом; линейное армирование стержневой арматурой с натяжением на упоры коротких стендов или силовых форм электротермическим способом; непрерывное напряженное армирование высокопрочной проволокой электротермомеханическим способом натяжения арматуры. Плоские и крупноразмерные элементы формуют в стандартных металлических формах и железобетонных формах-матрицах. Их располагают в одну или несколько линий, между которыми образуются проходы для обслуживания; применяют также бетонные стенды с гладкой поверхностью без дна для формования крупноразмерных изделий. Предварительно напряженные балки, сваи, шпалы, ребристые плиты и т.п. изготовляют в разборных или неразборных групповых формах-стендах.

Технологии изготовления изделий на линейных и коротких стендах принципиально не отличаются одна от другой. Перед формованием на стенде собирают переносные формы, в которые после их смазки укладывают арматуру и в случае необходимости производят предварительное ее натяжение. Затем в форму при помощи бетоноукладчика, перемещающегося по рельсам над линией стенда, подают бетонную смесь. Уплотнение смеси в зависимости от вида изделий производят на виброплощадках, виброустановках, глубинными, навесными или поверхностными вибраторами. Верхнюю поверхность изделия заглаживают поверхностным вибратором и виброрейкой.

Тепловлажностную обработку производят непосредственно на стенде. Для этого используют формы с паровыми рубашками или по краям стенда (при плоских изделиях) устраивают борта, закрывают площадки с отформованными изделиями крышками и в образованную таким образом камеру подают пар через каналы в днище стенда. После твердения бетона снимают напряжение с арматуры, освобождая соответствующие зажимы на концах стенда или обрезая струны (при непрерывном армировании). На линейных стендах одновременно перерезают пакет струн между отдельными изделиями. Далее производят распалубку готовых изделий.

Весь технологический процесс расчленяется на пять рабочих постов:

1 пост – приготовление бетонной смеси;

2 пост – подготовка форм;

3 пост – армирование;

4 пост – формование;

5 пост – тепловая обработка.

# Описание производственного процесса

Приготовление бетонных смесей на заводах ЖБИ производят на специальных бетоносмесительных узлах (БСУ), бетоносмесительных цехах или бетоносмесительных отделениях.

На БСУ производят следующие основные процессы и операции: приемки, складирования и подготовки заполнителей, цемента и добавок; непосредственного приготовления бетонной смеси – дозирования и перемешивания составляющих ее.

Приемка материалов заключается в установлении соответствия их сертификатам качества и количества. Проверка качества производится путем отбора проб и их лабораторного испытания. Эти данные приведены в соответствующих стандартах.

Подготовка заполнителей на заводах железобетонных изделий выполняется в исключительных случаях, имея в виду поступление на завод вполне кондиционного сырья.

Хранение заполнителей осуществляется на специально оборудованных складах. По своему транспортному оформлению и способу хранения склады заполнителей весьма разнообразны. Наиболее отвечающими современным требованиям являются закрытые склады бункерного, полубункерного или силосного типов. Они полностью исключают загрязнение заполнителей в процессе хранения и обеспечивают постоянство влажности, а также несмерзаемость при условиях складирования заполнителей с определенной допустимой влажностью. Такие склады наиболее поддаются полной механизации и автоматизации. Недостаток их в высоких капитальных затратах.

Складирование и хранение цемента производится в специализированных силосных складах цемента. Разгрузку и транспортирование цемента следует осуществлять пневмотранспортом. Склад для хранения цемента делают закрытым и надежно защищенным от доступа атмосферной и грунтовой влаги. Не допускается хранить цемент во временных амбарных складах, на площадках под навесами и брезентовыми покрытиями, а также вблизи материалов, выделяющих аммиак. При хранении цемента не допускается одновременное складирование в одной емкости цемента разных марок и видов.

Крупный и мелкий заполнители – в складах полубункерного типа.

Хранение арматурной стали, поступившую на завод следует хранить в закрытых складах по профилям, классам, диаметрам и партиям на стеллажах со свободными проходами в условиях, исключающих ее коррозию и загрязнение

Порошкообразные химические добавки, применяемые в производстве, хранятся в складах химических добавок. Порошкообразные добавки поступают автотранспортом на завод в мешках. Хранятся до употребления в помещении склада.

Склады горюче-смазочных материалов располагаются на отдельных участках территории предприятия. Горюче-смазочные материалы поступают в металлических бочках. Склад выполняется из негорючих материалов и ограждается железобетонной стеной.

Прошедших технический контроль изделий до отгрузки их потребителю автотранспортом хранятся в складе готовой продукции. Склад готовой продукции представляет собой открытую прямоугольную площадку, оборудованный мостовым краном.

Дозирование составляющих бетонной смеси и их перемешивание являются ведущими операциями технологического комплекса непосредственно получения бетонной смеси. Дозирование – это процесс отмеривания количества исходных материалов при загрузке их в смеситель. Эти операции выполняются в бетоносмесительном отделении завода, чаще всего примыкающем к формовочному цеху для сокращения расстояния подачи бетонной смеси к формовочным постам. Кроме дозировочного и смесительного оборудования, бетоносмесительная установка имеет в своем составе расходные бункера, обеспечивающие своей емкостью запас материалов не менее, чем на 2 *ч* работы смесительных машин, а также механизмы для приема заполнителей и цемента со складов и распределения их по соответствующим отсекам бункеров. Таким образом, бетоносмесительное отделение должно иметь в своем составе четыре основных помещения по своему функциональному назначению: помещения приемки материалов, бункеров, дозировочной аппаратуры и смесителей; вспомогательным пятым оказывается помещение выдачи бетонной смеси из бетономешалок на транспортные средства. Все эти помещения могут быть расположены вертикально (вертикальная схема компоновки бетоносмесительного отделения).

На современных заводах используют автоматические весовые дозаторы, обеспечивающие точность дозировки по цементу +-0,5 – 1% и по заполнителям +-1 –2%. Дозаторы периодического действия по объёму дозирования соответствуют емкостям бетоносмесителей и маркируются по величине последних. Автоматические дозаторы выпускаются в основном двух типов: АВД и ДБ. Дозаторы типа АВД позволяют дозироватьматериалы в цикличные бетоносмесители. В зависимости от вида дозируемых материалов дозаторы имеют индексы: АВДЦ – для цемента, АВДИ – для заполнителей, АВДЖ – для жидкостей. Автоматическое управление отвешиванием материалов дозаторами выполняется способом замыкания (размыкания) ртутных контактов при достижении заданного количества материала в дозаторе, поступающего из расходного бункера, и соответственно открывания или закрывания затвора бункера.

Чтобы бетонная смесь была однородной, её перемешивают. Перемешивание бетонной смеси осуществляется в гравитационных смесителях периодического действия, которое достигается за счет вращения барабана, снабжённого лопастями. Материал поднимается, а затем свободно падает, достигнув верхнего крайнего положения, перемешиваясь при этом. Степень перемешивания зависит таким образом от количества подъёмов (перелопачиваний) материала. А так как линейная скорость вращения барабана не должна превышать определенную, чтобы центробежной силой материалы не оказались прижатыми к барабану, то с увеличением диаметра барабана или емкости смесителя, продолжительность перемешивания смеси возрастает примерно в такой же зависимости, как возрастает емкость.

При своем падении зерна заполнителей внедряются в бетонную смесь, улучшая этим перемешивание. С увеличением веса зерен эффект падения возрастает и существенно уменьшается при лёгких пористых заполнителях или при перемешивании мелкозернистых бетонов.

Гравитационные смесители выпускаются емкостью барабана по загрузке от 100 до 4500 л.

Последовательность загрузки материалов в смеситель цикличного действия рекомендуется следующая: вначале подается 15–20% воды, потребной на замес, а затем цемент и заполнители, одновременно заливая оставшуюся воду. Добавки подают в смеситель в виде водного раствора, затем загружают цемент и после кратковременного перемешивания для получения однородного цементного теста вводят заполнители.

Задача технологического комплекса операций формования железобетонных изделий – это получение плотных изделий заданной формы и размеров. Высокая плотность бетона достигается уплотнением бетонной смеси при формовании, а получение изделий проектных размеров и конфигурации обеспечивается применением соответствующих форм.

Формование железобетонных изделий и конструкций включает операции укладки бетонных смесей, их уплотнения, формообразования и, при необходимости, немедленной распалубки изделий, а также отделки их лицевых поверхностей в не затвердевшем состоянии.

На выбор способа формования изделия значительное влияние оказывает принятая марка бетона по удобоукладываемости. Удобоукладываемость бетонной смеси назначается в зависимости от конструктивных особенностей железобетонных изделий и принятых способов формования.

Формование изделий осуществляется в стационарных неперемещаемых формах. В этом случае все технологические операции производятся на одном месте.

Укладка бетонной смеси осуществляется бетонораздатчиком. Бетонораздатчики выдают смесь в форму, как правило, без разравнивания. Для коротких стендов разработан СКТБ Главмоспромстройматериалов бетонораздатчик 413 – 02, который перемещается по рельсам над стендами – камерами.

Таблица. Техническая характеристика оборудования для укладки смеси

|  |  |
| --- | --- |
| Марка оборудования | Бетонораздатчик 413–02 |
| Ширина колеи, см | 500 |
| Число бункеров | 1 |
| Вместимость бункеров, м | 2,6 |
| Ширина ленты питателя, см | 160 |
| Скорость передвижения, м/мин | 2,2 |
| Габаритные размеры, м | 3,8х5,8х1,73 |
| Масса, т | 6.4 |

Рассматривая свойства бетона, неоднократно подчеркивалось решающее значение его плотности. Наряду со многими факторами физического, химического и физико-химического характера плотность в первую очередь зависит от качества уплотнения бетонной смеси при формовании из нее изделий.

Бетонная смесь обладает высокими формовочными свойствами. Из нее легко могут быть получены плотные изделия любой, даже самой сложной формы, однако при одном главном условии: способ и параметры формования должны удовлетворять качественному составу бетонной смеси. Так, жесткие смеси требуют более интенсивного уплотнения и при формовании из них изделий применяют вибрацию с дополнительным пригрузом, а также трамбование, прессование. Подвижные смеси легко и эффективно уплотняются только вибрацией. Применение же прессования, проката или трамбования для таких смесей не улучшает качества изделия или вообще не возможно по причине высокой текучести смеси.

Среди разнообразных возможных способов уплотнения бетонной смеси при формовании могут быть выделены следующие, получившие практическое применение: вибрирование, прессование, трамбование, прокат, вакуумирование, центрифугирование и литье. Особенно большие возможности хорошего и легкого уплотнения жестких смесей получены при сочетании вибрирования с некоторыми другими видами механических воздействий, в частности, прессованием, прокатом. Так появились сравнительно новые способы формования бетонных изделий – виброштампование, вибропрокат.

Вибрирование – это способ уплотнения бетонной смеси, являющийся наиболее распространенным благодаря высокой эффективности применения вибрации как в техническом, так и в экономическом отношениях.

Уплотнение бетонной смеси при вибрировании происходит в результате передачи бетонной смеси частоповторяющихся вынужденных колебаний, определенной амплитуды и частоты. В каждый момент встряхивания частицы бетонной смеси находятся как бы в подвешенном состоянии и нарушается связь их с другими частицами. В перерыве между толчками частицы под собственным весом падают и занимают при этом более устойчивое (выгодное) положение, что отвечает условию наиболее плотной их упаковки среди других и в конечном итоге приводит к получению плотной бетонной смеси.

Второй причиной уплотнения бетонной смеси при вибрировании является замечательное свойство ее переходить во временно текучее состояние под действием приложенных к ней внешних сил. Это свойство различных систем в технике называется тиксотропностью. Будучи во временно жидком состоянии бетонная смесь при вибрировании начинает гравитационно растекаться, приобретая конфигурацию формы, и уплотняться по действием собственного веса, выдавливая вовлеченный воздух и воду в результате оседания более тяжелой твердой фазы.

Экономическая эффективность выражается в том, что при вибрировании высокая степень уплотнения бетонной смеси достигается применением оборудования незначительной мощности.

На качество виброуплотнения оказывают влияние не только параметры работы вибромеханизма (частота и амплитуда), но также продолжительность вибрирования. Для каждой бетонной смеси в зависимости от ее подвижности существует своя оптимальная продолжительность виброуплотнения при данных параметрах, до которой смесь уплотняется эффективно, а сверх которой затраты энергии возрастают в значительно большей степени, чем повышается плотность смеси. Еще более продолжительное уплотнение вообще не дает прироста плотности, а чрезмерно продолжительное вибрирование может привести даже к расслаиванию смеси, разделению ее на отдельные компоненты – цементный раствор и крупные зерна заполнителя, что в конечном итоге приведет к неравномерной плотности изделия по сечению и снижению прочности в отдельных частях его. Естественно, что продолжительное вибрирование не выгодно и в экономическом отношении: возрастают затраты электроэнергии и трудоемкость, снижается производительность формовочной линии. Практика показала, что оптимальная продолжительность вибрирования жестких бетонных смесей находится в пределах 2–4 мин.

Виброуплотняющие механизмы, подразделяются на стационарные с объемным вибрированием – виброплощадки и переносные. Виброплощадки находят основное применение на заводах железобетонных изделий.

Виброплощадки отличаются большим разнообразием типов, однако конструкция всех типов принципиально не отличается, как и не отличается принцип их работы. На рисунке представлена конструктивная схема стола – со сплошной верхней рамой, образующей стол с одним или двумя вибрационными валами, и собранные из отдельных виброблоков, в целом представляющих общую вибрационную плоскость, на которой располагается форма бетонной смесью. Вибрирующей частью виброплощадки, возбуждающей колебания бетонной смеси, служит стол, к которому жестко прикреплены вибромеханизмы. Ими могут служить вибровалы с дебалансами или электромагнитные, пневматические вибромеханизмы или просто электромотор с дебалансом на валу. Стол опирается на упругие опоры в виде пружин и этим исключается передача вибрации фундаментам. Для прочного крепления формы к столу площадки предусматривают специальные механизмы–электромагниты, пневматические или механические прижимы. В последнее время для уменьшения шума и плавного регулирования амплитуды колебаний разработаны виброплощадки, опирающиеся на пневмобаллоны.

В зависимости от количества вибромеханизмов на столе виброплощадки – один или два получают соответственно круговые или направленные колебания; последние обеспечивают более интенсивное уплотнение бетонной смеси.

Основное назначение форм – обеспечить получение изделий заданных форм и размеров, с ровными гранями и гладкими рабочими поверхностями. Конструкции формы должна обладать необходимой жесткостью. Формы должны быть просты и удобны в сборке и разборке, а их элементы – плотно примыкать друг к другу. Допуски в размерах форм устанавливаются ГОСТом, причем они назначаются только минусовыми, так как в процессе эксплуатации крепления форм ослабевают, плотность сборки нарушается, и изделия получаются несколько больше проектных размеров. Учитывая условия работы данного завода, наиболее целесообразным является применение металлических силовых форм. Они предназначены воспринимать усилия натяжения арматуры во время твердения бетона до достижения им прочности, позволяющей воспринять усилия растянутой арматуры до отпуска последней. Усилия растянутой арматуры в силовых формах воспринимаются бортоснасткой. Эти формы отличаются высокой жесткостью, а следовательно, и повышенным расходом металла.

Содержать формы и формовочное оборудование в чистоте необходимо не только для продления срока их эксплуатации, но и для обеспечения высокого качества изготовляемых изделий. После каждого цикла формования формы чистят и смазывают, применяя для этого различные машины, приспособления и смазочные материалы. Для очистки форм применяют машины, рабочими органами которых являются цилиндрические щётки из стальной проволоки.

Материалы для смазки должны хорошо удерживаться на поверхности формы в процессе всех технологических операций, обеспечивать возможность их механизированного нанесения, полностью исключать сцепление бетона изделия с формой, не должны портить внешнего вида изделий образованием жирных или грязных пятен, не вызывать коррозии форм, а также быть несложными в изготовлении, недефицитными и дешевыми. Завод применяет эмульсионную смазку: масло нигрол марки 3 (10–15% по объему), мыло хозяйственное (0,6–1,0%), вода (84–89,4%); эмульсол кислый синтетический ЭКС (10%), сода кальцинированная (0,6%), вода-конденсат (89,4%).

Натяжение арматуры в железобетонных конструкциях применяется для повышения трещиностойкости, долговечности, уменьшения деформативности конструкций. Одним из наиболее распространенных методов натяжения стержневой арматуры является механический. Механическое натяжение арматуры (стержневой, проволочной и канатной) производят гидродомкратами и натяжными машинами, которые оборудованы дополнительными приспособлениями для выполнения вспомогательных операций.

Натяжение арматуры на упоры форм или стендов может быть одиночным (каждый арматурный элемент натягивается отдельно) или групповым (одновременно натягивается несколько элементов) в зависимости от конструктивных особенностей изделия.

Натяжение арматуры на стендах рекомендуется производить в два этапа. На первом этапе арматуру натягивают в усилием, равным 40–50% заданного. Затем проверяют правильность расположения напрягаемой арматуры, устанавливают закладные детали и закрывают борта формы. На втором этапе арматуру натягивают до заданного проектом усилия с перетяжкой на 10%, при которой арматуру выдерживают в течении 3–5 мин, после чего натяжение снижают до проектного.

Контролируемое напряжение должно соответствовать проекту. Контроль усилия натяжения должен выполняться по показаниям оттарированных манометров гидравлических домкратов и одновременно по удлинению арматуры. Результаты измерений усилия натяжения по показаниям манометров и по удлинению арматуры не должны отличаться более чем на 10%. При большем расхождении необходимо приостановить процесс натяжения арматуры, выявить и устранить причину расхождения этих показателей.

При использовании гидравлических домкратов для натяжения арматуры цена деления шкалы манометра не должна превышать 0,05 измеряемого давления. Максимальное давление, на которое рассчитан манометр, не должно превышать измеряемого давления более чем в 2 раза.

При натяжении арматуры гидродомкрат должен быть установлен так, чтобы его ось совпадала с продольной осью захвата арматурного элемента или пакета.

Для натяжения арматуры следует преимущественно применять гидравлические домкраты, выпускаемые кемеровским заводом «Строммашина», которые подбираются в зависимости от проектного усилия натяжения арматурных элементов с коэффициентом запаса равным 1,17…1,20.

# Температурная обработка изделий

Твердение отформованных изделий – заключительная операция технологии изготовления железобетона, в процессе которой изделия приобретают требуемую прочность. Отпускная прочность может быть равна классу бетона или меньше его. Так, прочность бетона изделий при отгрузке потребителю должна быть не менее 70% проектной (28‑суточной) прочности для изделий из бетона на портландцементе или его разновидностях и 100% – для изделий из силикатного (известково-песчаного) или ячеистого бетона. Однако для железнодорожных шпал отпускная прочность должна превышать 70% и для пролетных строений мостов – 80% от класса. Допускаемое снижение отпускной прочности изделий определяется исключительно экономическими соображениями, так как в этом случае сокращается продолжительность производственного цикла и соответственно ускоряется оборачиваемость оборотных средств. При этом имеется в виду, что недостающую до проектной прочность изделия наберут в процессе их транспортирования и монтажа и к моменту загружения эксплуатационной нагрузкой прочность их будет не ниже проектной.

В зависимости от температуры среды различают следующие три принципиально отличающихся режима твердения изделий: нормальный при температуре 15 – 20 °С; тепловлажностная обработка при температуре до 100 °С и нормальном давлении; автоклавная обработка – пропаривание при повышенном давлении (0,8 – 1,5 МПа) и температуре 174 – 200 °С. Независимо от режима твердения относительная влажность среды должна быть близкой к 100%. Иначе будет происходить высушивание изделий, что приведет к замедлению или прекращению роста их прочности, так как твердение бетона есть в первую очередь гидратация цемента, т.е. взаимодействие цемента с водой.

Нормальные условия твердения достигаются в естественных условиях без затрат тепла. Это важнейшее технико-экономическое преимущество указанного способа твердения, отличающегося простотой в организации и минимальными капитальными затратами. В то же время экономически оправдан он может быть только в исключительных случаях. В естественных условиях изделия достигают отпускной 70%-ной прочности в течение 7 – 10 суток, тогда как при искусственном твердении – пропаривании или автоклавной обработке – эта прочность достигается за 10 – 16 ч. Соответственно при этом снижается потребность в производственных площадях, объеме парка форм, сокращается продолжительность оборачиваемости средств. Это и является причиной применения на большинстве заводов искусственного твердения. В то же время стремление отказаться от последнего является актуальной проблемой современной технологии бетона. Уже имеются бетоны, которые в течение одних суток при нормальных условиях твердения приобретают до 40 – 50% проектной прочности. Это достигается применением высокопрочных быстротвердеющих цементов, жестких бетонных смесей, интенсивного уплотнения вибрацией с дополнительным пригрузом, применением добавок – суперпластификаторов, ускорителей твердения, виброактивизации бетонной смеси перед формованием, применением горячих бетонных смесей. Дальнейшее развитие работ в этом направлении позволит, по-видимому, в ближайшие годы отказаться в ряде случаев от искусственного твердения.

Тепловлажностная обработка при нормальном давлении может осуществляться несколькими способами: пропариванием в камерах; электроподогревом; контактным обогревом; обогревом лучистой энергией; тепловой обработкой изделий в газовоздушной среде; горячим формованием. Среди приведенного разнообразия технико-экономическое преимущество пока остается за пропариванием в камерах периодического и непрерывного действия, а также в среде продуктов сгорания природного газа.

В камеры непрерывного действия загружают свежесформованные изделия на вагонетках, а с противоположного конца туннеля камеры непрерывно выходят вагонетки с отвердевшими изделиями. В процессе твердения изделия проходят зоны подогрева, изотермического прогрева (с постоянной максимальной температурой пропаривания) и охлаждения. В принципе камеры непрерывного действия, как и вообще всякое непрерывно действующее оборудование, обеспечивают наиболее высокий съем продукции с единицы объема камеры. Однако необходимость применения вагонеток и механизмов для перемещения изделий, а также ряд конструктивных сложностей туннельных камер в теплотехническом отношении не позволяет широко применять этот вид пропарочных камер. Используют их только при конвейерном способе производства.

Перспективными являются вертикальные камеры непрерывного действия.

Среди камер периодического действия основное применение находят камеры ямного типа, имеющие глубину 2 м типа и на 0,5 – 0,7 м выступающие над уровнем пола цеха. Размер камеры в плане соответствует размеру изделий или кратен им. Наиболее целесообразным является размер камеры, соответствующий размеру одного изделия в плане. В этом случае загрузочная емкость камеры и непроизводительный простой камеры под загрузкой будут минимальными. Однако при этом возрастает потребность в количестве камер. Технико-экономический анализ показал, что наиболее целесообразным оказывается размер камеры в плане, соответствующий размеру двух изделий. Стенки камеры выкладываются из кирпича или делаются бетонными. Сверху камера закрывается массивной крышкой с теплоизоляционным слоем, предупреждающим потери тепла. Для предупреждения выбивания пара в стенках камеры сверху ее предусматривается канавка, засыпаемая песком или заливаемая водой. В эту канавку входят соответствующие выступы на крышке камеры. Таким образом, создается затвор, препятствующий выбиванию пара из камеры.

Изделия загружаются в камеру краном в несколько рядов по высоте. Если изделия в формах, то каждый верхний ряд изделий устанавливают на стенки нижележащей формы (через деревянные прокладки). При формовании же изделий с частичной немедленной распалубкой поддон с изделием устанавливают на специальные откидывающиеся выступы, предусмотренные в стенках камеры.

Режим пропаривания в камерах характеризуется продолжительностью подъема температуры, выдержкой при максимальной температуре, продолжительностью охлаждения, а также наибольшей температурой в период изотермического прогрева. Применяют самые разнообразные режимы твердения в зависимости от свойств цемента и его вида, свойств бетонной смеси (жесткая или подвижная), вида бетона (тяжелый или легкий), размеров изделий (тонкие или массивные).

В качестве усредненного можно привести следующий режим: подъем температуры со скоростью 25 – 35 °С/ч, снижение температуры – 30 – 40 °С/ч, изотермическая выдержка 6 – 8 ч и максимальная температура 80 – 90 °С. Таким образом, общая продолжительность пропаривания для изделий на обыкновенном портландцементе в среднем составляет 12 – 15 ч. Твердение изделий – наиболее продолжительная операция, в десятки раз превышающая все другие. Это требует изыскания путей снижения продолжительности пропаривания, для чего необходимо знать определяющие факторы.

В первую очередь на режим твердения оказывает влияние вид цемента. Применение быстротвердеющих цементов (алитовых и алитоалюминатных портландцементов) позволяет до 2 раз сократить продолжительность изотермической выдержки. Кроме того, оптимальная температура прогрева изделий на этих цементах 70 – 80 °С существенно сокращает время, потребное на нагрев и охлаждение изделий. В совокупности общая продолжительность тепловлажностной обработки изделий на алитовых и алитоалюминатных, быстротвердеющих портландцементах снижается до 6 – 8 ч. За этот период получают изделия с прочностью бетона, равной 70 – 80% от проектной.

Медленнотвердеющие цементы (пуццолановые и шлакопортландцементы) требуют более продолжительной изотермической выдержки (до 10 – 14 ч) и более высокой температуры изотермического прогрева (до 95 – 100 °С). Таким образом, общая продолжительность пропаривания бетонных изделий, приготовленных на пуццолановых или шлакопортландцементах, составляет 16 – 20 ч.

Применение жестких бетонных смесей, имеющих низкое начальное водосодержание, позволяет на 15 – 20% уменьшить продолжительность пропаривания. Если учесть, что дополнительные затраты энергии и труда на формование жестких смесей не превышают 10 – 15% и компенсируются снижением расхода цемента при этом, то экономическая целесообразность применения жестких смесей становится очевидной и в данном случае. Изделия из легких бетонов, как, например, медленно прогревающиеся в силу их повышенных теплоизоляционных качеств, требуют и более продолжительного режима тепловлажностной обработки.

Способ формования предварительно подогретой до 75 – 85 °С бетонной смеси получил название «горячего формования», при котором изделия поступают в камеру в подогретом виде и не требуют, таким образом, времени на их подогрев до максимальной температуры пропаривания. Этот способ предусматривает отказ от пропаривания. Свежесформованные горячие изделия укрывают (способ термоса) и оставляют на 4 – 6 ч, в течение которых бетон набирает необходимую прочность. Подогрев бетонной смеси производят электрическим током в течение 8 – 12 мин.

# Приёмка и испытание изделий

Приёмочный контроль – это контроль готовой продукции, по результатам которого принимается решение о её пригодности и поставке потребителю. Результаты приёмочного контроля используются также для выявления недостатков технологического процесса, оставшихся не выявленными при операционном контроле, и внесения в него необходимых изменений. Задачей приёмочного контроля сборных железобетонных изделий является установление соответствия качественных показателей готовых изделий требованиям Государственных стандартов и проекта изделия. Общая номенклатура показателей качества железобетонных конструкций установлена ГОСТ 4.250–79. Качество не может быть оценено только на основании измерений, проводимых на готовых изделиях, поэтому приёмочный контроль железобетонных изделий подразумевает испытания и измерения готовых железобетонных изделий и обобщения данных входного и операционного контроля.

Контроль может быть сплошным – контроль каждой единицы продукции, осуществляемый с одинаковой полнотой, и выборочным – контроль части (выборок и проб), по результатам которого оценивают

всю партию. В производстве сборных железобетонных изделий всё большее применение находит статистический приёмочный контроль качества – выборочный контроль, при котором используются статистические методы для обоснования плана контроля или корректировки этого плана по накопленной информации. План контроля характеризуется принятой последовательностью контроля, объёмом контролируемой продукции, правилами принятия решения по результатам контроля.

**Контролируемые значения прочности бетона.** При изготовлении сборных железобетонных конструкций должны контролироваться проектная марка бетона на сжатие, отпускная прочность бетона. Проектную марку бетона назначают при проектировании в зависимости от вида и назначения конструкции, вида бетона.

Отпускная прочность – это прочность бетона при поставке изделий потребителю. Обычно отпускную прочность бетона, определённую исходя из некоторых средних условий транспортирования, монтажа и сроков загружения конструкций, а также технологии изготовления и возможности дальнейшего нарастания прочности, указывают в проекте.

При отпускной прочности бетона ниже его проектной марки изготовитель обязан гарантировать, что прочность бетона, применённого при изготовлении изделий, достигнет проектной марки в возрасте 28 суток со дня изготовления изделий или в ином возрасте, указанном в стандарте или технических условиях. Отпускную прочность бетона обычно принимают различной для зимнего и летнего периодов.

**Методы контроля прочности бетона.** Проектную марку бетона определяют испытанием до разрушения контрольных образцов или неразрушающим методом.

Контрольные образцы испытывают в соответствии с требованиями ГОСТ – 10180. Размеры образцов в зависимости от наибольшей крупности заполнителя должны быть не меньше указанных ниже:

|  |  |
| --- | --- |
| Наибольший размер зерна заполнителя, мм | Наименьший размер образца (ребра куба, стороны призмы или восьмёрки), мм |
|
|
| 10 и менее | 70 |
| 20 | 100 |
| 40 | 150 |
| 70 | 200 |
| 100 и более | 300 |

В данном проекте заполнитель используется с максимальной крупностью зерна 20 мм.

Образцы испытывают сериями, каждая из которых должна состоять из трёх образцов.

При использовании неразрушающих методов прочность бетона определяют по градуировочной зависимости, связывающей показатель неразрушающего метода с прочностью бетона. Эту зависимость устанавливают на основании параллельных испытаний под прессом и неразрушающими методами не менее чем 20 серий контрольных кубов.

Контрольные образцы следует отбирать на посту формования из произвольно выбранных замесов.

Неразрушающие испытания бетона проводят ультразвуковым методом (ГОСТ 226900), методом отрыва (ГОСТ 17624), методом отрыва со скалыванием (ГОСТ 212443), оценку прочности бетона проводят статистическим методом (ГОСТ 18105.0).

Приём партии и отправка сборных железобетонных изделий потребителю осуществляются только после испытаний всех образцов, относящихся к данной серии бетона, или проверки конструкций, представляющих партию, неразрушающими методами.

# Контроль качества изделий

Контроль качества осуществляется лабораторией и ОТК завода. Контролю подлежат: все поступающие материалы, полуфабрикаты и изделия; производственные процессы и качество готовых изделий. Все результаты контроля документируются. Входной контроль осуществляется на основе информации изготовителя о выполнении этих проверок.

Операционный контроль – контроль технологических операций, параметров производственных процессов, соблюдения требований проектной и тех. документации. Для этих целей на заводе разрабатываются технологические регламенты. В основном контролю подлежит: состав и свойства бетонной смеси; параметры технологических режимов; контроль смазки форм; вид, диаметры, размеры арматурных изделий; параметры тепловой обработки, виброуплотнения; прочность бетона (отпускная, передаточная, в проектном возрасте).

Периодичность испытания приготовленной бетонной смеси и готовых изделий указывается в ТУ на изделия. Периодичность – раз в 0,5 – 1 год.

Приёмно-сбыточные испытания: отпускная передаточная прочность, наличие закладных изделий, монтажных петель, отсутствие обнажённой арматуры и наплывов на бетоне, отсутствие масляных и ржавых пятен.

Выборочно также проверяется: прочность, жёсткость, трещиностойкость на стенде, геометрические параметры, толщина защитного слоя. Контролируемые параметры указываются в ТУ на изделия.

# Охрана труда и безопасность жизнедеятельности

Безопасность при производстве изделий обеспечивается выбором технологических процессов, приемов и режимов работы оборудования, рациональностью его размещения.

Соответствие производственных процессов требование ГОСТ 12.3.002

«Процессы производственные. Общие требования безопасности», обеспечивается выбором в качестве прототипа ТПР №409–010–43 «технологические линии по изготовлению железобетонных изделий». Соответствие технологической линии по безопасности труда по ГОСТ 12.2.003 «Система стандартизации безопасности труда, оборудования, производства». Общие требования безопасности обеспечиваются выбором серийно-выпускаемого технологического оборудования.

Заводы сборного железобетона относятся к числу предприятий, на которых санитарно-гигиенические условия труда и техника безопасности являются не только важнейшими критериями для повышения производительности труда, они обеспечивают сохранение здоровья каждого работающего на предприятии.

Вопросы обеспечения нормальных санитарно-гигиенических условий труда на предприятиях сборного железобетона являются важнейшими, они закладываются еще при проектировании завода и должны строго соблюдаться при его эксплуатации. Многие цехи в результате выполнения технологических процессов создают значительное выделение пыли, конвекционного или лучистого тепла, паров и вредных газов; в формовочных цехах используются вибрационные механизмы, которые оказывают отрицательное влияние на состояние здоровья рабочего, они же являются источником шума и т.д., поэтому на предприятиях сборного железобетона в целях обеспечения безопасных и нормальных санитарно-гигиенических условий труда необходимо строго руководствоваться правилами техники безопасности и производственной санитарии, действующими на каждом заводе.

В этих правилах изложены требования как к предприятию в целом, так и по отдельным его цехам, технологическим процессам, транспортным средствам, вибрационному оборудованию, регламентированы нормативы по естественному и искусственному освещению цехов и помещений, их отоплению и вентиляции.

В цехах, где по технологическим условиям ворота открываются на продолжительное время (более чем на 40 мин), или в районах, где расчетная температура воздуха ниже – 20 °С, необходимо предусматривать воздушные завесы. Во всех производственных и вспомогательных зданиях должна предусматриваться естественная или принудительная вентиляция.

В целях предотвращения загрязнения воздуха помещений с вредными выделениями: оборудование, приборы, трубопроводы и другие источники, выделяющие теплоту, должны быть теплоизолированы; агрегаты и оборудование, при эксплуатации которых происходит влаговыделение, должны быть укрыты и изолированы; технологические процессы, связанные с выделением пыли, следует изолировать так, чтобы их работа осуществлялась без участия людей, а выделяющиеся технологические выбросы в виде пыли, паров и вредных газов перед выпуском в атмосферу должны быть подвергнуты очистке.

В цехах, где используются вибрационные механизмы, должны быть приняты меры по устранению воздействия вибрации и снижению уровня шума.

При работе вибрационных механизмов шум характеризуется уровнем звукового давления в децибелах, а вибрация – виброскоростью.

Звуковое давление измеряют шумомером на расстоянии 1 м от источника шума и 1,5 м от пола, состав частотой производственного шума определяют с помощью анализатора спектра шума АШ‑2М и др., а амплитуду колебаний в пределах 0,05 – 1,5 мм в диапазоне частот 15 – 200 Гц – виброметром ВИП‑4.

Виброскорость определяют по формуле:

где *А –* амплитуда;

*f –* частота колебаний.

Допустимый уровень звукового давления в производственных помещениях приведен в табл. 9, а допустимые виброскорости – в табл. 10.

Таблица 9.1 Допустимый уровень звукового давления

|  |  |
| --- | --- |
| Местонахождение рабочих мест | Уровень звукового давления (дБ) при частотах октавных полос, Гц |
| 125 | 250 | 500 | 1000 | 2000 | 4000 |
| В производственных помещениях и на открытых площадках | 96 | 91 | 88 | 85 | 83 | 81 |
| В помещениях пультов, кабин наблюдения и дистанционного управления | 74 | 68 | 63 | 60 | 58 | 55 |

Таблица 9.2 Допустимые виброскорости

|  |  |
| --- | --- |
| Частота, Гц | Виброскорость, см/с |
| При местной вибрации на поверхности контакта с работающими | При общей вибрации рабочих мест |
| 11 – 2222 – 4545 – 9090 – 180180 – 355 | 5,03,52,51,81,2 | 0,350,350,350,270,22 |

Уровень шума и вибрации на рабочих местах не должен превышать допустимые пределы, в противном случае необходимо устраивать звуковую и вибрационную изоляцию помещений, рабочих мест и машин, например установку виброплощадок на массивные фундаменты, изолированные от пола упругими прокладками, установку машин с вибраторами на пружинные или резиновые виброизоляторы, обязательное крепление форм, на виброплощадках и ударных столах, укрытие виброплощадок акустическими кожухами, облицовку приямков звукопоглощающими материалами, своевременный профилактический осмотр, ремонт и наладку вибрационного оборудования. Рабочие должны использовать обувь на толстой подошве из губчатой резины, противошумные наушники (антифоны), рукавицы с прокладкой пенопласта.

Концентрация пыли в помещениях нормируется в зависимости от содержания свободного кремнезема в воздухе рабочей зоны, особенно должно уделяться внимание помещениям, где во взвешенном состоянии находятся цемент, известь и др. На складах цемента и в бетоносмесительных цехах для пылеосаждения используют пылеосадители типа НИИОГАЗ и матерчатые фильтры типа ФР‑30, ФР‑90, которые обеспечивают очистку воздуха до 97 – 99%.

В качестве индивидуальной защиты в помещениях с большой концентрацией пыли необходимо пользоваться респираторами Ф‑45 или ПРБ‑1, герметичными защитными очками и спецодеждой.

Строгое соблюдение правил техники безопасности должно соблюдаться при работе на основных технологических переделах.

В арматурном цехе при ведении сварочных работ необходимо: заземлять сварочные аппараты, применять очки и щитки со светофильтрами, на рабочие места укладывать резиновые коврики, ограждать сварочные посты защитными экранами, а при работе правильно-отрезных станков их кожух подключать к местной системе аспирации.

При приготовлении бетонной смеси необходимо следить за исправной работой вентиляции, герметизацией кабин пультов управления дозаторами и смесителями, системой сигнализации и автоматизации.

**Список использованных источников**

1. Ю.М. Баженов, А.Г. Комар, «Технология бетонных и железобетонных изделий», М.: Стройиздат, 1984 г.
2. А.Г. Комар, «Строительные материалы и изделия», М.: Высшая школа, 1988 г.
3. Б.С. Комисаренко, А.Г. Чикноворьян и др., «Проектирование предприятий строительной индустрии», Самара, 1999 г.
4. К.М. Королев, «Производство бетонной смеси и раствора», М.: Высшая школа, 1973 г.
5. С.В. Николаев, «Сборный железобетон. Выбор технологических решений», М.: Стройиздат, 1978 г.