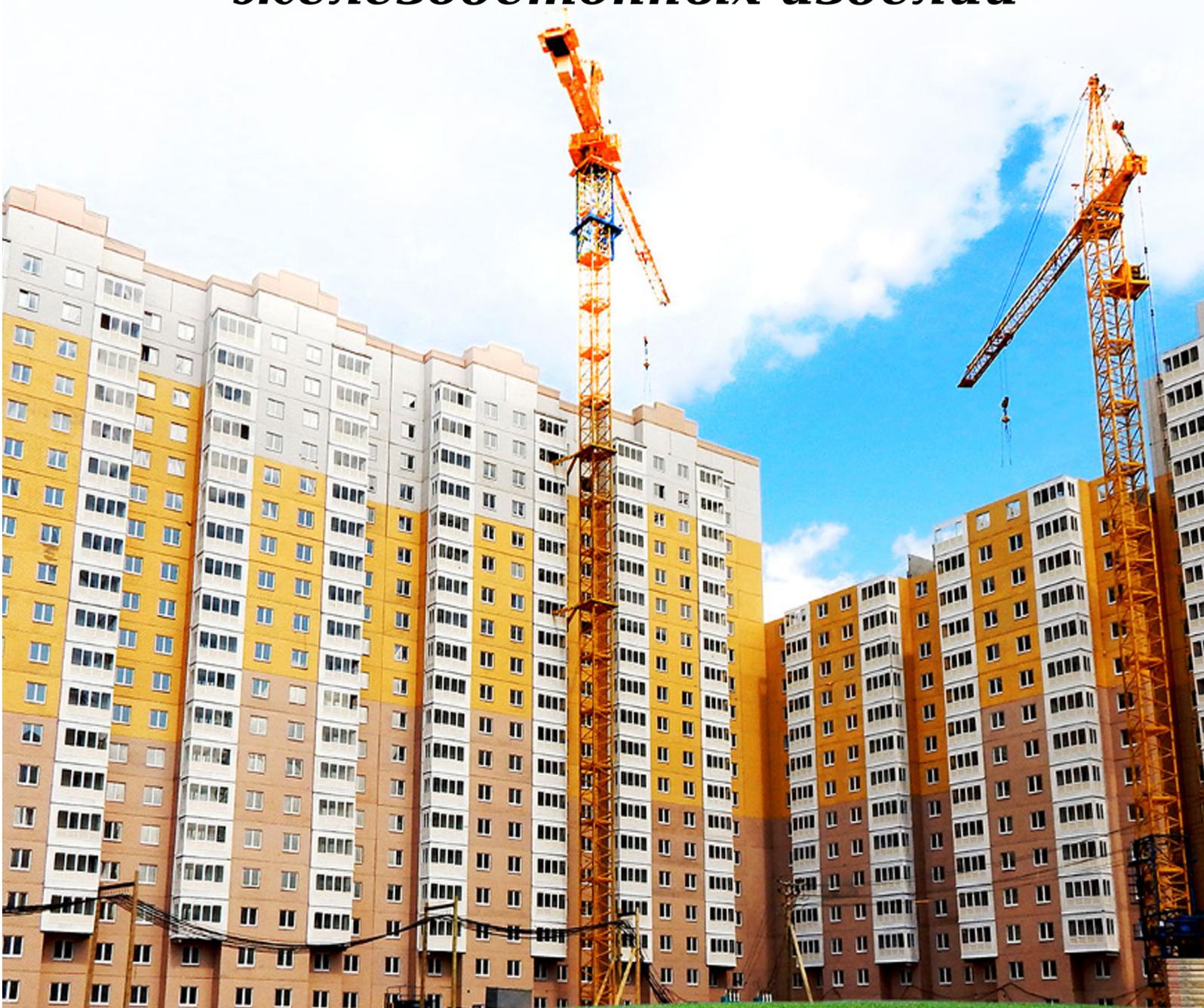


Л.А. Виноградова, В.К. Катаргина, И.А. Копосов

Основы технологии железобетонных изделий



Учебное пособие



Иваново 2016

Министерство образования и науки Российской Федерации

Ивановский государственный химико-технологический университет

Л.А. Виноградова, В.К. Катаргина, И.А. Копосов

Основы технологии железобетонных изделий

Учебное пособие

Иваново 2016

УДК 666.

Виноградова, Л.А.

Основы технологии железобетонных изделий: учеб. пособие /Л.А. Виноградова, В.К. Катаргина, И.А. Копосов; Иван. гос. хим.-технол. ун-т. – Иваново, 2016. – 227с.

В учебном пособии подробно раскрыт ассортимент продукции железобетонных изделий с указанием свойств и стандартов на каждый вид. Даны технологические схемы их промышленного производства с указанием основных параметров процесса и изложены физико-химические основы технологии. В пособии детально описывается расчёт материального баланса для производства железобетонных изделий, он представлен в программе Microsoft Excel.

Учебное пособие предназначено студентам 4 и 5 курсов дневного и заочного отделений, обучающимся по направлениям «Химическая технология» (профиль «Технология керамики и стекла»), «Материаловедение и технологии материалов», «Технология художественной обработки материалов» для выполнения курсовых и дипломных проектов. Кроме того, пособие может быть полезно инженерно-техническим работникам, преподавателям, студентам, профессиональные интересы которых связаны с такой производственной сферой, как строительство.

Табл. 103. Ил. 97. Библиогр.: 69 назв.

Печатается по решению редакционно-издательского совета Ивановского государственного химико-технологического университета.

Рецензенты:

кафедра естественно-научных дисциплин Ивановской пожарно-спасательной академии ГПС МЧС России; заместитель начальника ПЖБИ-5 ОАО «ДСК»
О.Б. Прияткина

© Виноградова Л.А., Катаргина В.К., Копосов И.А.,
2016

© ФГБОУ ВО «Ивановский государственный химико-технологический университет», 2016

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	6
1. АССОРТИМЕНТ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	10
1.1. Изделия для жилых и гражданских зданий	10
1.1.1. <i>Элементы нулевого цикла</i>	10
1.1.2. <i>Изделия для многоэтажных каркасных зданий</i>	13
1.1.3. <i>Объемные элементы</i>	22
1.2. Изделия для промышленных зданий	24
1.3. Изделия для транспортного строительства	33
1.4. Изделия гидротехнического строительства	37
1.5. Изделия общего назначения	38
Вопросы для самоконтроля	42
2. ВЫБОР СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ	43
2.1. Портландцемент	43
2.2.1. <i>Характеристика портландцемента различных производителей</i> ..	49
2.2. Заполнители	52
2.2.1. <i>Характеристика крупного заполнителя различных месторождений</i>	62
2.2.2. <i>Характеристика мелкого заполнителя различных месторождений</i>	66
2.3. Модифицирующие добавки	70
<i>Характеристика модифицирующих добавок различных производителей</i>	72
2.4. Затворитель	78
2.5. Армирующие элементы	79
2.6. Вспомогательные материалы	82
Вопросы для самоконтроля	84
3. ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА КОМПОЗИЦИИ	86
4. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ	88
4.1. Способы приготовления бетонных смесей	88

4.2. Изготовление арматурных элементов.....	92
4.3. Формование железобетонных изделий.....	94
4.3.1. Агрегатно-поточный способ производства.....	94
4.3.2. Конвейерный способ производства.....	97
4.3.3. Кассетный способ производства.....	99
4.3.4. Стендовый способ производства.....	104
4.4. Твердение железобетонных изделий.....	107
4.5. Распалубливание и отделка железобетонных изделий.....	110
4.6. Основные технологические схемы производства ЖБИ.....	111
4.6.1. Технологическая схема агрегатно-поточного способа производства фундаментных блоков.....	112
4.6.2. Технологическая схема конвейерного способа производства плит перекрытий, плит лоджий и балконов.....	116
4.6.3. Технологическая схема кассетного способа производства внутренних стеновых панелей.....	119
4.6.4. Технологическая схема стендового способа производства шахт лифтов.....	123
4.6.5. Технологическая схема стендового способа производства трехслойных стеновых панелей.....	127
Вопросы для самоконтроля.....	131
5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ....	133
5.1. Физико-химические основы приготовления бетонной смеси.....	133
5.2. Физико-химические основы взаимодействия добавок с бетонной смесью.....	139
5.3. Физико-химические основы формования и уплотнения бетонной смеси.....	142
5.4. Физико-химические основы формирования структуры бетона и его твердение.....	144
Вопросы для самоконтроля.....	152
6. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ.....	154

Вопросы для самоконтроля.....	172
7. ДЕФЕКТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ	174
Вопросы для самоконтроля.....	178
8. МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ.....	179
8.1. Исходные данные	179
8.2. Расчет исходных компонентов для производства ЖБИ	181
8.3. Расчет материального баланса для производства ЖБИ.....	183
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК	187
ПРИЛОЖЕНИЕ	193
Марки и основные показатели отдельных видов ЖБИ.....	193
Характеристика портландцемента некоторых производителей.....	205
Расчет материального баланса для производства ЖБИ с помощью таблиц программы Microsoft Excel.....	213
Описание программы расчета материального баланса производства ЖБИ	216
ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ.....	224

ВВЕДЕНИЕ

На сегодняшний день бетон является одним из наиболее распространенных строительных материалов, применяемых практически во всех отраслях строительства. Бетон – искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердевания специально приготовленной, уплотненной смеси, состоящий из вяжущего материала, крупного и мелкого заполнителя и воды. При необходимости в бетонную смесь вводят специальные добавки, улучшающие его технологические и структурные характеристики.

Несмотря на интенсивное развитие современных технологий, позволяющих получить бетон с прочностью при сжатии до 300 МПа, его прочность и деформативность при растяжении примерно в 10–20 раз меньше. Для повышения этих показателей его стали армировать стальными стержнями, проволокой или прокатным профилем. В отдельных случаях арматуру применяют для усиления бетона против сжимающих усилий, для восприятия усадочных, температурных, транспортных и других временных и постоянных нагрузок.

Таким образом, железобетон представляет собой комплексный строительный материал в виде рационально объединенных для совместной работы в конструкции бетона и арматуры, которые по совокупности физических характеристик обеспечивают его максимальную прочность.

По сравнению с другими материалами железобетон стал применяться в строительстве сравнительно недавно – в конце XIX века, когда началось интенсивное развитие промышленности и, в силу этого, строительство фабрик, заводов, многоэтажных зданий, транспортных сооружений и т.д. Наиболее известными примерами первых железобетонных изделий являются лодка из армированного сетками раствора И. Лямбо (1849 г.) и укрепленные проволокой цветочные кадки садовника Ж. Монье, который получил патент в 1867 г. и считается изобретателем железобетона. Благодаря своим качествам этот материал стал одним из наиболее массово-применяемых в строительстве XX века.

К главным преимуществам железобетона, обеспечивающим ему широкое распространение в строительстве, относятся: огнестойкость, долговечность, высокая механическая прочность, хорошая сопротивляемость сейсмическим и другим динамическим воздействиям, возможность возводить конструкции рациональной формы, хорошая сопротивляемость атмосферным воздействиям, возможность использования местных материалов, а также низкий уровень затрат на изготовление конструкций в связи с применением местного

сырья. Железобетон идеально подходит для любого строительства.

В настоящее время железобетон вышел за рамки его применения только в строительстве, имеется множество примеров его успешного применения в машиностроении, приборостроении, кораблестроении, при возведении платформ для добычи нефти и газа и др. Поэтому определить его ограничения по применению становится сложным вопросом. Однако основными недостатками железобетонных конструкций являются большой собственный вес, т.е. массивность конструкций по сравнению, например, с металлическими конструкциями и раннее образование трещин в растянутой зоне сечения, что способствует быстрому росту прогибов элементов.

С каждым годом возрастает необходимость в строительстве жилых, общественных, промышленных и других сооружений (рис. В.1), которые возводятся с использованием железобетона, а именно из железобетонных изделий (ЖБИ). Они представляют собой конструкции, производимые из бетона, армированного сетками или металлическими арматурными каркасами, в заводских условиях.

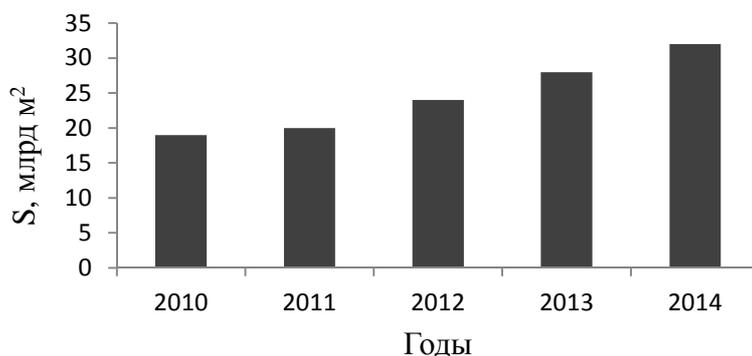


Рис. В.1. Рост строительства на территории Российской Федерации

В результате увеличения строительства сооружений из ЖБИ повысился их объем производства (рис. В.2), а также благодаря быстрым темпам возведения зданий из ЖБИ вырос объем ввода в эксплуатацию жилья в России (рис. В.3).

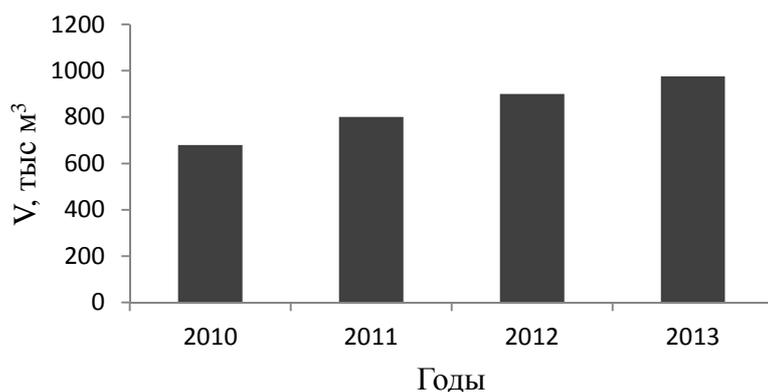


Рис. В.2. Объем изделий, произведенных на территории Российской Федерации

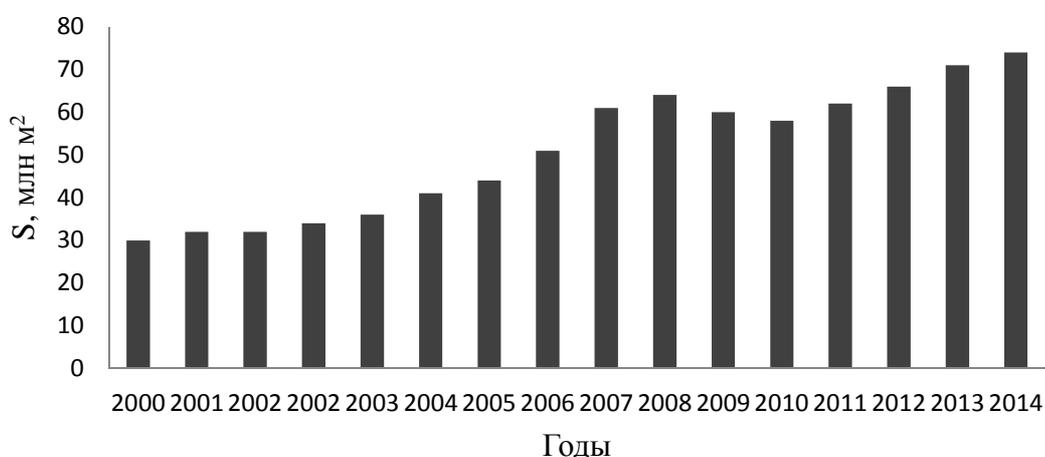


Рис. В.3. Ввод жилья в Российской Федерации за 2000–2014 гг

Благодаря железобетону кардинально изменились наши представления о прочности, долговечности и надежности. С появлением этого материала современные города перестали быть плоскими и малоэтажными, в моду вошли небоскребы, символы мощи и современности новой эпохи. Этот материал резко изменил наш мир, сделав его более безопасным и доступным, поэтому изучение основ технологии бетона и железобетона является важной и актуальной задачей.

Для составления представлений по основным разделам технологии железобетонных изделий возникла необходимость в разработке учебного пособия, способствующего грамотному применению полученных сведений на практике и использованию его при выполнении курсовых и дипломных проектов.

Новизна данного пособия заключается в детальном описании технологических и теоретических аспектов производства железобетонных изделий, раскрытии роли каждого из компонентов в железобетоне и рассмотрении вопросов контроля производства и дефектов изделий с методами их устранения.

Благодаря подробному раскрытию в пособии основных положений технологии ЖБИ у студента сформируются необходимые знания, и в дальнейшем эти навыки он сможет эффективно применить на практике в своей деятельности на предприятии.

С искренней признательностью авторы восприняли советы и ценные замечания рецензента – заместителя начальника ПЖБИ–5 ОАО «ДСК» Прияткиной Ольги Борисовны, высказанные ею на стадии подготовки рукописи данного учебного пособия к изданию.

Отдельные слова благодарности авторы выражают Виноградову Дмитрию Геннадьевичу за помощь в оформлении рукописи.

1. АССОРТИМЕНТ И ХАРАКТЕРИСТИКА ОТДЕЛЬНЫХ ВИДОВ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Железобетонные изделия представляют собой конструкции, изготавливаемые из бетона, армированного сетками или металлическими арматурными каркасами, в заводских условиях.

1.1. Изделия для жилых и гражданских зданий

1.1.1. Элементы нулевого цикла

Изделия для фундаментов и подземных частей зданий выполняют в виде массивных элементов с плоской нижней поверхностью – подошвой, устанавливаемых на уплотненный грунт или бетонную подготовку [1]. Нижний конец колонны устанавливают в гнездо-стакан (ГОСТ 24476–80 [2]) (рис. 1.1, а). Глубина стакана составляет 1–1,5 высоты сечения колонны.

При больших нагрузках на основания применяют сборные фундаменты. Они состоят из плит и блоков, укладываемых при монтаже в 2–3 яруса. Ленточные фундаменты под стены производят из отдельных блоков трапециевидного или прямоугольного сечения согласно ГОСТ 13580–85 [3] (рис. 1.1, б).

Стены подвалов производят из сплошных блоков или из блоков с пустотами из легкого, силикатного и тяжелого бетона согласно ГОСТ 13579–78 [4] (рис. 1.1, в).

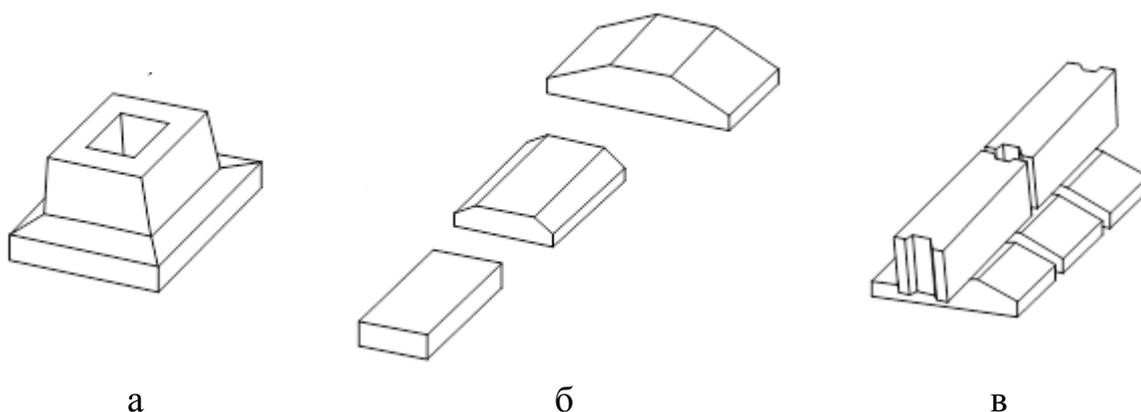


Рис. 1.1. Фундаменты и стены подвалов: а – фундамент под колонны; б – блоки ленточного фундамента стен; в – блоки стен подвалов

Сваи железобетонные – изделия из тяжелого бетона класса В15–В30 с каркасом из арматуры. Забивные сваи в соответствии с ГОСТ 19804–2012 [5] выпускают сечением 30х30 см, 35х35 и 40х40. Сваи сечением 30х30 наиболее распространены (рис.1.2).

Сваи забивные железобетонные цельные, квадратного сплошного сечения с ненапрягаемой арматурой марки С, сечением 300х300 мм и 350х350 мм (рис. 1.2) предназначены для свайных фундаментов зданий и сооружений во всех климатических районах, в том числе в районах распространения вечномерзлых грунтов.

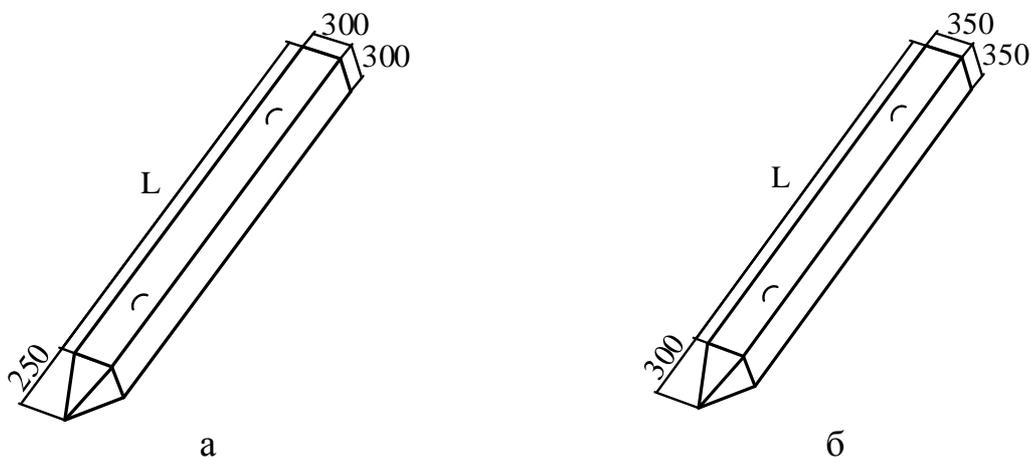


Рис. 1.2. Сваи забивные железобетонные цельные, квадратного сплошного сечения с ненапрягаемой арматурой: а – сечением 300х300 мм; б – сечением 350х350 мм

Условное обозначение: *С 80.30–5*, где С – (тип) сваи квадратного сплошного сечения с поперечным армированием обычной ударостойкости; 80 – длина (дм); 30 – размер поперечного сечения (см); 5 – порядковый номер варианта армирования. В табл. П.1 приведены основные параметры забивных железобетонных свай.

Блоки фундаментные марки ФБС по ГОСТ 13579–78 [4] (рис. 1.3, табл. П.2) предназначены для устройства сборных ленточных фундаментов, стен подвалов и технических подполий зданий.

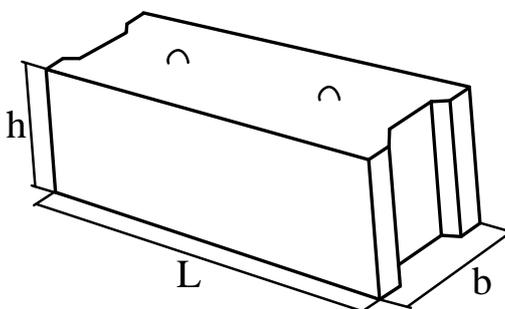


Рис. 1.3. Блоки фундаментные марки ФБС

Условное обозначение: *ФБС 24.3.6*, где ФБС – фундаментный блок сплошной; 24 – длина блока (дм); 3 – ширина блока (дм); 6 – высота блока (дм).

Плиты железобетонные ленточных фундаментов (рис. 1.4, табл. П.3) по ГОСТ 13580–85 [3] предназначены для устройства ленточных фундаментов зданий и сооружений и могут применяться:

- в сухих и водонасыщенных грунтах;
- при расчетной температуре наружного воздуха до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ включительно;
- в зданиях и сооружениях с расчетной сейсмичностью до 9 баллов включительно;
- в грунтах и грунтовых водах с неагрессивной степенью воздействия на железобетонные конструкции.

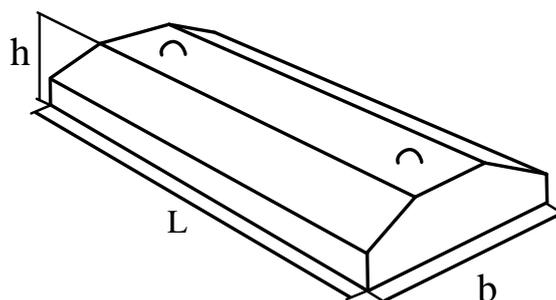


Рис. 1.4. Плиты железобетонные ленточных фундаментов

Условное обозначение: **ФЛ 8.24-4**, где ФЛ – плита ленточного фундамента; 8 – ширина ленты (дм); 24 – длина плиты (дм); 4 – условное обозначение армирования.

Фундаменты по ГОСТ 24476–80 [2] (рис. 1.5, табл. П.4) предназначены для применения в многоэтажных каркасно-панельных общественных зданиях, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий под колонны сечением $300\times 300\text{ мм}$ в грунтах и грунтовых водах при неагрессивной, слабо- и среднеагрессивной степенях воздействия на железобетонные конструкции.

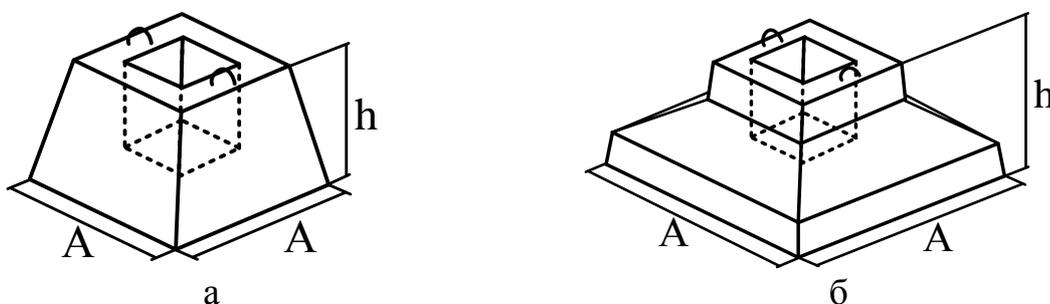


Рис. 1.5. Фундаменты для колонн сечением $300\times 300\text{ м}$

Условное обозначение: **2Ф 12.9-2**, где 2Ф – тип фундамента; 12 – подошва $1200\times 1200\text{ мм}$; 9 – высота (дм); 2 – обозначение несущей способности.

Балки фундаментные по ГОСТ 28737–90 [6] (рис. 1.6, табл. П.5) предназначены при выполнении работ нулевого цикла под наружные и внутренние стены производственных зданий при шаге колонны 6 м.

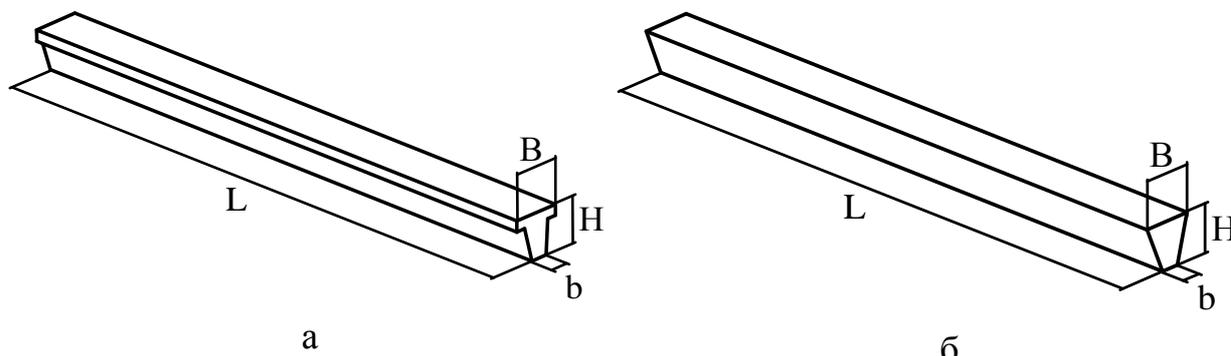


Рис. 1.6. Балки фундаментные

Условное обозначение: **ФБ6–11**, где ФБ – фундаментная балка; 6 – номинальный пролет (м); 11 – порядковый номер по номенклатуре.

1.1.2. Изделия для многоэтажных каркасных зданий

Сборные железобетонные изделия предназначены для применения в строительстве многоэтажных общественных производственных зданий различного назначения, возводимых в I–IV районах СНГ по весу снегового покрова и по скоростному напору ветра согласно главе СнИП 2.01.07–85* [7].

На воздействие динамических, сейсмических свыше 6 баллов и других особых нагрузок изделия серии не рассчитаны.

Колонны многоэтажных зданий производят сечением 300×300, 400×400 мм и длиной на 1–4 этажа (рис. 1.7). По концам колонны имеют выпуски арматуры, а также выступающие консоли для опирания ригелей.

Колонны сечением 300×300 мм по ГОСТ 18979–2014 [8] предназначены для малоэтажных (до 5 этажей) общественных зданий с перекрытиями из многопустотных плит с высотами этажей: 2,8; 3,3; 3,6; 4,2 м.

Номенклатура колонн включает в себя две группы изделий:

- 1) бесстыковые колонны на всю высоту зданий;
- 2) колонны, стыкуемые между собой по высоте здания:
 - нижние (КНО);
 - верхние (КВО).

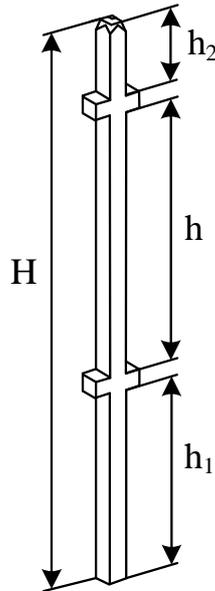


Рис. 1.7. Колонны сечением 300×300 и 400×400мм

По месту расположения предусмотрены:

- бесконсольные (К);
- одноконсольные (КО, КНО, КВО);
- двухконсольные (КД, КНД, КВД).

Условное обозначение: *1КВД 3.33–2. 1*, где 1 – количество этажей; КВ – колонна верхняя; «В» – в бесстыковых колоннах индекс отсутствует; Д – двухконсольная; 3 – сечение 300×300 (дм); 33 – высота этажа (дм); 2 – тип колонны по несущей способности консоли (28 т); 1 – тип армирования ствола в пределах одного типоразмера.

Колонны сечением 400×400 мм по ГОСТ 18979–2014 [8] (табл. П.6) предназначены для зданий с высотами этажей: 3,3 м, 3,6 м, 4,2 м, 4,8 м, 6 м.

Номенклатура колонн включает в себя две группы изделий:

- стыковые колонны многоэтажной разрезки;
- стыковые колонны одноэтажной разрезки.

Стыковые колонны подразделяются:

- на КН – нижние;
- КС – средние;
- КВ – верхние.

По месту расположения предусмотрены:

- бесконсольные (КН, КС, КВ);
- одноконсольные (КНО, КСО, КВО);

- двухконсольные (КНД, КСД, КВД).

Условное обозначение: **3КНД-4.33-1.7**, где 3 – количество этажей; КН – колонна нижняя; Д – двухконсольная; 4 – тип колонны в зависимости от сечения (дм); 33 – высота этажа (дм); 1 – тип колонны по несущей способности консоли (21 т на консоль); 7 – условная марка по типу армирования ствола колонны в пределах одного типоразмера.

Ригели высотой сечения 450 мм (рис. 1.8, а; табл. П.7) и 600 мм (рис. 1.8, б; табл. П.7) по ГОСТ 18980–90 [9] предназначены для применения в зданиях с пролетами 9,0 (только для ригелей высотой сечения 600 мм); 6,0 и 3,0 м для опирания многопустотных плит перекрытия.

Номенклатура ригелей высотой сечения 450 мм включает в себя следующие типы изделий:

РДП – ригель с двумя симметричными полками для опирания многопустотных плит перекрытий;

РОП – то же однополочный;

РЛП – ригель однополочный, устанавливаемый в лестничных клетках и предназначенный для опирания многопустотных плит перекрытия, а также лестничных маршей;

РДР – ригель (Р) двухполочный (Д) под ребристые (Р) плиты;

РОР – ригель однополочный под ребристые плиты;

Р/1Р – ригель однополочный лестничный под ребристые плиты.

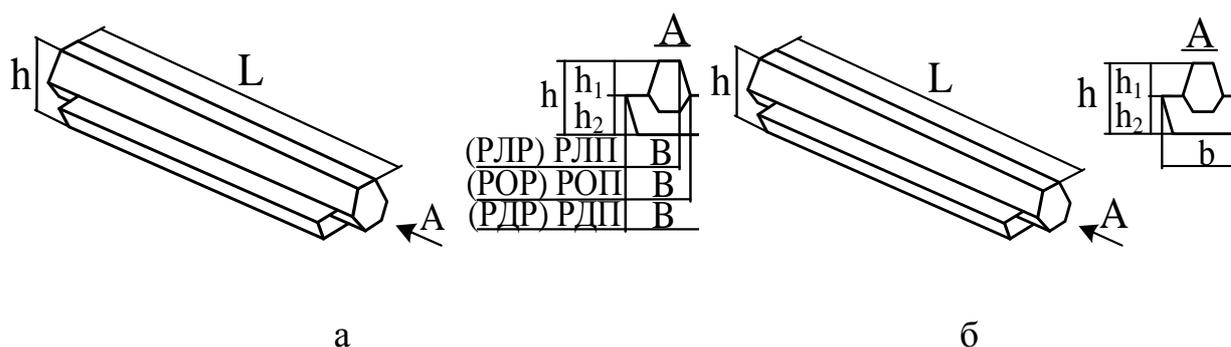


Рис. 1.8. Ригели высотой сечения, мм: а – 450; б – 600

Условное обозначение:

- для ригелей высотой сечения 450 мм: **РДП 4.56-90**, где РДП – тип ригеля; 4 – высота (дм); 56 – длина (дм); 90 – нагрузка (9,0 т/погонный м);
- для ригелей высотой сечения 600 мм: **РДП 6.86-50 AtV**, где РДП – ригель двухполочный под пустотные плиты; 50 – величина расчетной нагрузки в

сотнях килограммов на погонный метр; AtV – класс стали напрягаемой арматуры.

Диафрагмы жесткости серии 1.020–1/83, в. 4-1 (рис. 1.9, табл. П.8) по ГОСТ 13015–2012 [10] предназначены для обеспечения пространственной устойчивости зданий.

Номенклатура диафрагм жесткости включает в себя:

- 2Д – двухполочные диафрагмы, предназначенные для опирания на них плит перекрытий с двух сторон;
- 1Д – однополочные, предназначенные для опирания на них плит перекрытий с одной стороны, а также для установки в направлении, перпендикулярном направлению ригелей.

Диафрагмы предусмотрены поэтажной разрезки с контактным горизонтальным стыком, сплошные (1Д, 2Д) и с проемами (1ДП; 2Д).

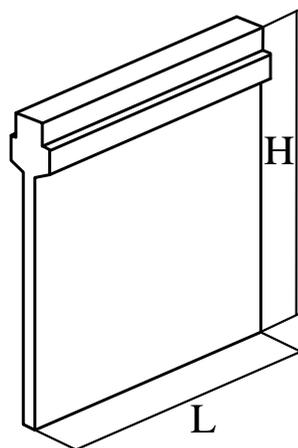


Рис. 1.9. Диафрагмы жесткости серии 1.020–1/83, в. 4-1

Условное обозначение: **2Д 26.33**, где 2Д – диафрагма с двумя полками; 26 – ширина (дм); 33 – длина (дм).

Лестничные марши по ГОСТ 9818–85 [11] предназначены для применения в крупнопанельных общественных зданиях и вспомогательных зданиях промышленных предприятий, каркасно-панельных общественных зданиях, производственных и вспомогательных зданиях промышленных предприятий в условиях неагрессивных, слабо- и среднеагрессивных газовых сред с высотой этажа (рис. 1.10, а; табл. П.9):

ЛМП 60.11.17–5 – 3,3 м;

ЛМП 57.11.17–5 – 3,3 м;

ЛМП 60.11.15–5 – 3,0 м;

ЛМП 57.11.15–5 – 3,0 м;

ЛМП 57.11.14–5 – 2,8 м;
ЛМП 57.11.18 (и) – 3,6 м.

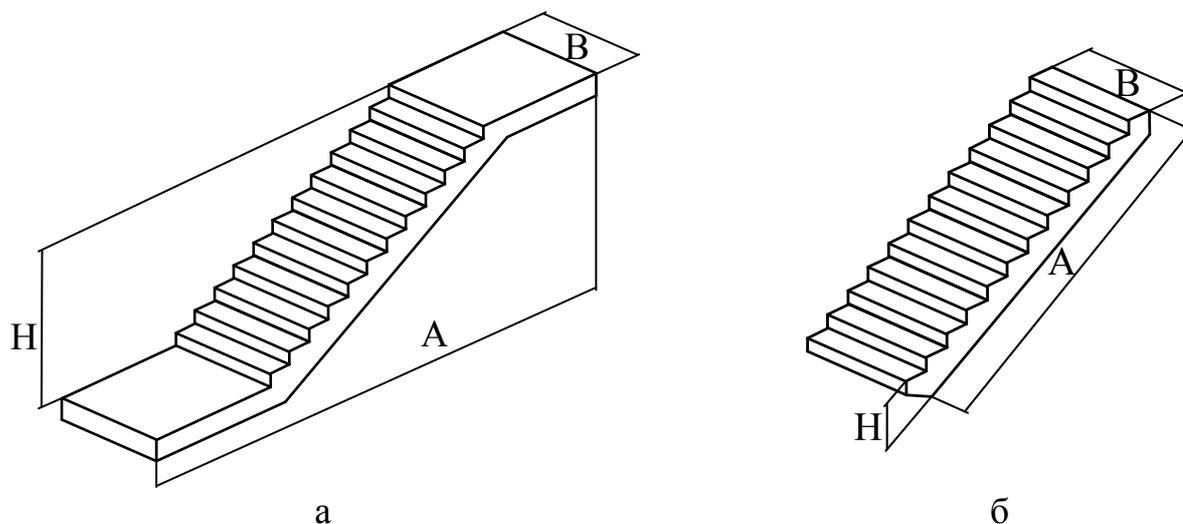


Рис. 1.10. Лестничные марши: а – серии 1.050.1–2, выпуск 1; б – марки ЛМ–33–14 и 2ЛМФ 39.14.17–5

Условное обозначение: *ЛМП 60.11.17–5–3*, где ЛМП – лестничный марш ребристый; 60 – длина лестничного марша округленно (дм); 11 – ширина лестничного марша округленно (дм); 17 – высота лестничного марша округленно (дм); 5 – расчетная временная нагрузка 480 кгс/м²; 3 – без нижней площадки.

Лестничные марши ЛМ 33–14 и 2ЛМФ 39.14.17–5 (рис. 1.10, б; табл. П.9) предназначены для применения в зданиях с высотой этажа 3,3 метра для строительства в обычных условиях в сочетании с площадками: ЛП 28–13; ЛПФ 28–11; ЛПФ 28–13.

Условное обозначение:

- *ЛМ 33–14*, где ЛМ – лестничный марш; 33 – высота этажа (дм); 14 – ширина (дм);
- *2ЛМФ 39.14.17–5*, где 2ЛМФ – (тип) марш ребристый с фризowymi ступенями; 39.14 – длина, ширина (дм); 17 – высота вертикальной проекции (дм); 5 – расчетная временная нагрузка 4,7 кПа (480 кгс/м²).

Лестничные площадки серии 1.152–5, в. 1 (рис. 1.11, табл. П.10) по ГОСТ 9818–85 [11] предназначены для применения в сочетании с маршами шириной 105 и 120 см ребристой конструкции в жилых зданиях с высотой этажа 2,8 м и др. для строительства в обычных условиях.

Условное обозначение: ЛПР 25–16к, где ЛПР – лестничная площадка ребристая; 25 – длина (дм); 16 – ширина (дм); к – консоли для опирания.

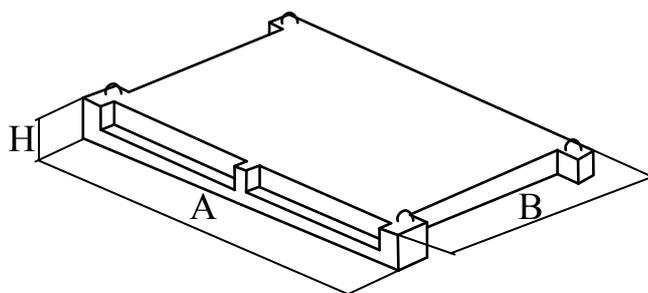


Рис. 1.11. Лестничная площадка ЛППР 25–16к

Ступени железобетонные и бетонные по ГОСТ 8717.0–84 [12] (рис. 1.12, табл. П.11) предназначены для устройства внутренних и наружных лестниц зданий и сооружений.

Основные ступени (типа ЛС) длиной до 1500 мм включительно для лестниц, устраиваемых по сплошному основанию, изготавливают бетонными.

Железобетонные ступени предназначены для применения в лестницах на расчетную кратковременную нагрузку (без учета собственного веса) до 6 кПа (600 кгс/м²).

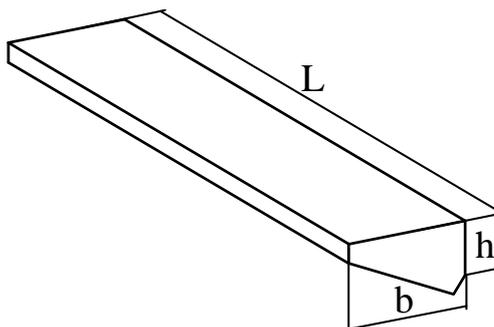


Рис. 1.12. Ступени железобетонные и бетонные

Условное обозначение: **ЛС 12**, где ЛС – тип ступени (основная); 12 – длина (дм).

Плиты перекрытий пустотные по ГОСТ 9561–91 [13] (рис. 1.13, табл. П.12) предназначены для перекрытий зданий и сооружений различного назначения.

Условное обозначение: **ПК 72.12–8АтV**, где ПК – плита с круглыми пустотами; 72.12 – координационные длина и ширина плиты (дм); 8 – нагрузка расчетная без учета собственной массы (в сотнях кгс/м²); АтV – класс напрягаемой арматуры.

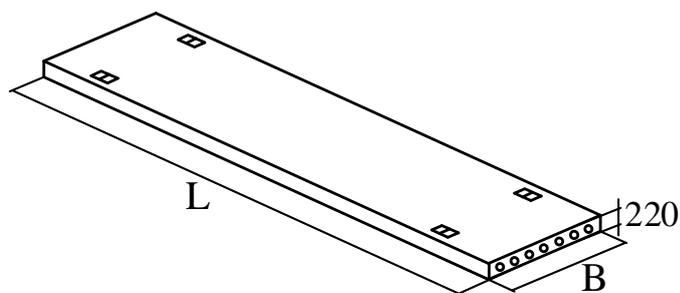


Рис. 1.13. Плиты перекрытий пустотные

Плиты перекрытий ребристые по ГОСТ 9561–91 [13] (рис. 1.14, табл. П.13) предназначены для перекрытий крупнопанельных общественных зданий и вспомогательных зданий промышленных предприятий с высотой этажа 3 и 3,3 м при необходимости пропуска вертикальных стояков и венткоробов, а также для размещения сантехнических коммуникаций.

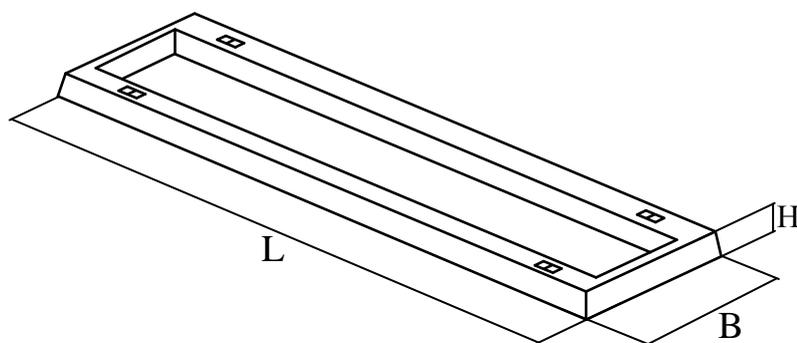


Рис. 1.14. Плиты перекрытий ребристые

Условное обозначение: **ПР 60.15–8АТV**, где ПР – плита ребристая; 60 – длина (дм); 15 – ширина (дм); 8 – величина расчетной нагрузки; АtV – класс напрягаемой арматуры; Т – вид бетона тяжелый.

Плиты балконов по ГОСТ 25697–83 [14] (рис. 1.15, а; табл. П.14) предназначены для применения в крупноблочных и кирпичных жилых зданиях, строящихся в обычных физико-геологических условиях II и III климатических районов и Iв климатическом подрайоне.

Условное обозначение: **ПБК 36.13–6а**, где ПБК – плита балконная консольная; 36.13 – длина, ширина (дм); 6 – для стен толщиной 600 мм; а – для кирпичных стен.

Плиты лоджий по ГОСТ 25697–83 [14] (рис. 1.15, б; табл. П.15) предназначены для жилых домов.

Условное обозначение: **ИПЛ 63–12п**, где ИПЛ – плита лоджий; 63 – длина (дм); 12 – ширина (дм); п – правое расположение люка.

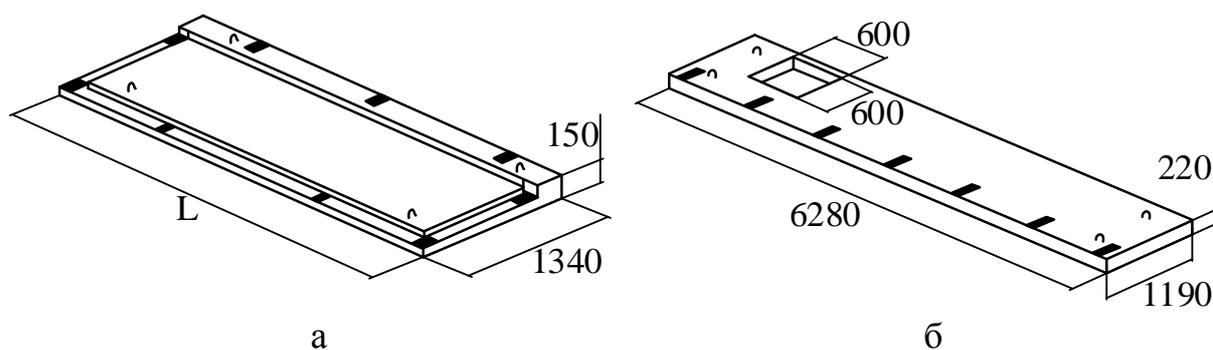


Рис. 1.15. Плиты балконов (а) и лоджий (б)

Железобетонные стеновые панели представляют собой элементы стеновых конструкций, производимые из бетона, армированного сетками или металлическими арматурными каркасами, в заводских условиях. Так же как и все другие железобетонные изделия, железобетонные стеновые панели характеризуются очень высокой прочностью и огнестойкостью.

Железобетонные панели могут выпускаться из разных бетонов, а также быть как утепленными, так и неутепленными. Типоразмеры панелей подбираются с учётом размеров строительного объекта в плане, вида его конструктивной схемы, поэтажной планировки и разрабатываются в рабочих чертежах.

Панели классифицируются по признакам, характеризующим их типы. А именно, по назначению в здании, конструктивному решению и числу основных слоев. Предназначаться панели могут для надземных этажей, цокольного этажа или технического подполья, а также крыши и машинного отделения.

Панели наружных стен по ГОСТ 31310–2005 [15] могут быть сплошными или с оконными или дверными проемами, однослойными и многослойными (рис. 1.16).

Панели крыши по ГОСТ 31310–2005 [15] изготавливаются трехслойной конструкции. Они состоят из 3-х слоев: наружного, утепляющего и внутреннего.

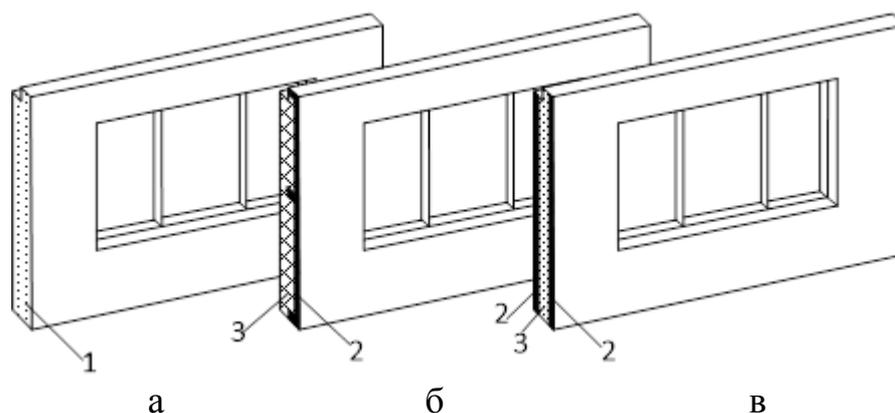


Рис. 1.16. Основные типы конструкций панелей наружных стен гражданских зданий: а – однослойная армированная, б – двухслойная, в – трехслойная; 1 – армированный бетон, имеющий необходимые показатели прочности и теплоизоляции, 2 – железобетонная тонкая плита из высокомарочного бетона, 3 – теплоизоляционный материал (минеральная вата, пеностекло, пенобетон, пенополистирол и др.)

Наружные цокольные панели по ГОСТ 31310–2005 [15] бывают однослойные и трехслойные с дискретными связями или на гибких связях (рис. 1.17).



Рис. 1.17. Наружные цокольные панели (трехслойные)

Панели внутренних стен по ГОСТ 12504–80 [16] выполняют однослойными сплошными и с дверными проемами (рис. 1.18).

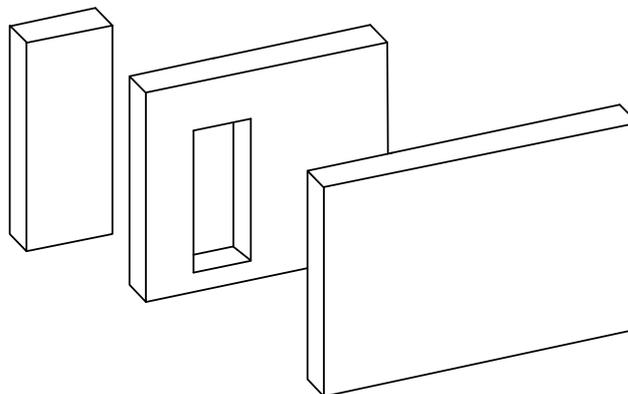


Рис. 1.18. Панели внутренних стен жилых зданий

1.1.3. Объемные элементы

В сборном домостроении санитарно-технические устройства: шахты лифтов, санитарно-технические кабины, мусоропроводы, вентиляционные каналы и т.п. выполняют из сборных элементов заводского изготовления. Все разводки сетей: электропровода, металлические трубы водопровода, отопления и канализации в процессе изготовления замоноличивают в тело панелей или специальных блоков. В готовом виде такие конструкции доставляют на строительную площадку, где путем соединения стыков их монтируют в общую систему.

Санитарно-технические кабины (рис. 1.19) по ГОСТ 17079–88 [17] представляют собой сборные железобетонные стеновые элементы с вмонтированными в них трубами и соединительными элементами для водопроводной, канализационной, газопроводной систем. Различают два вида блоков: вертикальный и горизонтальный.

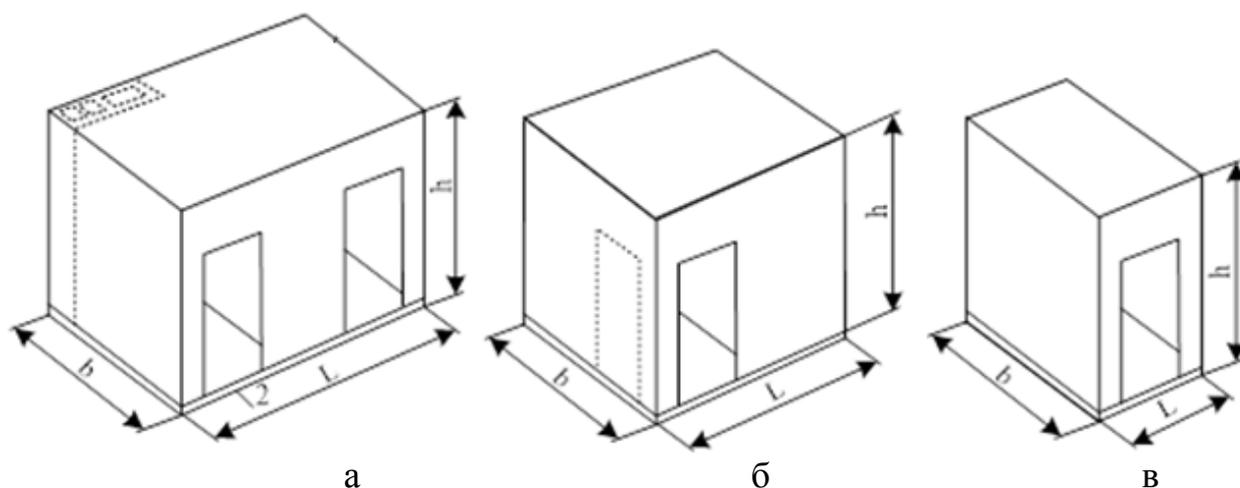


Рис. 1.19 . Санитарно-технические кабины, типы: а – 1СК и 2СК; б – 3СК–6СК; в – 7СК и 8СК

Блоки вентиляционные (рис. 1.20) по ГОСТ 17079–88 [17] и нормативным документам СНиП 52–01–2003 [18] применяют в зданиях для вытяжной вентиляции. Они представляют собой прямоугольные бетонные плиты с круглыми или квадратными отверстиями.

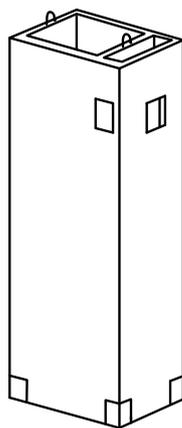


Рис. 1.20. Общий вид вентиляционных блоков

Шахты дымоудаления (рис. 1.21) по ГОСТ 17079–88 [17] предотвращают задымление лестниц жилых домов в случае пожара, обеспечивая вытяжку продуктов горения.

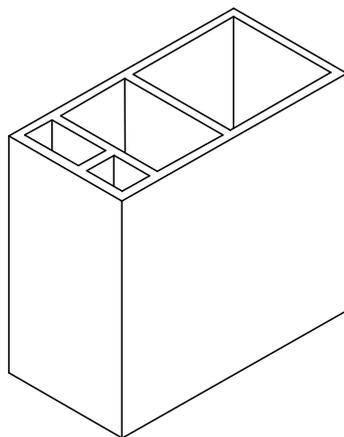


Рис. 1.21. Шахты дымоудаления

Блок мусоропровода (рис. 1.22) по ГОСТ Р 53304–2009 [19] по внешнему виду представляет собой железобетонный вертикальный элемент с круглым внутренним отверстием диаметром 350–500 мм.

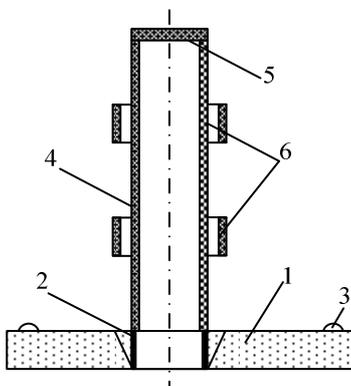


Рис. 1.22. Блок мусоропровода: 1 – фрагмент плиты перекрытия; 2 – узел опоры ствола; 3 – монтажные петли; 4 – фрагмент ствола; 5 – заглушённый торец ствола; 6 – узел сочленения звеньев ствола

Объемные элементы шахт лифтов по ГОСТ 17538–82 [20] предназначены для применения их при строительстве пассажирских и грузовых лифтов жилых и общественных кирпичных и панельных зданий (рис. 1.23).

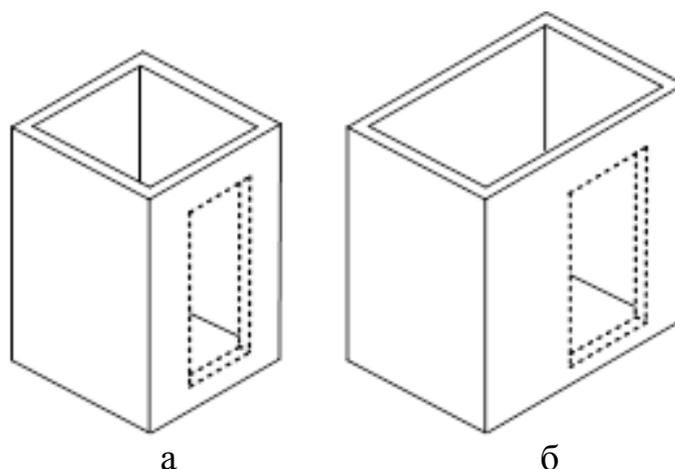


Рис. 1.23. Объемные элементы шахт лифтов: а – пассажирские грузоподъемностью 400 кг; б – грузопассажирские грузоподъемностью 630 кг

1.2. Изделия для промышленных зданий

В номенклатуру конструкций одноэтажных промышленных зданий, а также зданий, имеющих скатную или плоскую кровлю, входят несущие и ограждающие элементы одно- и многопролетных зданий различной высоты (3,6–18 м), бескрановые и оборудованные мостовыми кранами, подвесными кран-балками, бесфонарные и с фонарями. Номенклатура сборных конструкций одноэтажных промышленных зданий включает также фундаментные балки, колонны, подкрановые балки, стропильные и подстропильные балки, фермы, плиты покрытий и стеновые панели.

Для многоэтажных производственных зданий номенклатура типовых железобетонных конструкций включает элементы каркаса и перекрытий с балочными и безбалочными перекрытиями.

В зданиях с балочными перекрытиями широко используют колонны прямоугольного сечения размерами 400×400 и 500×500 мм; длина колонн зависит от высоты этажа и обычно бывает 3,6–7,2 м, высота верхних этажей иногда достигает 10,8 м. Колонны нижних этажей обычно выполняют на два этажа, а для зданий с высотой этажей до 3,6 м на три этажа. Длина колонн достигает 15 м. Ригели поперечных рам имеют прямоугольное или тавровое сечение. В зависимости от сетки колонн (6×6, 9×6 и 12×6 м) длина ригеля

составляет 4,98–11,48 м. Производят ригели из бетона классов В15–В40 при сетке колонн 6×6 м. Плиты перекрытий изготавливают с продольными и поперечными ребрами [21].

В номенклатуру элементов многоэтажных зданий с балочными перекрытиями входят лестничные марши, балки лестничных клеток, а также балки для специального назначения (установки технологического оборудования).

Безбалочные перекрытия применяют в многоэтажных производственных зданиях, где необходимы гладкие потолки. Каркасы таких зданий состоят из колонн, консолей, надколонных и пролетных плит, опертых по контуру. Колонны имеют квадратное сечение, для опирания на колоннах устраивают четырехсторонние консоли. Длина колонн зависит от высоты этажа и бывает 3,8–7,63 м.

Консоли изготавливают двух типов: средние и крайние. Размер средних в плане 2,7×2,7 м, крайних 1,95×1,95. Напольные и пролетные плоские плиты предусматривают толщиной 150–180 мм.

Фундаментные балки (рис. 1.6) по ГОСТ 28737–90 [22] применяют под наружные и внутренние стены при отдельно стоящих фундаментах. Балки первой группы изготавливают таврового или трапециевидного сечения высотой 300 и 450 мм, массой до 2,2 т. Балки второй группы изготавливают трапециевидного сечения, высотой 400–600 мм, массой до 5,5 т.

Колонны – основные элементы сборных каркасов одноэтажных промышленных зданий. В зданиях без кранового оборудования, с подвесным оборудованием, а также с мостовыми кранами при высоте зданий от пола до низа стропильных ферм до 10,8 м применяют колонны прямоугольного сечения массой до 12,4 т. Длина таких колонн 4,5–11,8 м, максимальные сечения колонн при грузоподъемности кранов 10–20 т – 400×600, 400×800 и 500×800 мм.

Колонны серии 1.423–3 (рис. 1.24, табл. П.16) по ГОСТ 25628–90 [23] предназначены для строительства одноэтажных производственных зданий, расположенных в I–IV географических районах, с неагрессивной, слабо- и среднеагрессивной газовой средой, с подвесным транспортом в виде кран-балок грузоподъемностью до 5 т включительно.

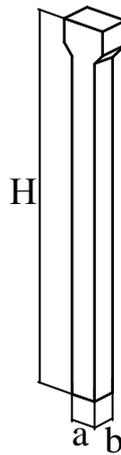


Рис. 1.24. Колонны серии 1.423–3

Условное обозначение: *К 72 –22*, где К – колонна; 72 – высота колонны (дм) от $\pm 0,000$ здания до низа стропильных конструкций; 22 – порядковый номер колонны по несущей способности.

В промышленных зданиях высотой от 10,8 до 18 м с мостовыми кранами грузоподъемностью до 50 т применяют двухветвевые колонны длиной 11,85–19,35 м с габаритами сечений подкрановой части от 400×1000 до 600×1900 мм.

Колонны серии 1.420–12 по ГОСТ 18979–2014 [8] (рис. 1.25, табл. П.17) предназначены для применения при строительстве многоэтажных производственных зданий с неагрессивной, слабо- и среднеагрессивными газовыми средами.

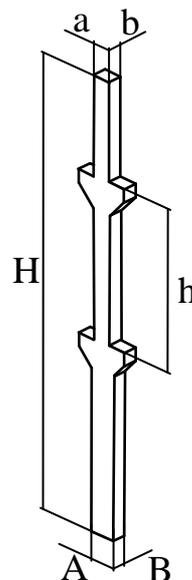


Рис. 1.25. Колонны серии 1.420–12

Условное обозначение: **К 24а-3-2**, где К – буквенное обозначение; 24а – порядковый номер типоразмера; 3 – несущая способность; 2 – отличие по закладным деталям.

Кроме указанных типовых конструкций колонн производят более эффективные сечения – двутавровые, кольцевые (изготавливаемые центробежным способом), а также сечения другой формы с предварительным напряжением арматуры.

Ригели высотой сечения 800 мм (рис. 1.26, табл. П.18) по ГОСТ 18980–90 [9] предназначены для перекрытий многоэтажных производственных зданий.

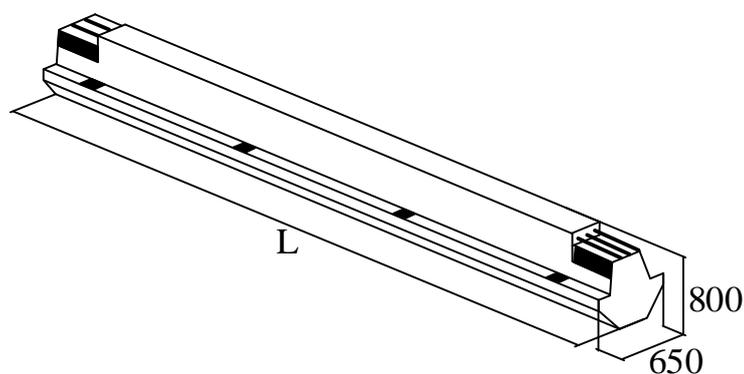


Рис. 1.26. Ригели высотой сечения 800 мм

Условное обозначение: **ИБ 6-17**, где ИБ – буквенное обозначение ригеля; 6 – порядковый номер типоразмера; 17 – несущая способность (по табл. П.18).

Стропильные и подстропильные балки применяют для покрытий производственных зданий (рис. 1.27) с шагом колонн бм и пролетами 6, 9, 12 и 18 м. Для сетки колонн 18×12 м применяют подстропильные балки длиной 12 м, при пролетах 6 и 9 м балки двускатных покрытий (рис. 1.30), которые имеют тавровое сечение высотой 400–800 мм и ширину верхних поясов 30 см.

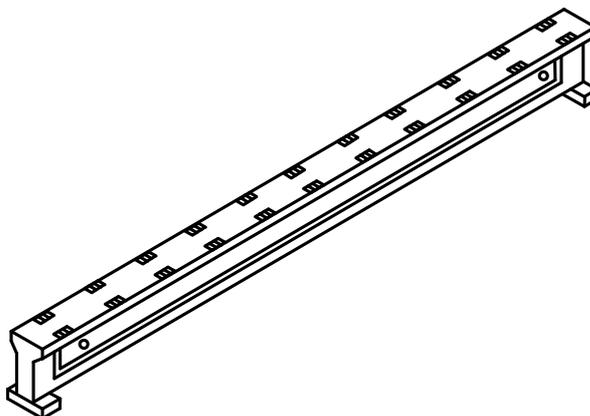


Рис. 1.27. Железобетонные стропильные балки (односкатные)

Балки (рис. 1.28, табл. П.19) по ГОСТ 20372–90 [24] предназначены для покрытий зданий одноэтажных с плоской кровлей: для эксплуатации в условиях обычной, слабой и среднеагрессивной газовой сред.

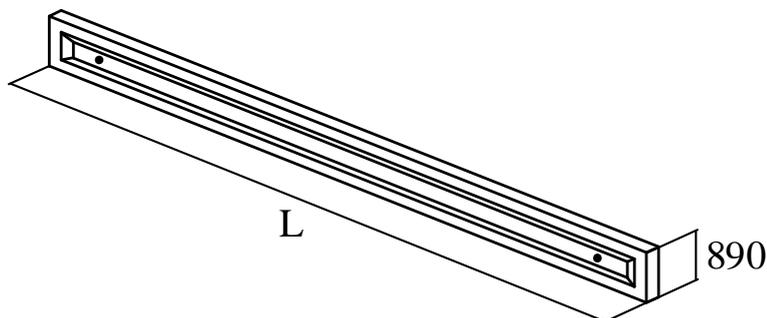


Рис. 1.28. Балки

Условное обозначение: **2БСП 12–4 АШВ**, где 2 – номер типоразмера; БСП – балка для зданий с плоской кровлей; 12 – длина пролета (м); 4 – нагрузка; АШВ – класс продольной арматуры; т – вид бетона.

Балки серии ПК–01–115 (рис. 1.29, а; табл. П.20) по ГОСТ 20372–90 [24] предназначены для покрытий зданий пролетами 6 и 9 м с кровлей из рулонных материалов. Допускается использование балок в зданиях с повышенной влажностью и агрессивной средой при условии выполнения защитных мероприятий, разработанных в проекте конкретного объекта.

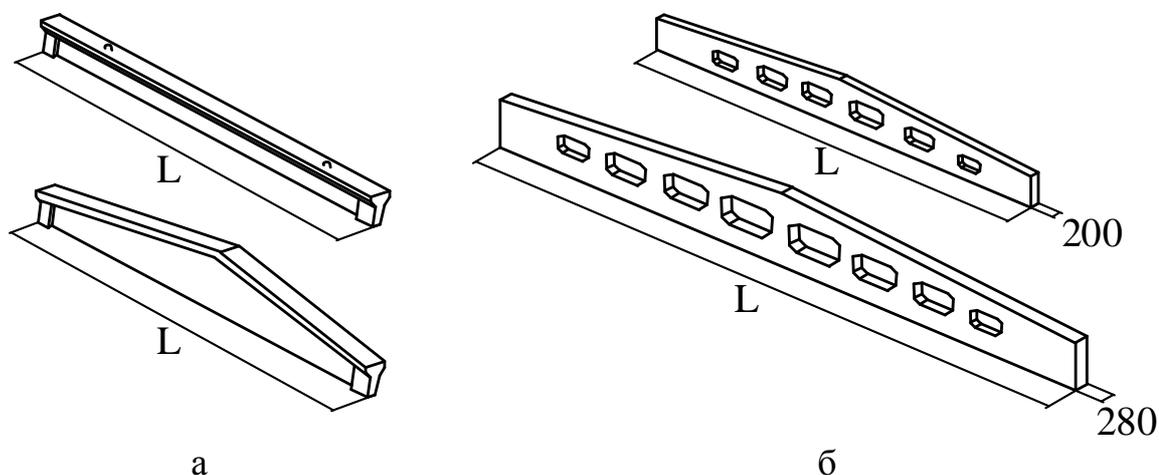


Рис. 1.29. Балки серии: а – ПК-01-115; б – 1.462-3 вып. 1

Условное обозначение: **БД 9–3**, где БД – балка двускатная; 9 – длина (м); 3 – тип несущей способности.

Для производственных зданий с пролетами 12 и 18 м применяют типовые предварительно напряженные решетчатые балки прямоугольного сечения с отверстиями в стенке и двутаврового сечения со сплошной стенкой

(нетиповые). На опоре высота балок 800 мм, уклон верхнего пояса 1:12, его ширина 200–280 мм.

Балки серии ПК–01–115 (рис. 1.29, б; табл. П.20) по ГОСТ 20372–90 [24] предназначены для покрытий зданий с шагом строительных конструкций 6 м с фонарями и без фонарей, с подвесным подъемно–транспортным оборудованием и без него, в зданиях с неагрессивной, а также со слабо- и среднеагрессивными газовыми воздушными средами.

Условное обозначение: **2БДР 12–4 АШВ**, где 2 – типоразмер; БДР – балка двускатная решетчатая; 12 – пролет балки (м); 4 – категория балки по несущей способности; АШВ – напрягаемая арматура.

Подкрановые балки (рис. 1.30) по ГОСТ 23121–78 [25] изготавливают без предварительного напряжения из бетона классов В20–25, они служат для работы башенных кранов, и предварительно напряженными из бетона классов В35–В50. При шаге колонн 6 и 12 м балки изготавливают длиной 5,95 и 11,95 м. Для работы мостовых электрических кранов грузоподъемностью 5, 10, 20 и 30 т, при пролете 6 м и тавровом сечении предусматривают балки высотой 800 мм, шириной 600 мм и толщиной 1200 мм. Толщина ребра по низу 200 мм, по верху 250 мм, на опорах ребро утолщается до 300 мм.

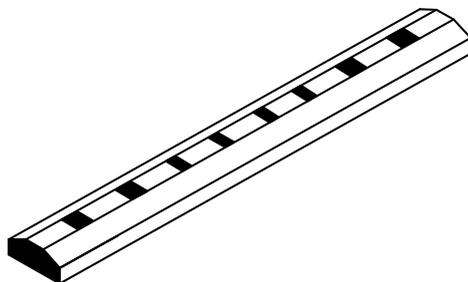


Рис. 1.30. Подкрановые балки

Для пролетов 12 м изготавливают балки из бетона классов В40; В50 двутаврового сечения высотой 1200 мм с шириной и толщиной верхней полки 650 и 160 мм соответственно, толщина стенки 140 мм, ширина нижней полки 340 мм. Для крепления подкрановых рельсов в полках балок предусмотрены отверстия с шагом 750 мм. Внутри отверстий помещают металлические трубки. Кроме того, в ребрах балок имеются отверстия для подвески кранового оборудования.

Стропильные и подстропильные фермы (рис. 1.31) по ГОСТ 20213–89 [26] предназначены для покрытий зданий пролетом 18 и 24 м. Стропильные фермы бывают двух видов; раскосные сегментные с верхним поясом ломаного

очертания и безраскосные с верхним поясом арочного очертания. Для пролетов 18 м общая высота фермы 2,74–3 м, длина 17,94 м, ширина поясов 240–300 мм. Для пролетов 24 м общая высота 3,3–3,4 м, длина 23,94 м и ширина поясов 240–350 мм. Подстропильные раскосные фермы применяют при шаге колонн 12 м, они имеют трапециевидные очертания и развитые по ширине пояса (550 мм) для опирания стропильных ферм длиной 11,95 м для зданий со скатной и плоской кровлей.

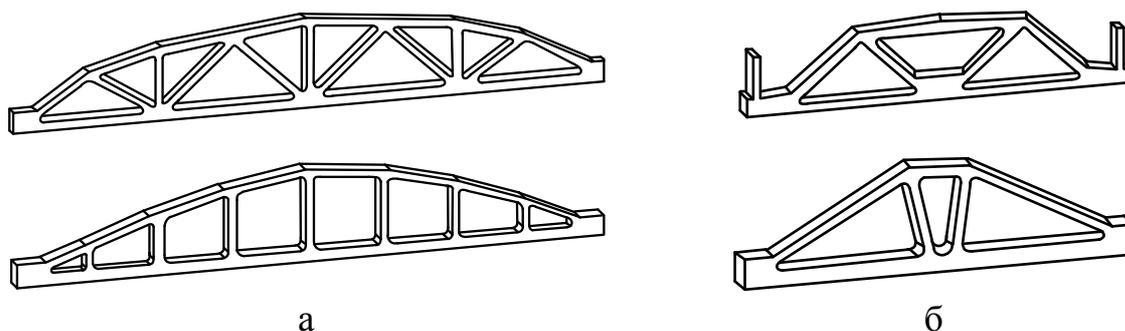


Рис. 1.31. Вид фермы: а – стропильная, б – подстропильная

Плиты покрытий ребристые (рис. 1.32, табл. П.21) по ГОСТ 28042–2013 [27] предназначены для перекрытий одноэтажных производственных зданий для скатных и плоских кровель. Типовые плиты производят 3×12 м, массой до 7,4 т и 3×6 м, массой до 2,7 т. К этим плитам производят в качестве доборных элементов плиты 1,5×12 и 1,5×6 м. Типовые плиты имеют П-образное сечение и состоят из системы продольных и поперечных ребер и монолитно связанной с ними плоской полкой толщиной 30 мм. Продольные ребра имеют высоту 300 и 450 мм соответственно для плит длиной 6 и 12 м, поперечные ребра имеют высоту 150 мм; их устраивают через 1–1,5 м.

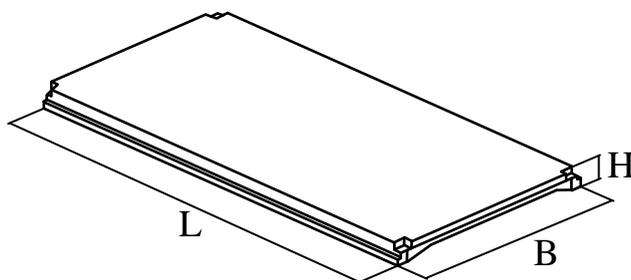


Рис. 1.32. Плиты покрытий ребристые

Условное обозначение: **2ПВ 6-6AIVт-4n**, где 2 – порядковый номер типоразмера; ПВ – плита с проемом в полке для пропуска вентиляционных шахт; 6 – длина плиты (м); 6 – несущая способность; AIV – напрягаемая арматура; т – вид

бетона (тяжелый); 4 – проем диаметром 400 мм; п – особые требования к проницаемости бетона.

Плиты покрытий размерами 3×18 и 3×24 м (рис. 1.33) по ГОСТ 28042–2013 [27], причем они могут быть двух типов: сводчатые плиты-оболочки типа КЖС (рис. 1.33, а) и плиты с малоуклонной плоской полкой типа П (рис. 1.33, б) Плиты КЖС имеют гладкую полку толщиной 30 мм, а продольные ребра – кессоны. В плитах типа П полка имеет ту же толщину 30 мм, но выполнена не гладкой, а разделена через 1–1,5 м поперечными ребрами. Продольные ребра П-образной плиты выполнены с кессонами.

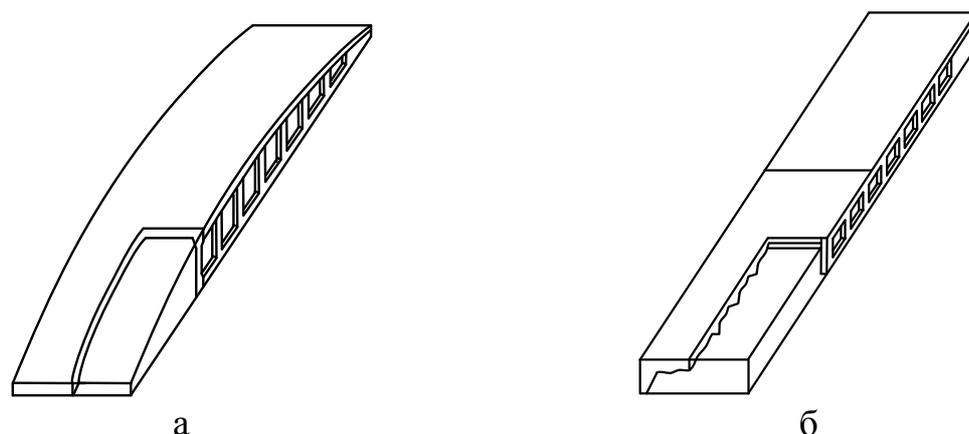


Рис. 1.33. Предварительно напряженные плиты на пролет размерами 3×18 и 3×24 м (для плит 3×24 м размеры даны в скобках): а – типа КЖС; б – типа П

Плиты перекрытий ребристые по ГОСТ 9561–91 [13] (рис. 1.34, табл. П.22) предназначены для перекрытий многоэтажных производственных зданий.

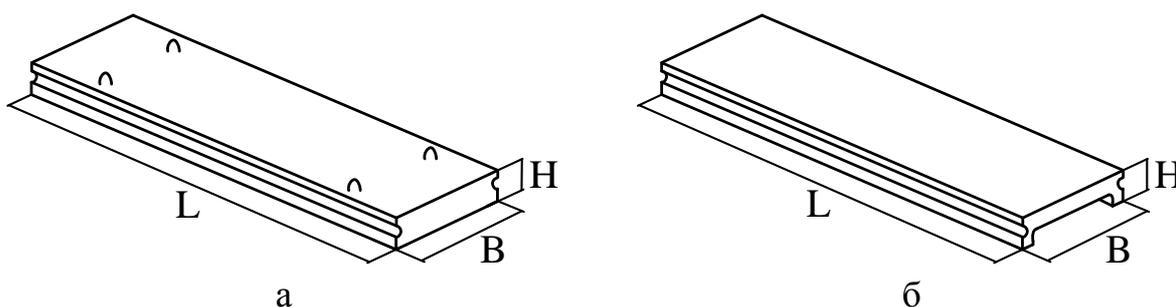


Рис. 1.34. Плиты перекрытий ребристые серии: а – ИИ 24–1/70; б – ИИ 24–2

Условное обозначение:

- **ИП 1–2–1**, где ИП – буквенное обозначение плиты; 1 – порядковый номер типоразмера; 2 – несущая способность; 1 – наличие закладных деталей;
- **П 5–6**, где П – буквенное обозначение плиты; 5 – порядковый номер типоразмера; 6 – несущая способность.

Прогоны (рис. 1.35, табл. П.23) по ГОСТ 26992–86 [29] предназначены для применения в строительстве общественных зданий и зданий административно–бытового назначения со стенами из кирпича и крупных блоков из местных материалов, возводимых в обычных условиях строительства при отсутствии агрессивной среды.

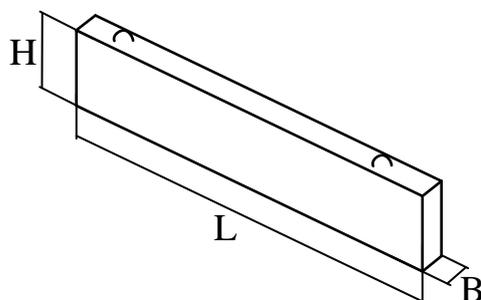


Рис. 1.35. Прогоны

Условное обозначение: **ПРГ 60.2.5–4Т**, где ПРГ – (тип) прогон прямоугольного сечения; 60 – длина (дм); 2 – ширина (дм); 5 – высота (дм); 4 – расчетная нагрузка (без учета собственной массы) 39,2 кН/м (4000 кгс/м); Т – тяжелый бетон.

Перемычки (рис. 1.36, табл. П.24) по ГОСТ 948–84 [28] всех типов предназначены для перекрытия проемов в стенах из кирпича, искусственных и природных камней высотой 65 и 88 мм зданий различного назначения, имеющих коэффициент надежности по значению $\gamma_n=0,95$ и возводимых в обычных условиях строительства.

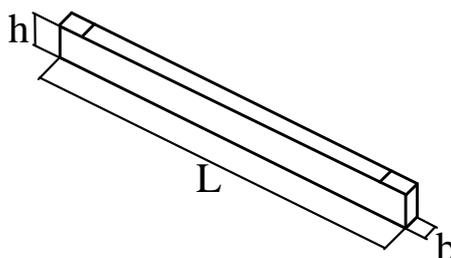


Рис. 1.36. Перемычки брусковые марки ПБ

Условное обозначение: **8ПБ 13–1–П**, где 8 – перемычка сечением 120x90 мм; ПБ – перемычка брусковая; 13 – длина (дм); 1 – расчетная нагрузка с учетом собственного веса 0,98 кН/м (100 кгс/м); П – наличие строповочных петель.

Панели стен по ГОСТ 31310–2005 [15] отапливаемых зданий с шагом колонн представляют собой однослойные плиты из легкого или ячеистого бетона длиной 6 м, шириной 0,9–1,8 м и толщиной 160–300 мм. В

неотапливаемых зданиях предусматривают плиты тех же размеров, толщиной 70 мм; при шаге колонн 12 м применяют панели в виде ребристых предварительно напряженных плит массой до 4,5 т, размерами 1,2×12, 1,8×12 и 2,4×12 м, с высотой продольных ребер до 300 мм, поперечных 130 мм и толщиной полки до 300 мм.

1.3. Изделия для транспортного строительства

Изделия для транспортного строительства следующие: 1) мостовые конструкции – пролетные строения, предварительно напряженные, из бетона класса не ниже В30, стойки опор мостов из бетона класса не ниже В25, морозостойкость бетона не менее F200; 2) плиты покрытий дорог и аэродромов изготавливают из бетона, аэродромные плиты предварительно напряженными, морозостойкостью не менее F100–F150 в зависимости от климатических условий; 3) шпалы и опоры контактной сети электрифицированных железных дорог, специфические изделия железнодорожного строительства.

1) *Мостовые балки трапецевидного сечения* (рис. 1.37, табл. П.25) по ТУ 35–1842–88 [30] под нагрузку А11 НК–80, А14 НК–80, А14 НК–102,8 применяются при реконструкции, ремонте и строительстве мостовых сооружений, несущая способность которых устанавливается в зависимости от длины пролета, количества балок в пролете и нагрузок; предназначены для эксплуатации во всех климатических районах с сейсмичностью до 9 баллов включительно.

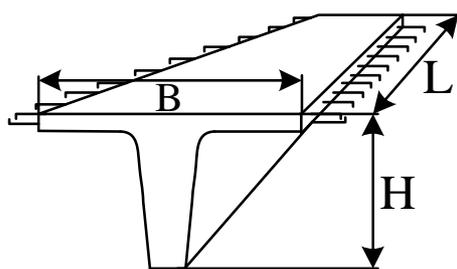


Рис. 1.37. Мостовые балки

Условное обозначение: **Б1200.174.93–Т**, где Б – балка мостовая; 1200 – длина (дм); 174 – ширина (дм); 93 – высота (дм); Т – тяжелый бетон.

Функциональное назначение *опоры мостов* (рис. 1.38) – передача на грунт основания вертикальных и горизонтальных нагрузок от веса пролетных строений, верхнего строения пути железнодорожных мостов или проезжей части автодорожных мостов, подвижного состава, ветра и др.

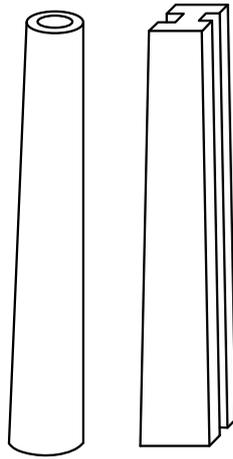


Рис. 1.38. Стойки опор мостов

По конструкции опоры могут быть классифицированы следующим образом: *массивные* опоры – каменные, бутобетонные, бетонные (монолитные, сборно–монолитные или сборные), в том числе с облицовкой из натурального камня или бетонных блоков; *свайные опоры* – конструкции, состоящие из одного или нескольких рядов свай, объединенных поверху ригелем, на который устанавливаются пролетные строения; *пустотелые* опоры, выполняемые из монолитного бетона или из замкнутых бетонных блоков преимущественно прямоугольного (реже круглого) сечения, устанавливаемых на фундамент любого типа и объединяемых поверху железобетонной плитой сплошного сечения; *комбинированные* опоры, имеющие нижнюю (цокольную) часть массивной конструкции и верхнюю часть стоечную (рамную) или пустотелую. Высота цокольной части определяется обычно возвышением уровня высокого ледохода над уровнем низкой межени (с некоторым запасом).

2) *Плиты для аэродромных покрытий* (рис. 1.39, табл. П.26) по ГОСТ 25912–2015 [31] – это предварительно напряженные железобетонные плиты, изготавливаемые из тяжелого бетона, предназначены для устройства сборных аэродромных покрытий, в том числе для нужд обороны страны.

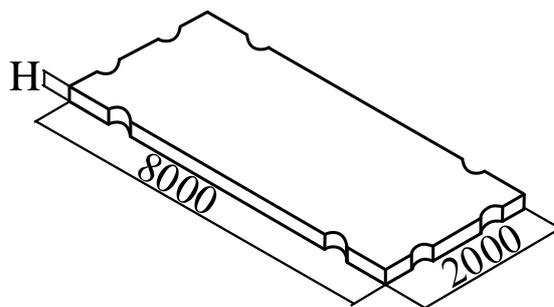


Рис. 1.39. Плиты для аэродромных покрытий и покрытия дорог

Условное обозначение: **ПАГ-14 IV**, где ПАГ – плита аэродромная гладкая; 140 – толщина (см); IV – класс напрягаемой арматуры.

Плиты для покрытий дорог (рис. 1.39, табл. П.25) по ТУ 35–871–89 [32] – это предварительно напряженные железобетонные плиты, предназначенные для устройства покрытий дорожных одежд автомобильных дорог в местах со сложными грунтово-гидрологическими и климатическими условиями.

Условное обозначение: **ПДН-АIV**, где ПДН – плиты дорожные напряженные; IV – класс напрягаемой арматуры.

Плиты тротуарные (рис. 1.40, табл. П.27) по ГОСТ 17608–91 [33] предназначены для устройства сборных покрытий, садово–парковых и пешеходных дорожек, тротуаров во внутриквартальных проездах, укладываемых на щебеночных и бетонных основаниях.

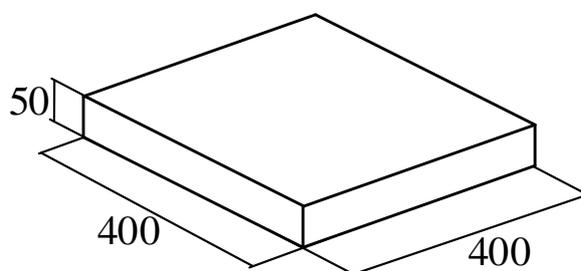


Рис. 1.40. Плиты тротуарные

Условное обозначение: **6К5**, где 6 – порядковый номер типоразмера; К – (тип) квадратная; 5 – толщина плиты (см).

Камни бортовые (рис. 1.41, табл. П.28) по ГОСТ 6665–91 [34] предназначены для отделения проезжей части улиц и дорог от тротуаров, газонов, площадок и т.п.

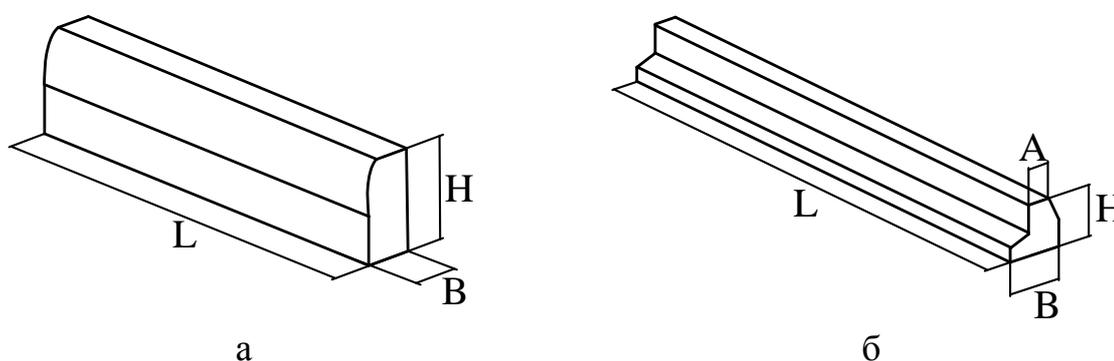


Рис. 1.41. Камни бортовые: а – прямые рядовые; б – прямые с уширением

Условное обозначение:

- **БР 100.30.15**, где БР – (тип) камни бортовые прямые рядовые; 100 – длина (см); 30 – высота (см); 15 – ширина (см).

- **БУ 300.30.29**, где БУ – (тип) камни бортовые прямые с уширением; 300 – длина (см); 30 – высота (см); 29 – ширина (см).

3) К шпалам железобетонным, предварительно напряженным, для железнодорожных путей (рис. 1.42, табл. П.29) относятся шпалы с рельсовой колеей шириной 1520 мм и рельсами типов Р75, Р65 и Р50, соответствующие ГОСТ 10629–88 [35].

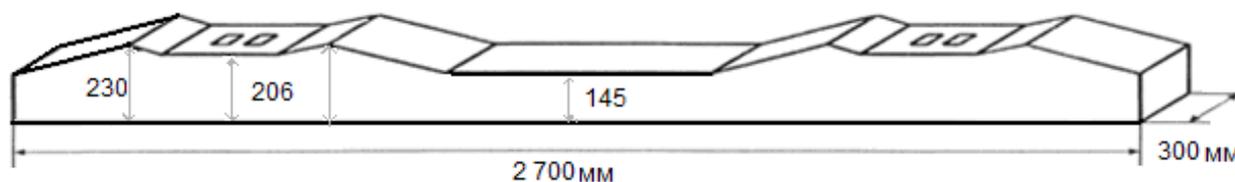


Рис. 1.42. Вид и основные размеры железобетонных шпал Ш1

Условное обозначение: **Ш1-1**, где Ш1 – тип шпалы, 1 – первого варианта исполнения подрельсовой площадки.

Шпалы в зависимости от типа рельсового крепления подразделяют: на Ш1 – для раздельного клеммно-болтового рельсового крепления (типа КБ) с болтовым креплением подкладки к шпале и Ш2 – для нераздельного клеммно-болтового рельсового крепления (типа БПУ) с болтовым прикреплением подкладки или рельса к шпале. Форма и размеры указаны в табл. П.29.

Железобетонные стойки (рис. 1.43) по ГОСТ 19330–99 [36] применяются в качестве основной несущей конструкции в опорах контактной сети, на любых электрифицированных железнодорожных участках, в том числе на скоростных. Опоры контактной сети электрифицированных железных дорог представляют собой вертикальную стойку высотой 9–15 м, к которой крепится консоль, служащая подвеской для провода. Сейчас применяют трубчатые, двутавровые и швеллерные опоры со сквозными и решетчатыми стенками.

Условное обозначение: **С1,85/10,1**, где С – сокращенное наименование (стойка); 1,85 – величина момента в тоннах на метр при образовании трещин в поперечном сечении на расстоянии 1,7 м от нижнего торца стойки; 10,1 – длина стойки (м).

Класс бетона опор не ниже В30, морозостойкость F100–F200 в зависимости от климатических условий. Для повышения долговечности и жесткости опоры изготавливают предварительно напряженными.

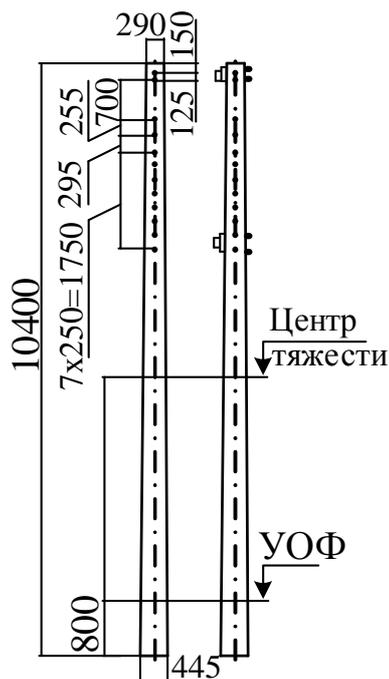


Рис. 1.43. Железобетонные стойки

1.4. Изделия гидротехнического строительства

Изделия гидротехнического строительства (рис. 1.44) – балки и балочные плиты перекрытий пролетов более 6 м между бычками и для образования водосливных поверхностей плотин, для шпунта свай, балок эстакад морских портов, фундаментные плиты, подпорные элементы речных набережных, некоторые сборные элементы гидротехнических и мелиоративных сооружений, например, дренажные блоки и трубы, блоки для волноломов и молов, изделия, применяемые в сетевых сооружениях мелиоративных систем и др.



Рис. 1.44. Изделия гидротехнического строительства

К бетону для гидротехнических сооружений предъявляются повышенные требования в отношении морозостойкости, водонепрони-

цаемости и водопоглощения, а к изделиям, подвергающимся воздействию потоков с большими скоростями, – истираемости [21].

1.5. Изделия общего назначения

К изделиям общего назначения относят трубы и другие инженерные коммуникации, ограды, стойки для опор линий электропередач.

Трубы железобетонные по своему назначению делят на безнапорные и напорные, предназначенные выдерживать определенное гидростатическое давление. Трубы безнапорные (рис. 1.45, табл. П.30) по ГОСТ 6482–2013 [37] предназначены для прокладки подземных трубопроводов, транспортирующих самотеком бытовые жидкости и атмосферные сточные воды и производственные жидкости не агрессивные к железобетону.

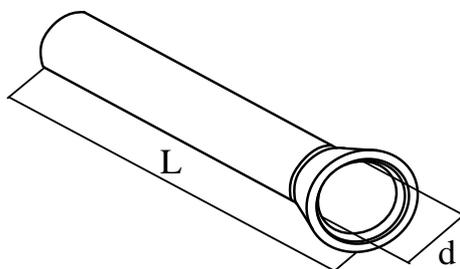


Рис. 1.45. Трубы безнапорные

Условное обозначение: ***T 60.50.3***, где ***T*** – труба цилиндрическая раструбная со стыковыми соединениями; ***60*** – диаметр условного прохода (см); ***50*** – полезная длина (дм); ***3*** – группа по несущей способности.

Трубы безнапорные изготавливают центрифугированием, вибрированием, прессованием. К бетону безнапорных труб предъявляют особые требования в отношении водонепроницаемости и коррозионной стойкости под действием сточных вод.

Лотки (рис. 1.46, табл. П.31) по ГОСТ 21509-76 [38] предназначены для прокладки трубопроводов различного назначения, электрокабелей и электрошин.

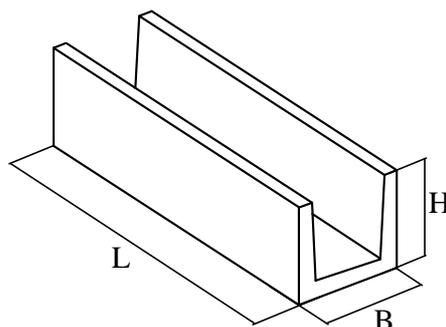


Рис. 1.46. Лотки

Условное обозначение: **Л 11-8**, где Л – лоток; 11 – порядковый номер изделия 8 – расчетная, равномерно распределенная вертикальная нагрузка.

Плиты перекрытия каналов (рис. 1.47, табл. П.32) серии 3.006.1-2/87 предназначены для перекрытия каналов, возводимых на посадочных грунтах и в сейсмических районах.

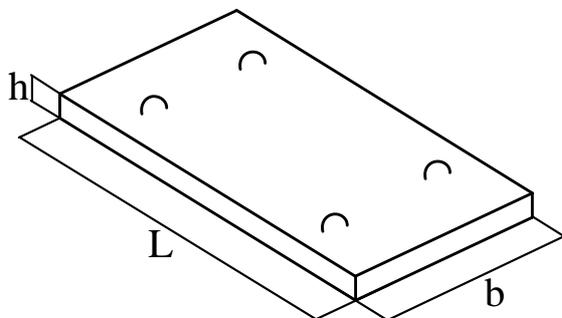


Рис. 1.47. Плиты перекрытия каналов

Условное обозначение: **П 8д-11**, где П – (тип) плиты перекрытия каналов; 8 – порядковый номер изделия; д – доборный элемент; 11 – величина вертикальной равномерно распределенной расчетной нагрузки ($\text{т}\cdot\text{с}/\text{м}^2$).

Стойки железобетонные вибрированные предварительно напряженные (рис. 1.48, табл. П.33) предназначены для опор воздушных линий электропередач и наружного освещения напряжением:

- 0,38 кВт стойки марок СВ 95-1; СВ 95-2 по ТУ 5863-004-00113557-94 [39];
- 0,38 и 6-20 кВт – СВ 105-1; СВ 105-2 по ТУ 5863-003-00113557-94 [40];
- 0,38 и 6-10 кВт – СВ 110-1; СВ 110-2; СВ 110-3 по ТУ 5863-002-00113557-94 [41].

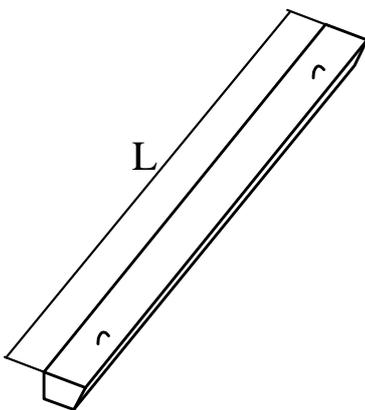


Рис. 1.48. Стойки железобетонные вибрированные предварительно напряженные

Условное обозначение: **СВ 95-1**, где СВ – стойки вибрированные 95 – длина стойки (дм); 1 – несущая способность стойки.

Изделия круглых колодцев (рис. 1.49, табл. П.34–П.35) по ГОСТ 8020–90 [42] предназначены для строительства водопроводных и канализационных колодцев.

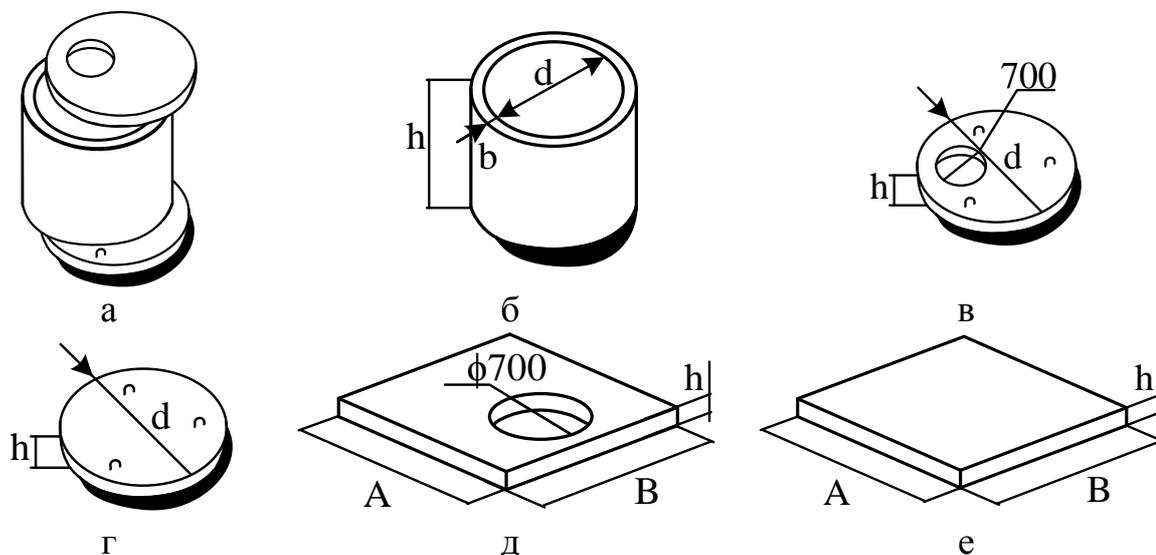


Рис. 1.49. Изделия круглых колодцев: а – общий вид; б – кольца; в – плиты перекрытий (круглые); г – плиты днища (круглые); д – плиты перекрытий; е – плиты днища

Условное обозначение: **КЦ 10–9**, где КЦ – кольцо стеновое; 10 – диаметр (дм); 9 – высота (дм).

Сборные железобетонные изделия довольно широко применяют для изготовления *элементов ограждений* (рис. 1.50–1.51, табл. П.36–1.37), используя бетон повышенной прочности (класса не ниже В25–В30) и морозостойкости (не менее F25). Изделия выпускают самого разнообразного профиля и рельефного рисунка на поверхности.

Фундаменты забора (рис. 1.50, табл. П.36) предназначены для возведения ограждений.

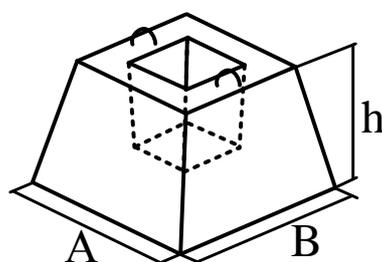


Рис. 1.50. Фундаменты забора

Условное обозначение: **ФЗ–10**, где ФЗ – фундамент забора; 10 – подошва размером 10x10 (дм).

Плита заборная (рис. 1.51, табл. П.37) предназначена для возведения ограждений.

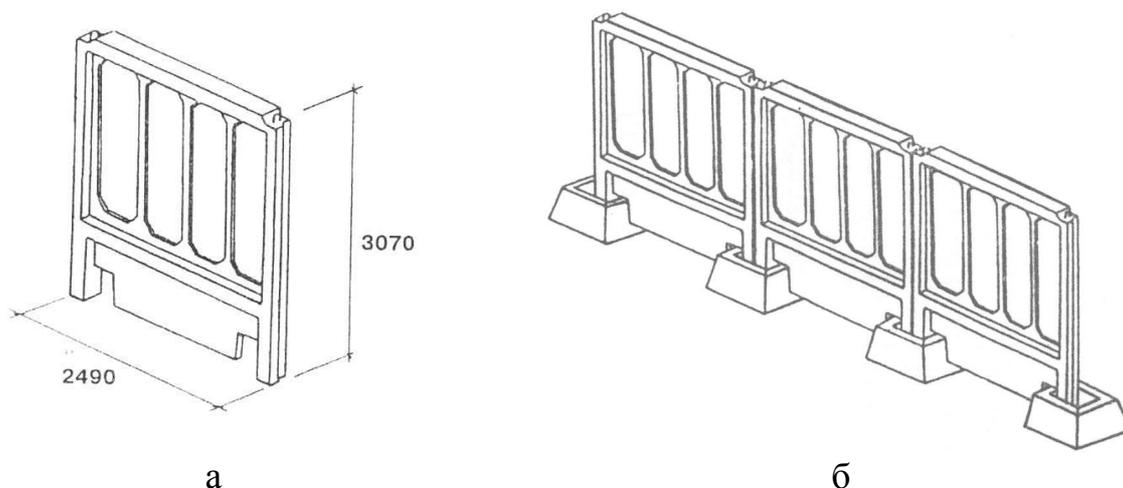


Рис. 1.51. Плита заборная: а – установка ограждения; б – вид забора

Условное обозначение: **З-З**, где **З** – наименование (забор); **З** – порядковый номер исполнения.

Гараж сборный крупнопанельный отдельно стоящий (рис. 1.52, табл. П.38) предназначен для стоянки автотранспорта и не только.

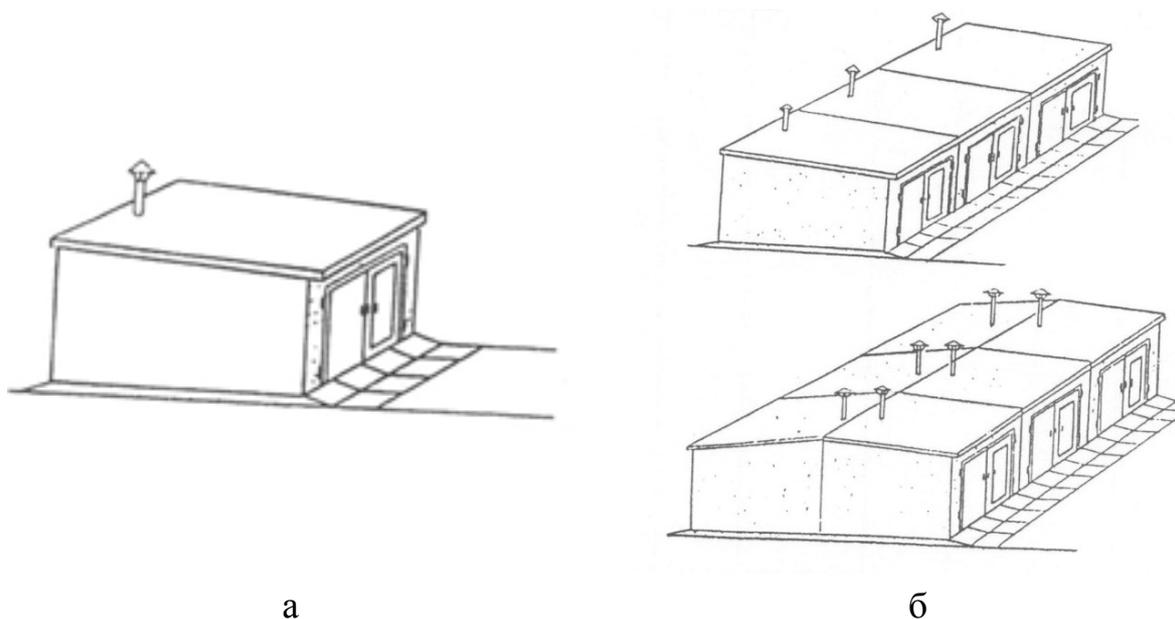


Рис. 1.52. Гараж сборный крупнопанельный отдельно стоящий: а – общий вид; б – варианты установки гаражей крупнопанельных отдельно стоящих при кооперативном строительстве

Условное обозначение: **ГМ-1.93**, где **Г** – наименование (гараж); **М** – размер (малый, большой); **1.93** – высота проема (м).

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные элементы нулевого цикла вы знаете?
2. Назовите виды изделий для многоэтажного строительства?
3. Что такое колонны и как они подразделяются по месту расположения?
4. Какие виды ригелей бывают и каковы их основные параметры?
5. Назовите номенклатуру лестничных маршей и их характеристику?
6. Какие плиты перекрытия вы знаете, назовите их основные характеристики?
7. Какие основные типы конструкций панелей наружных стен гражданских зданий вы знаете?
8. Какие объемные элементы бывают и в чем их особенности?
9. Назовите основные изделия для промышленных зданий и их характеристики.
10. Какой основной элемент сборных каркасов одноэтажных промышленных зданий?
11. Какие разновидности балок вы знаете, расскажите о них подробно?
12. Какие виды ферм бывают и в чем их особенности?
13. Какие виды изделий бывают для транспортного строительства?
14. Какое функциональное назначение у опоры мостов и что они из себя представляют?
15. Где применяются и в чем особенности железобетонных стоек?
16. Какие сборные элементы относятся к изделиям гидротехнического назначения?
17. Какие требования предъявляются к бетону для гидротехнических сооружений?
18. Что относится к изделиям общего назначения?
19. Как классифицируются и какие основные параметры железобетонных труб?
20. Назовите элементы ограждений и их особенности.

2. ВЫБОР СЫРЬЕВОЙ БАЗЫ

В качестве сырьевых компонентов для производства железобетонных изделий (ЖБИ) используют: портландцемент, крупный и мелкий заполнитель, модифицирующие добавки, затворитель и армирующие элементы.

2.1. Портландцемент

Для приготовления бетона наиболее широкое применение нашли портландцемент и его разновидности, которые можно получить, нормируя минералогический состав и вводя минеральные или органические добавки.

В соответствии с ГОСТ 31108–2003 [43] требования к физико-механическим свойствам приведены в табл. 2.1.

Таблица 2.1

Требования к физико-механическим свойствам цемента

Класс прочно-сти цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте				Начало схватывания, мин, не ранее	Равномерность изменения объема (расширение), мм, не более
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут			
			не менее	не более		
22,5Н	–	11	22,5	42,5	75	10
32,5Н	–	16	32,5	52,5		
32,5Б	10	–				
42,5Н	10	–	42,5	62,5	60	
42,5Б	20	–				
52,5Н	20	–	52,5	–	45	
52,5Б	30	–				

По вещественному составу, приведенному в табл. 2.2, цементы подразделяют на пять типов:

- ЦЕМ I – портландцемент;
- ЦЕМ II – портландцемент с минеральными добавками;
- ЦЕМ III – шлакопортландцемент;
- ЦЕМ IV – пуццолановый цемент;
- ЦЕМ V – композиционный цемент.

По содержанию портландцементного клинкера и добавок цементы типов ЦЕМ II– ЦЕМ V подразделяют на подтипы А и В.

По прочности на сжатие в возрасте 28 сут цементы подразделяют на классы: 22,5; 32,5; 42,5; 52,5. По прочности на сжатие в возрасте 2 (7) сут (скорости твердения) каждый класс цемента, кроме класса 22,5, подразделяют на два подкласса: Н (нормальнотвердеющий) и Б (быстротвердеющий).

Таблица 2.2

Вещественный состав цемента

Тип цемента	Наименование цемента	Сокращенное обозначение цемента	Вещественный состав цемента, % массы*							
			Основные компоненты							Вспомогательные компоненты
			Портландцементный клинкер Кл	Доменный или электротермофосфорный гранулированный шлак Ш	Пуццолана П	Зола-уноса З	Глиеж или обожженный сланец Г	Микрокремнезем МК	Известняк И	
ЦЕМ I	Портландцемент	ЦЕМ I	95–100	–	–	–	–	–	–	0–5
ЦЕМ II	Портландцемент с минеральными добавками**: шлаком,	ЦЕМ II/A–Ш	80–94	6–20	–	–	–	–	–	0–5
		ЦЕМ II/B–Ш	65–79	21–35	–	–	–	–	–	0–5
	пуццоланой,	ЦЕМ II/A–П	80–94	–	6–20	–	–	–	–	0–5
	золы–ун □□□,	ЦЕМ II/A–З	80–94	–	–	6–20	–	–	–	0–5
	глиежем или обожженным сланцем,	ЦЕМ II/A–Г	80–94	–	–	–	6–20	–	–	0–5
	микрокремнеземом,	ЦЕМ II/A–МК	90–94	–	–	–	–	6–10	–	0–5
	известняком	ЦЕМ II/A–И	80–94	–	–	–	–	–	6–20	0–5
	композиционный портландцемент***	ЦЕМ II/A–К	80–94	6–20						0–5
ЦЕМ III	Шлакопортландцемент	ЦЕМ III/□	35–64	36–65	–	–	–	–	–	0–5
ЦЕМ IV	Пуццолановый цемент***	ЦЕМ IV/□	65–79	–	21–35				–	0–5
ЦЕМ V	Композиционный цемент***	ЦЕМ V/□	40–78	11–30	11–30	–	–	–	–	0–5

* Значения относятся к сумме основных и вспомогательных компонентов цемента, кроме гипса, принятой за 100 %.

** В наименовании цементов типа ЦЕМ II (кроме композиционного портландцемента) вместо слов «с минеральными добавками» указывают наименование минеральных добавок – основных компонентов.

*** Обозначение вида минеральных добавок – основных компонентов должно быть указано в наименовании цемента.

Примечание. В таблице приведен вещественный состав портландцемента со шлаком подтипов А и В; для остальных цементов типа ЦЕМ II и цементов типов ЦЕМ III – ЦЕМ V приведен вещественный состав подтипа А.

Примеры условных обозначений:

Портландцемент класса 42,5 быстротвердеющий: ЦЕМ I 42,5Б.

Портландцемент со шлаком (Ш) от 21 % до 35 %, класса прочности 32,5, нормальнотвердеющий: ЦЕМII/В–III 32,5Н.

Требования к химическим показателям цемента указаны в табл. 2.3.

Таблица 2.3

Требования к химическим показателям цемента

Наименование показателя	Тип цемента	Класс прочности цемента	Значение показателя
Потеря массы при прокаливании, не более	ЦЕМ I ЦЕМ III	Все классы	5,0
Нерастворимый остаток, не более	ЦЕМ I ЦЕМ III	Все классы	5,0
Содержание оксида серы (VI) SO ₃ , не более	ЦЕМ I ЦЕМ II ЦЕМ IV ЦЕМ V	22,5Н 32,5Н 32,5Б 42,5Н	3,5
		42,5В 52,5Н 52,5Б	
	ЦЕМ III	Все классы	
Содержание хлорид–иона Cl ⁻ , не более	Все типы*	То же	0,10**

* В цементе типа ЦЕМ III содержание хлорид–иона Cl⁻ может быть более 0,10 %, но в этом случае оно должно быть указано на упаковке и в документе о качестве.

** В отдельных случаях по специальным требованиям в цементах для преднапряженного бетона может быть установлено более низкое значение максимального содержания хлорид–иона Cl⁻.

Пуццолановый портландцемент (ГОСТ 31108–2003 [43]) применяют для бетонирования конструкций, работающих во влажной среде, – это фундаменты зданий, подземные и подводные сооружения. Бетон на пуццолановом цементе обладает пониженной морозостойкостью, в связи с чем не рекомендуется его использование в конструкциях, подвергающихся попеременному увлажнению и замораживанию.

Из-за связывания большей части свободного гидроксида кальция хорошо затвердевший пуццолановый портландцемент не выщелачивается пресной водой и не разрушается под действием морских и других минерализованных вод. Применять пуццолановый портландцемент целесообразно в тех случаях, когда необходима повышенная физико-химическая стойкость бетона и обеспечено его твердение во влажной среде [44].

Кроме того, в железобетонных конструкциях используются *сульфатостойкие цементы* (ГОСТ 22266–2013 [45]), предназначенные для бетонных и железобетонных конструкций, эксплуатируемых в условиях переменного уровня воды, а также сооружений, которые подвергаются агрессивному воздействию сульфатных вод при одновременном многократном замерзании и оттаивании или многократном увлажнении и высыхании.

По вещественному составу сульфатостойкие цементы подразделяют:

- ЦЕМ I СС – сульфатостойкий портландцемент;
- ЦЕМ II/A СС и ЦЕМ II/B СС – сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками;
- ЦЕМ III/A СС – сульфатостойкий шлакопортландцемент.

Классификация сульфатостойких цемента и разрешенные к применению добавки – основные компоненты цемента указаны в табл. 2.4.

Таблица 2.4

Сульфатостойкие цементы с разрешенными к применению добавками

Наименование цемента	Тип цемента	Применяемые классы и подклассы прочности	Разрешенные минеральные добавки – основные компоненты
Сульфатостойкий портландцемент	ЦЕМ I СС	32,5Н; 32,5Б; 42,5Н; 42,5Б	Не допускаются
Сульфатостойкий портландцемент с минеральными добавками	ЦЕМ II/A–III СС ЦЕМ II/B–III СС	32,5Н; 32,5Б; 42,5Н	Доменный гранулированный шлак
	ЦЕМ II/A–II СС		Пуццолана
	ЦЕМ II/A–К(Ш–П) СС ЦЕМ II/A–К (Ш–П, МК) СС		Смесь шлака с пуццоланой или микрокремнеземом
Сульфатостойкий шлакопортландцемент	ЦЕМ III/A СС	32,5Н; 32,5Б; 42,5Н	Доменный гранулированный шлак

Пример условного обозначения:

Сульфатостойкий портландцемент класса прочности 42,5 быстротвердеющий: ЦЕМ I 42,5Б СС ГОСТ 22266–2013 [45].

Клинкер, применяемый при производстве цемента, по химическому и расчетному минералогическому составу должен соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.5.

Таблица 2.5

Минералогический состав клинкера для сульфатостойкого цемента, %

Наименование показателя	Тип цемента		
	ЦЕМ I СС	ЦЕМ II/A–III СС ЦЕМ II/B–III СС ЦЕМ II/A–II СС ЦЕМ II/A–K СС	ЦЕМ III/A СС
Трехкальциевый алюминат ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$), не более	3,5	5,0	7,0
Сумма трехкальциевого алюмината ($3\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3$) и четырехкальциевого алюмоферрита ($4\text{CaO}\cdot\text{Al}_2\text{O}_3\cdot\text{Fe}_2\text{O}_3$), не более	Не нормируется	Не нормируется	22,0
Оксид алюминия (Al_2O_3), не более	5,0	5,0	Не нормируется
Оксид магния (MgO), не более	5,0	5,0	5,0

Цемент по химическому составу должен соответствовать требованиям, приведенным в табл. 2.6.

Таблица 2.6

Химический состав сульфатостойкого портландцемента, %

Наименование показателя	Тип сульфатостойких цементов			
	ЦЕМ I СС классов и подклассов прочности 32,5Н; 32,5Б; 42,5Н;	ЦЕМ I СС класса и подкласса прочности 42,5Б	ЦЕМ II/A–III СС ЦЕМ II/B–III СС ЦЕМ II/A–II СС ЦЕМ II/A–K СС всех классов и подклассов прочности	ЦЕМ III/A СС всех классов и подклассов прочности
Потери при прокаливании (ППП), не более	3,0	3,0	5,0	Не нормируется
Не растворимый остаток (НО), не более	3,0	3,0	3,0	Не нормируется
Оксид серы SO_3 , не более	2,7	3,0	3,0	3,5
Ион хлора Cl^- , не более	0,1	0,1	0,1	0,1
Щелочные оксиды R_2O в пересчете на Na_2O	0,6*	0,6*	0,6*	Не нормируется

*Требования по содержанию в цементе щелочных оксидов применяют по соглашению между поставщиком и потребителем.

Предел прочности цементов при сжатии должен быть не менее величин, указанных в табл. 2.7.

Таблица 2.7

Предел прочности на сжатие цементов

Класс и подкласс прочности цемента	Прочность на сжатие, МПа, в возрасте			
	2 сут, не менее	7 сут, не менее	28 сут	
			не менее	не более
22,5Н	–	22	22,5	42,5
32,5Н	–	26	32,5	52,5
32,5Б	10	–		
42,5Н	10	–	42,5	62,5
42,5Б	20	–		
52,5Н	20	–	52,5	–
52,5Б	30	–		

По срокам схватывания сульфатостойкие цементы должны соответствовать требованиям ГОСТ 31108–2003 [43] для соответствующих классов и подклассов прочности.

В настоящее время номенклатура цементов, которые могут придать бетону особые свойства, очень расширилась. Специальные цементы открывают широкие возможности их применения в строительном бетоне.

Напрягающий цемент целесообразно применять для изготовления самонапряженных железобетонных труб, панелей для покрытий дорог и аэродромов, тоннелей и водопроводов большого диаметра и других подобных конструкций вследствие его быстрого схватывания (начало схватывания 2 минуты, конец схватывания 6 минут), применения специальных режимов твердения, обеспечивающих расширение цемента лишь после достижения бетоном прочности, необходимой для заанкеривания арматуры.

Расширяющиеся или безусадочные цементы применяют для приготовления водонепроницаемых бетонов, в производстве сборных железобетонных изделий, что позволяет сократить время тепловой обработки до 4–6 ч, для гидроизоляции сооружений, заделки стыков сборных конструкций и труб, зачеканки швов между тубингами в туннелях метрополитенов и др., а также стволов шахт, для восстановления сооружений, заливки отверстий анкерных болтов и зазоров между станинами машин и фундаментами и т. п.

В состав расширяющегося и безусадочного цемента кроме глиноземистого цемента (не менее 82–85 %) обычно входит известь и гипс; эти цементы быстро схватываются (1–10 мин), быстро твердеют, приобретают высокую прочность (прочность цементного камня при сжатии через 6 ч 75–125 кг/см², через 3 суток 250–300 кг/см², через 28 суток 300–500 кг/см²) и водонепроницаемость под давлением 0,5 МПа даже в тонких образцах, толщиной всего 32 мм.

Смешанные цементы с повышенным содержанием минеральных порошков из местного каменного сырья или вторичных техногенных продуктов, например золы и др., используются в производстве бетонных блоков и бетонов низкой и средней прочности, для изготовления сборных и монолитных железобетонных конструкций, для гидротехнических сооружений, в дорожном строительстве.

2.2.1. Характеристика портландцемента различных производителей

Для производства ЖБИ на большинстве заводов в качестве вяжущего материала применяют портландцементы следующих поставщиков: *Холдинг «Евроцемент групп»: ОАО «Мордовцемент», ЗАО «Осколцемент», ЗАО «Белгородский цемент»; группа LafargeHolcim (Россия): ОАО «Холсим (Рус) СМ»; группа Dyckerhoff: ОАО «Сухоложскцемент»; ОАО «Холдинговая компания «Сибирский цемент»; ООО «Топкинский цемент», рассмотрим их подробнее.*

Портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Б *ОАО «Мордовцемент» (Холдинг «Евроцемент групп»)* применяется при производстве ответственных бетонных и железобетонных конструкций в промышленном строительстве, где предъявляются высокие требования к водостойкости, морозостойкости и долговечности.

ОАО «Мордовцемент» выпускает следующие виды цемента, качественные показатели которых приведены в табл. П.39:

- ЦЕМ I 42,5Б, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ I 42,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ССПЦ 400–Д20, ГОСТ 22266–2013 [45].

Цемент ОАО «Мордовцемент» (Холдинг «Евроцемент групп») применяли в плотинах целого каскада гидроэлектростанций на Волге и Каме, в гидросооружениях ирригационных систем республик Средней Азии, портов

Мурманска, Таллинна, Находки, Архангельска; в строительстве Нижегородского метрополитена, Волжского и Камского автогигантов, Череповецкого металлургического комбината, Чебоксарского завода промышленных тракторов и многих других предприятий и жилищно-бытовых объектов на всей территории СНГ.

Портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н ЗАО «Осколцемент» (Холдинг «Евроцемент груп») имеет водоотделение в бетонных смесях значительное, часто до 5 см, что ведет к снижению прочностных характеристик бетонных конструкций, шелушению бетонной поверхности, дополнительным трудозатратам по доводке бетонной поверхности. Показатели качества портландцемента ЦЕМ I 42.5 Н представлены в табл. П.39.

Основными выпускаемыми ЗАО «Осколцемент» видами цемента являются (табл. П.39):

- ЦЕМ I 42,5Б, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ I 42,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43].

На цементе завода ЗАО «Осколцемент» (Холдинг «Евроцемент груп») построены космодром Байконур, Нововоронежская, Курская и Калининская АЭС, спортивные сооружения Олимпиады–80 в Москве, взлетно-посадочная полоса аэропорта «Пулково», комплексы «Москва-Сити» и другие здания и сооружения в Москве, Санкт-Петербурге, Калининграде, Самаре, Ростове-на-Дону, Сочи и ряде других городов РФ.

Цемент предприятия ЗАО «Белгородский цемент» (Холдинг «Евроцемент груп») пользуется широкой известностью среди потребителей строительного комплекса Москвы, Московской, Белгородской, Курской, Орловской областей и других регионов России.

В ассортименте ЗАО «Белгородский цемент» выбраны и рассмотрены следующие виды цемента (табл. П.39):

- ЦЕМ I 42,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ II/A–III 32,5Б, ГОСТ 31108–2003 [43].

Цемент «Белгородского цемента» (Холдинг «Евроцемент груп») использовался при строительстве многих важных объектов в России и за рубежом: жилья и инфраструктуры в Белгороде, телебашни Останкино, крупнейших ГЭС, Московского метрополитена, Асуанской плотины в Египте, ряда аэродромов, мостов и многих других объектов.

Портландцемент *ОАО «Холсим (Рус) СМ» (группа LafargeHolcim (Россия))* обладает высокими качественными характеристиками, позволяющими использовать его для изготовления бетонных и железобетонных монолитных конструкций, сборного железобетона, а также применять во всех видах гражданского и промышленного строительства.

В *ОАО «Холсим (Рус) СМ»* рассмотрим следующие типы общестроительного цемента (табл. П.39):

- ЦЕМ I 42,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ II/A–К(Ш–И) 42,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ II/B–Ш 32,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43].

Портландцемент *ОАО «Холсим (Рус) СМ» (группа LafargeHolcim (Россия))* рекомендован для особых строителств при исполнении проектов повышенной сложности. Применяется для бетонирования нагруженных стен, колонн и перекрытий, а также для клеевых, кладочных и ремонтных растворов с завышенной крепостью сцепления.

На протяжении последних лет качество цемента *ОАО «Сухоложскцемент» (группа Dyckerhoff)* является приоритетным направлением в работе предприятия. Контроль над качеством цемента осуществляется с помощью функционирующей на предприятии системы менеджмента. Благодаря работе, проводимой в рамках системы, и лаборатории, оснащенной самым современным оборудованием, удается выпускать цемент, соответствующий самым высоким мировым стандартам.

Виды цемента, выпускаемые заводом *ОАО «Сухоложскцемент»*, рассмотрены следующие (табл. П.39):

- ЦЕМ I 42,5Б, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ II/A–Ш 32,5Б, ГОСТ 31108–2003 [43].

Цементы *ОАО «Сухоложскцемент» (группа Dyckerhoff)* применяются для изготовления бетонных и железобетонных, сборных или монолитных конструкций и элементов при высоких требованиях к прочности в марочном возрасте.

Переоснащение производства *ООО «Топкинский цемент» (ОАО «Холдингвая компания «Сибирский цемент»)*, использование новейшей техники, постоянное обучение персонала – реализация этих принципов позволяет продукции завода получать самые высокие оценки ведущих экспертов отрасли.

Производимые ООО «Топкинский цемент» общестроительные цементы следующие (табл. П.39):

- ЦЕМ I 42,5Б, ГОСТ 31108–2003 [43];
- ЦЕМ II/В–III 32,5Н, ГОСТ 31108–2003 [43].

Области применения цементов ООО «Топкинский цемент» (ОАО «Холдинговая компания «Сибирский цемент»): при производстве ответственных бетонных и железобетонных конструкций в промышленном строительстве, где предъявляются высокие требования к водостойкости, морозостойкости и долговечности (железобетонные шпалы, мостовые конструкции, стойки опор высоковольтных линий электропередач, контактная сеть железнодорожного транспорта и освещения); при проведении аварийных ремонтных и восстановительных работ.

2.2. Заполнители

Заполнители – это природные или искусственные материалы определенного зернового состава, которые в рационально составленной смеси с портландцементом и водой образуют бетон. К заполнителям для бетона предъявляют требования, учитывающие особенности влияния заполнителя на свойства бетона.

Заполнители занимают в бетоне до 80 % объема и оказывают влияние на свойства бетона, его долговечность и стоимость. Введение в бетон заполнителей позволяет резко сократить расход цемента, являющегося наиболее дорогим и дефицитным компонентом. Кроме того, заполнители улучшают технические свойства бетона. Жесткий скелет из высокопрочного заполнителя несколько увеличивает прочность и модуль деформации бетона, уменьшает деформации конструкций под нагрузкой, а также ползучесть бетона – необратимые деформации, возникающие при длительном действии нагрузки. Заполнитель уменьшает усадку бетона, способствуя получению более долговечного материала.

В составе бетонной смеси используется крупный и мелкий заполнитель. Мелкий заполняет пустоты между крупным, слой вяжущего вещества становится тоньше, а материал – прочнее. Крупный заполнитель (с размерами 5–70 (80) мм) подразделяют на щебень, гравий, габбро-диабаз и др. Мелким заполнителем в бетоне является естественный или искусственный песок, гранитная крошка с размерами зерен 0,16–5 мм. В растворе бетона песок

выполняет роль заполнителя, который снижает вредное влияние деформации цементного камня, а также обеспечивает прочность бетона на сдвиг.

С помощью песка равномерно и плотно заполняются пустоты между крупными зернами щебня, ведь чем меньше количество пустот в растворе бетона, тем выше его качество, и тем долговечнее будет изделие из него.

Щебень – это материал с зернами крупностью свыше 5 мм, полученный в результате дробления камней из горных пород. Его в зависимости от требуемой прочности бетона изготавливают как из прочных, так и слабых естественных пород, а также кирпича и доменных шлаков. Щебень из твердых пород имеет угловатую форму и малую засоренность. Для приготовления бетона лучше всего использовать щебень, близкий по форме к кубу или тетраэдру.

Наибольшее применение в изготовлении тяжелого бетона получил щебень, соответствующий требованиям ГОСТ 8267–93 [46], причиной тому являются достаточно высокие эксплуатационные характеристики, которыми обладает щебень. К примеру, прочность материала такого типа может достигать 100 МПа и даже более высокого показателя.

Марки по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород должны соответствовать требованиям, указанным в табл. 2.8, а марки по дробимости щебня из изверженных пород – в табл. 2.9.

Таблица 2.8

Требования к дробимости щебня из метаморфических пород

Марка по дробимости щебня из осадочных и метаморфических пород	Потеря массы при испытании щебня, %	
	в сухом состоянии	в насыщенном водной состоянии
1200	До 11 включ.	До 11 включ.
1000	Свыше 11 до 13	Свыше 11 до 13
800	» 13 » 15	» 13 » 15
600	» 15 » 19	» 15 » 20
400	» 19 » 24	» 20 » 28
300	» 24 » 28	» 28 » 38
200	» 28 » 35	» 38 » 54

По ГОСТ 8267–93 [46] предел прочности горной породы, используемой для производства щебня, должен быть выше заданного предела прочности бетона: не менее чем в 1,5 раза – для бетона с пределом прочности ниже

30 МПа; не менее чем в 2 раза – для бетона с пределом прочности 30 МПа и выше.

Таблица 2.9

Требования к дробимости щебня из изверженных пород

Марка по дробимости щебня из изверженных пород	Потери массы при испытании щебня, %	
	из интрузивных пород	из эффузивных пород
1400	До 12 включ.	До 9 включ.
1200	Свыше 12 до 16	Свыше 9 до 11
1000	» 16 » 20	» 11 » 13
800	» 20 » 25	» 13 » 15
600	» 25 » 34	» 15 » 20

Щебень из изверженных горных пород, применяемый в качестве заполнителя для тяжелого бетона, должен иметь марку, соответствующую пределу прочности породы не ниже 80 МПа, из метаморфических пород – не ниже 60 МПа, из осадочных – не ниже 30 МПа.

Для гидротехнического бетона зоны переменного уровня воды должен применяться щебень из пород, предел прочности которых превышает предел прочности бетона не менее чем в 3 раза (для изверженных и метаморфических пород) или в 2,5 (для осадочных).

Содержание зерен слабых пород в щебне для бетона не более 5 %. Массовая доля отмучиваемых примесей в щебне из изверженных и метаморфических пород не должна превышать 1 %, а в щебне из осадочных пород в ряде случаев (в зависимости от марки бетона и вида конструкций) – 2 %.

Различают три основных вида щебня – известняковый щебень, гранитный и гравийный щебень:

Щебень известняковый (рис. 2.1) – это натуральный материал, который получается после дробления горных и скальных пород и последующего просеивания полученного материала через различные сита. Этот вид щебня, ценится за особую прочность и легкость в обработке.



Рис. 2.1. Щебень известняковый

Известняковый щебень, применяемый для производства ЖБИ, делится на фракции 5–20 и 20–40 мм.

Известняковый щебень экологически чистый и обладает редкими физико-механическими характеристиками, например, известен высокой ударостойкостью и устойчивостью к температурным перепадам.

Марка прочности известнякового щебня от 400 до 800 (прочность М800 присуща доломитовой породе). Он бывает белого цвета или в зависимости от примесей (глины, кварца, окиси железа и др.) желтоватого, серого, красноватого, бурого и др.

Гранитный щебень (рис. 2.2) – щебень из твердой горной породы с крупной зернистостью. Щебень должен соответствовать требованиям ГОСТ 8267–93 [46]. Его марки прочности М1200 и М1400, этот щебень считается высокопрочным (содержание зерен слабых горных пород не выше 5 %).



Рис. 2.2. Гранитный щебень

Гранитный щебень применяют для изготовления высокопрочного бетона. Распространен гранитный щебень фракции 5–20 или 5–15 мм, применяется в производстве железобетонных конструкций. Щебень фракций 20–40 мм, 20–65 мм, 25–60 мм, 40–70 мм используют в строительстве зданий – для фундамента.

Гравийный щебень (рис. 2.3) – это материал, состоящий из твердых горных пород, получаемый путем просеивания и дробления карьерной породы. Имеет низкий радиоактивный фон и повышенную устойчивость к механическим повреждениям, применяется как заполнитель при производстве бетона и ЖБИ, изготовлении железобетонных блоков и железнодорожных шпал, плит перекрытия и мостов [44].

Гравийный щебень делится по своему размеру на фракции: 3/10, 10/20, 20/40, 40/70. Другие фракции щебня встречаются значительно реже. Наиболее

распространен щебень смеси фракций 5/10 и 10/20. Его марка прочности от М800 до М1000.



Рис. 2.3. Гравийный щебень

Габбро-диабаз – плотная, прочная, однородная горная порода, равномерно окрашенная в чёрный цвет (рис. 2.4). Он имеет кубовидную форму щебня, что уменьшает процент трещин; лучше утрамбовывается, что снижает количество связующего материала и самого щебня, за счет чего происходит увеличение морозостойкости.



Рис. 2.4. Габбро-диабаз

Габбро-диабаз используют для производства некоторых ЖБИ, в частности для трехслойных стеновых панелей.

Физико-механические свойства габбро-диабазов (Карельских):

- плотность 3,07 г/см³;
- предел прочности при сжатии 311 МПа;
- водопоглощение 0,1 %;
- морозостойкость 100 циклов;
- истираемость 0,07 г/см²;
- радиоактивность до 300 беккерелей/кг [47].

Керамзит – это пористый материал, получаемый путем термического вспучивания глины. Он обладает низкими прочностными характеристиками и низкой теплопроводностью. Данный материал широко используется в производстве железобетонных изделий, так как позволяет значительно повысить термостойкость изделия за счет пор. Но его применение ограничено

тем, что он обладает низкой прочностью и значительно снижает прочность изготавливаемого изделия.

Гравий – рыхлая крупнообломочная (псефитовая) осадочная горная порода, сложенная окатанными обломками пород (иногда содержит обломки минералов размером 1–10 мм), образовавшихся в результате естественного разрушения (выветривания) твёрдых горных пород.

Для приготовления бетонных смесей используют гравий марки по насыпной плотности 600, 700, 800 кг/м³ и др., фракции от 5 до 10 мм. Марка крупного пористого заполнителя по прочности должна соответствовать требованиям табл. 2.10.

Таблица 2.10

Марки гравия по прочности

Класс бетона по прочности на сжатие	Минимальная марка гравия по прочности
B7,5	П50
B10	П75
B12,5	П100
B15	П125
B20	П150
B22,5	П200
B25	П250

Гравий не должен содержать посторонних засоряющих примесей. В гравии, применяемом в качестве заполнителя для армированных бетонов, содержание водорастворимых сернистых и сернокислых соединений в пересчете на SO₃ не должно превышать 1 % по массе. Теплопроводность 0,93 Вт/(м·К).

Для легкого бетона в качестве крупного заполнителя применяют *керамзитовый гравий*, отвечающий требованиям ГОСТ 9757–90 [48].

Отличительные особенности щебня от гравия:

- 1) щебень чище гравия, обычно он не содержит органических примесей;
- 2) щебень получают в процессе дробления горных пород до нужной фракции; а гравий образуется при естественном разрушении горных пород;
- 3) щебень имеет остроугольную форму с шероховатой поверхностью, а гравий обладает округлой формой и более гладкой поверхностью;
- 4) фракционные размеры гравия меньше размеров щебня.

Как правило, в качестве мелкого заполнителя в бетонах применяют *песок*, который может быть природным или искусственным. Природный песок должен соответствовать требованиям ГОСТ 8736–2014 [49].

Природный песок (рис. 2.5) представляет собой образовавшуюся в результате выветривания горных пород рыхлую смесь зерен (крупность 0,14–5 мм) различных минералов, входящих в состав изверженных (реже осадочных) горных пород.



Рис. 2.5. Природный песок

В зависимости от зернового состава песок подразделяют на группы по крупности:

I класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний и мелкий;

II класс – очень крупный (песок из отсевов дробления), повышенной крупности, крупный, средний, мелкий, очень мелкий, тонкий и очень тонкий.

Каждую группу песка характеризуют значением модуля крупности (показатель крупности зерен в песке), содержанием зерен крупностью свыше 10,5 и менее 0,16 мм и полным остатком песка на сите № 063. Эти показатели не должны превышать значений, указанных в табл. 2.11.

Для приготовления тяжелого бетона рекомендуются крупные и средние пески с модулем крупности 2–3,5. Использовать для бетона мелкие и очень мелкие пески допускается только после технико-экономического обоснования целесообразности их применения.

Песок для бетона должен состоять из зерен различного размера, чтобы его межзерновая пустотность была минимальной; чем меньше объем пустот в песке, тем меньше требуется цемента для получения плотного бетона. В песке допускается не более 5 % зерен размером от 5 до 10 мм. Наличие зерен диаметром более 10 мм не допускается.

Характеристика песка

Класс и группа песка	Модуль крупности, Мк	Содержание зерен крупностью в мас. %, не более			Полный остаток на сите №063, %
		свыше 10 мм	свыше 5 мм	менее 0,16 мм	
I класс					
Повышенной крупности	3,0–3,5	0,5	5	5	65 до 75
Крупный	2,5–3,0				45 до 65
Средний	2,0–2,5				30 до 45
Мелкий	1,5–2,0	0,5	5	10	10 до 30
II класс					
Очень крупный	Свыше 3,5	5	20	10	Свыше 75
Повышенной крупности	3,0–3,5				65 до 75
Крупный	2,5–3,0	5	15	15	45 до 65
Средний	2,0–2,5				30 до 45
Мелкий	1,5–2,0	0,5	10	20	10 до 30
Очень мелкий	1,0–1,5				До 10
Тонкий	0,7–1,0	Не допускается		Не нормируется	Не нормируется
Очень тонкий	До 0,7				

Примечание. По согласованию изготовителя с потребителем в песке класса II допускается отклонение полного остатка на сите № 063 от вышеуказанных, но не более чем на $\pm 5\%$.

В доброкачественном песке пустотность не должна превышать 38 %. Более пригоден крупный песок, содержащий достаточное количество мелких и средних зерен. При такой комбинации зерен объем пустот будет малым, а площадь поверхности зерен – небольшая.

Чистота песка – это содержание в нем пыли, мельчайших частиц и глины. Содержание в песке зерен размером менее 0,14 не должно превышать 10 %, а содержание глинистых, илистых и пылевидных примесей, определенных отмучиванием, не должно превышать 2 % по массе, глина в комках не более 0,25 %, примесь глины наиболее вредна, т.к. она препятствует сцеплению песка с цементным камнем (табл. 2.12). Органические примеси допускаются только в небольшом количестве, т.к. они понижают прочность. Содержание сульфатов и сульфидов в пересчете на SO_3 до 1 %, аморфных разновидностей SiO_2 не более 50 ммоль/л.

Таблица 2.12

Содержание в песке пылевидных и глинистых частиц (в мас. %, не более)

Класс и группа песка	Содержание пылевидных и глинистых частиц		Содержание глины в комках	
	в природном песке	в песке из отсевов дробления	в природном песке	в песке из отсевов дробления
I класс				
Очень крупный	–	3	–	0,35
Повышенной крупности, крупный и средний	2	3	0,25	0,35
Мелкий	3	5	0,35	0,50
II класс				
Очень крупный	–	10	–	2
Повышенной крупности, крупный и средний	3	10	0,50	2
Мелкий и очень мелкий	5	10	0,50	2
Тонкий и очень тонкий	10	Не нормируется	1	0,10

Искусственный песок получают путем дробления твердых горных пород или некоторых побочных продуктов промышленности, натуральных металлических шлаков. Форма зерен дробленных песков остроугольная, поверхность шероховатая. Эти пески не содержат вредных примесей, которые часто встречаются в природных песках [44].

Гранитная крошка представляет собой мелкий гранитный щебень размером зерен от 1 до 3 мм и от 2 до 5 мм, получаемый при дроблении гранита (рис. 2.6). Гранитная крошка должна соответствовать требованиям ГОСТ 8267–93 [46].



Рис. 2.6. Гранитная крошка

Для выбора нужной фракции, гранитную крошку хорошо промывают и просеивают. Основные фракции:

- фракция 0–5 мм (отсев);
- фракция 2–5 мм (крошка);
- фракция 3–10 мм (крошка).

Характеристика гранитной крошки:

- марка по прочности 1200;
- проход через сито № 016 по массе 13,0 %.

В зависимости от прочности, определяемой испытанием при сжатии (раздавливании) в цилиндре, гравий и щебень подразделяют на марки по прочности, приведенные в табл. 2.13.

Таблица 2.13

Марки и прочностные показатели различных видов гравия и щебня

Марки по прочно-сти	Прочность при сдавливании в цилиндре, МПа				
	керамзитового и шунгизитового гравия	керамзитового щебня	аглопоритового		шлакопем-зового щебня
			гравия	щебня	
П15	До 0,5	–	–	До 0,3	До 0,2
П25	Св. 0,5 до 0,7	–	–	Св. 0,3 до 0,4	Св. 0,2 до 0,3
П35	» 0,7 » 1,0	Св. 0,5 до 0,6	–	» 0,4 » 0,5	» 0,3 » 0,4
П50	» 1,0 » 1,5	» 0,6 » 0,8	Св. 0,7 до 1,0	» 0,5 » 0,6	» 0,4 » 0,5
П75	» 1,5 » 2,0	» 0,8 » 1,2	» 1,0 » 1,2	» 0,6 » 0,7	» 0,5 » 0,6
П100	» 2,0 » 2,5	» 1,2 » 1,6	» 1,2 » 1,5	» 0,7 » 0,8	» 0,6 » 0,8
П125	» 2,5 » 3,3	» 1,6 » 2,0	» 1,5 » 1,7	» 0,8 » 0,9	» 0,8 » 1,1
П150	» 3,3 » 4,5	» 2,0 » 3,0	» 1,7 » 2,0	» 0,9 » 1,0	» 1,1 » 1,4
П200	» 4,5 » 5,5	» 3,0 » 4,0	» 2,0 » 2,5	» 1,0 » 1,2	» 1,4 » 1,8
П250	» 5,5 » 6,5	» 4,0 » 5,0	» 2,5 » 3,0	» 1,2 » 1,4	» 1,8 » 2,2
П300	» 6,5 » 8,0	» 5,0 » 6,0	» 3,0 » 3,5	» 1,4 » 1,6	» 2,2 » 2,7
П350	» 8,0 » 10,0	» 6,0 » 7,0	» 3,5	» 1,6	» 2,7
П400	» 10,0	» 7,0 » 8,0	–	–	–

Примечание. Соотношение между маркой заполнителя по прочности и прочностью при сдавливании в цилиндре допускается уточнять на основании испытания в бетоне по ГОСТ 9758–2012 [50].

Предельные значения марок по насыпной плотности для различных видов пористых гравия, щебня и песка должны соответствовать приведенным в табл. 2.14 согласно требованиям ГОСТ 9757–90 [48]. При этом фактическая марка по насыпной плотности не должна превышать максимального значения, а минимальные значения приведены в качестве справочных.

Таблица 2.14

Пределные значения марок по насыпной плотности для различных видов пористых заполнителей

Наименование материала	Марки по насыпной плотности	
	минимальная	максимальная
Гравий и щебень керамзитовый	250	600
Гравий шунгизитовый	400	700
Гравий аглопоритовый	500	900
Щебень аглопоритовый	400	900
Щебень шлакопемзовый	400	800
Песок керамзитовый и шунгизитовый	500	1000
Песок аглопоритовый	600	1100
Песок шлакопемзовый	700	1000

Примечание. Допускается по согласованию изготовителя с потребителем для приготовления конструкционных легких бетонов классов В20 и выше изготовление керамзитового гравия и щебня марок 700 и 800.

2.2.1. Характеристика крупного заполнителя различных месторождений

Для производства железобетонных изделий на большинстве заводов Центральной России применяются крупные заполнители: *Степновского и Данилковского месторождений; ОАО «Первая нерудная компания» (Орский щебёночный завод), ОАО «Хромцовский карьер», ЗАО «Карьер «Большой Массив» (ООО «Пудожский карьер щебня»), Компания «Ресурс», ЗАО «Каменногорское карьероуправление» (ПО «Ленстройматериалы»),* рассмотрим их подробнее.

Степновское месторождение щебня расположено в Саратовской области Российской Федерации в 70 км на восток от г. Саратов, в Заволжье. Паспортные данные представлены в табл. 2.15.

Таблица 2.15

Характеристика щебня Степновского месторождения

Наименование	Характеристика
Фракция	5–20 мм
Объемный вес	1,37 т/м ³
Морозостойкость	F400
Марка прочности	1400
Содержание слабых пород в щебне	0,2–3,5%

Данилковское месторождение щебня (табл. 2.16) во Владимирской области на территории Александровского района является карьером предприятия «Топаз».

Таблица 2.16

Паспортные показатели щебня Данилковского месторождения

Наименование характеристики	Показатели щебня	
	нормативные	фактические
Размер фракции, мм	5–20	5–20
Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц, %	Не более 1	1,5
Марка по механической прочности	От 600 до 1400	M800
Морозостойкость	От 15 до 400	F250
Лещадность, %	Не более 35	20,3
Содержание слабых зерен, %	Не более 5	3,2

ОАО «Первая нерудная компания» (Орский щебёночный завод) располагается в г. Орск. Паспортные показатели щебня указаны в табл. 2.17.

Таблица 2.17

Паспортные показатели щебня Орского щебёночного завода

Наименование характеристики	Показатели щебня	
	нормативные	фактические
Размер фракции, мм	5–25	5–25
Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц, %	Не более 1	0,8
Марка щебня по прочности (дробимости)	От 600 до 1400	M1400
Морозостойкость	От 15 до 400	F400
Объемный вес, кг/м ³	1300	1330
Лещадность, %	От 10 до 50 (65)	24,9
Содержание слабых зерен, %	Не более 5%	3,9

ОАО «Хромцовский карьер» располагается рядом с п. Хромцово, в 10 км от г. Фурманов Ивановской области. Паспортные показатели щебня фракции 5–20 мм Хромцовского месторождения указаны в табл. 2.18.

Таблица 2.18

Паспортные показатели щебня Хромцовского месторождения

Наименование характеристики	Показатели щебня	
	нормативные	фактические
Размер фракции, мм	5–20	5–20
Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц, %	Не более 0,05	0,30
Марка по механической прочности	От 600 до 1400	800
Морозостойкость	От 15 до 400	F150
Лещадность, %	От 10 до 50 (65)	12,6
Содержание слабых зерен, %	Не более 5%	3,1

ЗАО «Карьер «Большой Массив» (ООО «Пудожский карьер щебня») (габбро-диабаз) фракции 5–20 мм располагается в Карелии. Щебень доставляется железнодорожным транспортом (табл. 2.19). Он относится к 1 категории щебня, поэтому имеет ряд преимуществ: кубовидная форма щебня, что уменьшает процент трещин; лучше утрамбовывается, что уменьшает количество связующего материала и самого щебня, за счет чего происходит увеличение морозостойкости.

Таблица 2.19

Паспортные показатели щебня Пудожского карьера

Наименование характеристики	Показатели щебня	
	нормативные	фактические
Размер фракции, мм	5–20	5–20
Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц, %	До 1%	0,5%
Марка по механической прочности	Не менее М1100	М1400
Морозостойкость		F300
Объемный вес, кг/м ³	Не нормируется	1535
Содержание зерен пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, % по массе.	От 1% до 25%	11,4%
Содержание слабых зерен, %		Нет

Компания «Ресурс» находится в г. Пенза. Паспортные показатели щебня фракции 5–20 мм представлены в табл. 2.20.

Таблица 2.20

Характеристика щебня компании «Ресурс»

Наименование	Характеристика
Размер фракции, мм	5–20
Содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц, %	0,7
Марка по механической прочности	М1200
Морозостойкость	F400
Лещадность, %	25,7
Содержание слабых зерен, %	4,1

ЗАО «Каменногорское карьероуправление» (ПО «Ленстройматериалы») расположен в городе Каменногорск Ленинградской области (табл. 2.21–2.23).

Таблица 2.21

Химический состав щебня

Содержание компонентов, в %	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	P ₂ O ₅	П.п.п.
Граниты и гранитогнейсы	67,58	5,19	Не опр.	0,80	14,00	2,11	1,31	2,76	4,87	0,13	1,27

Таблица 2.22

Форма зерен щебня

Содержание частиц пластинчатой (лещадной) и игловатой формы, % к массе				
Фракция	40–70 мм	5–20 мм	20–40 мм	25–60 мм
% к массе	До 25	До 25	До 25	До 18

Таблица 2.23

Гранулометрический состав щебня

Фракции щебня	Диаметр сит, мм	Полные остатки на контрольных ситах, %
5–20 мм	25	0
	20	6
	12,5	57
	5	92,8
	2,5	96,2
20–40мм	50	0
	40	8,0
	30	43,5
	20	90,2
25–60мм	70	0
	60	4,6
	40	64,1
	25	95,5
40–70мм	87,5	0
	70	6,4
	55	53,3
	40	93,4

Физические свойства щебня:

- плотность (насыпная) 1,35–1,37 т/м³;
- прочность на сжатие 1200–1400 МПа;
- истираемость (потеря массы в %) 18,2 % 25–60 мм (И₆₃); остальные фракции – И1;
- ударопрочность У-75;

- коэффициент водопоглощения 0,2 %;
- морозостойкость 300 циклов;
- природная радиоактивность до 320 Бк/кг;
- частицы размером менее чем 0,14 мм 0,8 %;
- устойчивость структуры щебня против распада 0,1 %.

2.2.2. Характеристика мелкого заполнителя различных месторождений

В качестве мелкого заполнителя при производстве железобетонных изделий применяются природные пески: *Орловское, Хромцовское и Александровское месторождения, ООО «Воскресенский песчаный карьер», ЗАО «Мансуровское карьероуправление», ООО «Агростройсервис», ООО «СТМ» карьер «Пышминский»* и многие другие.

Орловское месторождение природного песка находится в Волгоградской области (табл. 2.24–2.25).

Таблица 2.24

Характеристика песка Орловского месторождения

Показатель	Значение
Класс песка	2
Модуль крупности	0,9–1,9
Полный остаток на сите № 063	4,0–30
Содержание пылевидных и глинистых частиц	Не более 5 %
Содержание глины в комках	Не более 0,5 %
Истинная плотность зерен песка	2,59 г/см ³
Содержание компонентов и примесей в пересчете на SO ₃	0,15 %
Эффективная удельная активность естественных радионуклидов	19,30 Бк/кг

Таблица 2.25

Химический состав песка Орловского месторождения, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
95,98	1,44	0,54	0,8	0,91	0,09	0,01	0,51	0,15	0,49

Хромцовское месторождение кварцевого обогащенного песка расположено в Фурмановском районе Ивановской области (табл. 2.26).

Александровское месторождение песка относится к предприятию «Топаз» г. Александров Владимирской области (табл. 2.27).

Таблица 2.26

Паспортные показатели песка Хромцовского месторождения

Показатели, характеризующие песок	По ГОСТу 8735-85	Паспортные данные
Гранулометрический состав:		
полные остатки на ситах 10 мм, % по массе не более	0,5	0,5
5 мм, % по массе не более	5,0	3,5
0,63 мм, % по массе свыше	30 до 45	38
проход сквозь сито с сеткой № 014 по массе, % не более	5,0	0,5
Модуль крупности свыше	2,5	2,2–2,4
Содержание глинистых, илистых частиц по массе, % не более	2,0	1,0
Содержание глины в комках по массе, % не более	0,25	–
Объемно-насыпная масса, т/м ³	–	1,51

Таблица 2.27

Характеристика песка Александровского месторождения

Показатели, характеризующие песок	По ГОСТу 8735-85	Паспортные данные
Гранулометрический состав:		
полные остатки на ситах 10 мм, % по массе не более	0,5	0,5
5 мм, % по массе не более	5,0	3,5
0,63 мм, % по массе свыше	30 до 45	44
проход сквозь сито с сеткой № 014 по массе, % не более	5,0	0,5
Модуль крупности свыше	2,5	2,2–2,5
Содержание глинистых, илистых частиц по массе, % не более	3,0	1,4
Содержание глины в комках по массе, % не более	0,35	–
Объемно-насыпная масса, т/м ³	–	1,54

ООО «Воскресенский песчаный карьер» производит добычу строительного песка на месторождении Петровское, которое располагается в Московской области г. Воскресенск, с. Петровское. В табл. 2.28–2.30 приведены характеристики песка.

Таблица 2.28

Химический состав песка Петровского месторождения, %

SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	SO ₃	ППП
91,84	3,32	0,30	0,32	0,83

Таблица 2.29

Физико-химические показатели песка Петровского месторождения

Наименование показателя	Нормы, %
Объемная насыпная масса	Не нормируется
Содержание зерен размером от 5 до 10 мм	Не более 0,5
Содержание пылевидных, глинистых и илистых частиц размером менее 0,05 мм	Не более 2
Содержание кварца	Не менее 80
Содержание щелочей	Не более 2,7
Содержание сернистых и сернокислых соединений	Не более 2
Влажность	7±0,5

Таблица 2.30

Зерновой состав песка

Размер отверстий, мм	10	5	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14
Полные остатки на ситах, % по массе	0,6-1,5	1,3-2,0	1,6-4,4	2,0-2,5	20,9-26,4	50,0-57,3	71,5-91,6

Природный песок ЗАО «Мансуровского карьероуправления» Московской области имеет характеристики, представленные в табл. 2.31–2.32.

Таблица 2.31

Техническая характеристика песка ЗАО «Мансуровского карьероуправления»

Показатели, характеризующие песок	Нормы
Класс песка по зерновому составу	1 класс
Группа песка по крупности	Средний
Модуль крупности	2,0–2,5
Полный остаток при расसेве песка на сите с сеткой № 063, %	Свыше 30 до 45
Содержание зерен крупностью менее 0,16 мм, %	До 5
Содержание зерен крупностью менее 10 мм, %	До 0,5
Содержание зерен крупностью менее 5 мм, %	До 5
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	До 1
Насыпная плотность в состоянии естественной влажности, т/м ³	1,63

Таблица 2.32

Химический состав песка ЗАО «Мансуровское карьероуправление», %

S ₁ O ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	MgO	SO ₃	K ₂ O	Na ₂ O	ППП
78,26	6,48	1,45	0,12	5,89	0,70	0,12	0,96	0,64	5,35

Песок ООО «Агростройсервис» (Московская область, Домодедовский район, владение «Карьер Бурхино») имеет следующие характеристики (табл. 2.33): модуль крупности 1,9–1,97; группа “мелкий”; содержание пылевидных и глинистых частиц 1,5–1,7 %.

Таблица 2.33

Паспортные показатели кварцевого песка ООО «Агростройсервис»

Измеряемый показатель испытываемой продукции	Единица измерения	Требования к испытываемой продукции ГОСТ 8736–93	Фактическое значение	Соответствует требованиям документов, на соответствие которых проводится сертификация
Зерновой состав: – полный остаток при расसेве на сите с сеткой №063; – модуль крупности	%	10–30 свыше 1,5–2,0	28,35 1,95	Соответствует группе «мелкий песок»
Содержание зерен крупностью: – менее 0,16 мм; – свыше 5 мм; – свыше 10 мм	%	Не более 10 Не более 5 Не более 0,5	4,85 1,83 0,5	Соответствует классу 1
Содержание пылевидных и глинистых частиц	%	Не более 5	1,5; 1,7 среднее значение 1,7	Соответствует НД
Содержание глины в комках	%	Не более 0,5	0,17; 0,17 среднее значение 0,17	Соответствует НД
Насыпная плотность	кг/м ³	Не нормируется	1540	–
Пустотность	%	Не нормируется	41,2	–
Наличие органических примесей		Бесцветно или слабее эталона раствора	Бесцветно	Соответствует НД
Истинная плотность зерен	г/см ³	Не нормируется	2,62	–
Влажность	%	Не нормируется	2,0	–

Природный песок ООО «СТМ» карьер «Пышминский» находится в Свердловской области Тугулымском районе в 4 км к северу от посёлка Луговской (табл. 2.34).

Характеристика песка ООО «СТМ» карьер «Пышминский»

Показатели, характеризующие песок	По ГОСТу 8735–85	Паспортные данные
Гранулометрический состав: полные остатки на ситах 10 мм, % по массе не более; 5 мм, % по массе не более; 0,63 мм, % по массе свыше	0,5	Нет
	5,0	1,1
	30 до 45	20,6
Модуль крупности свыше	2,5	2,2
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	2,0	0,15
Содержание глины в комках по массе, % не более	0,25	Нет
Объемно-насыпная масса, т/м ³	–	1,45

2.3. Модифицирующие добавки

Под добавками для бетонов и строительных растворов в соответствии с ГОСТ 24211–2008 [51] понимаются различные продукты, вводимые в бетонные и растворные смеси с целью улучшения их технологических свойств, повышения строительно-технических свойств бетонов и растворов и придания им новых свойств.

Добавки представляют собой химические вещества (реагенты) как органического, так и неорганического строения, сложного или простого состава. Они вводятся в состав бетона, как правило, с водой затворения и могут иметь жидкое, твердое или пастообразное состояние.

Добавки для бетонов можно классифицировать согласно ГОСТ 24211–2008 [51]. В зависимости от назначения (основного эффекта действия) добавки для бетонов подразделяют на виды.

1. Регулирующие свойства бетонных смесей: пластифицирующие I группы (суперпластификаторы), пластифицирующие II группы (сильнопластифицирующие), пластифицирующие III группы (среднепластифицирующие), пластифицирующие IV группы (слабопластифицирующие); стабилизирующие; водоудерживающие; улучшающие перекачиваемость; регулирующие сохраняемость бетонных смесей; замедляющие схватывание; ускоряющие схватывание; поризующие (для легких бетонов): воздухововлекающие, пенообразующие, газообразующие.

2. Регулирующие твердение бетона: замедляющие и ускоряющие твердение.

3. Повышающие прочность и (или) коррозионную стойкость, морозостойкость бетона и железобетона, снижающие проницаемость бетона: водоредуцирующие I, II, III и IV групп; кольматирующие; газообразующие; воздухововлекающие; повышающие защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре (ингибиторы коррозии стали).

4. Придающие бетону специальные свойства: противоморозные (обеспечивающие твердение при отрицательных температурах); гидрофобизирующие I, II и III групп.

Пластифицирующие добавки (пластификаторы) – это вещества, обладающие поверхностно-активными свойствами, увеличивающие подвижность или удобоукладываемость бетонных смесей. Использование пластифицирующего эффекта добавок в технологии железобетонных конструкций позволяет существенно облегчить формирование изделий или, при сохранении неизменной подвижности смеси, снизить ее водосодержание и за счет этого уменьшить пористость, повысить плотность, прочность и некоторые другие характеристики бетона.

Суперпластификаторы (СП) представляют собой анионноактивные органические вещества коллоидного размера (молекулярная масса ~ 20 000) с большим количеством полярных групп в цепи. СП в большей степени, чем ранее применявшиеся пластификаторы, увеличивают подвижность и текучесть бетонной смеси, существенно улучшают строительно-технологические свойства бетона, могут обеспечить значительную экономию цемента.

Стабилизирующие добавки – вещества, способствующие снижению расслаиваемости бетонной смеси.

Водоудерживающие добавки – вещества, способствующие снижению водоотделения бетонной смеси.

Воздухововлекающие добавки – поверхностно-активные вещества, способствующие вовлечению в бетонную смесь при ее перемешивании мелкодисперсного воздуха, равномерно распределенного в бетоне.

Пенообразующие добавки – поверхностно-активные вещества, обеспечивающие возможность получения технической пены требуемых кратности и стойкости, которые при смешении с компонентами бетонной смеси позволяют получать бетоны ячеистой или поризованной структуры.

Поризующие добавки – вещества, способствующие целенаправленному образованию в теле бетона воздушных или других газообразных пор.

Добавки, регулирующие твердение бетона (ускорители и замедлители твердения), – вещества, изменяющие кинетику набора прочности бетона в заданном направлении. Введение ускорителей твердения дает возможность получать бетон требуемой прочности в более короткие сроки, а иногда и с более высокой конечной прочностью.

Добавки, повышающие плотность бетона, его водонепроницаемость и морозостойкость, а в определенных случаях и химическую стойкость в различных агрессивных средах, – вещества, снижающие водосодержание бетонных смесей, способствующие удалению воздуха и кольматации пор (водоредуцирующие и кольматирующие добавки);

Добавки, повышающие защитные свойства арматуры (ингибиторы и пассиваторы коррозии арматуры), – вещества, обеспечивающие высокую коррозионную стойкость арматуры в агрессивных по отношению к ней средах.

Добавки, регулирующие сроки схватывания, – вещества, ускоряющие или замедляющие процессы структурообразования бетонной смеси.

Противоморозные добавки – вещества, понижающие температуру замерзания воды и способствующие твердению бетона при отрицательной температуре.

Гидрофобизирующие добавки – вещества, придающие стенкам пор и капилляров в бетоне гидрофобные (водоотталкивающие) свойства.

Добавки всех перечисленных типов вводят в бетонные смеси при их приготовлении, как правило, с водой затворения (в виде растворов, суспензий или эмульсий). Некоторые добавки (обладающие высокой вязкостью) предварительно смешивают с одним из сухих компонентов и с ним вводят в бетоносмесители [52].

Характеристика модифицирующих добавок различных производителей

Самыми распространенными модифицирующими добавками в производстве ЖБИ являются: *суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП–3»*, *суперпластификатор и ускоритель твердения «РЕЛАМИКС»*, *комплексная противоморозная добавка с ускоряющим эффектом твердения «Бест»*, рассмотрим их подробнее.

Суперпластификатор «ПОЛИПЛАСТ СП–3» соответствует требованиям ГОСТ 24211–2008 [51] для пластифицирующих-водоредуцирующих добавок (суперпластификатор и суперводоредуцирующая добавка). Выпускается по ТУ 5870–006–58042865–05 [53].

Добавка «ПОЛИПЛАСТ СП–3» представляет собой смесь натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы, лигносульфонатов технических, промышленной смеси тиосульфата и роданида натрия. Добавка производится двух типов: с ненормируемым воздухововлечением и при добавлении воздухоподавляющего компонента – с пониженным (нормируемым) воздухововлечением (тип ВП).

Применение добавки «ПОЛИПЛАСТ СП–3» позволяет достичь следующих показателей:

- увеличить подвижность бетонной смеси от П1 до П5 без снижения прочности;
- снизить количество воды затворения от 21% и более (в равноподвижных смесях);
- увеличить конечные прочностные характеристики бетона на 20% и более (в равноподвижных смесях);
- снизить расход цемента до 22% (в равноподвижных смесях);
- в 1,5–1,6 раза увеличить сцепление бетона с закладной арматурой и металлоизделиями;
- получить бетоны с повышенной водонепроницаемостью, морозостойкостью;
- сократить время и энергетические затраты на тепловлажностную обработку бетона;
- сократить время и энергетические затраты на вибрирование бетонной смеси;
- увеличить оборачиваемость форм;
- увеличить время сохранения подвижности бетонной смеси на некоторых марках цемента.

Добавка «ПОЛИПЛАСТ СП–3» не обладает коррозионной активностью по отношению к стальной арматуре в бетоне.

Физико-химическая характеристика добавки представлена в табл. 2.35.

Таблица 2.35

Физико–химические показатели добавки «ПОЛИПЛАСТ СП–3»

Наименование показателей	Значения показателей в форме			
	раствора		порошка	
	с ненормируемым воздухововлечением	с пониженным воздухововлечением – тип ВП	с ненормируемым воздухововлечением	с пониженным воздухововлечением – тип ВП
Внешний вид	Однородная жидкость коричневого цвета, допускается осадок		Порошок коричневого цвета	
Плотность при 20°C, г/см ³ , не менее	1,18		Не нормируется	
Массовая доля воды, %, не более	68,0		10,0	
Показатель активности водородных ионов (рН) водного раствора с массовой долей веществ 2,5%	8,0±1,0		8,0±1,0	
Массовая доля ионов хлора, %, не более	0,1		0,1	
Повышение марки бетонной смеси по удобоукладываемости без снижения прочности во все сроки твердения	От П1 до П5		От П1 до П5	
Содержание воздуха в бетонной смеси по объему, %, не более	Не нормируется	1,7	Не нормируется	1,7

Добавка «ПОЛИПЛАСТ СП–3» поставляется потребителям в виде порошка или водного раствора с концентрацией не менее 32 %. Рекомендуемый диапазон дозировок добавки «ПОЛИПЛАСТ СП–3» для товарного бетона составляет 0,4–0,8 %, для изготовления сборных бетонных и железобетонных изделий и конструкций 0,3–0,5 %.

Суперпластификатор и ускоритель набора прочности «РЕЛАМИКС» соответствует требованиям ГОСТ 24211–2008 [51] для пластифицирующих и водоредуцирующих добавок (суперпластификатор и суперводоредуцирующая добавка), ускорителей твердения и добавок, повышающих прочность. Выпускается по ТУ 5870–002–14153664–04 с изменением №1 [54].

Добавка «РЕЛАМИКС» представляет собой смесь неорганических (роданидов и тиосульфатов) и органических (полиметиленафталинсульфонатов) солей натрия.

Добавка «РЕЛАМИКС» применима:

- для получения товарных бетонов;
- производства сборных изделий и конструкций из тяжелого и мелкозернистого бетона различного назначения классов В 20 и выше;
- возведения конструкций монолитных сооружений с повышенной степенью армирования и сложной конфигурацией;
- получения легких бетонов;
- получения строительных растворов;
- конструкций систем питьевого водоснабжения.

Применение добавки «РЕЛАМИКС» в бетонных смесях и строительных растворах обеспечивает:

- раннюю распалубочную прочность при производстве монолитных работ;
- сокращение продолжительности или снижение температуры тепловлажностной обработки;
- изготовление изделий и конструкций по беспропарочной технологии.

При назначении режимов твердения с добавкой «РЕЛАМИКС» рекомендуется устанавливать температуру изотермического прогрева не более 80 °С.

Добавку «РЕЛАМИКС» не рекомендуется применять в предварительно напряженных конструкциях, армированных сталью, классов Ат–III, Ат–IVС; Ат–IV, Ат–V, Ат–VI, А–IV, А–V, эксплуатирующихся в агрессивных средах.

Для преднапряженных железобетонных конструкций, содержащих до 1,0 % добавки «РЕЛАМИКС», предназначенных для эксплуатации в агрессивных средах, следует применять стержневую термомеханически упрочненную арматуру классов Ат–IVК и Ат–VK. (Заключение НИИЖБ о влиянии добавки «РЕЛАМИКС» на защитные свойства бетона по отношению к стальной арматуре.)

Пластифицирование бетонных смесей рекомендуется применять в густоармированных конструкциях; в тонкостенных конструкциях; в конструкциях со сложной конфигурацией.

Водоредуцирование бетонных смесей (снижение водоцементного отношения) рекомендуется применять в железобетонных конструкциях, к которым предъявляются особые требования по прочности, водонепроницаемости, морозостойкости, сопротивлению коррозионным воздействиям и др.

При приготовлении конструкционных легких бетонов классов по прочности на сжатие В7,5–В40 добавку «РЕЛАМИКС» рекомендуется применять для повышения подвижности бетонной смеси, прочности бетона, снижения расхода цемента.

Введение добавки «РЕЛАМИКС» по сравнению с бетоном без добавки позволяет достичь следующих показателей:

- увеличить подвижность бетонной смеси от П1 до П5 с одновременным повышением прочности бетона в первые трое суток нормального твердения на 10–15 %, в возрасте 28 суток на 5 %;
- снизить количество воды затворения от 21 % и более (в равноподвижных смесях);
- увеличить конечные прочностные характеристики бетона на 20 % и более (в равноподвижных смесях);
- увеличить прочностные характеристики в возрасте 1 суток на 30 % и более (в равноподвижных смесях);
- снизить расход цемента до 22 % (в равноподвижных смесях);
- получить бетоны с повышенной водонепроницаемостью, морозостойкостью (в равноподвижных смесях);
- в 1,5–1,6 раза увеличить сцепление бетона с закладной арматурой и металлоизделиями;
- сократить время и энергетические затраты на тепловлажностную обработку бетона;
- значительно сократить время и энергетические затраты на вибрирование бетонной смеси, а в некоторых случаях полностью отказаться от него;
- увеличить оборачиваемость форм.

Рекомендуемый диапазон дозировок добавки «РЕЛАМИКС» в бетоны и растворы составляет 0,6–1,0 %, при использовании в качестве водоредуцирующей добавки 0,8–1,0 % от массы вяжущего в пересчете на сухое вещество. Для производства ячеистых бетонов дозировка добавки составляет 0,1–0,25 %

от массы вяжущего в пересчете на сухое вещество. Дозирование добавки должно осуществляться с точностью ± 2 % от расчетного количества.

В табл. 2.36 приведены физико-химические показатели добавки «РЕЛАМИКС».

Таблица 2.36

Физико-химические показатели добавки «РЕЛАМИКС»

Наименование показателей	Значения показателей			
	для типа 1 в форме		для типа 2 в форме	
	водного раствора	порошка	водного раствора	порошка
Внешний вид	Однородная жидкость коричневого цвета	Микрогранулы светло-коричневого цвета	Однородная жидкость коричневого цвета	Микрогранулы светло-коричневого цвета
Плотность при 20°C, г/см ³ , не менее	1,18	Не нормируется	1,18	Не нормируется
Показатель активности водородных ионов (рН) водного раствора с массовой долей веществ 2,5 %	9,0 \pm 1,0	9,0 \pm 1,0	9,0 \pm 1,0	9,0 \pm 1,0
*Массовая доля ионов хлора, %, не более	0,1	0,1	0,1	0,1

*По согласованию с потребителем массовая доля ионов хлора допускается не более 0,3 %, показатель определяется периодически (1 раз в месяц).

Комплексная добавка «Бест-С», соответствующая ТУ 5775–001–94089809–2007 [55], при положительной температуре используется как ускоритель твердения. Нормы расхода 0,6–1 % от массы цемента (по сухому веществу). При естественном твердении бетона в условиях температуры окружающей среды 8–10 °С использование добавки «Бест-С» позволяет достичь прочности 90 % от проектной через 3 суток, а при 20–25 °С 70 % проектной прочности через 1 сутки, т.е. в теплых климатических поясах отпадает необходимость тепловой обработки ЖБИ. Эффект ускорения твердения бетонной смеси достигается и водоцементным соотношением, т.е. уменьшением воды на 15–20 %.

Основные физико-химические показатели добавки «Бест-С» приведены в табл. 2.37.

Физико-химические показатели добавки «Бест–С»

Наименование показателей	Норма	Установлено анализом
Внешний вид	Гранулы белого цвета	Соответствует
Массовая доля сухих веществ в %, не менее	90	93,5
Массовая доля нерастворимого остатка в %, не более	0,4	0,08
Концентрация водородных ионов, единиц (рН)	7–11 1 % водный раствор	8

При изготовлении железобетонных изделий, сокращается режим тепловой обработки в 2–3 раза, что дает возможность минимум в 2 раза увеличить выпуск готовых изделий на тех же производственных площадях и сэкономить газ.

Достигается экономия цемента в низкомарочных бетонах 5–10 %, в высокомарочных бетонах 10–15 % при полной ТВО за счет увеличения фактической прочности бетона; увеличивается водонепроницаемость бетона на одну степень.

Использование «Бест–С» в монолитном строительстве, помимо значительной экономии цемента, позволяет минимум в 2–3 раза сократить сроки возведения здания за счет уменьшения времени набора бетоном распалубочной прочности, дает возможность вести бетонирование без дополнительных затрат на прогрев круглый год.

Добавка «Бест–С» антикоррозионная, содержащая в своем составе компоненты, являющиеся ингибиторами коррозии, – это дополнительные защитные свойства смеси к стальной арматуре.

2.4. Затворитель

В качестве затворителя для приготовления бетонной смеси в основном используют водопроводную питьевую, а также любую воду, соответствующую требованиям ГОСТ 23732–2011 [56], имеющую водородный показатель рН не менее 4, т.е. не кислую, не окрашивающую лакмусовую бумагу в красный цвет. Вода не должна содержать сульфатов более 2700 мг/л (в пересчете на SO₄) и всех солей более 5000 мг/л. В сомнительных случаях пригодность воды для приготовления бетонной смеси необходимо проверять путем сравнительных

испытаний образцов, изготовленных на данной воде и на обычной водопроводной.

Для приготовления бетонной смеси можно также применять морскую и другие соленые воды, удовлетворяющие приведенным выше условиям. Исключением является бетонирование внутренних конструкций жилых и общественных зданий и надводных железобетонных сооружений в жарком и сухом климате, так как морские соли могут выступить на поверхности бетона, а также вызвать коррозию стальной арматуры.

Для поливки бетона следует применять воду такого же качества, как и для приготовления бетонной смеси. Количество воды зависит от содержания цемента в растворе бетона – чем больше цемента, тем больше воды. Расход воды зависит от водоцементного отношения, который у каждой марки бетона свой, а также от требуемой подвижности – жесткости смеси.

2.5. Армирующие элементы

Для армирования железобетонных конструкций применяется арматура следующих видов:

1) сталь горячекатаная класса А1 (рис. 2.7, табл. 2.38–2.39) по ГОСТ 5781–82 [57];



Рис. 2.7. Сталь горячекатаная класса А1

Таблица 2.38

Основные показатели и свойства стали горячекатаной класса А1

Номер плавков	Марка, класс прочности, класс проката, класс стали	Толщина, мм Профильный тип	Механические свойства			
			Временное сопротивление разрыву, Н/мм ²	Предел текучести, Н/мм ²	Относительное удлинение %	Угол изгиба
К323966	СтЗсп	кр 10	492,0	377,0	37,6	180° без трещин
			497,0	377,0	36,4	180° без трещин

Таблица 2.39

Химический состав стали горячекатаной класса А1, %

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	As	N ₂
0,17	0,60	0,18	0,024	0,018	0,04	0,04	0,03	0,002	0,010

2) прокат арматурный свариваемый периодического профиля горячекатаный класса А500С (рис. 2.8, а; табл. 2.40–2.41) и холоднодеформированный класса В500С (рис. 2.8, б; табл. 2.42–2.43) по ГОСТ Р 52544–2006 [58];

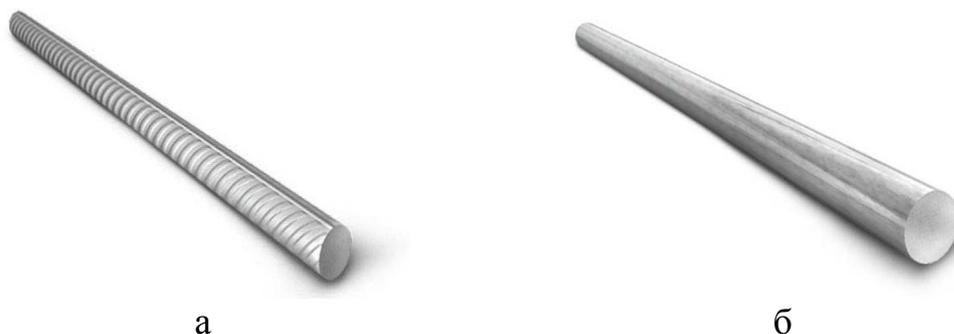


Рис. 2.8. Прокат арматурный: а – свариваемый периодического профиля класса А500С; б – холоднодеформированный класса В500С

Таблица 2.40

Основные показатели и свойства проката арматурного свариваемого периодического профиля класса А500С

Класс, группа	Номер плавки	Размер, мм	Механические свойства				Холодный изгиб
			σ_B , МПа	$\sigma_{T(0,2)}$, МПа	$\sigma_B/\sigma_{T(0,2)}$	δ_5 , %	
А500С	1405243	16,0	698	612	1,14	19	Удовлетворительно
	140304		670	591	1,13	18	
			722	642			

Таблица 2.41

Химический состав проката арматурного свариваемого периодического профиля класса А500С, %

Плавка	С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	Al	As	N	С _{экв} , %
1405243	0,18	0,56	0,17	0,034	0,008	0,08	0,13	0,26	–	0,006	0,007	0,315
140304	0,20	0,60	0,19	0,019	0,012	0,05	0,10	0,17	0,002	0,010	0,010	0,329

Таблица 2.42

Химический состав проката арматурного холоднодеформированного класса В500С, %

С	Mn	Si	S	P	Cr	Ni	Cu	As	N ₂
0,19	0,54	0,11	0,007	0,019	0,05	0,03	0,03	0,001	0,007

Основные показатели и свойства проката арматурного
холоднодеформированного класса В500С

Класс, группа	Номер плавков	Марка стали	Размер мм	Механические свойства			
				Временное сопротивле- ние разрыву Н/мм ²	Предел текучести Н/мм ²	Относительное равномерное удлинение %	Изгиб
В500С	К152104	Ст3пс	6	655–655	621–621	2,4–2,4	ВЫД

3) прокат фасонный класса С235 – ГОСТ 27772–88 [59] (рис.2.9).

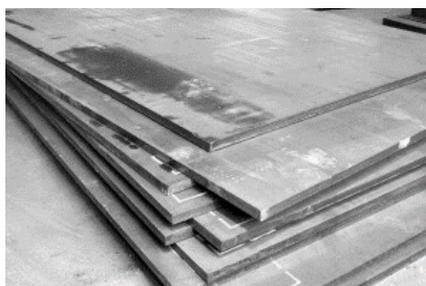


Рис. 2.9. Прокат фасонный класса С235

Вид и марки арматурной стали, а также марки металлопроката из углеродистой стали обыкновенного качества или низколегированной стали должны соответствовать проектной документации на изделия. Арматура должна изготавливаться из сталей, обладающих требуемой прочностью, пластическими свойствами, а в необходимых случаях также свариваемостью, выносливостью и др. свойствами; в железобетонных конструкциях она должна надежно работать совместно с бетоном на всех стадиях эксплуатации конструкций.

Механические свойства арматурной стали определяют по ГОСТ 12004–81 [60].

Арматурные и закладные изделия следует изготавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 10922–2012 [61]. Типы, конструкцию и размеры сварных соединений стержневой арматуры и арматурной проволоки, стержневой арматуры и проката выполняют в соответствии с требованиями ГОСТ 14098–2014 [62].

Подъемные петли изготавливают согласно рабочим чертежам на наружные стеновые панели из стержневой горячекатаной арматурной стали класса АІ марки Ст3пс по ГОСТ 5781–82 [57].

Соединение бетонных слоев панелей осуществляется гибкими связями: подвесками, распорками и подкосами.

Подвески – гибкие связи, предназначенные для передачи вертикальной нагрузки от массы наружного бетонного слоя и утеплителя на внутренний армированный слой панели; число подвесок определяется расчетом.

Распорки – для фиксации взаимного положения армированных бетонных слоев и слоя теплоизоляции и восприятия сжимающих и растягивающих усилий от ветровых и других воздействий, направленных перпендикулярно фасадной поверхности стены.

Подкосы – необходимы для предотвращения взаимных смещений слоев панели по горизонтали в плоскости стены от усилий, возникающих при погрузочно-разгрузочных работах, транспортировании и монтаже.

Рабочие элементы гибких связей должны выполняться из коррозионно-стойких материалов, а именно стали марок: 10X14AG15, 08X13, 12X13 по ГОСТ 5632–2014 [63].

2.6. Вспомогательные материалы

Эмульсионная смазка применяется для смазки форм при изготовлении изделий.

Деревянные пробки антисептированные изготавливаются из пиломатериалов хвойных пород четвертого и третьего сорта лиственных и деловых отходов основного производства, не допускаются выпадающие, загнившие, гнилые, пробки по размерам и конфигурации – должны соответствовать рабочим чертежам. Пробки должны быть антисептированы по всей поверхности.

Оконные и дверные блоки хранятся в вертикальном положении в контейнерах, транспортируют их на тележках. Оконные и дверные блоки должны быть окрашены за 1 раз, иметь приборы и уплотняющие прокладки, поставляемые в комплекте. Влажность древесины: коробок стен, балконных и наружных дверей от 6 до 12 %.

Для теплоизоляционного слоя панелей следует применять *теплоизоляционные изделия* в виде плит из полимерных и минераловатных материалов.

В качестве теплоизоляционного слоя следует применять жесткие теплоизоляционные плиты:

– из полистирольного пенопласта марки 25 или 35;

– минеральной ваты на основе базальтового волокна на синтетическом связующем плотностью 80–160 кг/м, а также волостанитового волокна на битумно–минеральной связке;

– минеральной ваты на синтетическом связующем плотностью не более 175 кг/м;

– минеральной ваты из стеклянного волокна на синтетическом связующем плотностью не более 150 кг/м.

Полужесткие теплоизоляционные материалы допускается применять только в сочетании с жесткими. В этом случае полужесткие теплоизоляционные плиты должны укладываться непосредственно на слой бетона, являющийся нижним при бетонировании.

Плиты должны иметь правильную прямоугольную форму. На поверхности плит не должно быть впадин глубиной более 10 мм и выпуклостей более 5 мм. Влажность плит не должна превышать 15 %. Толщина слоя из утеплителя 170 мм.

Другие теплоизоляционные изделия и материалы допускается применять, изготовленные по соответствующим стандартам и удовлетворяющие по назначению и условиям применения требованиям настоящего стандарта с учетом следующего: коэффициент теплопроводности теплоизоляционных материалов должен быть не более 0,08 Вт/(м·°С), а средняя номинальная плотность не более 200 кг/м.

Теплоизоляционные изделия и материалы, применяемые для изготовления панелей, должны иметь гигиенические заключения органов санитарно–эпидемиологического надзора и сертификат пожарной безопасности.

Соединительные связи в трехслойных панелях должны обеспечивать целостность панели при ее изготовлении, комплектации, хранении, транспортировании, монтаже и эксплуатации стены.

Для этих целей применяют:

– гибкие связи в виде отдельных стержней, полос, арматурных изделий разных видов из коррозионно-стойкой стали или стали обыкновенного качества (с антикоррозионным покрытием или без него);

– дискретные железобетонные связи – перемычки (шпонки);

– железобетонные ребра из легкого бетона.

Размещение связей по телу панели должно обеспечивать совместную работу наружного и внутреннего бетонных слоев панели при эксплуатации зданий.

Размеры сечения и армирование жестких соединительных связей (железобетонных перемычек и ребер) должны приниматься такими, чтобы были исключены образование трещин и коррозия арматуры в этих связях и в примыкающих к ним зонах панелей. Номинальную толщину железобетонных ребер и номинальные размеры железобетонных перемычек следует принимать не менее 60 мм.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие виды классификаций цемента вы знаете?
2. Как подразделяются цементы по вещественному составу?
3. Где используются сульфатостойкие цементы?
4. На какие виды подразделяются сульфатостойкие и пуццолановые цементы?
5. Назовите области применения напрягающего цемента.
6. Где может использоваться расширяющийся или безусадочный цемент?
7. В чем особенности применения фосфатных цемента?
8. Из чего состоят смешанные цементы и где их применяют?
9. Дайте определение понятию заполнитель.
10. Какие виды заполнителя вы знаете, приведите их примеры?
11. Какие требования предъявляются к щебню?
12. Назовите виды щебня и их основные качества.
13. Что такое гравий?
14. Что используется в качестве крупного заполнителя для легкого бетона и почему?
15. Как можно классифицировать природный песок?
16. Как получают искусственный песок и из чего он состоит?
17. Назовите основные характеристики гранитной крошки.
18. Какие требования предъявляются к воде?
19. Какие виды арматуры можно использовать в железобетоне?
20. Назовите главные показатели арматурных элементов.

21. Перечислите арматурные и закладные изделия, назовите их роль в производстве ЖБИ.

22. Какие основные характеристики предъявляются к портландцементу для использования его в бетоне?

23. Назовите паспортные показатели для крупного заполнителя.

24. Какие показатели характеризуют песок для бетона?

25. Назовите виды добавок в зависимости от их назначения для бетонов.

26. Что такое пластификаторы?

27. Дайте определение суперпластификаторов?

28. Зачем используются суперпластификаторы в бетоне?

29. Чем отличаются водоудерживающие и воздухововлекающие добавки?

30. Что общего между пенообразующими и поризующими добавками?

31. Какие возможности дают добавки, регулирующие твердение бетона?

32. Какие свойства можно повысить за счет введения в бетон добавок?

33. Зачем нужны противоморозные и гидрофобизирующие добавки в бетоне?

34. Что такое добавка «ПОЛИПЛАСТ СП-3»?

35. Раскройте области применения добавки «ПОЛИПЛАСТ СП-3».

36. Расскажите о свойствах, преимуществах и возможностях использования добавки «РЕЛАМИКС».

37. Какие показатели изменяются при введении добавки «РЕЛАМИКС» в бетон?

38. Что из себя представляет комплексная добавка «Бест–С»?

39. Какие свойства бетона модифицирует комплексная добавка «Бест–С» и на что еще она оказывает влияние?

40. Что является вспомогательными материалами в производстве ЖБИ?

41. Какие теплоизоляционные изделия применяют в качестве теплоизоляционного слоя в ЖБИ?

42. Какие требования предъявляются для теплоизоляционных изделий?

43. Зачем используют соединительные связи в изготовлении трехслойных панелей?

44. Назовите виды соединительных связей в изготовлении трехслойных панелей?

3. ОБОСНОВАНИЕ СОСТАВА КОМПОЗИЦИИ

Основные компоненты бетона – вяжущее вещество, крупный и мелкий заполнитель, добавки, затворитель и армирующие элементы. Собственно на них возложена основная функция – связать все компоненты в единую монолитную структуру. Соблюдение правильной пропорции этих компонентов – главнейшая задача в производстве бетона.

Для изготовления ЖБИ необходимо знать четкое соотношение компонентов бетонной матрицы (табл. 3.1).

Таблица 3.1

Соотношение компонентов бетонной матрицы, %

Материал	Содержание материала в смеси
Портландцемент	7,5–27,5
Песок	22,5–43,0
Щебень	40,0–54,0
Добавка	0,2–1,0
Вода	4,5–10,0

Рассмотрим некоторые примеры состава композиции бетонных смесей.

Исходные материалы:

- портландцемент ОАО «Мордовцемент» марки ЦЕМ I 42,5Б;
- щебень фракции 20–40 ОАО «Хромцовский карьер» Ивановской области;
- гравий фракции 3–20 ОАО «Хромцовский карьер» Ивановской области;
- песок строительный ОАО «Хромцовский карьер» Ивановской области;
- керамзитовый гравий фракции 3–10 ОАО «Керамзит» г. Ярославль;
- химическая добавка «ПОЛИПЛАСТ СП–1» ООО «Полипласт».

В табл. 3.2 приведены некоторые составы композиций для производства наиболее распространенных железобетонных изделий.

Таблица 3.2

Состав композиции бетонной смеси для некоторых ЖБИ

Наименование изделия	Марка бетона, класс	ОК, Ж	Расход материалов, кг					Добавка, кг 0,5 % сухого вещества
			цемент	песок	гравий 3-20	керамзит 3-10	щебень 20-40	
Шахты лифтов, панели стеновые внутренние	300 (В22,5)	10-12	465	790	970	-	-	2,33
Плиты перекрытия железобетонные многопустотные	200 (В15)	0-1	261	950	1000	-	-	1,31
Блоки бетонные	100 (В7,5)	6-8	180	869	600	-	600	0,9
Стойки железобетонные для опор ВЛ	400 (В30)	4-6	437	678	1120	-	-	2,19
Плиты лоджий, плиты перекрытий сплошные	300 (В22,5)	6-8	387	720	1150	-	-	1,94
Панель покрытия	200 (В15)	6-8	380	320	200	500	-	1,9
Керамзитобетон для 3-х слойных панелей	150 (В10)	6-8	305	430	-	500	-	1,53

4. ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Производство железобетонных изделий (ЖБИ) складывается из следующих основных процессов: приготовления бетонной смеси; изготовления арматурных элементов; формования изделий; твердения бетона; распалубки изделий из форм, их отделки, сборки и комплектования строительных деталей для повышения их заводской готовности.

Для получения качественного бетона необходимо в процессе приготовления бетонной смеси обеспечить образование сплошного слоя цементного теста на поверхности зерен мелкого и крупного заполнителя, а также равномерное распределение растворной части (правильно подобранная смесь вяжущего, мелкого заполнителя, воды и в необходимых случаях специальных добавок до затвердения) в массе крупного заполнителя. Однородную бетонную смесь можно получить путем правильного подбора состава и выбора способа приготовления, типа смесительного оборудования, продолжительности перемешивания, степени заполнения емкости смесителя, а также последовательности загрузки и смешивания компонентов бетонной смеси. При загрузке исходные материалы загружают по степени их плотности. Сначала засыпают крупный заполнитель, затем песок и в последнюю очередь портландцемент. Сверху заливают воду с добавкой и начинают процесс перемешивания. При подаче цемента после щебня (гравия и т.д.) более крупные фракции заполнителя препятствуют налипанию цемента на стенки и лопасти, а также помогают разделить образовавшиеся комки. Смешивание компонентов происходит до получения однородной массы как по цвету, так и по консистенции.

4.1. Способы приготовления бетонных смесей

Приготовление бетонных смесей можно производить тремя способами: одновременным смешиванием всех компонентов, перемешиванием с одновременной механической обработкой смеси и отдельным приготовлением цементного теста (или раствора – это правильно подобранная смесь вяжущего, мелкого заполнителя, воды и в необходимых случаях специальных добавок, затвердевающая после нанесения ее на поверхность и превращающаяся в камень) с последующим смешиванием его с заполнителями.

Приготовление бетонной смеси *способом одновременного перемешивания* всех компонентов в бетоносмесителях различного типа

широко используется в строительстве без существующих изменений несколько десятков лет. Основными недостатками этого способа являются неполное использование вяжущего в бетоне и сравнительно большая продолжительность перемешивания, особенно для жестких смесей. Используемое при этом смесительное оборудование, несмотря на простоту конструкции, имеет большой износ и отличается повышенной металлоемкостью.

При дополнительной *механической обработке компонентов (второй способ)* в процессе их перемешивания достигается не только большая однородность смесей с различным содержанием воды (в том числе и жестких), но и повышение активности вяжущих, ускорение процесса твердения, а также улучшение сцепления цементного камня с заполнителем. Этот способ приготовления бетонных смесей позволяет улучшить структуру бетона, повысить его прочность и снизить расход вяжущего. Недостатком этого способа является использование смесительных машин, оборудованных вибрационными устройствами. Они имеют сравнительно сложную конструкцию и создают в работе трудноустраняемые вибрации и шум, вредно действующие на здоровье рабочих и строительные конструкции здания смесительного цеха.

Как показали исследования, одновременное перемешивание всех компонентов не обеспечивает достаточной однородности бетонной смеси и полного использования вяжущих свойств цемента, а прочность и плотность бетона получаются ниже, чем при раздельном способе приготовления с тем же расходом материалов.

Сущность *раздельного способа* приготовления бетонных смесей заключается в том, что сначала готовят цементное тесто (или раствор), добиваясь при этом значительного повышения активности вяжущего, а затем производят смешивание готового теста (или раствора) с заполнителем.

Процесс приготовления бетонных смесей состоит из двух этапов: дозирования составляющих и их перемешивания. При больших объемах производства бетонную смесь приготавливают в бетоносмесительных цехах, а при малых – в подвижных (мобильных) установках. При этом технологией предусматривается как одноступенчатая или высотная схема приготовления бетонной смеси, так и двухступенчатая схема.

Принцип одноступенчатой схемы приготовления бетонной смеси

заключается в том, что исходные материалы для ее приготовления поднимают один раз, а затем по ходу технологического процесса приготовления бетона они сами под действием силы тяжести перемещаются вниз (рис. 4.1). Высотные схемы более компактны, что особенно важно при стесненных условиях в площадях. Они лучше приспособлены для автоматизации процесса производства бетонных смесей. Вместе с тем, недостатком этой схемы являются менее комфортные условия для выполнения монтажных и ремонтных работ, а также более высокая их стоимость по сравнению с двухступенчатой схемой смесителя.

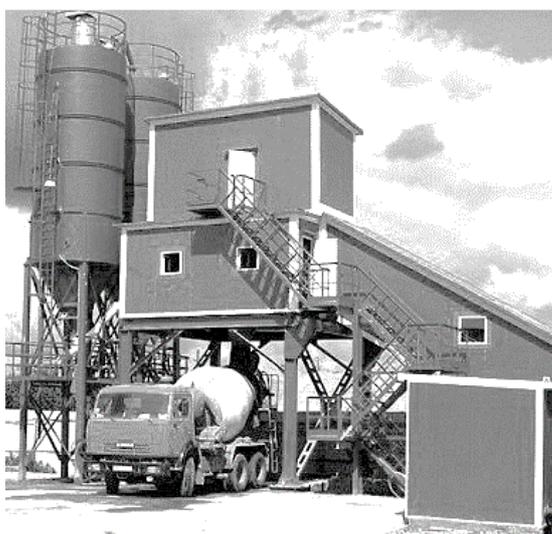


Рис. 4.1. Общий вид завода с одноступенчатой технологией приготовления цементобетона

При двухступенчатой схеме приготовления бетона исходные материалы поднимают в два приема. Сначала их подают в расходные бункера, а затем после дозирования скиповый подъемник доставляет их в бетоносмеситель (рис.4.2). Эти две технологические схемы присутствуют в конструкциях мобильных и стационарных бетонных заводов. Заключительная операция приготовления бетонной смеси – это перемешивание компонентов. Этот технологический этап приготовления смеси главным образом и определяет качество готовой бетонной смеси, а именно ее однородность.

По технологическим требованиям бетонная смесь должна сохранять однородность при транспортировании, перегрузке и укладке в опалубку или форму; удобоукладываемость ее должна соответствовать типу бетонируемой конструкции, принятым методам уплотнения и формования.

Продолжительность перемешивания бетонной смеси должна устанавливаться лабораторией завода и опытным путем, но не менее указанной

в ГОСТ 7473–2010 [64].



Рис. 4.2. Общий вид завода с двухступенчатой схемой приготовления бетонных смесей

В табл. 4.1 и 4.2 показаны продолжительность перемешивания бетонных смесей тяжелых и мелкозернистых бетонов на плотных заполнителях и смесей легких бетонов на пористых заполнителях в смесителях принудительного действия соответственно.

Таблица 4.1

Продолжительность перемешивания бетонных смесей тяжелых и мелкозернистых бетонов в смесителях принудительного действия

Вместимость смесителя по загрузке, л	Продолжительность перемешивания, с, для смесей всех марок по удобоукладываемости при водоцементном отношении В/Ц		
	менее 0,3	не менее 0,3–0,4	более 0,4
Менее 750	80	60	50
750–1500	100	70	50
Более 1500	120	80	50

Таблица 4.2

Продолжительность перемешивания бетонных смесей легких бетонов на пористых заполнителях в смесителях принудительного действия

Вместимость смесителя по загрузке, л	Продолжительность перемешивания, с, при средней плотности бетона, кг/см ³			
	менее 1000	1000–1400	1401–1600	более 1600
Менее 750	180	150	120	115
750–1500	210	180	150	120
Более 1500	240	210	180	135

После приготовления бетонной смеси следующим этапом является изготовление и подготовка армирующих элементов.

4.2. Изготовление арматурных элементов

Арматурные элементы на современных предприятиях изготавливают на высокопроизводительных станках.

Армирование ЖБИ различают ненапряженное (обыкновенное) и предварительно напряженное. Операции армирования и виды арматуры, применяемые при каждом из этих способов армирования, имеют ряд принципиальных отличий.

Ненапряженное армирование осуществляется с помощью плоских сеток и пространственных (объемных) каркасов, изготовленных из стальных стержней различного диаметра, сваренных между собой в местах пересечений.

Арматурные сетки и каркасы изготавливают в арматурном цехе, оборудованном резательными, гибочными и сварочными аппаратами. Процесс производства строится по принципу единого технологического потока: от подготовки арматурной стали до получения готового изделия.

Производство арматурных изделий делится на несколько основных групп операций. Подготовительные операции: разгрузка транспортных средств, складирование и подача арматурной стали в производство. Заготовительные операции: перемотка проволоки из мотков (бухт) на инвентарные катушки; чистка, правка, отмеривание и резка проволочной и стержневой арматуры; резка листовой и профильной стали, гибка стержневой арматуры.

Различают 4 типа заготовительных линий:

- для арматуры диаметром 2,5–12 мм, поступающей в мотках;
- арматуры диаметром свыше 10 мм, поступающей в виде стержней;
- профильного и листового проката;
- прядевой арматуры (канаты), поступающей в бухтах.

Арматурную сталь в цех подают с помощью специальной тележки. Заготовительные операции ведут двумя потоками: для проволочной арматуры и для стержневой арматуры. Сварочные операции в основном выполняются контактной и дуговой сваркой, при этом свариваются сетки, легкие и тяжелые каркасы, закладные детали.

Сборочные операции: гибка сеток и каркасов, укрупненная сборка плоских каркасов в пространственные, установка и приварка закладных деталей и монтажных петель.

Изготовление объемных арматурных каркасов осуществляется

несколькими методами или их сочетанием:

- 1) гнутьем плоских сеток;
- 2) сваркой на специализированных установках из отдельных стержней, например, труб;
- 3) сборкой из плоских каркасов путем сварки в специализированных установках;
- 4) сборкой вручную путем соединения плоских каркасов вязальной проволокой или специальными пружинными скрепками.

К готовым арматурным изделиям приваривают монтажные петли, закладные детали, фиксаторы. Для захвата при подъеме сборных конструкций предусматривается применение монтажных петель. Закладные детали служат для соединения железобетонных конструкций между собой при монтаже единого каркаса зданий и сооружений, а также для монтажа оборудования. Фиксаторы обеспечивают точное соблюдение толщины защитного слоя и используются при установке горизонтальной и вертикальной арматуры, а также для ее фиксации.

Последним этапом технологического процесса изготовления арматуры является нанесение антикоррозийного покрытия.

Автоматические линии для сварки сеток арматуры железобетона выполняют все операции, начиная от правки прутка и перемещения изделия до отрезки готовой сетки нужной длины.

Напряженное армирование – создание в бетоне по всему сечению или только в зоне растягивающих напряжений предварительного обжатия, величина которого превышает напряжение растяжения, возникающее в бетоне при эксплуатации. При изготовлении предварительно напряженных изделий пользуются одноосным обжатием бетона отдельными стержнями или пучками проволок, располагаемых в изделии вдоль его продольной оси, и объемным обжатием путем навивки напряженной проволоки в двух или нескольких направлениях.

Передачу предварительного напряжения арматуры на бетон осуществляют тремя способами посредством:

- 1) сцепления арматуры диаметром 2,5–3 мм с бетоном; при большем диаметре арматуры сцепление обеспечивается путем устройства вмятин на поверхности проволоки или свивкой прядей из 2–3 проволок либо применением арматуры периодического профиля;

2) сцепления арматуры с бетоном, усиленным анкерными устройствами (анкеры – это разнообразные специальные закрепляющие устройства, применяющиеся для передачи усилия предварительного натяжения арматуры на бетон);

3) передачи усилий натяжения на бетон через анкерные устройства на концах арматурного элемента без учета сцепления арматуры и бетона.

Натяжение арматуры производят различными способами: механическим, электротермическим, а также химическим при применении напрягающего цемента.

При механическом способе натяжения арматура растягивается осевой нагрузкой, создаваемой домкратами.

Сущность электротермического способа натяжения заключается в том, что удлинение арматуры достигается электрическим нагревом до определенной температуры, после чего стержень, нагретый до 300–400 °С, заанкеривается (закрепляется) с двух сторон в упорах формы или стенда, которые препятствуют укорочению стержня при его охлаждении.

Непрерывное механическое и электромеханическое натяжение арматуры сводится к тому, что проволока, предварительно напряженная до заданной величины, укладывается на поддон формы в соответствии с принятой схемой армирования [21, 65].

4.3. Формование железобетонных изделий

На современных предприятиях железобетонные изделия формируют различными способами, а именно: агрегатно-поточным, кассетным, конвейерным и стендовым.

4.3.1. Агрегатно-поточный способ производства

Наиболее распространенным способом производства является агрегатно-поточный. Он характеризуется расчленением технологического процесса на отдельные операции или их группы; выполнением нескольких разнотипных операций на универсальных агрегатах; наличием свободного ритма в потоке; перемещением изделия от поста к посту; переходом формы и изделий от поста к посту с произвольным интервалом, зависящим от длительности операции на данном рабочем месте, которая может колебаться от нескольких минут (например, смазка форм) до нескольких часов (пост твердения отформованных изделий).

Кроме того, есть возможность закрепления за одной поточной линией изделий, различных не только по типоразмерам, но и по конструкции, за счет наличия на поточной линии универсального оборудования.

Технология изготовления ЖБИ по агрегатно-поточному способу производства: подготовленную форму с помощью мостового крана (рис. 4.3) подают на пост формования, где в нее укладывают бетонную смесь с помощью бетоноукладчиков (рис. 4.4), затем на этом же посту производят уплотнение бетонной смеси на виброплощадках (рис. 4.5), заглаживание и отделку поверхности бетона.

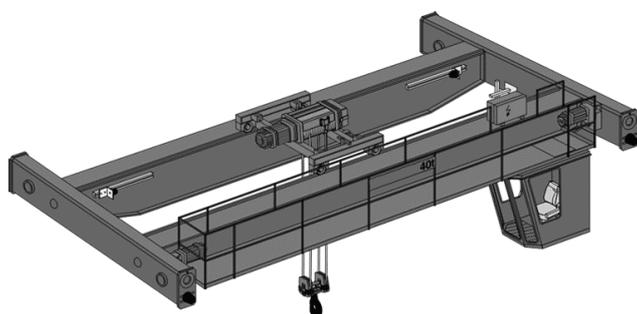


Рис. 4.3. Мостовой кран

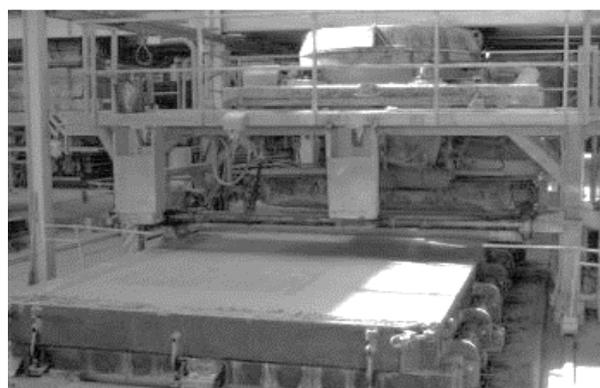


Рис. 4.4. Бетоноукладчик

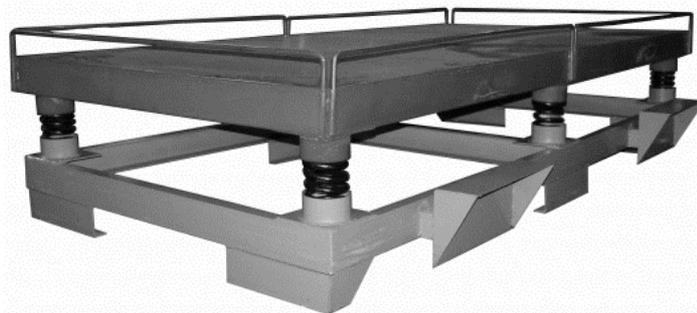


Рис. 4.5. Виброплощадка

После этого формы с изделиями поступают в камеры тепловлажностной обработки (рис. 4.6).

Формы и изделия передвигают от поста к посту с произвольным интервалом. Технологические посты не зависят один от другого, ритм работы одного и того же поста может изменяться: 10–16 минут на посту укладки бетонной смеси, 6–12 ч на посту тепловой обработки [66].

Агрегатно-поточная технология, основанная на применении передвижных агрегатов, позволяет обрабатывать изделия за несколько проходов, что гарантирует высокое качество изделий, особенно сложной конфигурации и многослойных (стеновых панелей, кровли), и позволяет

производить замену устаревшего оборудования без значительной переделки линии [67].

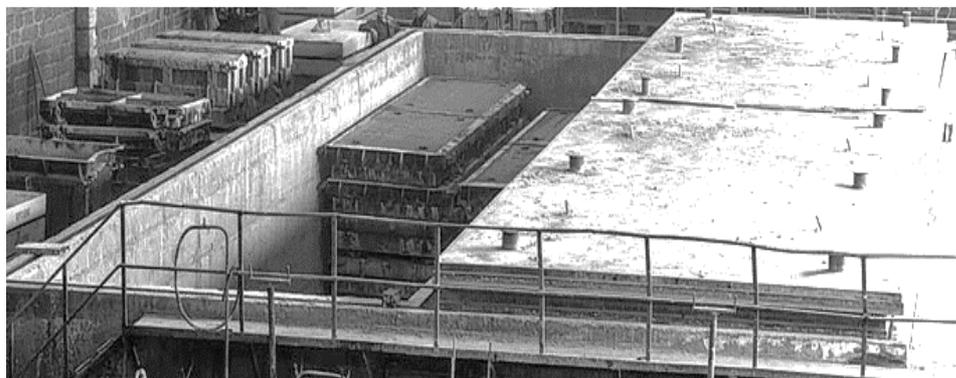


Рис. 4.6. Камера тепловлажностной обработки

Достоинствами этого способа являются: высокий съём продукции с производственных площадей; технологическая и организационная несложность перехода на выпуск изделий другого вида; наиболее эффективный способ производства в технико-экономическом отношении при массовом выпуске изделий длиной до 16 м, шириной до 3 м и высотой до 1 м; возможность закрепления за одной поточной линией изделий, различных не только по типоразмерам, но и по конструкции; большая гибкость и маневренность в использовании технологического и транспортного оборудования в режиме тепловой обработки; широкий выпуск номенклатуры изделий; низкие капиталовложения по сравнению с конвейерным способом; универсальность основного технического оборудования, что позволяет при незначительной затрате средств и времени быстро переналадить производство на выпуск нового вида изделий.

Для мелкосерийного производства агрегатно-поточный способ является наиболее выгодным. При несложном технологическом оборудовании, небольших производственных площадях и затратах на строительство этот способ дает высокий съём продукции с 1 м² производственной площади цеха. Здесь сочетаются небольшие затраты труда со сравнительно низкими удельными капитальными вложениями.

Недостатки поточной организации производства таковы: отработанность конструкций изделий; монотонная, однообразная работа на конвейерах является причиной низкой удовлетворенности трудом рабочих и способствует увеличению текучести кадров; изделие должно быть полностью подготовлено к производству, так как любая его "доводка" потребует остановки всех

технологических постов; вся поточная линия может остановиться из-за поломки одного станка или выбытия одного рабочего; большие масштабы производства, что не всегда соответствует потребностям рынка.

4.3.2. Конвейерный способ производства

При конвейерном способе производства формы с изделиями перемещаются с принудительным ритмом по всем технологическим постам линии специальными транспортными устройствами (рис. 4.7).

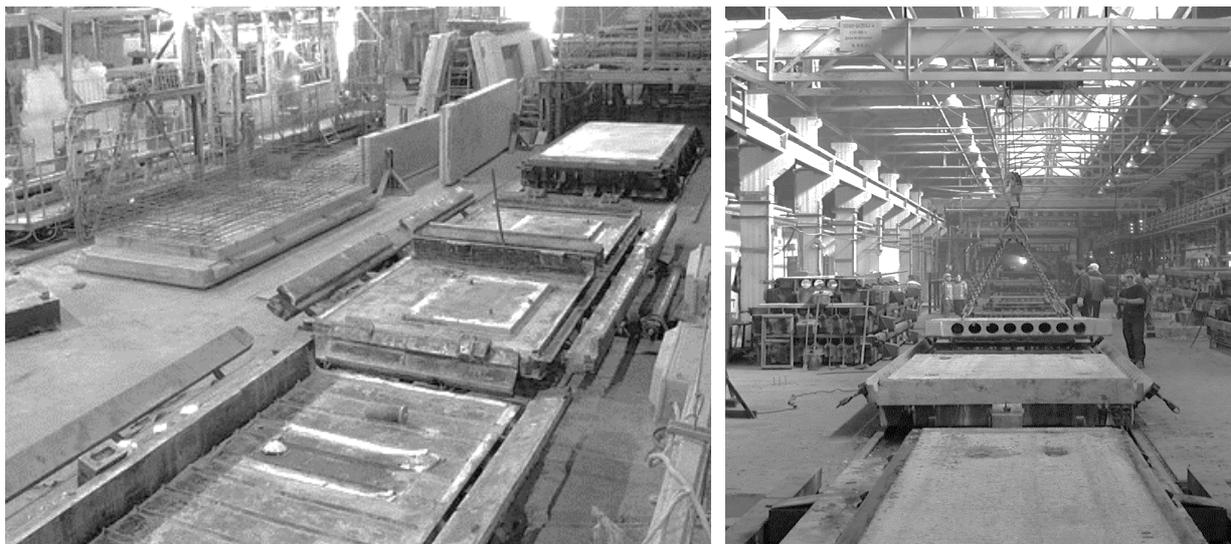


Рис. 4.7. Конвейерный способ

Процесс изготовления изделий происходит в следующей последовательности: подготовленную форму подают на пост формования, где в нее укладывают бетонную смесь с помощью бетоноукладчиков, затем на этом же посту или на следующем производят уплотнение бетонной смеси на виброплощадках или с помощью различных виброустройств; далее осуществляют заглаживание и отделку поверхности бетона и изделия помещают в камеры тепловлажностной обработки.

Конвейеры непрерывного действия представляют собой замкнутую ленту, состоящую из поперечных элементов (пластин), которая с помощью установленной на ней бортовой оснастки разбивается на отдельные отсеки – формы. При транспортировке на штанговом двухниточном конвейере трасса конвейера может иметь изгиб только в вертикальной плоскости. Это не всегда удобно при большой протяженности конвейера и совмещении на нем многих технологических операций. Скорость движения конвейеров непрерывного действия принимают в пределах 0,1–2,5 м/мин.

На конвейерных линиях применяют тепловые агрегаты непрерывного и

периодического действия. К агрегатам непрерывного действия относятся горизонтальные щелевые и вертикальные камеры башенного типа, к агрегатам периодического действия – многоярусные щелевые и ямные камеры. Наибольшее распространение получили конвейеры периодического действия с формами, передвигаемыми по рельсам. Число постов на конвейерных линиях составляет 6–15, ритм работы конвейера находится в пределах 10–22 мин, скорость перемещения – от 0,9 до 3,5 м/мин.

В настоящее время конвейерные линии проектируют в виде двухъярусных станов (рис. 4.8), с тоннельными камерами тепловлажностной обработки, с вертикальными камерами тепловлажностной обработки с пакетами термоформ.

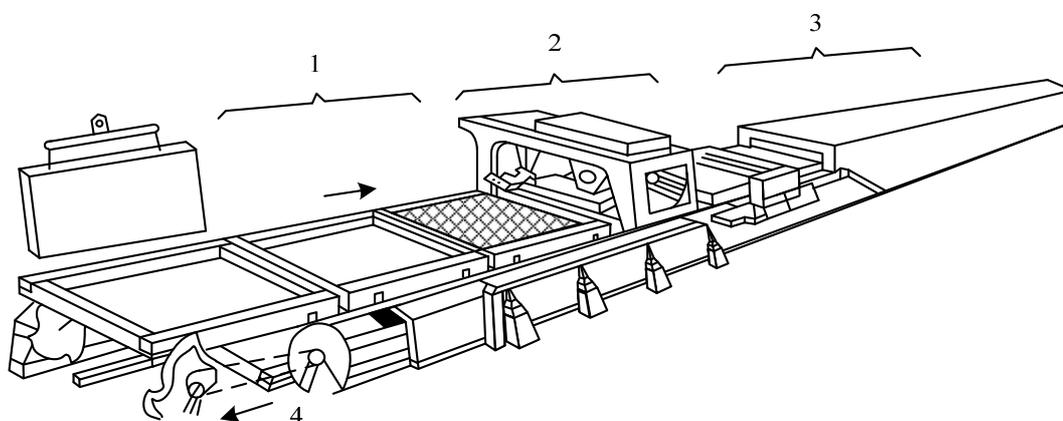


Рис. 4.8. Двухъярусный стан для изготовления сборных железобетонных изделий: 1 – пост подготовки форм и установки арматуры; 2 – пост формования; 3 – камера предварительной тепловой обработки; 4 – щелевая камера (нижний ярус) окончательной тепловой обработки

На верхнем ярусе производят формование изделий и предварительное твердение бетона в щелевой камере, где осуществляют интенсивный прогрев изделий паром, специальными подогревателями или инфракрасными лампами. На нижнем ярусе происходит окончательное твердение бетона [45].

Достоинства конвейерной технологии: непрерывность потока и четкость ритма одновременного выполнения всех операций способствуют предотвращению простоев; пооперационное расчленение технологического процесса по стандартным специализированным постам и узкая специализация обеспечивают высокую производительность труда и создают предпосылки для комплексной механизации и автоматизации и контроля пооперационных процессов; непрерывность процессов повышает коэффициент использования технологического оборудования, формовочной оснастки и т.д.

Конвейерный способ производства дает возможность максимально автоматизировать технологические операции, достичь высокой эффективности производства благодаря применению принудительного режима перемещения изделий по постам; обеспечить снижение расхода тепловой энергии за счет непрерывного процесса тепловой обработки изделий; эффективно использовать технологическое оборудование, формы и оснастку. Пооперационное расчленение технологического процесса и узкая специализация обеспечивают высокую производительность труда. Непрерывность процессов повышает коэффициент использования оборудования [66].

Конвейерные линии наиболее эффективны при специализированном серийном выпуске изделий: плит и панелей покрытий, перекрытий, наружных стеновых панелей, панелей цоколя. Конвейерные линии дают возможность изготавливать панели высокой заводской готовности при максимальной механизации процессов формования и отделки на всех постах.

Недостатки конвейерной технологии: повышенные капиталовложения в результате увеличения механовооруженности, возрастание затрат на обслуживание механизмов и оборудования, снижение гибкости технологии, что ведет при переходе на новую номенклатуру к значительной реконструкции линии.

4.3.3. Кассетный способ производства

Широкое распространение способ формования железобетонных изделий в кассетных установках получил с развитием полносборного домостроения. Панели внутренних стен, перегородок, перекрытий, для которых необходимо хорошее качество обработки обеих поверхностей, нерационально изготавливать в горизонтальном положении.

При кассетном способе производства изделия формуют и осуществляют тепловлажностную обработку их в неподвижной вертикальной кассетной формовочной машине (рис. 4.9).

В вертикальных кассетных установках наиболее эффективно изготавливать плоские изделия: панели стен, перекрытий, перегородок, но можно формовать изделия и других видов (вентиляционные блоки, лестничные марши, трубы и т. д.).

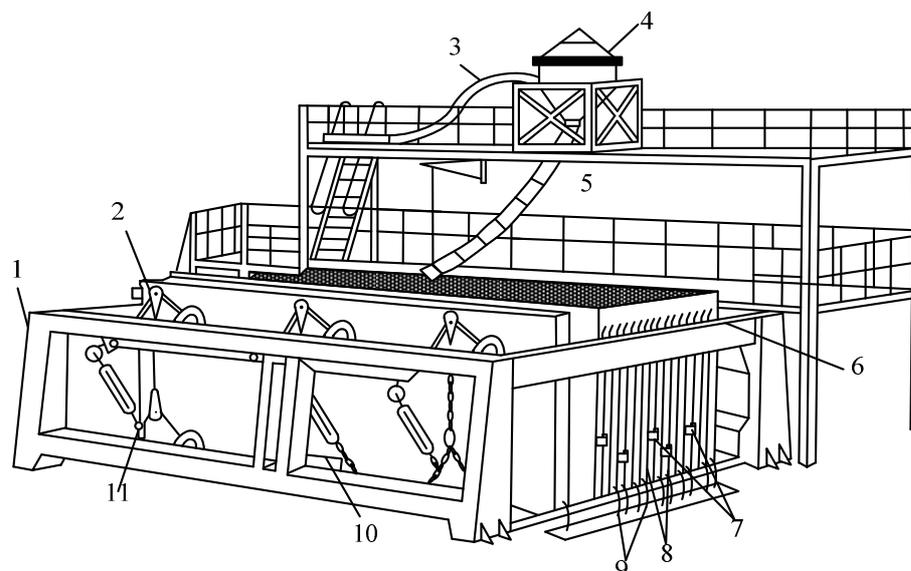


Рис. 4.9. Кассетно-формовочная машина: 1 – рама; 2 – упоры для обжатия кассеты; 3 – бетонопровод для пневмотранспорта бетонной смеси; 4 – гаситель (циклон) для бетонной смеси при пневмотранспорте смеси; 5 – гибкий шланг для загрузки смеси в формы; 6 – роликовые опоры разделительных стенок; 7 – навесные вибраторы; 8 – вертикальные разделительные стенки кассеты; 9 – подводка для пара в тепловые отсеки; 10 – гидроцилиндр для привода распорных рычагов; 11 – рычажная система для сборки и разработки кассеты (за счет перемещения вертикальных стенок)

Отличительной особенностью этого способа является вертикальное расположение форм и формируемого изделия. Форма кассеты состоит из ряда отсеков, образованных стальными разделительными стенками. Перед началом формования производят чистку, смазку и сборку стенок кассеты, при этом величина зазора между стенками соответствует толщине формируемых изделий, затем производят установку и закрепление арматуры.

Подачу бетонной смеси производят по бетоноводу, который собирают из секций длиной 3 м. Установка для транспортирования состоит из приемника с пневматическим нагнетателем, гасителя давления и бетоновода. При этом смесь проходит узкий формовочный отсек (60–200 мм), в котором размещены арматурный каркас, проемообразователи, закладные детали, каналообразователи для скрытой электропроводки.

После укладки и уплотнения бетона происходит тепловлажностная обработка изделий в кассете. Ее осуществляют с помощью пара, который подают в паровые отсеки (рубашки), расположенные между изделиями и с крайних сторон формы. Температура пропаривания составляет 85 °С. Отличительная черта данного вида тепловой обработки – почти полная

изоляция обогреваемого изделия от воздушной среды, а также исключение влагообмена между бетоном и теплоносителем. Общая продолжительность процесса до 6–10 ч. После завершения тепловой обработки стенки отсеков кассетной установки несколько раздвигают гидравлическими домкратами, и изделие мостовым краном вынимают из отсека и переносят к месту охлаждения или на склад готовой продукции.

Для увеличения оборачиваемости кассетного оборудования подача бетонной смеси в кассету запроектирована с помощью пневмотранспорта, обеспечивающего необходимую интенсивность подачи бетона – 1–0,3 м³/мин.

В конструктивном отношении разделительные стенки кассетных установок могут быть металлическими или железобетонными. В большинстве случаев стенки кассет делают в виде пустотных вертикальных щитов, в которые подают пар или другой теплоноситель для тепловлажностной обработки изделий. Разделительные стенки кассеты изготавливают также из сплошных металлических листов (например, при применении электропрогрева изделий) [66].

Сборку кассетных установок осуществляют вручную, с механическим или гидравлическим приводом. Бетонную смесь уплотняют вибрированием глубинными вибраторами или чаще с помощью вибраторов, установленных по торцам разделительных стенок кассеты.

Формование изделий в вертикальном положении резко сокращает производственные площади, что является основным преимуществом кассетного способа.

Существует еще ряд преимуществ кассетного способа производства:

- изделия имеют гладкую, хорошего качества поверхность;
- изделия имеют высокую точность геометрических размеров;
- возможность снижения времени ТВО;
- изделия можно транспортировать при 50 % прочности (распалубочная прочность), так как их формируют в вертикальном положении, и они не требуют дополнительного армирования, связанного с монтажными работами;
- меньшие трудозатраты на отделку изделий.

Однако кассетная технология имеет и недостатки: отсутствует надлежащее уплотнение бетонной смеси в формовочных отсеках, что ведет к

применению подвижных бетонных смесей ($\Pi = 12\text{--}16$ см) с большим водосодержанием. Это увеличивает расход цемента, расслаиваемость бетонной смеси, неоднородность прочности бетона по высоте изделия; повышенное водосодержание, недостаточная вибрация приводят к многочисленным порам и раковинам на поверхности изделий, что требует шпатлевки на специальных отделочных комплексах; для стендовой кассетной технологии характерны простои формовочного оборудования в процессе обработки изделий и большая удельная металлоемкость.

В настоящее время на домостроительных заводах действует около 4 тыс. кассетных установок (рис. 4.10), в которых изготавливают примерно 15 млн м³ изделий в год.



Рис. 4.10. Кассетная установка

Установки отличаются большой компактностью, простотой, надежностью в работе, малым физическим износом при эксплуатации. Съем изделий с 1 м² производственной площади при кассетной технологии на 23 % выше, чем при агрегатно-поточной, и на 10–25 % больше чем на горизонтальных конвейерных линиях. Изделия имеют гладкие поверхности, четкие ровные ребра, полное соответствие геометрическим размерам.

Наряду с кассетным способом производства изделий, существует *кассетно-конвейерный* – это формовочная линия, на которой изделия формируют в вертикальном положении, а опалубку и изделия в процессе производства перемещают с заданным ритмом по технологическим постам (рис. 4.11).



Рис. 4.11. Кассетно-конвейерный способ производства ЖБИ

Кассетно-конвейерная линия состоит из пакета вертикально или наклонно установленных щитов, соединенных разъемными или неразъемными связями, механизмов укладки и уплотнения бетонной смеси, сборки и разборки щитов, распалубки изделий, транспортных устройств для перемещения пакета и отдельных щитов, устройств для тепловой обработки изделий, механизмов для подготовительных работ (чистки и смазки щитов, подачи и установки арматурных каркасов). Основные участки кассетно-конвейерной линии: формовочный, сборки и разборки щитов, пакета, тепловой обработки, подготовительных работ, распалубки.

Кассетно-конвейерные линии бывают: со сборно-разборным и неразборным пакетом; с поступательным и возвратно-поступательным (челночным) перемещением пакета; горизонтально и вертикально замкнутые; продольно и поперечно расположенные; с одно- и двусторонним формованием (в зависимости от крепления оснастки).

Данный способ обеспечивает более высокую производительность труда, требует меньших производственных площадей, расхода пара и электроэнергии. Имеет несколько отличительных особенностей и применяется в основном для изготовления внутренних стен:

- возможность относительно быстрой переналадки полостей;
- высокое качество изделий;
- максимально возможный съём продукции с производственной площади;
- применение импортных кассетных установок позволяет отказаться от постов отделки изделий;
- высокая производительность.

4.3.4. Стендовый способ производства

При стендовом способе производства формование изделий производят в стационарных неподвижных формах, а формовочное оборудование перемещают от одной формы к другой (рис. 4.12). Тепловую обработку производят непосредственно в форме. Уплотнение бетонной смеси осуществляют навесными или глубинными вибраторами.

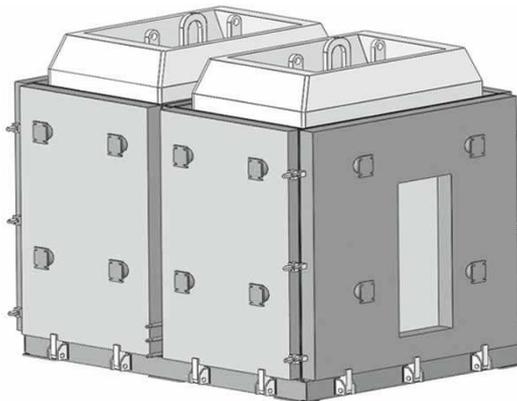


Рис. 4.12. Стендовый способ производства шахты лифтов

Особенностью стендового способа производства является то, что все технологические процессы (установка арматурных каркасов, формование, твердение бетона, распалубка, чистка и т.д.) выполняются на одном месте. Бетонную смесь укладывают послойно с использованием самоходных бетоноукладчиков или бадей.

Различают короткие и длинные стенды. На коротких стендах изготавливают одновременно одно–два изделия, а на длинных – пять изделий и более, расположенных в одну линию.

Стендовую технологию применяют как на открытых полигонах, так и в закрытых цехах при изготовлении тяжелых длинномерных конструкций, особенно предварительно напряженных (подкрановые балки, фермы и т.д.).

Широкое распространение получили плоские стенды, представляющие собой бетонную гладкую площадку, разделенную на отдельные формовочные линии. По способу организации работы плоские стенды делят на протяженные, пакетные и короткие.

Протяженные стенды используют для изготовления длинномерных изделий с большим поперечным сечением и большой высотой, пакетные – для изделий с небольшим поперечным сечением. Короткий стенд состоит из отдельных стационарных формовочных постов в виде силовых форм, в которых изготавливаются предварительно напряженные железобетонные фермы,

балки и др. [66].

Для изготовления длинномерных предварительно напряженных изделий используют длинные стенды, на которых формуют по 4–6 изделий одновременно. Арматуру натягивают мощными гидравлическими домкратами на упоры. Натяжение арматуры производят с двух сторон. Для этой цели арматуру пропускают через специальные направляющие в упор стенда и соединяют с тягами и захватами. Затем гидравлические домкраты с одной и другой стороны подводят поочередно к каждому стержню и производят его натяжение. После натяжения фиксируют его положение в упоре стенда. Формы выполняют стационарными с неподвижным поддоном, откидными бортами и паровыми рубашками. Паровые рубашки позволяют осуществлять тепловую обработку смеси непосредственно на стенде. По окончании цикла тепловой обработки раскрывают продольные борта и снимают торцовые, обрезают предварительно напряженную арматуру и перемещают изделие на склад.

К каждому стенду подведен паропровод с распределителями. Для сборки форм применяют специальные приспособления, а также грузоподъемные механизмы (краны, кран-балки, автокраны).

Стендовым способом изготавливают крупногабаритные конструкции. Стендовое производство очень трудоемко и требует больших производственных площадей.

Цикл получения готовых изделий 7–12 ч, из которых 1,5–2 ч приходится на подготовку форм, армирование, бетонирование, остальное – на цикл тепловой обработки.

Преимущества стендового способа – простота применяемого оборудования. Этот способ требует незначительного объема капитальных затрат, экономичен для изготовления изделий малыми сериями.

Недостатки стендовой технологии (технологические): взаимозависимость операций на длинных стендах; низкая автоматизация производства; затруднено использование интенсивных методов уплотнения: местное вибрирование, вибрирование глубинным вибратором, вибрирование поверхностными вибраторами. Тем самым ограничивается жесткость бетонной смеси.

Для производства массовых сборных железобетонных изделий используют рекомендуемые способы, которые приведены в табл. 4.3.

Таблица 4.3

Рекомендуемые способы производства изделий

Метод формования	Номенклатура изделий
1	2
<i>Агрегатно-поточный способ</i>	
На виброплощадке в одиночных и групповых формах	Панели перекрытий и покрытий, колонны, сваи, ригели длиной до 7,2 м; блоки фундаментов, трубы напорные, шпалы
На виброплощадке с пустотообразователями без вибромеханизма	Многopустотные панели, однопустотные опоры и сваи
Использование пустотообразователей с вибромеханизмами	Многopустотные панели перекрытий с круглыми и овальными пустотами
На роликовых и ременных центрифугах в разъемных и неразъемных формах	Трубы напорные и безнапорные, пустотелые колонны, стойки, опоры ЛЭП и освещения
На специальном оборудовании для виброгидропрессования	Трубы напорные
На ударном столе	Наружные стеновые панели, экраны лоджий, лестничные марши
На специальных агрегатах	Блок комнаты, сантехкабины
<i>Конвейерный способ периодического действия</i>	
На виброплощадках в формах	Много- и однослойные наружные стеновые панели; панели внутренних стен; ребристые панели покрытий; лестничные марши и площадки
В передвижных формах с помощью пустотообразователей с вибромеханизмами	Многopустотные панели перекрытий с круглыми и овальными пустотами
В передвижных формах с помощью вибропротяжного устройства	Однослойные наружные стеновые панели; панели перекрытий и внутренних стен, ребристые панели покрытий
<i>Конвейерный способ непрерывного формования</i>	
На двухъярусных станах	Наружные стеновые панели, панели перекрытий и внутренних стен
В передвижных формах с помощью стационарного вибропротяжного устройства	Однослойные наружные стеновые панели, панели перекрытий и внутренних стен, ребристые панели покрытий с высотой ребра до 30 см
В передвижных формах с помощью машины роликового прессования	Тротуарная плитка, бордюрный камень, изделия из мелкозернистого бетона

1	2
<i>Стендовый способ</i>	
На линейных стендах или силовых разъемных или неразъемных формах	Балки стропильные, фермы, подкрановые балки, ригели, элементы шахтной крепи, сваи, плиты типа П и КЖС
На линейных стендах с непрерывным безопалубочным способом формования	Многopустотные панели; элементы перегородок промышленных зданий, наружные стеновые панели, линейные элементы постоянного очертания
<i>Кассетный способ</i>	
В многоместных кассетах периодического действия	Сплошные панели перекрытий и внутренних стен перегородки промышленных зданий и др.
В двухместных кассетах периодического действия, в том числе с пустотообразователями	Лестничные марши, вентилиационные блоки и др.
Кассетно-конвейерная линия	Сплошные панели перекрытий и внутренних стен, перегородки промышленных зданий и др.

4.4. Твердение железобетонных изделий

В процессе твердения отформованные железобетонные изделия приобретают требуемую прочность. Отпускная прочность может быть равна классу бетона или меньше его. Так, прочность ЖБИ при отгрузке потребителю должна быть не менее 70 % проектной (28-суточной) прочности для изделий из бетона на портландцементе или его разновидностях. Однако для железнодорожных шпал отпускная прочность должна превышать 70 % и для пролетных строений мостов 80 % от класса.

В зависимости от температуры среды различают следующие принципиально отличающиеся режимы твердения изделий: нормальный при естественных условиях; тепловлажностная обработка; температурная обработка в термобассейнах. Независимо от режима твердения относительная влажность среды должна быть близкой к 100 %.

Твердение железобетонных изделий на заводах в *нормальных условиях* при температуре 15–20 °С неэкономично, т.к. слишком продолжительно, уменьшает оборачиваемость форм, задерживает выпуск готовой продукции.

Для ускорения твердения бетона применяют *тепловую обработку*, существуют следующие ее разновидности: 1) пропаривание в камерах при

температуре до 100 °С и нормальном давлении; 2) горячее формование; 3) электропрогрев; 4) контактный прогрев в обогреваемых формах; 5) обогрев лучистой энергией.

Наиболее широко применяют пропаривание в камерах периодического и непрерывного действия. Здесь насыщенный пар создает тепловую и влажную среду, благоприятную для твердения ЖБИ. Пропаривание бетона при атмосферном давлении производят в плотных (паронепроницаемых) кирпичных или бетонных камерах с герметически закрывающимися воротами или крышками. Детали загружают в эти камеры краном в несколько рядов по высоте на вагонетках или контейнером. Для пропаривания применяют насыщенный пар с температурой 80–90 °С для бетона, содержащего обыкновенный портландцемент, и 90–95 °С для бетона на шлакопортландцементе и пуццолановом портландцементе.

Режим пропаривания в камерах характеризуется продолжительностью подъема температуры, выдержки при максимальной температуре, продолжительностью охлаждения, а также наибольшей температурой в период изотермического прогрева. В зависимости от свойств цемента и его вида, бетонной смеси (жесткая, т.е. бетонная смесь с малым расходом воды, не показывающая осадки конуса, однако обладающая формовочными свойствами при приложении внешнего силового воздействия; или подвижная, т.е. смесь, расплывающаяся под действием собственной массы и связанности (способности бетонной смеси сохранять однородную структуру, т.е. не расслаиваться в процессе транспортирования, укладки и уплотнения)), вида бетона (тяжелый, т.е. бетон с плотностью 1800–2500 кг/м³ на плотных заполнителях, или легкий, т.е. бетон с плотностью 600–1800 кг/м³ на пористых заполнителях), размеров изделий (тонкие или массивные) применяют самые разнообразные режимы твердения.

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 прогрев до максимальной температуры пропаривания. Этот способ предусматривает отказ от пропаривания. Свежесформованные горячие изделия укладывают (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.

На некоторых предприятиях применяют *электропрогрев* изделий, который по своим техническим свойствам, автоматизации, повышению культуры и санитарно-гигиеническим условиям производства имеет несравнимое преимущество перед всеми другими способами и является перспективным способом твердения бетона. Его развитие тормозит все еще высокая стоимость электроэнергии. Электропрогрев изделий достигается путем прохождения переменного тока через бетон. Последний, обладая электрическим сопротивлением большим, чем подводящие к нему ток электроды, разогревается в результате преобразования электрической энергии в тепловую. Существует несколько способов электропрогрева: 1) внутренний прогрев за счет теплоты, выделяющейся при прохождении электрического тока через бетон; 2) обогрев изделий инфракрасными излучателями; 3) прогрев в электромагнитном поле; 4) применение контактных электронагревателей.

Электропрогреву в открытых формах подвергают изделия массивные, так как тонкостенные изделия при этом способе могут пересыхать, поэтому их целесообразно прогревать электрическим током в кассетах. Напряжение тока в начале электропрогрева принимают равным 65–90 В, а в конце до 150–220 В. По мере отвердевания электропроводность бетона понижается, и для прохождения через него электрического тока требуется большое напряжение.

Контактный обогрев изделий достигается путем непосредственного их контакта с нагревательными приборами, например, обогреваемыми стенками формы, основанием станда. При этом изделие плотно укрывают, чтобы предупредить потери испаряющейся из него влаги в окружающую среду. Необходимая влажность вокруг изделия достигается за счет избыточной воды, т.е. сверх потребляемой на твердение цемента, которая вводится для получения удобоукладываемости смеси.

В качестве теплоносителя применяют острый пар, горячую воду, нагретое масло. Наиболее эффективно использование контактного обогрева тонкостенных изделий при достаточной их герметизации.

В южных районах для тепловой обработки бетона используют *солнечную энергию*. В этом случае на поверхность изделия устанавливают светопрозрачные элементы, герметизирующие форму. Элементы обычно имеют двойное остекление, чтобы предотвратить конденсацию пара на их поверхности и тем самым сохранить высокую светопропускную способность.

В летний период изделие под действием солнечных лучей нагревается до 70–80 °С, и проходит как бы самопропаривание бетона.

Предварительная выдержка бетона до тепловой обработки повышает конечную прочность бетона, позволяет применять более форсированные режимы, что сокращает длительность тепловой обработки. Для бетонов из подвижных смесей рекомендуется выдержка в течение 3–6 ч. Чем выше жесткость бетонной смеси и ниже водоцементное отношение, тем короче предварительная выдержка. Введение добавок-ускорителей твердение сокращает, а поверхностно-активных добавок удлиняет предварительную выдержку.

4.5. Распалубливание и отделка железобетонных изделий

Железобетонные изделия распалубливают после достижения бетоном прочности, обеспечивающей сохранность узлов, кромок и поверхностей. Сроки распалубки зависят от режима твердения и марки бетона, вида цемента и конструктивных особенностей элементов.

Распалубливание следует вести аккуратно и тщательно, чтобы исключить изломы и не нарушить геометрические размеры изделия.

Распалубка изделий при агрегатно-поточном и конвейерном способах производства ЖБИ осуществляется в следующем порядке:

- ручное открытие замков на бортах формы;
- открытие бортов формы при помощи лома;
- строповка изделия за монтажные петли с помощью траверсы;
- плавная, без рывков выемка изделия, лежащего в форме, из горизонтального в подвешенное положение;
- перемещение изделия на пост доводки (отделки) и контроля готовой продукции.

В кассетных установках после завершения тепловой обработки стенки отсеков несколько раздвигают гидравлическими домкратами, изделие мостовым краном вынимают из кассеты и переносят на пост предварительной отделки и контроля готовой продукции.

По окончании цикла тепловой обработки в стенде происходит распалубка изделия с помощью поднятия поддона формы на 80° и перемещения ее мостовым краном на пост выдержки и отделки, где снимают магниты, раскрывают продольные борта формы и снимают торцовые,

обрезают предварительно напряженную арматуру и перемещают изделие на пост доводки и контроля готовой продукции.

На посту доводки и контроля готовой продукции происходят следующие операции: срубка наплывов бетона; очищение изделий от остатков смазки с бетонной поверхности в случае появления жировых пятен; снимаются излишки бетона с формы.

Приемку железобетонных изделий осуществляют партиями, которые состоят из однотипных изделий, изготовленных по одной технологии в течение не более 10 дней. В зависимости от объема изделий количество их в партии устанавливают техническими условиями, оно не должно превышать величин, приведенных в табл. 4.4.

Таблица 4.4

Приемка однотипных изделий в зависимости от объема и количества

Объем изделий, м ³	До 0,1	0,1–0,3	0,3–1,0	1,0–2,0	Свыше 2,0
Изделий в партии, шт.	1000	700	300	150	100

В процессе приемки наружным осмотром проверяют внешний вид изделий, отмечают наличие трещин, раковин и других дефектов. Затем с помощью измерительных линеек и шаблонов проверяют правильность формы и габаритные размеры изделий. Если при контрольных замерах будут выявлены отклонения по длине или ширине, превышающие допускаемые, то изделие бракуют.

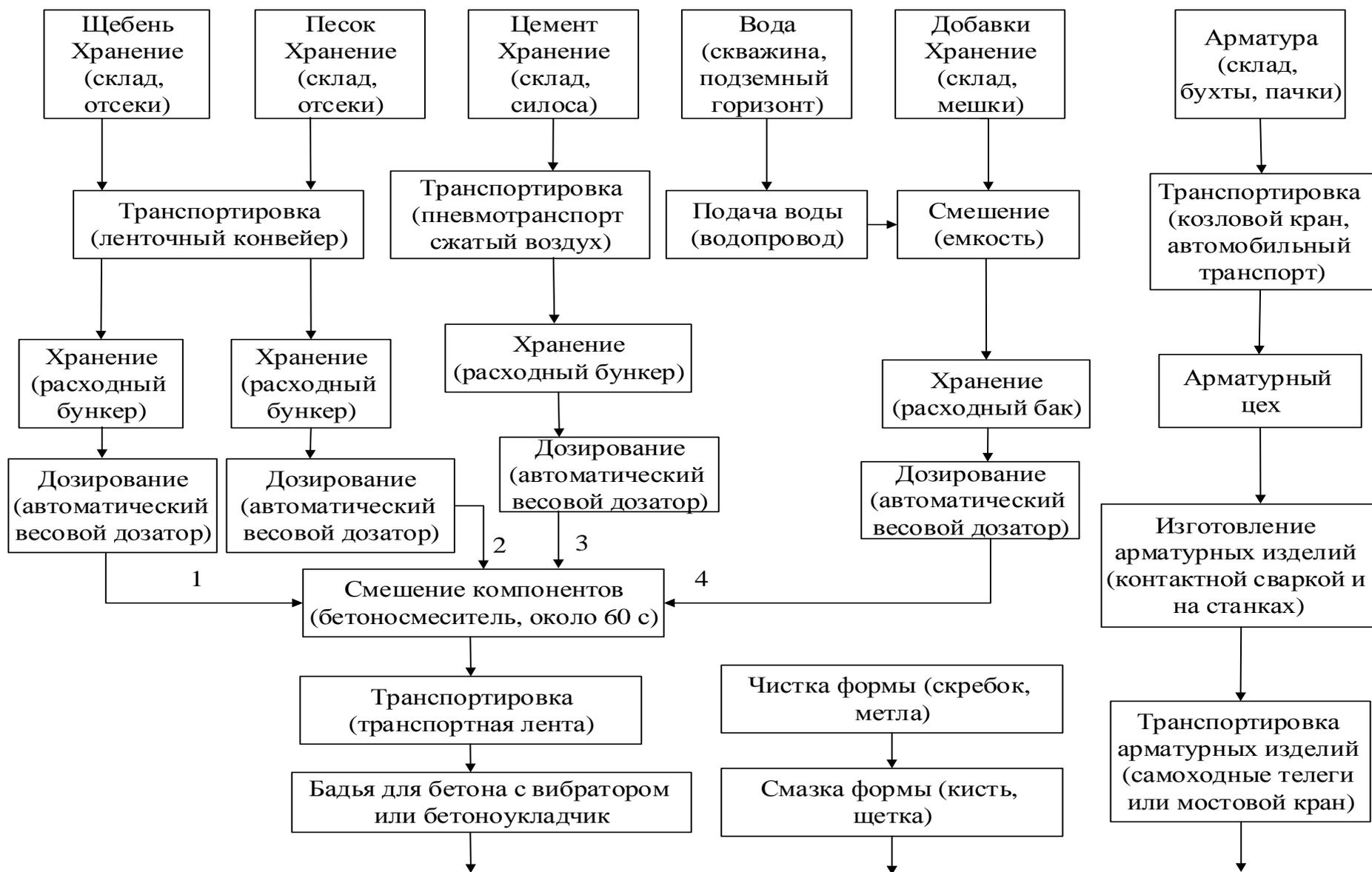
При приемке изделий определяют и прочность бетона, которую устанавливают по результатам испытания контрольных образцов и путем испытания готовых изделий. Маркировка изделий выполняется в соответствии с ГОСТ на конкретные ЖБИ.

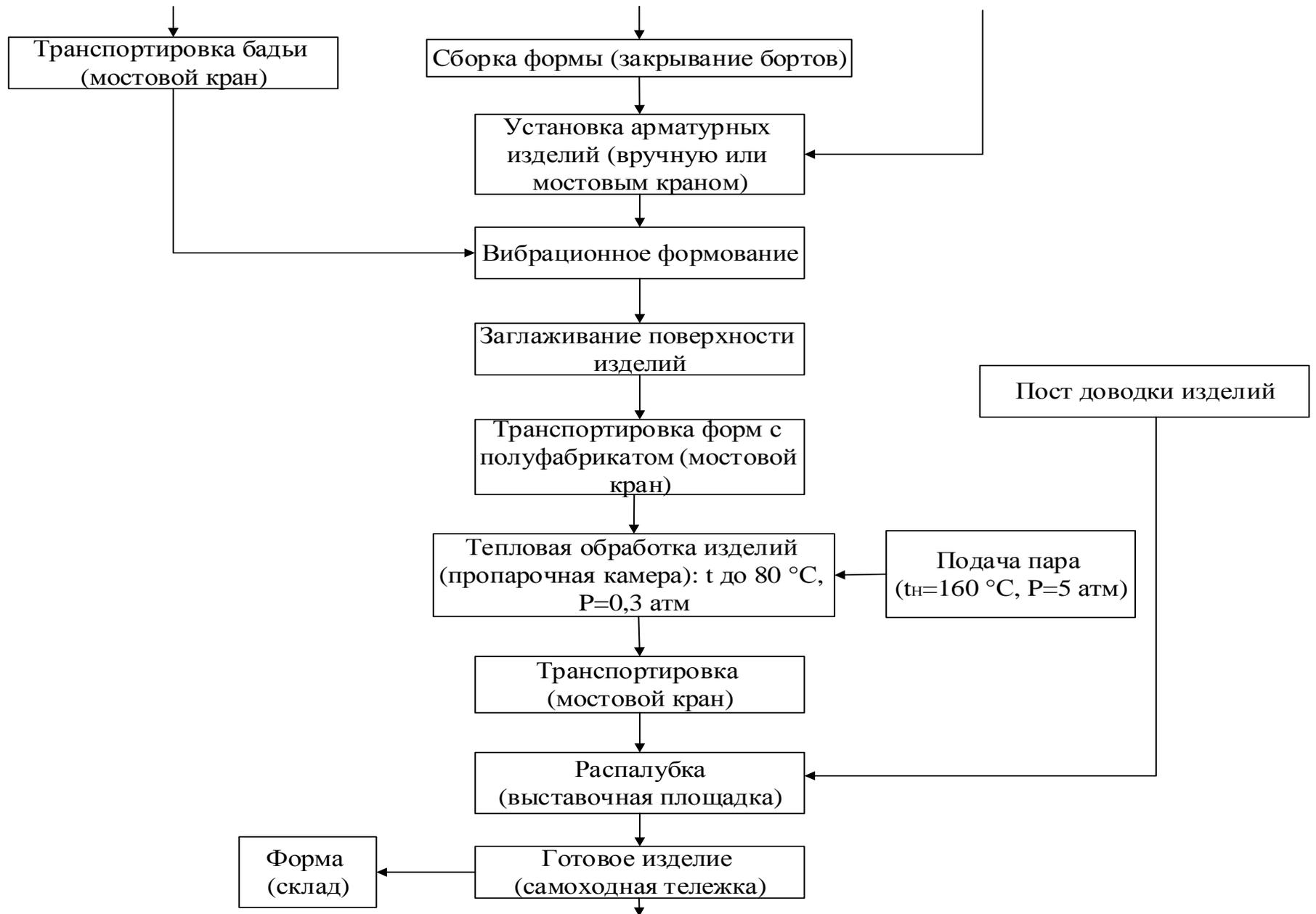
Сборка изделий, например панелей, заключается в навешивании и остеклении оконных переплетов, балконных дверей и т.д. Далее изделия вывозят на склад готовой продукции.

4.6. Основные технологические схемы производства ЖБИ

На производстве изготовление железобетонных изделий осуществляют в зависимости от способа формования ЖБИ по технологическим схемам, которые далее представлены и подробно рассмотрены.

4.6.1. Технологическая схема агрегатно-поточного способа производства фундаментных блоков







Щебень и песок хранят на складе в специальных отсеках, где находятся трубы, которые подогревают сырье в зимнее время года. Цемент хранят на складе в силосах (разные марки цемента в разных силосах). Транспортировку щебня и песка в расходные бункера осуществляют с помощью ленточного конвейера, а цемента с помощью пневмотранспорта сжатым воздухом по цементопроводу. Все компоненты дозируют с помощью автоматических весовых дозаторов.

Вода поступает из скважины. Ее смешивают с добавкой и также направляют в расходный бункер, откуда потом происходит дозирование.

Сначала в бетоносмеситель поступает щебень, далее песок, потом цемент и вода с добавкой. В нем происходит смешение компонентов, продолжительностью согласно ГОСТ 7473–2010 [64]. Приготовленную смесь транспортируют в цех по транспортной ленте или в бадью. Бадью стропуют и перемещают к форме.

На складе хранят стальную арматуру, которую направляют в арматурный цех, где арматурные элементы сваривают на станках контактной сварки. Арматурные изделия транспортируют в цех к форме с помощью автотранспорта и мостового крана.

Формы для железобетонных фундаментных блоков хранят на складе. На посту подготовки форм их очищают от остатков бетона скребками; наносят на внутреннюю поверхность формы, соприкасающуюся с бетоном, эмульсионную смазку тонким равномерным слоем (0,1–0,2 мм), не допуская скопления смазки в отдельных местах. Краном устанавливают арматурные блоки. Затем формы стропуют и транспортируют на пост формования, где их устанавливают на виброплощадку.

При помощи мостового крана бадью с бетонной смесью перемещают к форме на виброплощадке. В форму укладывают бетонную смесь, уплотняют ее и производят вибрирование, а потом заглаживают бетонную поверхность вручную и снимают излишки бетона с формы. Форму с изделиями транспортируют в пропарочную камеру с крышкой, где осуществляют тепловлажностную обработку изделий. К камере поступает пар с начальными параметрами: температурой 160 °С и давлением 5 атм. Тепловлажностная обработка проходит при температурах до 80 °С и давлении 0,3 атм. При тепловой обработке происходит ускоренное формирование структуры бетона и его твердение.

Общий цикл тепловлажностной обработки ЖБИ приведен на рис. 4.13.



Рис. 4.13. Цикл тепловлажностной обработки изделий

После термообработки с помощью мостового крана изделия в форме транспортируют на пост распалубки, где происходит извлечение изделий из формы, которую затем возвращают на склад.

Готовое изделие проходит приемку отделом технического контроля (приемочный контроль). На изделиях, признанных дефектными, осуществляют доводку и выдержку. Изделия, прошедшие контроль, маркируют в соответствии с требованиями ГОСТ 13015–2012 [10] и отправляют на склад готовой продукции, откуда с помощью автотранспорта или железнодорожного транспорта они отгружаются потребителю.

4.6.2. Технологическая схема конвейерного способа производства плит перекрытий, плит лоджий и балконов



Весь технологический процесс разделен на элементарные процессы, которые одновременно выполняют на отдельных рабочих местах. Форма и изделие перемещаются от одного рабочего места к другому, на которых выполняются закрепленные технологические операции. Основным условием осуществления конвейерного производства является ритмичность выполнения рабочих операций, для чего их продолжительность должна быть одинаковой. Тогда через равные промежутки времени одновременно перемещаются изделия с одного поста на другой.

В данной технологии существует несколько постов, на каждом из которых рабочие выполняют разные операции:

- 1) распалубки изделий после пропаривания с осмотром и доводкой его поверхности;
- 2) складирования готовых изделий с техническим контролем;
- 3) очистки и смазки формы, передачи формы на переоснастку и установку другой формы;
- 4) закрытия бортов и замков формы, установки арматурных каркасов и закладных деталей;
- 5) укладки бетонной смеси роликовой (или вибропротяжной) машиной или бетоноукладчиком на виброплощадке;
- 6) шлифовки и шпатлевки поверхности свежесформованного изделия;
- 7) тепловлажностной обработки изделий и весь процесс повторяется заново.

На первом посту происходит распалубка изделий после пропаривания, где осуществляют кантование формы с изделием, раскрытие замков и бортов формы монтажными ломиками, очистку формы от затвердевшего бетона концов стержней, обрезку стержней напрягаемой арматуры, строповку изделия за монтажные петли. Далее на этом же посту формовщики осматривают изделие и выполняют доводку его поверхности до полной заводской готовности: отбивают подтеки бетона, заглаживают поверхность изделий, устраняют трещины, сколы, раковины и другие дефекты. По результатам осмотра изделие транспортируют на передвижную тележку ко второму посту, т.е. месту складирования готовых изделий для последующей сдачи отделу технического контроля (ОТК). Контролер производит

визуальный осмотр и замеры изделия, а также наносит маркировочную надпись согласно ГОСТ 13015–2012 [10].

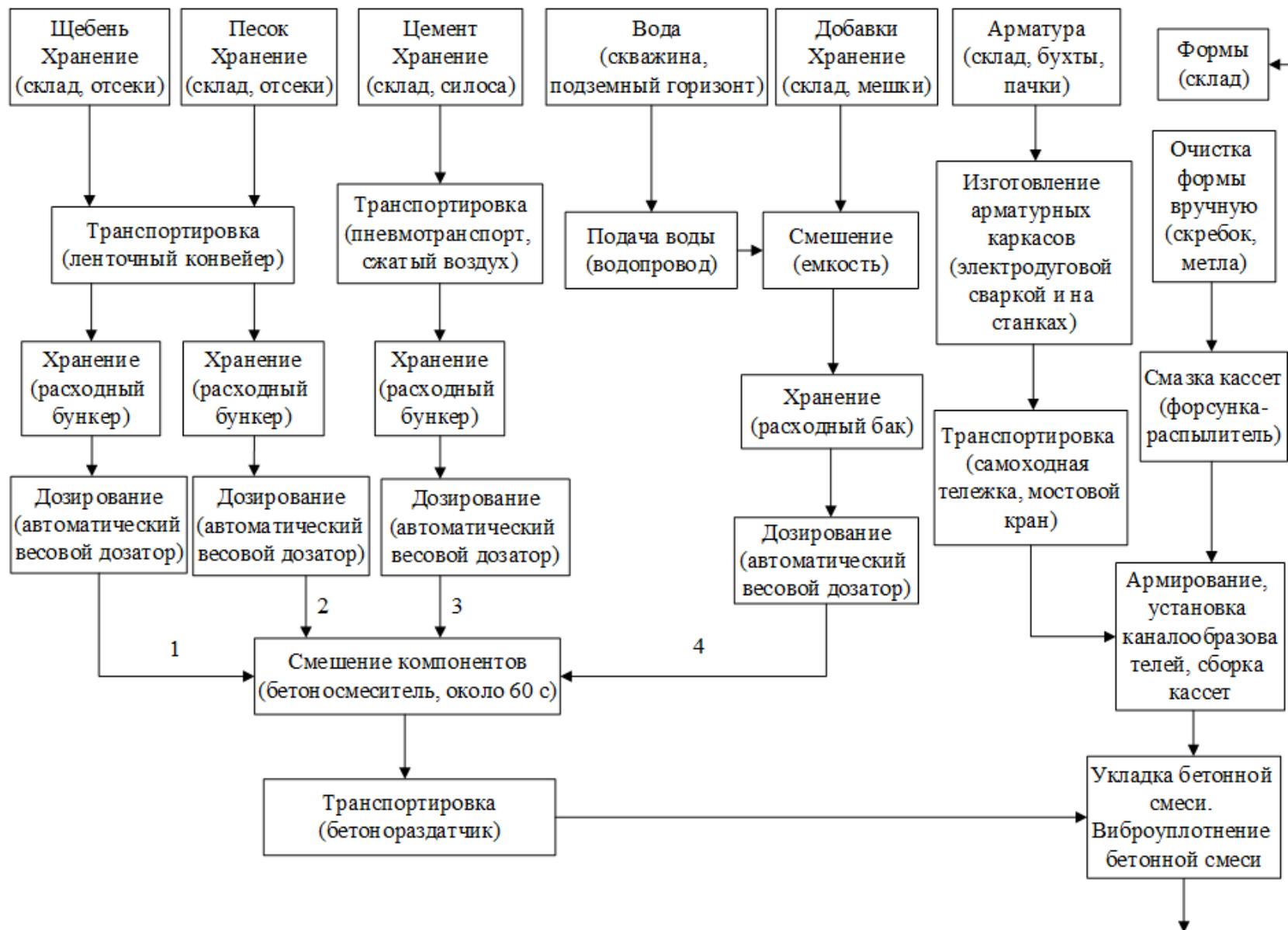
Освобожденные от изделий формы направляют на третий пост, где производят очистку металлических форм, установку промежуточных бортов по ремонту или переоснастке форм, равномерно смазывают форму – излишки смазки удаляют.

На следующем посту формовщики производят сбор металлической формы, а также ее армирование. Арматурные изделия, необходимые для производства железобетонных изделий, изготавливают в арматурном цехе и складывают вблизи постов формования на стеллажах или в контейнерах. Доставку арматурных изделий осуществляют передаточной тележкой. Установку в форму арматурного каркаса и (или) арматурных сеток, а также закладных деталей и петель осуществляют в соответствии с рабочими чертежами. Далее форму перемещают на следующий пост.

На пятом посту происходит заполнение формы бетонной смесью, разравнивание и вибрирование для ее уплотнения. Бетонную смесь приготавливают на бетоносмесительном узле и подают на пост формования изделий ленточным транспортером в бункер-накопитель.

Отделка поверхности свежесформованного изделия осуществляется на шестом посту с помощью специальных заглаживающих устройств. Далее эту форму со свежесформованным изделием перемещают на следующий пост по конвейеру в пропарочную камеру, где осуществляется тепловлажностная обработка. После пропарочной камеры изделие в форме снова поступает на первый пост и т.д.

4.6.3. Технологическая схема кассетного способа производства внутренних стеновых панелей





Щебень и песок хранят на складе в специальных отсеках, где находятся трубы, которые подогревают сырье в зимнее время года. Цемент хранят на складе в силосах (разные марки цемента в разных силосах). Транспортировку щебня и песка в расходные бункера осуществляют с помощью ленточного конвейера, а цемента – с помощью пневмотранспорта сжатым воздухом по цементопроводу. Все компоненты дозируют с помощью автоматических весовых дозаторов. Вода поступает из скважины. Ее смешивают с добавкой, и она поступает в расходный бункер, откуда потом происходит дозирование.

Сначала в бетоносмеситель поступает щебень, далее песок, потом цемент и вода. В бетоносмесителе происходит смешение компонентов

(примерно около 60 с). Приготовленную смесь транспортируют на завод с помощью бетонораздатчика.

Технология изготовления внутренних стеновых панелей в кассетных установках состоит из следующих основных операций: подготовка кассетных установок к бетонированию, установка арматурных каркасов, укладка и уплотнение бетонной смеси, тепловая обработка и распалубка готовых изделий.

Подготовка кассетной установки к бетонированию производится после распалубки и извлечения всех готовых изделий. Очистку стенок отсеков, бортоснастки, конусов и вкладышей от частиц прилипшего бетона производят с помощью металлических скребков. Наиболее тщательно следует очищать стенки отсеков через каждые 5 оборотов кассеты.

Стальная арматура со склада поступает в арматурный цех, где арматурные элементы свариваются на станках контактной сваркой. Армоблок, закладные детали и петли собирают на специальном стенде.

Армоблоки устанавливают поочередно в каждую полость отсека кассеты при помощи мостового крана или вручную. Установку каналобразователей в отсек производят при помощи мостового крана строго в отверстия электроконусов.

После завершения операций по армированию и установке каналобразователей необходимо проверить собранный модуль и сдать кассету отделу технического контроля.

Подачу бетонной смеси из бетоносмесительного цеха осуществляют по бетоновозной эстакаде, затем перегружают в бетоновозные бункера, которые, в свою очередь, располагают на бетоновозной тележке. Бетонную смесь укладывают не позднее 45 мин с момента ее приготовления. Подача бетонной смеси должна быть равномерной и непрерывной, причем отсеки заполняют слоями. Вибропроработку каждого слоя ведут глубинными вибраторами или вибраторами, установленными по торцам разделительных стенок кассеты. При этом время бетонирования кассеты не должно превышать 2 часов.

После укладки бетона устанавливают петли и закладные детали, расположенные на поверхности изделия. По окончании формования выравнивают поверхность изделия и тщательно заглаживают с помощью мастерка.

Кроме того, по окончании формования кассету очищают от разбрызганной бетонной смеси и подключают пар. По истечении промежутка времени, обусловленного технологией формования, отключают электропитание гидростанции.

Общий цикл тепловлажностной обработки изделий подразделяется на следующие этапы:

1) от начала повышения температуры среды в кассете до достижения средой заданного наивысшего уровня температуры – период подъема;

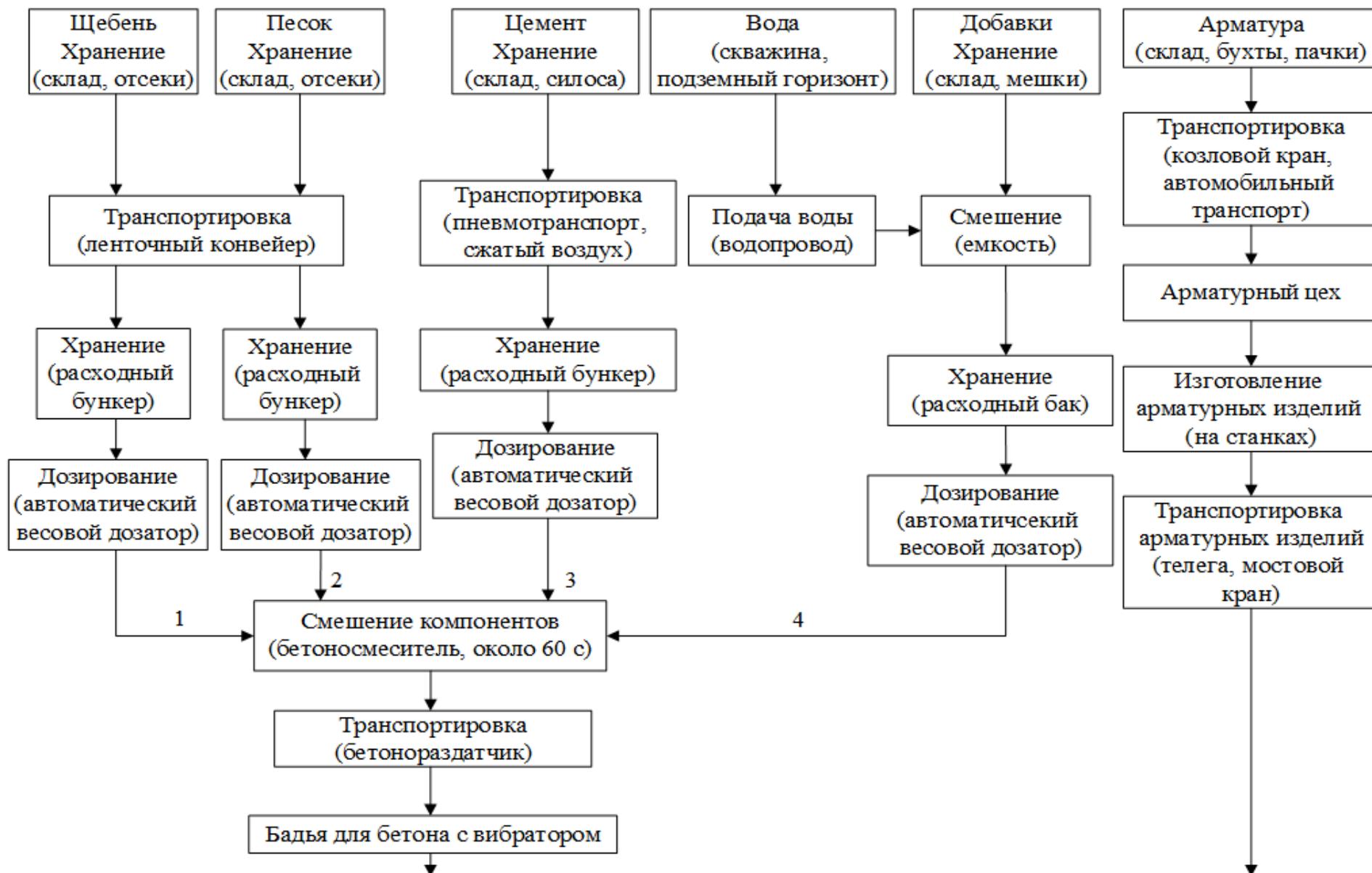
2) выдерживание при наивысшей заданной температуре – период изотермического прогрева;

3) понижение температуры среды кассеты – период охлаждения (остывания).

Подача пара происходит при помощи задвижек. Затем начинается прогрев изделий: подъем температуры до 80–85 °С длится в течение 2 часов, далее изотермическая выдержка в течение 3,5 часов и остывание изделий – 4 часа. По окончании изотермической выдержки закрывают вентили паропровода.

К распалубке изделий приступают после окончания термообработки. Ее осуществляют поочередно из каждой полости кассеты. Изделие вынимают из кассеты с помощью мостового крана и передают на пост предварительной отделки. Изделия, имеющие дефекты, подвергают внешней доработке. Пост обслуживается мостовым краном, который затем переносит готовые изделия на склад готовой продукции, впоследствии их отправляют потребителю.

4.6.4. Технологическая схема стендового способа производства шахт лифтов







Щебень и песок хранят на складе в специальных отсеках, где находятся трубы, которые подогревают сырье в зимнее время года. Цемент хранят на складе в силосах (разные марки цемента в разных силосах). Транспортировку щебня и песка в расходные бункера осуществляют с помощью ленточного конвейера, а цемента с помощью пневмотранспорта сжатым воздухом по цементопроводу. Все компоненты дозируют с помощью автоматических весовых дозаторов. Подачу воды осуществляют через водопровод в емкость с добавкой, где происходит их смешивание, далее данную смесь направляют на хранение в расходный бак. Затем все компоненты с помощью автоматического весового дозатора дозируются в бетоносмеситель, где готовится бетонная

смесь. В бетоносмесителе происходит смешение компонентов продолжительностью согласно ГОСТ 7473–2010 [64]. Приготовленную смесь транспортируют в цех на бетонораздатчике в бадье. Ее стропуют и перемещают к форме.

Арматурные изделия, необходимые для производства шахт лифтов, изготавливают в арматурном цехе и складывают вблизи постов формования на стеллажах или в контейнерах, их доставка в цех происходит с помощью мостового крана.

Перед началом заливки формы проверяют чистоту формирующих поверхностей, качество смазки сердечников, проемообразователей, стенок разделителя, надежность крепления арматуры, подъемных петель железобетонных изделий, а также всех элементов установки и паропроводной арматуры. На сердечники устанавливают закладные детали, арматурные каркасы, сетки, подъемные петли и другие элементы, применяемые при армировании ЖБИ. Оснащенные сердечники устанавливают на станину.

Откидные стенки поочередно устанавливают из наклонного положения в вертикальное, обеспечивая плотное прилегание всех сопрягаемых поверхностей.

При помощи мостового крана бадью с бетонной смесью перемещают к форме. Подготовленную к формованию установку заполняют бетонной смесью. В процессе загрузки бетона осуществляют уплотнение бетонной смеси при помощи вибрирования. Установку заполняют бетоном до верхних кромок формирующих листов стенок и разделителя, после этого выполняют заглаживание верхней поверхности ручным инструментом. Смесью вибрируют 3–5 с в каждой точке, её уплотняют до полного оседания, выравнивая поверхность до появления цементного молочка.

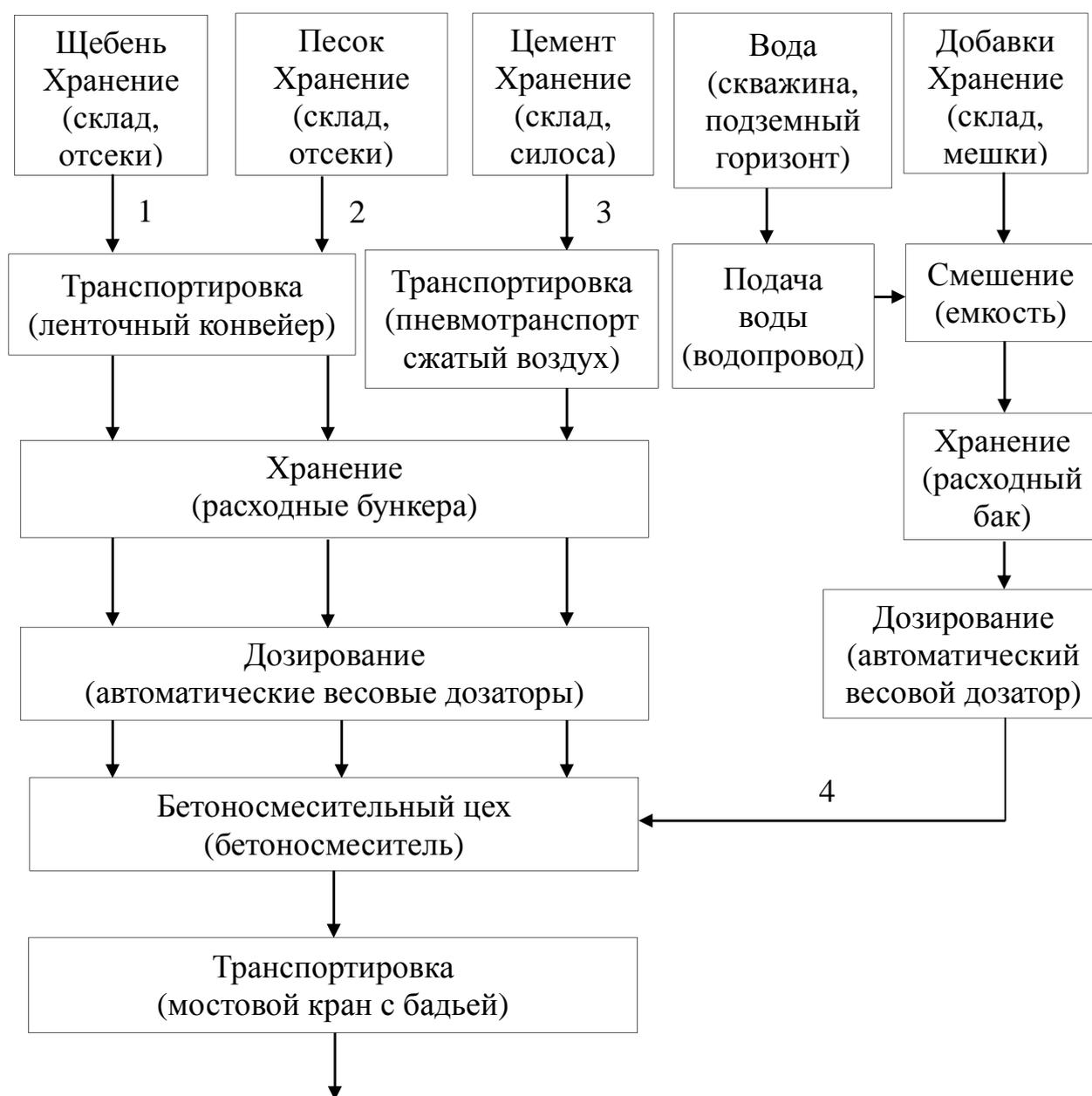
После окончания формования и отделки поверхности производят тепловую обработку изделий. В процессе термообработки подают «острый» пар в полости стенок откидных, разделителя и стенки неподвижной станины. Температура наружных поверхностей не более 70 °С.

После окончания полного цикла термообработки (при отключении пароснабжения) извлекают фиксаторы, при помощи траверсы и мостового крана производят строповку складывающегося сердечника и его извлечение из формы. Сердечник устанавливают на площадке для чистки, смазки и армирования. Далее производят откидывание стенок в наклонное положение и

извлекают готовые железобетонные изделия из установки. Изделие при помощи траверсы и крана поднимают и транспортируют на место складирования. Установку подготавливают к следующей формовке.

Готовые изделия подают на пост доводки для их проверки контролерами отдела технического контроля. Изделие маркируют в соответствии с требованиями ГОСТ 13015–2012 [10] и отправляют потребителю с помощью автотранспорта. Изделия, прошедшие контроль, отправляют на склад готовой продукции. В необходимых случаях осуществляют доводку и выдержку.

4.6.5. Технологическая схема стендового способа производства трехслойных стеновых панелей





Производство наружных трехслойных стеновых панелей организовано по стендовой технологии изготовления. Все операции происходят на стенде, он представляет собой форму со съемными бортами и поддоном, поднимающимся до 90°.

Для приготовления бетонной смеси осуществляют перегрузку цемента из хопперов-цементовозов в силосные банки при помощи пневморазгрузчиков. После этого цемент из силосов подают в расходный бункер по цементопроводу при помощи сжатого воздуха.

Заполнители привозят с карьеров автотранспортом, они поступают на склад сырья. С него их подают в расходные бункера по транспортеру с промежуточным подогревом (зимой). Вода из скважины по водопроводу попадает в специальную емкость, в нее же со склада с помощью дозирующих механизмов отмеряют добавку, и происходит смешивание воды с добавкой. Полученная смесь поступает на хранение в расходный бак.

Дозирование компонентов бетонной смеси по массе производят автоматическими дозаторами в количествах, указанных лабораторией, в строго определенной последовательности: сначала дозируют и высыпают в работающий смеситель щебень, затем песок, цемент и смесь воды с добавкой. Продолжительность перемешивания в бетоносмесителе 60 с. Готовую бетонную смесь подают при помощи мостового крана и бады в цех к станку.

Арматурные изделия, необходимые для производства наружных трехслойных стеновых панелей, изготавливают в арматурном цехе и складывают вблизи постов формования на стеллажах, их доставка в цех происходит с помощью самоходной тележки.

На посту подготовки форм производят чистку от остатков бетона с помощью металлического скребка, осуществляют сборку формы с помощью установки верхнего продольного борта и поперечного борта. При необходимости устанавливают разделительный борт, монтируют вертикальные полки и фальшподдоны. Все металлические борты и полочки вставляют мостовым краном. Очищенный поддон станка, борты и все вкладыши смазывают смазочным составом тонким равномерным слоем при помощи распылителя.

После подготовки форм производят установку оконных вкладышей, а также укладку арматурных сеток, петель, закладных деталей, гибких связей (подвески и подкосы), которые доставляют из арматурного цеха к рабочему месту. Для обеспечения толщины защитного слоя устанавливают фиксаторы, после этого укладывают бетонную смесь равномерно по всей поверхности формы на высоту 80 мм (отклонение от толщины слоя ± 5 мм). Максимальное время от выдачи бетонной смеси до укладки 45 мин. Для уплотнения бетонной

смеси с помощью глубинного вибратора ее вибрируют 3–5 с в каждой точке и уплотняют до полного оседания, выравнивания поверхности до появления цементного молочка.

Затем производят укладку утеплителя: в изделия толщиной от 250 до 690 мм укладывают пенополистирол и минеральную вату с учетом ее захода в тело бетона на 150 мм по контуру изделия. Плиты утеплителя располагают на бетонной поверхности наружного слоя без зазоров для обеспечения лучших теплоизоляционных свойств, а в случае появления зазоров их заполняют отходами минеральной ваты и проштыковывают.

После этого начинают армирование внутреннего слоя изделия и устанавливают фиксаторы, оставшиеся элементы гибких связей (распорки), заливают внутренний слой подобно внешнему. После заливки глубинным вибратором производят уплотнение бетонной смеси.

Когда верхний слой бетона уложен, производят заглаживание поверхности при помощи пневмодиска, очищают борта формы и вкладыши от бетона. Через 20–30 мин (в зависимости от осадки конуса) производят затирку верхнего слоя, очищают закладные детали от бетона.

Тепловлажностная обработка (ТВО) изделий происходит непосредственно на стенде. Обогрев стендов осуществляют с помощью регистр. Подъем температуры для наружного слоя ведут в течение 2 часов до 50–60 °С. Изотермия для наружного слоя составляет 10 и более часов при 50–60 °С. Подъем температуры для внутреннего слоя осуществляется в течение 2–4 часов (после отделки) до 30–40 °С. Изотермия для внутреннего слоя составляет 8–10 и более часов при 30–40 °С.

После ТВО панели производят ее распалубку с помощью поднятия поддона формы на 80°. При распалубке снимают магниты при помощи специального инструмента или монтажного лома. Затем освобождают изделие от верхнего продольного и поперечного разделительных бортов. Перед опрокидыванием стенда зацепляют крюки строп за подъемные петли изделия. После этого поднимают стенд на 80° и плавными толчками высвобождают изделие из формы. Изделие устанавливают мостовым краном на пост выдержки и отделки, очищают закладные детали и производят при необходимости ремонт околос и отбитых мест цементно-песчаным раствором. Перед ремонтом поврежденное место обильно смачивают водой.

Затем производят приемку и маркировку готовой продукции ОТК. Готовые изделия отправляют на склад готовой продукции, откуда отгружают потребителю при помощи автотранспорта.

Изделия, имеющие дефекты, отправляют на доводку и выдержку.

Вопросы для самоконтроля

1. Какие основные технологические переделы производства железобетонных изделий вы знаете?
2. Назовите способы приготовления бетонных смесей и опишите каждый из них.
3. Какие существуют достоинства и недостатки способов приготовления бетонных смесей?
4. В чем заключается принцип приготовления бетонной смеси по одноступенчатой схеме?
5. Раскройте сущность приготовления бетонной смеси при двухступенчатой схеме приготовления бетона.
6. Назовите сходства и отличия одноступенчатой от двухступенчатой схемы приготовления бетона.
7. Какие существуют технологии изготовления железобетонных изделий?
8. Расскажите об агрегатно-поточной технологии производства ЖБИ.
9. Какие существуют достоинства и недостатки агрегатно-поточной линии производства ЖБИ?
10. Расскажите о процессе изготовления ЖБИ конвейерным способом производства.
11. В чем плюсы и минусы конвейерной технологии производства ЖБИ?
12. Раскройте последовательность операций кассетного способа производства ЖБИ.
13. Что является отличительной особенностью кассетной технологии ЖБИ?
14. Назовите преимущества и недостатки кассетного способа производства ЖБИ.
15. Назовите отличия кассетной от кассетно-конвейерной линий.
16. Опишите стендовый метод формования ЖБИ?
17. Какие виды стендов вы знаете, объясните их работу?

18. В чем преимущества и недостатки стандовой технологии ЖБИ?
19. Назовите рекомендуемые способы производства для различных ЖБИ.
20. В зависимости от температуры среды какие различают принципиально отличающиеся режимы твердения изделий?
21. В чем особенности электропрогрева изделий?
22. Какой режим для тепловой обработки бетона используют в южных районах?
23. В каком порядке выполняется распалубка изделий при агрегатно-точном и конвейерном способах производства ЖБИ?
24. Как осуществляется распалубивание изделий в кассетных установках?
25. Какие операции происходят на посту доводки и контроля готовой продукции?
26. Изложите по технологической схеме последовательность операций производства фундаментных блоков.
27. Какой режим ТВО предназначен для производства фундаментных блоков?
28. Опишите технологическую линию изготовления плит перекрытий, лоджий и балконов.
29. Какой общий цикл ТВО предназначен для изготовления плит перекрытий, лоджий и балконов?
30. Охарактеризуйте последовательность операций производства внутренних стеновых панелей.
31. Какие технологические переделы включает в себя изготовление шахт лифтов?
32. Как организовано по стандовой технологии изготовления производство наружных трехслойных стеновых панелей?
33. Какие особенности ТВО трехслойных стеновых панелей, осуществляемой в стенде?
34. В чем заключаются принципиальные отличия производства фундаментных блоков и плит перекрытий?
35. Назовите существенные различия производства плит лоджий и балконов и внутренних стеновых панелей.

5. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

5.1. Физико-химические основы приготовления бетонной смеси

Бетонную смесь, представляющую собой сложную многокомпонентную полидисперсную систему, получают при затворении водой смеси цемента с заполнителем. В нее также могут входить специальные добавки и вовлеченный в процессе приготовления смеси воздух.

В процессе перемешивания материалы равномерно распределяются по всему объему, зерна цемента и заполнителя смачиваются водой, в результате получается однородная масса, свойства которой должны быть одинаковы в любом месте объема.

При изготовлении железобетонных изделий и бетонировании монолитных конструкций самым важным свойством бетонной смеси является *удобоукладываемость* (или *удобоформуемость*), т.е. способность заполнять форму при данном способе уплотнения, сохраняя свою однородность.

Производство бетонных работ и обеспечение высокого качества бетона в конструкции требуют определенной подвижности или жесткости, при которых качество бетонирования будет наилучшим (табл. 5.1).

Таблица 5.1

Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости

Марка по удобоукладываемости	Норма удобоукладываемости по показателю	
	жесткость (с)	подвижность (см)
Ж4	31 и более	–
Ж3	21–30	–
Ж2	11–20	–
Ж1	5–10	–
П1	1–4	4 и менее
П2	–	5–9
П3	–	10–15
П4	–	16 и более

Для определения *подвижности*, т.е. способности смеси расплываться под действием собственной массы и связанности бетонной смеси (она обуславливает однородность строения и свойств бетона), служит стандартный конус. Он представляет собой усеченный, открытый с обеих сторон конус из листовой стали толщиной 1 мм. Высота конуса 300 мм, диаметр нижнего

основания 200 мм, верхнего 100 мм. Мерой подвижности смеси служит величина осадки конуса, которую замеряют сразу же после снятия формы с заполненного (с уплотнением) бетонной смесью конуса (рис. 5.1). Подвижность бетонной смеси вычисляют как среднее двух определений, выполненных из одной пробы смеси.

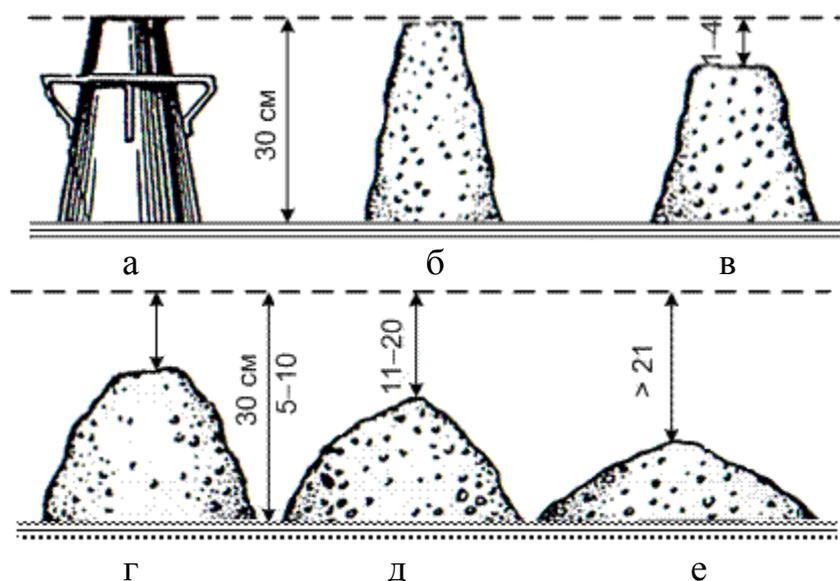


Рис. 5.1. Определение подвижности бетонной смеси с помощью конуса:
 а – общий вид; б – жесткая смесь; в – малоподвижная; г – подвижная;
 д – очень подвижная; е – литая

В зависимости от осадки конуса различают малоподвижные (пластичные) (1–4 см), подвижные (под действием силы тяжести оседают) (5–10 см), очень подвижные (11–20 см) и литые (более 21 см) бетонные смеси.

При малых расходах воды бетонные смеси не показывают осадки конуса, однако при приложении внешнего силового воздействия такие смеси (в зависимости от расхода воды и состава бетона) обладают различными формовочными свойствами. Такие смеси называют жесткими, для них применим показатель жесткости.

Жесткость бетонной смеси характеризуется временем (с) вибрирования, необходимым для выравнивания и уплотнения предварительно отформованного конуса бетонной смеси в приборе для определения жесткости.

Большое влияние на качество перемешивания бетонной смеси оказывает его продолжительность, которая в смесителях циклического действия определяется с момента загрузки всех материалов до начала выгрузки.

При недостаточной продолжительности перемешивания ухудшается однородность бетона и понижается его прочность. Увеличение продолжительности перемешивания сверх оптимальной, соответствующей получению однородной бетонной смеси, мало сказывается на свойствах бетона и бетонной смеси (прочность бетона повышается, но крайне незначительно).

При затворении бетонной смеси структура цементного теста претерпевает изменения, которые вызываются как внешними силами, действующими при перемешивании и уплотнении бетонной смеси, так и внутренними физико-химическими процессами, в первую очередь, гидратацией цемента. Внешние силы, как правило, способствуют диспергации цементных зерен, разрушению флокул (рыхлые хлопьевидные образования, в которых между отдельными частицами сохраняются прослойки, заполненные поверхностно-активной водной дисперсионной средой; подобные коагуляционные контакты между частицами принципиально обратимы и разрушаются при небольших сдвиговых усилиях, но быстро вновь образуются), лучшему распределению воды на поверхности цемента и тем самым повышают подвижность бетонной смеси.

При гидратации цемента образуются новообразования с высокой удельной поверхностью.

На поверхности цементных зерен образуется слой, активно взаимодействующий с водой, удельная поверхность твердой фазы увеличивается. В результате возрастает количество связанной воды, а подвижность бетонной смеси уменьшается. Небольшая часть воды вступает в химическое взаимодействие с цементом и находится в химически связанном состоянии. Относительное количество этой воды постепенно увеличивается, однако к моменту схватывания не превышает 5 %. Другая часть воды под действием адсорбционных сил оказывается физико-химически связанной на поверхности твердой фазы.

Основное количество воды в цементном тесте находится в межзерновом пространстве. Вследствие действия капиллярных сил, образования флокул, геля в процессе гидратации цемента вода в межзерновом пространстве становится механически связана со структурой цементного камня.

Введение заполнителя, а именно его поверхность, оказывает воздействие на прилегающие слои цементного теста. За счет адсорбционных, молекулярных и капиллярных сил эти слои теряют подвижность подобно тому явлению, которое имеет место при адсорбции воды поверхностью твердого тела.

Однако при этом взаимодействие охватывает мельчайшие частицы цемента, и зона воздействия заполнителя на цементное тесто увеличивается.

Взаимодействие между твердыми частицами в бетонной смеси определяется наличием жидкой среды: только при добавлении к сухой смеси цемента и заполнителя воды эта смесь приобретает структуру и свойства, присущие бетонной смеси. Силы взаимодействия между твердыми частицами бетонной смеси имеют разную физическую природу и зависят как от размеров частиц, так и от объема жидкой фазы, ее природы, наличия в ней ионов других веществ, величины поверхностного натяжения.

Зерна песка и щебня и пустоты между ними достаточно велики, удельная поверхность мала, поэтому действие поверхностных сил практически ничтожно. Смесь не имеет связанности, вода под действием гравитационных сил вытекает из пустот между зернами заполнителя. При приложении внешних сил в такой смеси появляются механические силы внутреннего трения.

С уменьшением размера частиц (до 1–0,1 мм) возникают капиллярные силы. Смесь приобретает связанность. Капиллярные силы действуют при отсутствии лишнего количества воды, в местах контакта твердых частиц, в то время как поры между частицами заполнены воздухом. Действие сил поверхностного натяжения в образующихся водных менисках обеспечивает сцепление между частицами. Смесь имеет, как правило, жесткую консистенцию.

При размере частиц $0,1-2 \cdot 10^{-4}$ мм начинают проявляться силы поверхностного взаимодействия (флокуляционные). На поверхности кристаллических материалов, к которым относятся материалы твердой фазы бетонной смеси (цемент, тонкодисперсные добавки и др.), обычно возникают электрические заряды. В мельчайших частицах эти заряды играют доминирующую роль, способствуя образованию флокул вследствие притяжения положительных и отрицательных зарядов (рис. 5.2).

Вода в флокулах делается неподвижной, объем пор в флокулах значителен. Гравитационные силы из-за малых размеров частиц проявляются незначительно. Смесь обладает высокой связанностью, но требует повышенного расхода воды. Подвижность смеси невелика.

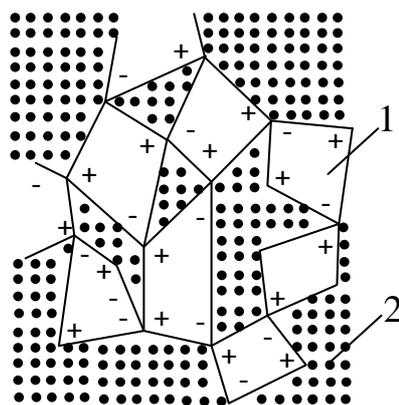


Рис. 5.2. Схема образования флоккул: 1 – частицы цемента; 2 – поверхностно-активная водная дисперсионная среда

Частицы коллоидных размеров ($2 \cdot 10^{-4}$ – 10^{-6} мм) взаимодействуют между собой через возникающую на их поверхности сольватную оболочку, состоящую из воды, адсорбционно-связанной на поверхности твердой фазы.

Поверхности твердых тел, вступающие во взаимодействие с водой, обладают некомпенсированными молекулярными силами, способны притягивать молекулы воды, которые, обладая значительным дипольным моментом, в зоне действия силовых полей твердого тела ориентируются и уплотняются. Изменение концентрации создается вблизи поверхности твердого тела – это адсорбция. С удалением от твердой поверхности воздействие молекулярных сил уменьшается, но вследствие полярности молекул воды образуются ориентированные цепочки в несколько десятков или сотен молекул, уходящие в глубь жидкой фазы. Силы связывания в диффузионном слое резко падают при переходе от мономолекулярного к полимолекулярным слоям воды.

Зерна цемента в воде адсорбируют ионы Ca^{2+} , и их поверхность приобретает положительный ζ -потенциал. Если количество воды достаточное, частицы отталкиваются друг от друга (рис. 5.3). Влияние отталкивающих сил тем больше, чем меньше частицы или выше плотность заряда. Под их влиянием смесь приобретает большую подвижность, однако высокая удельная поверхность твердых частиц требует большого расхода воды. При меньшем количестве воды частицы через сольватные оболочки или непосредственно в местах контакта соприкасаются и притягиваются друг к другу. Возможно образование флоккул с неподвижно заземленной водой. Масса вместо жидкой превращается в гелеобразную. Если частицы в смеси имеют противоположные заряды, происходит коагуляция (или флокуляция – это физико-химический процесс слипания мелких частиц дисперсных систем в более крупные под

влиянием сил сцепления с образованием коагуляционных структур), которая ведет к снижению подвижности. Флокуляция может быть уменьшена при увеличении толщины сольватной оболочки или частичной нейтрализации поверхностного заряда (например, за счет увеличения содержания жидкости или применения специальных добавок).

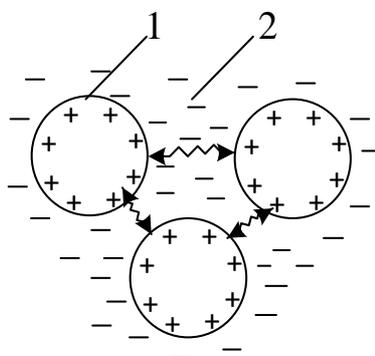


Рис. 5.3. Схема отталкивания частиц цемента под действием ζ -потенциала:
1 – частицы цемента; 2 – вода

Под влиянием отталкивающих частиц смесь приобретает большую подвижность, однако высокая удельная поверхность твёрдых частиц требует большего расхода воды. При меньшем количестве воды частицы через сольватные оболочки или непосредственно в местах контакта соприкасаются и притягиваются друг к другу (рис. 5.4).

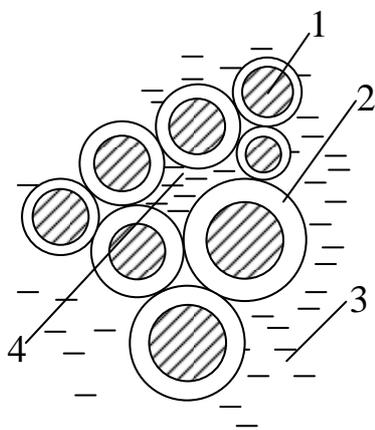


Рис. 5.4. Схема образования коагуляционной структуры частиц коллоидных размеров с сольватными оболочками: 1 – частица цемента; 2 – гидратная оболочка 3 – свободная вода; 4 – «неподвижная» вода

Возможно образование флокул с неподвижно зацементированной водой. Масса вместо жидкой превращается в гелеобразную. Если частицы в смеси имеют противоположные заряды, происходит коагуляция (или флокуляция), которая ведет к снижению подвижности.

Образующиеся на поверхности коллоидных частиц полутвердые водные оболочки выполняют двойную функцию. С одной стороны, оболочки придают цементной суспензии связанность и известную устойчивость, способность в определенной мере сопротивляться деформациям, возникающим под действием внешних сил, не нарушая своей сплошности и не утрачивая формы. С другой стороны, эти оболочки обладают как бы смазочными свойствами, облегчая скольжение твердых частиц одна по другой за счет действия отталкивающих сил и образования ориентированными молекулами воды плоскостей скольжения по местам более слабых водородных связей.

С удалением от твердой поверхности воздействие молекулярных сил уменьшается, но вследствие полярности молекул воды образуются ориентированные цепочки в несколько десятков или сотен молекул, уходящие в глубь жидкой фазы. Длина таких цепочек зависит от свойств поверхности твердого тела и процессов, протекающих при гидратации.

Бетонная смесь содержит частицы различных размеров, поэтому в ней проявляются все отмеченные выше силы. Однако на их эффективность влияет характер структуры бетонной смеси и взаимодействие между частицами разного размера. Мельчайшие частицы, осаждаясь и прилипая к поверхности более крупных зерен, теряют подвижность, и для ее увеличения необходимо введение дополнительного количества воды и мельчайших частиц. Увеличение количества воды способствует повышению подвижности, но уменьшает сцепление бетонной смеси.

5.2. Физико-химические основы взаимодействия добавок с бетонной смесью

Эффективными модификаторами структуры и свойств бетонной смеси являются химические добавки, в первую очередь, пластификаторы и суперпластификаторы. Воздействуя на поверхностные явления и микроструктуру цементного теста, добавки позволяют управлять свойствами бетонной смеси и способствуют получению ее оптимальной структуры и свойств.

В технологии бетона наиболее перспективно применение анионоактивных ПАВ, на долю которых приходится около 75% пластифицирующих добавок. Поверхностно-активные вещества, входящие в состав пластификаторов обычно, имеют сложное строение и, как правило,

включают гидрофильные группы и гидрофобные углеводородные радикалы (цепи). Характер действия ПАВ на цементное тесто и бетонную смесь определяется строением молекулы ПАВ и соотношением гидрофильных и гидрофобных частей молекулы ПАВ.

Особенностью ПАВ является способность адсорбироваться на поверхности твердой фазы и участвовать в образовании пространственных коагуляционных структур.

Гидрофобизирующие добавки стимулируют образование флокул и воздухововлечение в бетонную смесь (рис. 5.5). Отрицательно заряженные пузырьки воздуха прилипают к частицам цемента, что обеспечивает хорошие условия для их стабилизации, и при воздействии внешних сил выполняют роль шариков, облегчающих течение смеси. В результате возрастает подвижность смеси и ее связанность. Можно ожидать, что усилению пластификации смеси будет способствовать применение ПАВ с большей молекулярной массой радикалов и повышенной степенью гидрофильности функциональных групп. Передозировка гидрофобизирующей добавки приводит к торможению гидратации цемента, так как образующиеся адсорбционные экранирующие слои препятствуют взаимодействию воды и цемента.

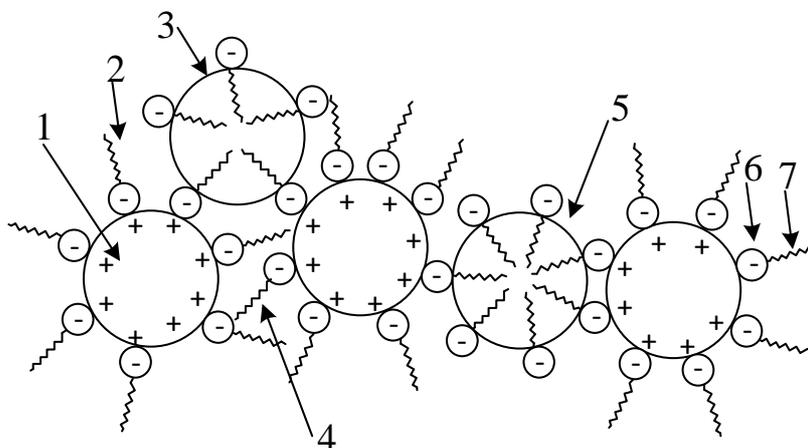


Рис. 5.5. Действие гидрофобизирующей воздухововлекающей добавки:
1 – частица цемента; 2 – молекула добавки; 3 – пузырек вовлеченного воздуха; 4 – зона уменьшения действия двойного слоя неполярными цепями молекул добавки; 5 – зона увеличения флокуляции за счет склеивания воздушного пузырька и твердой частицы; 6 – анионная группа; 7 – неполярный радикал

Если в структуре добавки возрастает количество активных функциональных групп, то добавки относятся уже к гидрофилизирующим ПАВ. Изменяется механизм ее воздействия на бетонную смесь (рис. 5.6).

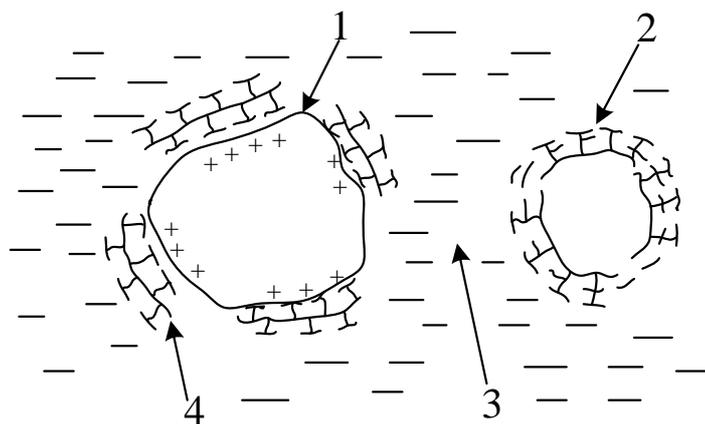


Рис. 5.6. Действие гидрофилизирующей добавки (разжижителя): 1 – частица цемента; 2 – воздушный пузырек; 3 – вода; 4 – молекула добавки с отрицательным зарядом на поверхности (анионная с полярной цепью)

Адсорбция добавки на поверхности твердых частиц приводит к изменению электрокинетического ζ -потенциала, что способствует дефлокуляции (пептизации) цементных частиц и их стабилизации в цементном тесте за счет действия сил отталкивания.

Гидрофилизирующие ПАВ, диспергируя цементные и другие тонкомолотые частицы, увеличивают содержание в смеси мельчайших частиц с сольватными оболочками и тем самым количество прочно связанной воды.

В результате возрастает эффект «смазки» и увеличивается подвижность бетонной смеси. При применении гидрофилизирующих ПАВ возможно вовлечение в бетонную смесь пузырьков воздуха, но эти пузырьки изолированы и легче удаляются из смеси.

Особое место в модификации бетонной смеси в последние годы заняли суперпластификаторы, представляющие собой анионоактивные органические вещества коллоидного размера с большим количеством полярных групп в цепи. При введении суперпластификаторов в бетонную смесь они, адсорбируясь на твердой поверхности зерен цемента и заполнителя, создают на поверхности утолщенную оболочку со значительным отрицательным ζ -потенциалом (рис. 5.7) и тем самым повышают эффект диспергации и отталкивания частиц и подвижность бетонной смеси. Однако для обеспечения их хорошего взаимодействия с поверхностью твердых частиц требуется интенсивное перемешивание или предварительная активация в присутствии добавки.

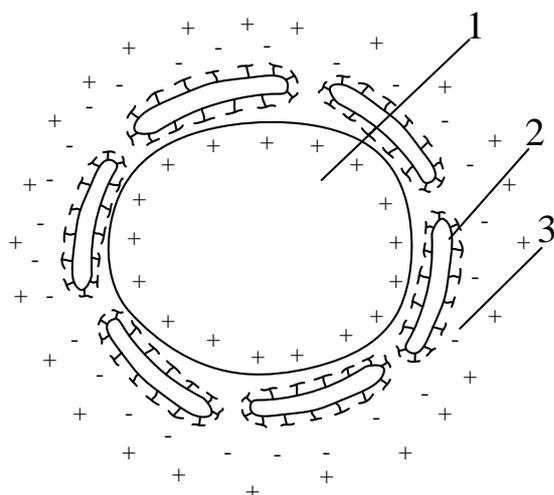


Рис. 5.7. Действие суперпластификатора: 1 – частица цемента; 2 – органическая молекула коллоидного размера с отрицательными зарядами на поверхности (анионные группы); 3 – водная оболочка

Суперпластификаторы не оказывают замедляющего влияния на гидратацию цемента. Это можно объяснить их воздействием на поверхностную оболочку цементных зерен и возникающие новообразования. Молекулы суперпластификатора как бы вызывают дефлокуляцию пленки, адсорбируя игольчатые кристаллы этtringита и тем самым высвобождая часть иммобилизованной этtringитом воды и улучшая доступ воды к внутренним слоям цементного зерна.

5.3. Физико-химические основы формирования и уплотнения бетонной смеси

На бетонную смесь при укладке и уплотнении оказывают влияние различные внешние силовые воздействия, которые приводят к определенным изменениям в ее структуре, а именно, к взаимному перемещению отдельных объемов и частиц, разрушению флокул – понижается связанность системы, возрастает ее подвижность. При прекращении действия сил связанность восстанавливается. Это явление получило название тиксотропии.

Перемещения в бетонной смеси в результате уплотнения на микро– и макроуровне происходят по определенным плоскостям скольжения. Эти плоскости возникают под влиянием сдвигающих напряжений (рис. 5.8).

При этом частицы перемещаются, расстояние между их центрами увеличивается, сцепление уменьшается. В плоскости скольжения увеличиваются пористость и объем жидкой фазы, а при затвердевании здесь образуется менее плотная и более слабая структура.

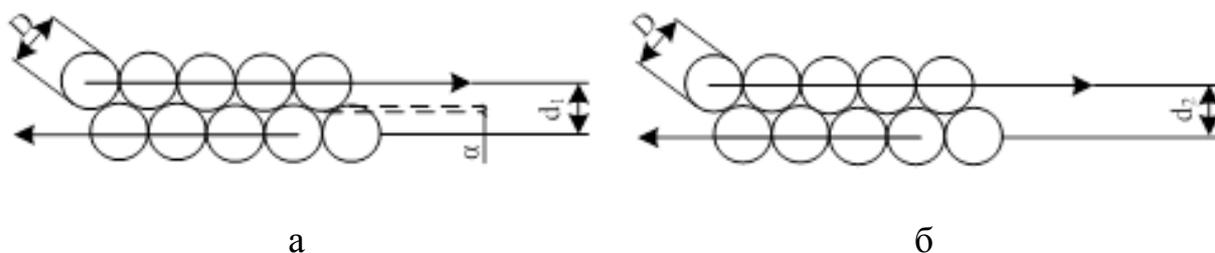


Рис. 5.8. Схема перемещения цементных частиц и образования плоскостей скольжения в цементном тесте: а – положение частиц до перемещения; б – при перемещении ($a=0,3 D$)

Обычные заполнители имеют шероховатую поверхность и заметную величину поверхностного некомпенсированного заряда, притягивающего цементные частицы. В этом случае плоскость скольжения несколько отстоит от поверхности заполнителя, и именно в этой зоне может образовываться при затвердевании ослабленная структура бетона (рис. 5.9).

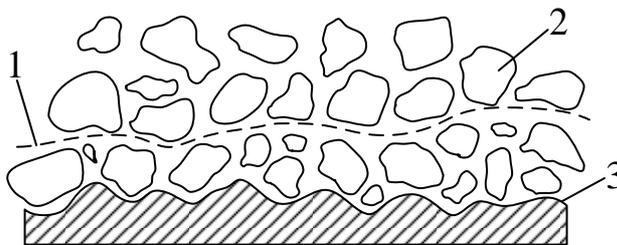


Рис. 5.9. Схема образования плоскостей скольжения в контактной зоне бетонной смеси вблизи поверхности заполнителя: 1 – плоскость скольжения; 2 – зерна цемента; 3 – поверхность заполнителя

Недоуплотнение приводит к резкому уменьшению прочности бетона (рис. 5.10), что ухудшает его долговечность и другие свойства.

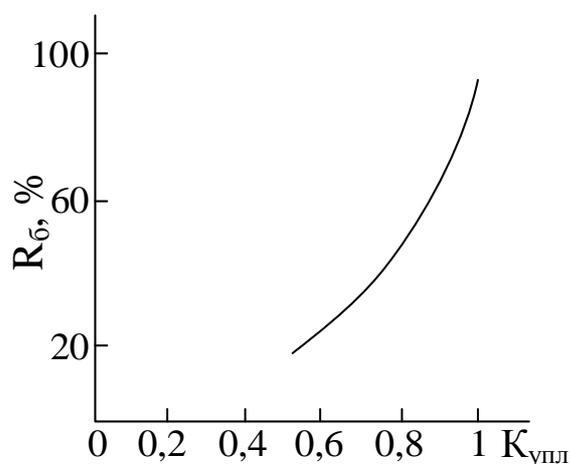


Рис. 5.10. Влияние относительной степени уплотнения ($K_{упл}$) на прочность бетона R_b при сжатии

Из различных способов уплотнения бетонной смеси наибольшее распространение получило вибрирование. При нем частицам бетонной смеси сообщаются механические колебания, в результате чего связи между частицами постоянно нарушаются, силы трения и сцепления уменьшаются. В связи с этим бетонная смесь приобретает свойства тяжелой жидкости и под влиянием сил тяжести расплывается, заполняя форму, и уплотняется.

Для каждой бетонной смеси при принятых параметрах колебаний имеется оптимальная продолжительность вибрирования. При недостаточной продолжительности вибрирования наблюдается недоуплотнение бетона и снижение его прочности. Слишком длительное вибрирование не дает заметного повышения плотности и прочности бетона (рис. 5.11) и может вызвать расслоение пластичных смесей.

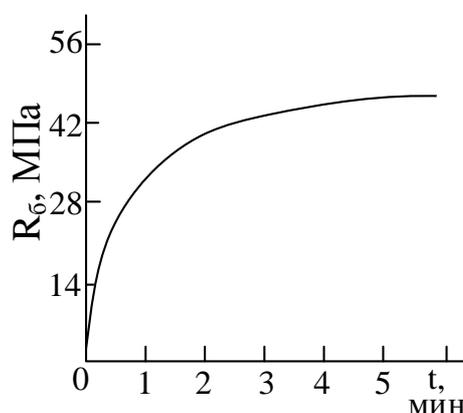


Рис. 5.11. Влияние продолжительности вибрирования на прочность бетона

При вибрировании часть вовлеченного воздуха удаляется из бетона, однако остаточное количество вовлеченного воздуха может быть достаточно большим. Оно увеличивается с уменьшением крупности заполнителя, особенно в мелкозернистых смесях, при применении специальных воздухововлекающих добавок и при несоответствии реологических свойств бетонной смеси характеристикам применяемого режима уплотнения.

5.4. Физико-химические основы формирования структуры бетона и его твердение

Структура бетона образуется в результате затвердевания (схватывания) бетонной смеси и последующего твердения бетона. Определяющее влияние на ее формирование оказывают гидратация цемента, его схватывание и твердение.

На начальной стадии при смешивании цемента с водой (рис. 5.12, а) в

процессе гидролиза трехкальциевого силиката выделяется гидроксид кальция, образуя пересыщенный раствор:

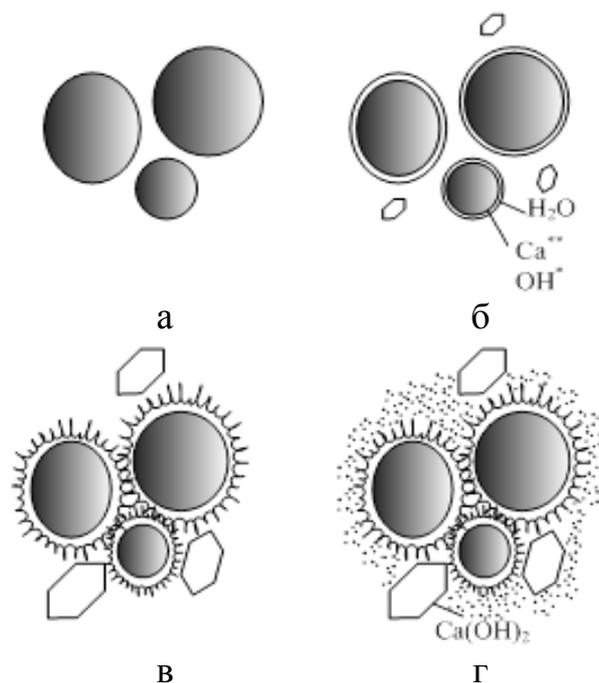
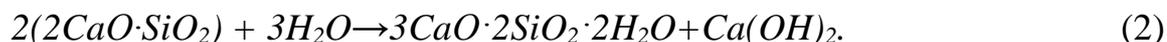


Рис. 5.12. Схема процесса преобразований в структуре цементного теста и камня при гидратации цемента: а – цементные зерна в воде – начальный период гидратации; б – образование гелевой оболочки на цементных зернах – скрытый период гидратации; в – вторичный рост гелевой оболочки после осмотического разрушения первоначальной оболочки, образование волнистых и столбчатых структур на поверхности зерен и в порах цементного камня – третий период гидратации; г – уплотнение структуры цементного камня при последующей гидратации цемента

Фактически алит при взаимодействии с водой дает гидросиликаты кальция разного состава в зависимости от температуры среды и концентрации гидроксида кальция в жидкой фазе. Известно, что в начальной стадии образуется первичный гидросиликат, который подвергается быстрому гидролизу с образованием соединений с меньшим отношением $CaO \cdot SiO_2$ (вторичные и третичные гидросиликаты). Чем ниже концентрация CaO в окружающем водном растворе, тем меньше основность образующегося гидросиликата. Наличие CaO в растворе обусловлено растворением небольшого количества свободной извести портландцементного клинкера в начале твердения и гидролизом минералов-силикатов в дальнейшем.

Концентрация СаО в жидкой фазе системы «цемент–вода» зависит от многих факторов и, в первую очередь, от основности портландцементного клинкера, продолжительности твердения и температуры.

Гидратация β -C₂S, в отличие от C₃S, протекает медленно: даже через несколько лет можно обнаружить лишь до 85 % соответствующих гидратированных соединений.



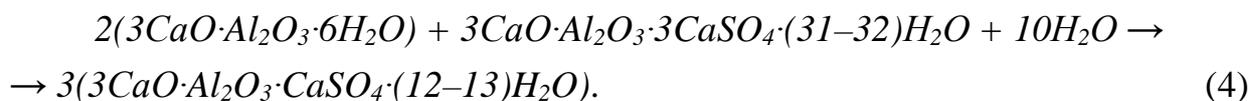
Образующиеся при гидратации алита и белита в обычных условиях гидросиликаты кальция представляют собой слабозакристаллизованные (субмикроструктурные) продукты, рентгеноструктурная идентификация которых затруднена. Морфология, дисперсность и состав этих новообразований зависят от многих факторов, главными из которых являются температура и наличие в жидкой фазе примесных (относительно цементного клинкера) соединений. Большинство исследователей считают, что практически все гидросиликаты кальция близки по структуре к природному минералу – тобермориту, имеющему средний состав 5СаО·6SiO₂·5H₂O. Поэтому такие гидросиликаты получили название тоберморитоподобных.

В пересыщенном растворе, образованном в ходе реакции (1), находятся ионы сульфата, гидроксида и щелочей, а также небольшое количество кремнезема, глинозема и железа. Высокая концентрация ионов кальция и сульфат-ионов наблюдается непродолжительное время после затворения цемента водой, так как в течение нескольких минут из раствора начинают осаждаться первые новообразования – гидроксид кальция и этtringит.



этtringит

Кристаллы высокосульфатного гидросульфатоалюмината кальция имеют игольчатую форму. Если ионов [SO₄]²⁻ недостаточно для полного связывания гидроалюминатов кальция в этtringит, то идут реакции взаимодействия с образованием низкосульфатной формы гидросульфатоалюмината кальция по схеме:



Кристаллы образующегося соединения имеют пластинчатую форму.

Так, в результате гидратации C₃A имеет место следующая химическая реакция:



Образующийся при этом гидроалюминат выделяется в виде кристаллов кубической формы. Появление кристаллов кубической формы обуславливается нестабильностью пластинчатых гидроалюминатов кальция при повышении температуры. Также из-за нестабильности гидроалюминатов пластинчатой формы со временем даже при обычных температурах происходит медленный их распад с перекристаллизацией в более стабильные формы – гиббсит (AlH_3) и кубический C_3AH_6 . Все это приводит к некоторому снижению прочности.

Реакции гидратации алюмоферритных минералов протекают по сложным схемам с образованием различных кристаллогидратов:



При температуре выше $35^\circ C$ образуются кубические структуры из C_3AH_6 и C_3FH_6 ; если температура твердения понижается до $15^\circ C$ и ниже, то появляются те же фазы в гексагональной форме.

Приблизительно через час наступает вторая стадия гидратации, для которой характерно образование очень мелких гидросиликатов кальция. Вследствие того, что в реакции принимают участие лишь поверхностные слои зерен цемента, размер зерен цемента уменьшается незначительно. Вновь образующиеся гидратные фазы, получившие название цементного геля (рис. 5.12, б), характеризуются очень тонкой гранулометрией. Новообразования в первую очередь появляются на поверхности цементных зерен. С увеличением количества новообразований и плотности их упаковки пограничный слой становится примерно в течение 2–6 ч малопроницаем для воды. Вторую стадию замедленной гидратации принято называть «скрытым или индукционным периодом» гидратации цемента.

В течение скрытого периода цементное тесто представляет собой плотную суспензию, стабилизированную действием флокулообразующих сил. Однако силы притяжения между цементными частицами в воде относительно слабы, что может быть объяснено следующим образом: покрытые гелем зерна цемента образуют вокруг себя сольватный слой и имеют положительный потенциал. Совместное действие сольватного слоя и электрического заряда препятствует непосредственному контакту между соприкасающимися зернами. Вместе с тем эти зерна испытывают межчастичное притяжение, по крайней

мере, на некоторых пограничных участках. Силы отталкивания и притяжения уравниваются на некотором расстоянии от поверхности раздела, где потенциальная энергия частиц минимальна. Цементное тесто под действием этих сил приобретает связанность и подвижность. В течение скрытого периода происходит постепенное поглощение поверхностными оболочками цементных зерен воды, толщина водных прослоек между зернами уменьшается, постепенно понижается подвижность теста и бетонной смеси. В гелевых оболочках появляется осмотическое давление. Внутренние слои цементных зерен, реагируя с водой, стремятся расшириться. В результате наступает разрушение гелевых оболочек, облегчается доступ воды в глубь цементных зерен, ускоряется процесс гидратации цемента.

Наступает третья стадия процесса гидратации. Она характеризуется началом кристаллизации гидроксида кальция из раствора (рис. 5.12, в). Этот процесс происходит очень интенсивно. Так как на этом этапе количество гидратных фаз относительно мало, то в пространстве между частицами цемента происходит свободный рост тонких пластинок гидроксида кальция и гидросиликатов кальция и этtringита в виде длинных волокон, которые образуются одновременно (рис. 5.12, в). Волокна новообразований проходят через поры, разделяют их на более мелкие и создают пространственную связь, усиливая сцепления между гидратными фазами и зернами цемента. С увеличением содержания гидратных фаз между ними возникают непосредственные контакты, число которых увеличивается – цементное тесто схватывается, затвердевает, образуется цементный камень.

Образовавшаяся жесткая структура сначала является очень рыхлой, но постепенно она уплотняется (рис. 5.12, г): в заполненных водой порах этой структуры непрерывно появляются новые гидратные фазы. Объем пор и их размеры уменьшаются, возрастает количество контактов между новообразованиями, утолщаются и уплотняются гелевые оболочки на зернах цемента, срастающиеся в сплошной цементный гель с включением непрореагировавших центров цементных зерен. В результате возрастает прочность цементного камня и бетона.

Ф. Лохтер и В. Рихартц предложили обобщенную схему процесса гидратации цемента и структурообразования цементного камня, которая показывает изменения во времени объема различных новообразований и пористости цементного камня (рис. 5.13). Схема учитывает возможный

переход части образовавшегося этtringита в моносulfат, после того как весь двуводный гипс, введенный в цемент для увеличения сроков схватывания, вступит в реакцию с трехкальциевым алюминатом.

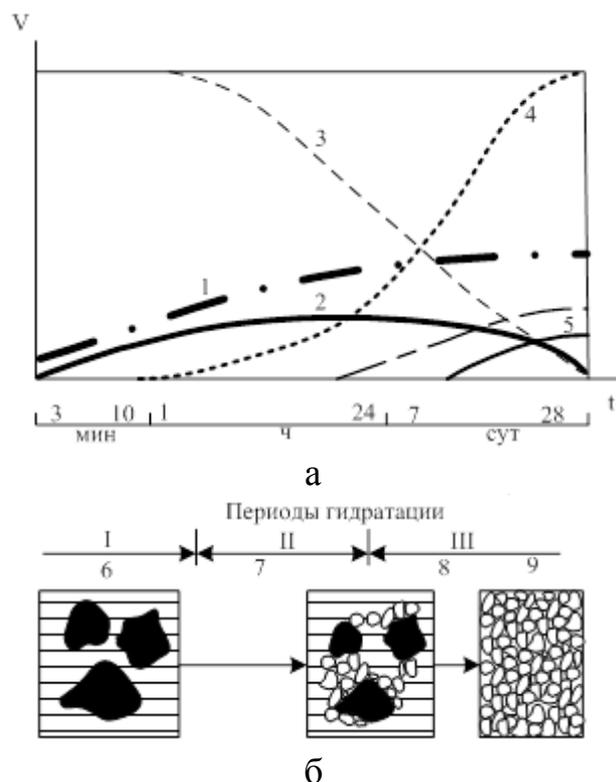


Рис. 5.13. Схемы процесса гидратации цемента (а) и структурообразования (б) цементного камня во времени: 1– образование длинных кристаллов; 2 – этtringит; 3 – изменение пористости; 4 – образование коротких волокон; 5 – моносulfат; 6 – неустойчивая структура; 7 – формирование основной структуры; 8 – уплотнение структуры; 9 – стабильная структура

Процесс гидратации развивается на границах зерен, и цементный гель растет одновременно внутрь и наружу, причем каждое зерно оказывается как бы упакованным в гель. Вода проникает через гелевую оболочку внутрь зерна, а часть компонентов гидратированного цемента диффундирует в противоположном направлении к внешним границам слоя геля, где эти компоненты присоединяются к существующим кристаллам уплотнения или начинают образовывать новые.

Приблизительно 55 % новообразований появляется снаружи, а 45 % остается внутри первоначальной границы цементного зерна.

Размеры пор в цементном камне в процессе гидратации уменьшаются, что препятствует проникновению воды к еще не прореагировавшим частицам цемента, тем самым замедляет процесс гидратации, а также ведет к уменьшению размера частиц гидратных фаз, развивающихся в этих порах.

Образующиеся в начале гидратации волокна гидросиликата кальция имеют длину примерно 5–10 нм а диаметр 0,1–0,2 нм, а вот в конце гидратации они с размером в 10–100 раз меньше. Однако в геле полностью гидратированного цемента остаются внутренние пустоты, называемые пора́ми геля, но размер их очень мал, и они не могут зарости новообразованиями.

Наличие заполнителя существенным образом влияет и на условия твердения цементного камня. В бетоне взаимодействие цемента с водой и твердение происходят в тонких прослойках между зернами заполнителя при постоянном взаимодействии с ним. Заполнитель повышает водоудерживающую способность цементного теста, ограничивает усадочные деформации, способствует образованию кристаллического каркаса цементного камня, влияет на изменение температуры и влажности в твердеющем цементном камне.

Весь процесс затвердевания бетона при нормальных условиях очень продолжительный, поэтому для ускорения твердения применяют тепловую обработку изделий, которую проводят в пропарочных камерах. Здесь насыщенный пар создает тепловую и влажную среду, благоприятную для твердения бетона. Пропаривание бетона при атмосферном давлении производят в плотных (паронепроницаемых) кирпичных или бетонных камерах с герметически закрывающимися воротами или крышками. Оптимальной температурой изотермического прогрева для бетона на портландцементе является температура 80–85 °С. Дальнейшее повышение температуры не приводит к росту прочности бетона, хотя и может несколько ускорить его твердение в первые часы. При этом замедляется рост прочности после пропаривания, в результате пропаренный бетон в возрасте 28 суток имеет меньшую прочность, чем бетон нормального твердения. Повышают и понижают температуру в камерах постепенно.

Нагревание изделий в первый период ТВО происходит посредством теплопроводности материала, за счет конвективного теплопереноса от паровоздушной среды и конденсации пара. Вода, образующаяся при конденсации пара, осаждается в виде капель на поверхности изделия. Повышение влажности верхних слоев еще незатвердевшего бетона вызывает перемещение воды к центру, а иногда и незначительное увеличение линейных размеров, особенно в верхних слоях. Влияние температуры на стадии ее подъема особенно велико (так как структура бетона еще не сформировалась, а прочность его невелика) и проявляется в микронарушениях сплошности структуры цементного камня

и на границе его контакта с заполнителями. В этот период, особенно при быстром нагреве, в изделии могут возникать значительные напряжения, в результате которых образуются трещины, а также происходит нарушение контактов между цементным камнем и заполнителем. Миграция влаги в твердеющем материале способствует образованию сообщающейся пористости и появлению внутренних избыточных давлений.

В период изотермической выдержки интенсивно протекают процессы образования новых химических связей, что сопровождается значительным выделением тепла и способствует более быстрому и равномерному прогреванию изделия по сечению, уменьшает температурные напряжения и снижает тепловые затраты.

Правильное назначение режима прогрева имеет большое значение для качества бетона при тепловой обработке. Скорость нагрева бетона зависит от состава бетона, конструкции форм, вида изделия и других факторов. Она должна быть такой, чтобы уменьшить температурные градиенты по сечению изделия и свести к минимуму деструктивные процессы в бетоне.

На рис. 5.14 приведены графики зависимостей относительной прочности бетона от температуры и длительности изотермического прогрева.

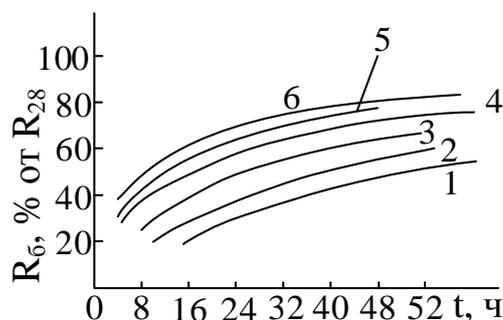


Рис. 5.14. Кривые нарастания прочности бетона при пропаривании для портландцемента, °С: 1 – 30; 2 – 40; 3 – 50; 4 – 60; 5 – 70; 6 – 80

По графикам можно назначать продолжительность изотермического прогрева. Скорость остывания бетона обычно не должна превышать 30 °С/ч, выгружать изделия из пропарочной камеры желательно при перепаде температур между поверхностью бетона и окружающей средой не более 40 °С, так как иначе в изделии могут возникнуть значительные деформации. После тепловой обработки изделия выдерживают в цехе в течение 4–6 ч для остывания.

Нагрев бетона сопровождается расширением его составляющих, что может вызвать нарушение структуры неокрепшего бетона. В результате прочность прогретого бетона в возрасте 28 сут окажется ниже прочности бетона

нормального твердения. Чтобы уменьшить отрицательное влияние этого фактора, применяют предварительное выдерживание бетона перед началом тепловой обработки.

Предварительная выдержка бетона до тепловой обработки повышает конечную прочность бетона, позволяет применять более форсированные режимы, что сокращает длительность тепловой обработки. Для бетонов из подвижных смесей рекомендуется выдержка в течение 3–6 ч. Чем выше жесткость бетонной смеси и ниже В/Ц, тем короче предварительная выдержка. Введение добавок-ускорителей твердение сокращает, а поверхностно-активных добавок удлиняет предварительную выдержку.

Предварительная выдержка необходима при прогреве изделий без форм или с большой открытой поверхностью. Если изделия находятся в герметичных формах или в кассетах, где металлическая, закрытая со всех сторон форма препятствует температурному расширению бетона, то предварительная выдержка не требуется, и допустим быстрый подъем температуры. Более того, в формах сложной конструкции с большим количеством закладных деталей немедленный прогрев бетона сразу же после формования полезен, так как иначе усадочные явления и деформации металла форм при прогреве могут вызвать появление в изделии трещин.

Для получения морозостойких бетонов следует применять более мягкие режимы: увеличивать предварительную выдержку, подъем температуры проводить со скоростью 10–15 °С/ч, уменьшать температуру бетона со скоростью не более 10–15 °С/ч [45, 68].

Вопросы для самоконтроля

1. Что происходит в процессе перемешивания материалов?
2. Как влияет продолжительность на качество перемешивания бетонной смеси?
3. Как изменяется структура цементного теста при затворении бетонной смеси?
4. Как воздействует заполнитель на цементное тесто?
5. Какие силы возникают с уменьшением размера частиц?
6. Что происходит с зернами цемента в воде при приобретении их поверхности положительного ζ -потенциала?
7. В чем особенность ПАВ?

8. Опишите действие гидрофобизирующей воздухововлекающей добавки.
9. К чему может привести передозировка гидрофобизирующей добавки?
10. Раскройте механизм воздействия гидрофилизирующих добавок на бетонную смесь.
11. Что собой представляют суперпластификаторы?
12. Что происходит при введении суперпластификатора в бетонную смеси?
13. В чем особенность воздействия суперпластификатора?
14. Какие перемещения в бетонной смеси происходят в результате уплотнения?
15. Что произойдет при недоуплотнении бетонной смеси?
16. Какой из способов уплотнения бетонной смеси получил наибольшее распространение и что при этом происходит?
17. Какое влияние оказывает продолжительность вибрирования на прочность бетона?
18. Какие химические реакции протекают в результате гидратации цемента?
19. Что происходит при взаимодействии алита с водой?
20. Как осуществляется гидратация β - C_2S ?
21. Как образуются гидроалюминаты кальция и каковы их структурные особенности?
22. Какие протекают реакции гидратации алюмоферритных минералов?
23. Опишите вторую стадию гидратации.
24. Чем характеризуется третья стадия гидратации?
25. В чем заключается обобщенная схема Ф. Лохтера и В. Рихарц?
26. Как влияет наличие заполнителя на условия твердения цементного камня?
27. Расскажите о процессе затвердевания бетона при тепловой обработке?
28. Как влияет режим прогрева на качество бетона при тепловой обработке?
29. Зачем нужна предварительная выдержка бетона до тепловой обработки?
30. Какие режимы тепловлажностной обработки необходимы для получения морозостойких бетонов?

6. КОНТРОЛЬ ПРОИЗВОДСТВА И КАЧЕСТВА ПРОДУКЦИИ

Качество выпускаемой продукции достигается тщательным производственным контролем, охватывающим все стадии основного производства. Его задачами являются: контроль качества поступающих на завод материалов; контроль выполнения всех операций технологического процесса в соответствии с ГОСТами; контроль качества выпускаемой продукции, удовлетворяющий требованиям технической документации; контроль качества складирования готовых изделий и их маркировки.

Контроль качества железобетонных изделий должен осуществляться на предприятии отделом технического контроля и качества (ОТК и К) с привлечением специалистов других отделов. Различают входной, операционный и приемочный виды контроля.

Входной контроль. При входном контроле материалов проверяется их соответствие требованиям проектов, ТУ, ГОСТ, СНиП, а также наличие и содержание паспортов, сертификатов и других сопроводительных документов.

При контроле качества поступившего цемента оператор приемного отделения должен проверить наличие документа о качестве, которым завод-изготовитель обязан снабдить каждую отправляемую партию. В этом документе должно быть указано полное наименование предприятия-изготовителя и его товарный знак, полное наименование цемента, гарантированная марка цемента, вид добавки, обозначение нормативного документа, по которому поставляется цемент. При входном контроле качества цемента каждой поступившей партии следует отобрать пробы для испытаний. Цемент следует выгружать на склад отдельно строго по маркам, согласно данным сопроводительного ярлыка или документа о качестве. При отсутствии документа о качестве поступившую партию необходимо складировать отдельно в силос и отобрать пробы для испытаний в лаборатории. Поступивший цемент запрещается применять и смешивать с другими цементами до получения документа о качестве или результатов ускоренных испытаний.

Контроль качества заполнителей при наличии паспорта от предприятия-изготовителя на каждую партию осуществляется так же, как и цемент.

Качество воды в соответствии с требованиями ГОСТ определяют при организации производства железобетонных конструкций, а также при изменении источника воды или состава примесей. Не подвергается контролю только питьевая вода по ГОСТ 18164-72 [69].

Контроль поступающей арматурной стали начинается с проверки ОТК паспорта, в котором должно быть указано наименование организации, наименование предприятия-изготовителя и заказчика, номер партии и ее масса, профиль и размеры стали, результаты контрольных испытаний. На поверхности стержневой стали не должно быть отслаивающейся ржавчины и окалины, следов масла, битума и других загрязнений. В обязательном порядке должна испытываться арматура, предназначенная для предварительного напряжения. Стержневую арматуру испытывают на растяжение и загиб в холодном состоянии, арматурную проволоку на растяжение и перегиб.

Карта входного контроля приведена в табл. 6.1.

Операционный контроль. Операционный контроль качества является основным видом внутреннего технического контроля, который выполняется на рабочем месте в ходе производства железобетонных изделий. Операционный контроль должен обеспечить своевременное выявление дефектов и принятие мер по их устранению и предупреждению.

Операционный контроль включает в себя контроль: влажности, гранулометрии, точности дозировки заполнителей; активности вяжущего (цемента); правильности и точности изготовления арматурных и закладных изделий; точности дозирования вяжущего и заполнителей; продолжительности перемешивания бетонной смеси; свойств приготовленной смеси; геометрических размеров и состояния собранных форм; качества смазки и нанесения ее на форму; правильности установки арматурных, закладных изделий и фиксаторов защитного слоя бетона до арматуры; прочности анкеров арматуры, величины ее натяжения; заданных режимов уплотнения бетонной смеси; качества отделки изделий в процессе формования; структурной прочности уплотненной смеси и параметров распалубки; режима тепловой обработки изделий; распалубочной прочности изделий и режимов их распалубки после твердения; качества доводочных работ для повышения заводской готовности изделий; складирования и готовности изделий.

Карта операционного контроля приведена в табл. 6.2–6.4.

Приемочный контроль. Готовые изделия должны быть приняты отделом технического контроля и качества в соответствии с требованиями ГОСТ 13015–2012 [10] и проектной документации на изделия конкретных видов.

Карта приемочного контроля приведена в табл. 6.5.

Таблица 6.1

1. Входной контроль исходных материалов

Материал	Контролируемый параметр			Место отбора проб или точка контроля	Периодичность	Метод контроля и кто контролирует
	Этап, операция, процесс, продукция	Что контролируется	Цель контроля			
1	2	3	4	5	6	7
Контроль поступления и хранения цемента						
Портланд-цемент	Приемка цемента при поступлении в ж/д вагонах с завода-поставщика	Наличие паспорта на вагоне	Определение вида, марки заводской партии цемента	Из каждой партии (вагона)	При поступлении цемента	По документам, весовщик-приемщик цемента
		Количество поступившего цемента	Определение количества цемента			Взвешивание, замер и проверка по документам, весовщик-приемщик цемента, мастер БСЦ
	Разгрузка цемента пневмотранспортом	Соблюдение правил разгрузки	Предупреждение потерь	Место разгрузки	Каждый вагон	Визуально. Приемщик цемента, мастер БСЦ, машинист выгрузки вагонов
	Транспортировка цемента на склады силосного типа	Правильность подачи цемента в соответствующий его виду и марке силос	Предупреждение смешивания разных видов и марок цементов между собой	Место разгрузки и склад	Каждый вагон	Визуально. Приемщик цемента, мастер БСЦ
	Хранение цемента	Исправность складских помещений	Сохранение свойств цемента	Склад цемента	Ежемесячно	Повторные испытания, лаборант
		Сроки схватывания: начало схватывания – не ранее 45 мин, конец – не позднее 10 часов	Соответствие паспортных данных и ГОСТ 31108-2003 ГОСТ 10178-85	Склад сырья	Каждая партия	ГОСТ 310.1-310.3-76, ГОСТ 310.4-81, лаборант

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
		Тонкость помола (остаток на сите № 008) не менее 85 %	Соответствие паспортных данных и ГОСТ 31108-2003 ГОСТ 10178-85	Склад сырья	Каждая партия	ГОСТ 310.1-310.3-76, ГОСТ 310.4-81, лаборант
		По прочности на сжатие в возрасте 28 сут цементы подразделяют на классы: 22,5; 32,5; 42,5; 52,5				
		По прочности на сжатие в возрасте 2 (7) сут (скорости твердения) каждый класс цементов, кроме класса 22,5, подразделяют на два подкласса: Н (нормальнотвердеющий) и Б (быстротвердеющий)				
		Равномерность изменения объема (расширение) не более 10,0 мм				
		Нормальная плотность цементного теста 27–28 %				
Контроль поступления и хранения песка (гранитная крошка)						
Природный песок	Приемка песка (гранитная крошка) при поступлении в ж/д платформах или автотранспортом	Наличие паспорта		Ж/д платформа, машина, склад инертных материалов	Каждая партия	По документам, приемщик-весовщик, мастер БСЦ
		Количество песка (гранитная крошка) с естественной влажностью	Определение фактического веса			
		Проверка качества	Соответствие паспорту и ГОСТ 8736-93			Испытания по ГОСТ 8735-88, лаборант
		Правильность подачи песка (гранитная крошка)	Проверка правильности загрузки бункеров	Транспортное средство Склад	При подаче постоянно	Наблюдение, мастер

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
	Подача песка (гранитная крошка) в отсеки склада					
	Хранение песка (гранитная крошка)	Отсутствие возможности загрязнения	Соблюдение качества			Наблюдение, осмотр. Мастер
		Наличие требуемого запаса	Обеспечение бесперебойной работы			
		Модуль крупности МК 2,0–2,5; средний		Склад сырья	Один раз в смену	По ГОСТ 8735-88, лаборант
		Содержание пылевидных и глинистых частиц не более 2 %				
		Содержание глины в комках не более 0,25 %				
		Содержание зерен крупностью не должно превышать: свыше 10 мм – 0,5 %; свыше 5 мм – 5 %; менее 0,16 мм – 5 %				
Контроль поступления и хранения щебня, гравия, керамзитового гравия						
Щебень, гравий, керамзитовый гравий	Приемка щебня (гравий, керамзитовый гравий) при поступлении его в ж/д платформах, вагонах, автотранспортом	Наличие паспорта		Ж/д платформа (вагон), машина, склад инертных материалов	Каждая партия	По документам, приемщик-весовщик (выборочно), мастер БСЦ и транспортного цеха
		Количество щебня (гравий, керамзитовый гравий)	Определение фактического объема			Испытания по ГОСТ 8267-93, ГОСТ 9758-86, лаборант
		Качество щебня (гравий, керамзитовый гравий)	Соответствие паспорту и ГОСТ 8267-93, ГОСТ 9757-90			

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
	Выгрузка и складирование	Соблюдение правил выгрузки и транспортировки	Проверка организации складского хозяйства	Склад	При выгрузке	Наблюдение, приемщик-весовщик, мастер
	Хранение на складе	Отсутствие возможности загрязнения	Соблюдение качества	Склад	Один раз в сутки	Осмотр, наблюдение. Мастер
		Наличие требуемого запаса	Обеспечение бесперебойной работы		Один раз в смену	
		Дробимость Д 800 и выше				
Для тяжелых бетонов: щебень, гравий		Содержание пылевидных и глинистых частиц не более 1 %		Склад	Один раз в смену	По ГОСТ 8267-97, лаборант
		Содержание зерен пластинчатой и игловатой формы не более 35%				
		Содержание слабых пород не более 10 % по массе				
		Морозостойкость не ниже нормированной марки бетона по морозостойкости				
		Марка по насыпной плотности 600				ГОСТ 9758-86, лаборант
Для легких бетонов: керамзитовый гравий		Фракции от 5 до 10 мм		Склад	Один раз в смену	ГОСТ 9758-86, лаборант
		Содержание посторонних засоряющих примесей – нет				

Продолжение табл. 6.1

1	2	3	4	5	6	7
		Марка по прочности: В7,5 – П50; В10 – П75; В12,5 – П100; В15 – П125; В20 – П150; В22,5 – П200; В25 – П250				
		Содержание водораствори- мых сернистых и серно- кислых соединений в пере- счете на SO ₃ не должно превышать 1 % по массе				
		Теплопроводность 0,17 Вт/(м·°С)				
Контроль поступления воды						
Вода		Концентрация водородных ионов 4<pH<12.5 Содержание растворимых солей – 2000 (5000*) мг/л Содержание сульфат ионов SO ₄ ²⁻ – 600 (2700*) мг/л Содержание хлорид ионов Cl ⁻ – 500 (1200*) мг/л Содержание взвешенных частиц – 200 мг/л	Соответствие ГОСТ 23732–2011	Скважина	1 раз в квартал	Специализиро- ванная организа- ция

* Для воды затворения бетонной смеси при изготовлении бетонных и ж/б конструкций с ненапрягаемой арматурой, в т.ч. для водосборных сооружений и зоны переменного горизонта воды массивных сооружений.

1	2	3	4	5	6	7
Контроль поступления и хранения арматурной стали						
Арматурная сталь	Приемка арматурной стали	Наличие заводских бирок на бухтах, наличие сертификатов	Определение вида, марки стали, соответствие ГОСТ Р 52544–2006, ГОСТ 5781–82, ГОСТ 10894–94	Автомашина	Каждое поступление	Проверка по документам, лаборант, мастер
		Временное сопротивление разрыву, Н/мм ² для класса А–I – 373, для класса А500С – не менее 600				
		Предел текучести, Н/мм ² для класса А–I – 235, для класса А500С – не менее 500				
		Относительное удлинение, % для класса А–I – 25, для класса А500С – не менее 14,0				
Контроль поступления модифицирующих добавок						
Модифицирующие добавки	Приемка добавок при поступлении	Наличие паспорта	Соответствие паспортным данным и ГОСТ 24211–2008	При загрузке	Каждая партия	По методикам, ГОСТ 30459–2008, ТУ, инструкция. Приемщик химических добавок. Лаборант
		Качество добавок				
	Подача добавок в расходные емкости	Рабочая концентрация добавок, плотность		Расходная емкость	Систематически при разведении	Ареометром. Лаборант
	Подготовка и дозирование	Введение оптимального количества добавок	Правильность дозирования	Дозаторное отделение	Систематически	Наблюдение, оператор, мастер, лаборант

Таблица 6.2

Операционный контроль приготовления бетонной смеси

Материал	Контролируемый параметр			Место отбора контроля	Периодичность	Метод контроля и кто контролирует
	Этап, операция, процесс, продукция	Что контролируется	Цель контроля			
1	2	3	4	5	6	7
Цемент, заполнители, вода, химическая добавка	Подача заполнителей, цемента, воды и химической добавки в дозаторы и их дозирование	Наличие необходимости запаса материалов	Обеспечение бесперебойной работы	Склад	Один раз в смену	Надзор. Мастер
		Влажность песка и щебня	Правильное дозирование воды с учетом влажности материалов	При выходе из бункера	Не менее двух раз в смену	Испытание по ГОСТ 8735–88, ГОСТ 8269.0–97 Лаборант
		Соответствие количества отвешиваемых материалов установленным составом		Дозировочная	Общая проверка	Наблюдение за работой по приготовлению бетона. Инженер, лаборант
		Правильность взвешивания				
		Полнота опорожнения дозаторов				
		Контроль концентрации химических добавок			Один раз в смену	Лаборант
Бетонная смесь	Перемешивание бетонной смеси	Время перемешивания на соответствие ГОСТ 7473–2010	Получение однородной бетонной смеси	Бетономешалка	Каждый замес	Замер. Оператор, лаборант, мастер
		Качество перемешивания				
		Соблюдение консистенции смеси				

1	2	3	4	5	6	7
	Выгрузка бетонной смеси и транспортировка к посту формования	Полнота выгрузки	Получение бетонной смеси требуемого количества	Место выгрузки бетонной смеси из бетономешалки	Каждый замес	Наблюдение, оператор
		Объемная масса бетонной смеси			Один раз в смену	
		Удобоукладываемость по ГОСТ 7473–2010	Проверка качества		Два раза в смену для каждого состава	
		Коэффициент выхода бетонной смеси			Один раз в смену для каждого состава	
		Отбор пробы бетонной смеси для контроля и оценки прочности			Для каждой марки бетона, сделанной за смену на каждой бетономешалке	Испытания ГОСТ 18105–2010, ГОСТ 10180–2012, лаборант
		Температура бетонной смеси (при пониженной температуре наружного воздуха)			Не менее трех раз в смену	Замер термометром
		Состав бетонной смеси подбирается в зависимости от марки цемента и состояния заполнителей ГОСТ 26633–2012			От места формования	ГОСТ 27006–86 инженер, лаборант

Таблица 6.3

Операционный контроль производства железобетонных изделий

Операция, материал	Что контролируется	Нормируемые параметры и нормы точности (допуски)	Место контроля	Периодичность	Метод контроля	Ответственный исполнитель
1	2	3	4	5	6	7
Сварка арматурных сеток, каркасов, закладных изделий	Качество сварки арматурных сеток, каркасов, закладных изделий	Соответствие требованиям чертежей проекта, ГОСТ 15878–79, ГОСТ 8478–81, ГОСТ 23279–2012, ГОСТ 10922–2012	Место изготовления	Каждое изделие	Испытания по ГОСТ 23858–79	Инженер ОТК
Арматурный каркас	Установка и сборка арматурного каркаса	Проверка соответствия геометрических размеров каркасов. Соответствие требованиям проектной документации по размерам, диаметру арматуры, количеству и правильности установки отдельных элементов каркаса, закладных деталей, монтажных петель	Арматурный цех, формовочный пост	В процессе работы	Измерительный ГОСТ 17538–82	Мастер ОТК и К, мастер цеха
Армирование	Правильность установки арматурных каркасов и сеток в форму	Каркас и сетки должны быть оснащены фиксаторами защитного слоя и уложены в форму в проектное положение. Отдельные элементы каркаса не должны выступать за пределы габаритов формы. Деформация каркаса не допускается	Пост распалубки	Каждое изделие	Визуально	Мастер, контролер ОТК
	Правильность установки закладных деталей и петель	Закладные детали и петли должны быть установлены строго в проектное положение и надежно закреплены				

Продолжение табл. 6.3

1	2	3	4	5	6	7
Утеплитель: пенопласт полистирольный ПСБ-С	Укладка утеплителя строго по проекту Коэффициент теплопроводности ПСБ-С должен быть не более $S \leq 0,037 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ – в сухом состоянии	Толщина утеплителя $b=170 \text{ мм}$, плотность $2025 \text{ кг}/\text{м}^3$	Формовочный цех	1 раз в смену	Линейка металлическая	Мастер, контролер ОТК
Утеплитель: минераловатные плиты	Укладка утеплителя. Минераловатные плиты поступают в стандартной упаковке, защищающей от увлажнения	Толщина утеплителя $b=170 \text{ мм}$, плотность $100-125 \text{ кг}/\text{м}^3$		1 раз в смену	Линейка металлическая	Мастер, контролер ОТК
Проверка металлооснастки	Чистка формующей поверхности	Чистота поверхности металлооснастки, бортооснастки	Пост чистки и смазки форм	Перед каждой формовкой	Осмотр	Мастер ОТК, мастер ЖБИ
	Исправность крепления	Соответствие геометрических размеров изделий требованиям ГОСТ 25781-83	Пост чистки и смазки форм	Перед каждой формовкой	Осмотр	Мастер ОТК, мастер ЖБИ
	Проверка геометрических размеров				Осмотр, замер	

Продолжение табл. 6.3

1	2	3	4	5	6	7
Чистка формы	Качество очистки поверхности форм	Необходимо, чтобы после чистки рабочие поверхности формы не имели остатков бетона, масляных и ржавых пятен. Тщательно должны быть очищены углубления, прорези, поверхность формы в местах примыкания бортов друг к другу и к поддону	Пост распа- лубли	Каждая форма	Визуально	Мастер, контро- лер ОТК
Смазка формы	Количество и качество нанесения смазки на поверхность формы, соприкасающуюся с бетоном	Смазка должна наноситься на поверхность формы тонким слоем (равномерным). Не допускается образование подтеков и пропусков смазки			Визуально. Замер Один раз в месяц и после ремонта	
Сборка формы	а) Правильность сборки формы; б) проверка геометрических размеров формы	Борта формы должны плотно прилегать друг к другу и к поддону без перекосов и защемлений. Все замки должны быть завернуты. Проверка геометрических размеров: длины, ширины, высоты борта, разности длин диагоналей				
Укладка бетонной смеси	Время вибрирования	Вибраторы включать в циклическом режиме, не более 20 с.	Пост формования	Постоянно в течение смены	Осмотр	Мастер ОТК, мастер ЖБИ
	Качество укладки	Получение поверхности изделия соответствующей категории				
Формование изделий	а) Равномерность укладки бетонной смеси	Качество бетонной смеси по осадке конуса для соответствующей смеси			Каждая форма	Стандартный конус Линейка –125 ГОСТ427–75

Продолжение табл. 6.3

1	2	3	4	5	6	7
	б) качество уплотнения бетонной смеси	Продолжительность вибрации должна обеспечивать достаточное уплотнение бетонной смеси, основными признаками которого является прекращение ее осадки при амплитуде колебаний 0,4–0,8 см, частоте вибрации до 3000 кол/мин	--/–	--/–	Визуально. Замер	--/–
Ручная доводка	а) Качество очистки закладных деталей, петель, краев формы б) качество доводки поверхности	Закладные детали, петли, края формы должны быть очищены от наплывов бетона и раствора	--/–	Каждое изделие	Визуально	Мастер, контролер ОТК
		Поверхность изделия не должна иметь провалов, бугров, видимых неровностей	Пост формования			
Тепловая обработка	Режим тепловой обработки	Тепловая обработка должна производиться по заданному режиму: подъем температуры 3 ч; изотермический прогрев при температуре 80–85°С 9 ч; остывание изделий 3 ч. Итого 15 ч.	Пропарочная камера	Каждый час	Замер температуры	Лаборант
Доводка изделия	Качество доводки изделия	Доводка при наличии дефектов (диаметр раковин 1 мм; глубина раковин 1 мм) на поверхности изделий. Дефекты должны быть заделаны. Очищение от бетона закладных деталей, петель	Пост доводки	Постоянно	Визуально	Мастер, контролер ОТК
Распалубка изделий	Соблюдение требований технологии	Борта формы должны открываться свободно, чтобы обеспечить свободный съем готового изделия без повреждений	Пост распалубки	Каждое изделие	Осмотр	Мастер ОТК мастер ЖБИ технолог

Окончание табл. 6.3

1	2	3	4	5	6	7
		Внешний вид, наличие дефектов, высота местных наплывов – 1 мм; длина околлов на 1 м ребра до 50 мм; глубина околлов бетона ребра до 5 мм; усадочные трещины раскрытия до 0,1 мм		Каждое изделие		
Нанесение маркировки согласно ГОСТ 13015–2012	Наличие маркировки	На каждом изделии поставляемому потребителю произвести маркировку в месте, установленном соответствующим стандартом или ТУ на эти изделия. Маркировочные надписи и знаки на изделиях должны быть видимыми при хранении и монтаже	–//–		–//–	–//–
Складирование изделий	Соблюдение правил складирования по ГОСТ 13015–2012	Предупреждение разрушения изделий при складировании	Пост складирования		–//–	Мастер ОТК

Таблица 6.4

Контроль качества готовых изделий

Параметры, подлежащие контролю	Номер ГОСТа	Методы контроля	Место проведения контроля	Средства контроля	Периодичность контроля	Ответственный за контроль	Учетная документация
1	2	3	4	5	6	7	8
<p>Геометрические размеры: – длина и высота;</p> <p>– толщина;</p> <p>– разность длин диагоналей</p>	ГОСТ 13015.0-2012	<p>С каждой стороны конструкции производятся измерения длины и высоты в нескольких точках.</p> <p>Измерения производятся в нескольких точках, расположенных на расстоянии 100 мм от каждого края конструкции.</p> <p>Замер длин 2-х диагоналей на наибольшей грани изделия</p>	При приемке продукции	<p>Рулетка ГОСТ 7502–80 предел измерения 0–10000 мм</p> <p>Линейка металлическая ГОСТ 427–75 предел измерения 0–1000 мм.</p>	Каждое изделие	ОТК	Журнал протоколов приемочного контроля, журнал формовки
Толщина защитного слоя бетона до конструктивной арматуры		ГОСТ 22904-93		<p>Определение толщины защитного слоя производится в соответствии с инструкцией по эксплуатации прибора ИЗС-10н</p>			

Продолжение табл. 6.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Размеры раковин, местных наплывов и впадин		Замер		Линейка металлическая ГОСТ 427–75 предел измерения 0–1000 мм; штангенциркуль ГОСТ 162-80 предел измерения 0–400 мм	Каждое изделие	ОТК	
Отпускная прочность бетона	ГОСТ 10180-2012, ГОСТ 18105-2010, ГОСТ Р 53213-2008	Замер приборами	Лаборатория	Пресс П–125	1 раз в смену от каждой марки бетона	Лаборант	Журнал прочности бетона
Категория поверхности	ГОСТ 13015–2012	Визуально	При приемке продукции		Каждое изделие	Мастер, контролер ОТК	Журнал протоколов приемного контроля, журнал формовки
Маркировка изделий и складирование	ГОСТ 13015–2012	Визуально				Контролер ОТК	
Предел прочности методом разрушающего контроля	ГОСТ 8829–94	Нагрузением	Специальный стенд	Гидравлические прессы или гидравлические домкраты	Перед началом массового производства или при изменении технологии 1 раз в год	Технолог, инженер ОТК	Журнал протоколов приемочного контроля

Окончание табл. 6.4

1	2	3	4	5	6	7	8
Контрольные образцы-кубы	Согласно ГОСТ 10180–2012	Отбор проб и забивка образцов	Лаборатория	Линейка металлическая ГОСТ 427–75 предел измерения 0–1000 мм; штангенциркуль ГОСТ 162–80 предел измерения 0–400 мм	Каждая партия бетона не менее 2-х проб	Лаборант	Журнал протоколов приемочного контроля
Масса образцов		Измерительный		Весы электронные SK–20K ГОСТ 24104–80	1 раз в смену	Лаборатория	
Прочность на сжатие образцов	ГОСТ 10180–2012			Пресс П–125 ГОСТ 8905–82			
Морозостойкость образцов	ГОСТ 10060–2012	Измерительный ГОСТ 10060–87 ГОСТ 26134–84		Морозильная камера, пресс П–125 ГОСТ 8905–82	1 раз в 6 месяцев для каждой марки		
Истираемость образцов	ГОСТ 13087–81	Измерительный ГОСТ 13087–81		Круг истирания типа ЛКИ–3	1 раз в 6 месяцев		
Водопоглощение образцов	ГОСТ 12730–78	Измерительный ГОСТ 12730–78		Весы лабораторные по ГОСТ 24104–2001 или настольные по ГОСТ 29329–92; – шкаф сушильный; – емкость для насыщения образцов водой			

Вопросы для самоконтроля

1. В чем заключается задача производственного контроля?
2. Какие вы знаете виды контроля?
3. Что проверяется в ходе входного контроля?
4. Какие документы должны быть на цемент при его поступлении на производство?
5. Что необходимо предпринять в случае отсутствия документов на цемент или заполнители?
6. Какие параметры проверяются при поступлении заполнителей на производство?
7. Каким контрольным операциям подвергается арматурная сталь при поступлении на производство?
8. В каких случаях проводят проверку качества воды в соответствии с требованиями ГОСТ?
9. Что включает в себя операционный контроль?
10. Зачем нужен приемочный контроль?
11. Какие параметры контролируются у портландцемента?
12. Какова периодичность контроля контролируемых параметров у портландцемента?
13. Что контролируется при поступлении и хранении песка (гранитной крошки)?
14. Как часто и зачем осуществляется входной контроль кварцевого песка (гранитной крошки)?
15. Какие контролируемые параметры для щебня, гравия, керамзитового гравия и какова их периодичность?
16. В чем отличия контроля заполнителей для тяжелых и легких бетонов?
17. Как осуществляется контроль поступления воды?
18. Какие эксплуатационно-технические характеристики контролируются у арматуры и как часто?
19. На каких этапах выполняется контроль использования химических добавок?
20. Что (материалы, операции) проверяется на этапе приготовления бетонной смеси?

21. Что и зачем проверяют у цемента, заполнителей, воды и химической добавки на этапе приготовления бетонной смеси?
22. Что контролируется в бетонной смеси на этапе ее приготовления?
23. Какие операции (материалы) включает в себя контроль изготовления железобетонных изделий?
24. Назовите контролируемые параметры в ходе контроля изготовления железобетонных изделий.
25. Какой операционный контроль осуществляется с арматурными каркасами, сетками и закладными деталями?
26. Какие нормируемые параметры проверяются на этапе армирования ЖБИ?
27. Что контролируют у вспомогательных материалов на этапе операционного контроля ЖБИ?
28. Какие нормируемые параметры и нормы точности (допуски) существуют в контроле изготовления железобетонных изделий?
29. Какие операции проводятся при контроле форм?
30. Что проверяется на этапах укладки бетонной смеси и формовании изделий?
31. Что совершается с готовыми изделиями на этапе контроля изготовления ЖБИ?
32. Какие нормируемые параметры и нормы точности (допуски) выполняются при доводке и распалубке изделий?
33. Какие параметры подлежат приемочному контролю готовых изделий?
34. Какие геометрические размеры у готовых изделий подлежат контролю?
35. Какие методы контроля применяют в приемочном контроле готовых изделий?
36. Как и зачем проводится контроль и качество готовых изделий с помощью контрольных образцов бетона?
37. С помощью каких приборов осуществляется контроль прочности, морозостойкости, истираемости и водопоглощения образцов?

7. ДЕФЕКТЫ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И МЕТОДЫ ИХ УСТРАНЕНИЯ

Качество бетонных и железобетонных изделий должно соответствовать требованиям ГОСТ 13015–2012 [10]. Однако возможно в производстве ЖБИ появление некоторых дефектов (рис. 7.1–7.5), которые можно устранить методом доводки изделий.



Рис. 7.1. Ржавые пятна



Рис. 7.2. Усадочные трещины



Рис. 7.3. Скол бетона без обнажения арматуры



Рис. 7.4. Скол бетона до обнажения арматуры

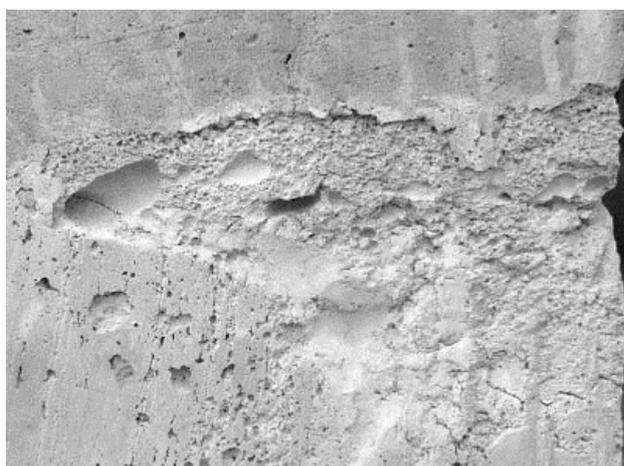


Рис. 7.5. Раковины на поверхности

Изделие считается дефектным по показателю табл. 7.1, если оно не удовлетворяет требованиям стандарта или техническим условиям по этому показателю.

Таблица 7.1

Причины возникновения дефектов и методы их устранения

Производственный процесс	Вид дефектов	Причина возникновения	Метод устранения
1	2	3	4
Изготовление бетонной смеси	Подвижность бетонной смеси не соответствует заданной (слишком пластичная или слишком жесткая)	Нарушение дозировки бетонной смеси. Избыток или недостаток воды	Откорректировать, усилить операционный контроль
Армирование изделий	Отклонение от проектного положения закладных изделий, монтажных петель, выпусков арматуры и т.п.	Не проведена фиксация арматурных элементов с помощью вязальной проволоки	Усиление операционного контроля
	Нарушение толщины защитного слоя бетона, что может привести к коррозии арматуры	Не установлены пластмассовые фиксаторы	
Формование изделий	Поры, раковины, непровибрированные участки, виден арматурный каркас	Виброуплотнение бетонной смеси было проведено недостаточно качественно	Ревизия и ремонт виброплощадки или глубинного вибратора
		Каркас плохо закрепили и при вибрировании он вышел на поверхность	Фиксировать арматуру
		Жесткая бетонная смесь	Корректировка дозирования бетонной смеси
	На поверхности изделий имеются неровности, наплывы, утолщения	Износ металлоформ	Ремонт металлоформ
		Плохое заглаживание поверхности	Усиление операционного контроля
	Изделия проседают	Бетон недостаточно жесткий	Откорректировать жесткость бетона

1	2	3	4
Тепловлажностная обработка изделий	Изделие темное, трещины, околы бетона	Изделие не пропарено, не был соблюден температурный режим	Поставить изделие на допаривание
	Поверхность изделия просевшая или частичное разрушение изделия	Не дана требуемая выдержка перед пуском пара	Соблюдение установленных графиков тепловой обработки
Распалубка готовых изделий	Изделие плохо извлекается из формы, остаются ржавые и масляные пятна	Плохо смазана или не достаточно была очищена металлоформа	Проверить качество смазки и ее нанесение
	Ломаются края изделий, трещины, околы бетона При извлечении изделие рушится	Нарушен режим выдержки изделий после тепловой обработки	Соблюдение установленных графиков тепловой обработки
Складирование готовых изделий	Трещины, околы бетона	Нарушение правил транспортирования и складирования готовых изделий (неправильное расположение прокладок, удары)	Усиление операционного контроля

Методы устранения

1. Устранение дефектов поверхности изделий (рис. 7.2, 7.5) (усадочные трещины, раковины, группа раковин до 15 мм в диаметре, выравнивание поверхности после удаления наплывов) производят способом затирки: поверхность изделия при температуре не более 30 °С увлажняют путем набрызга водой рогожной кистью и затирают песчано-цементным раствором деревянными терками с последующим удалением нанесенного раствора с поверхности изделия и заполнением раковин и неровностей.

Возможно добавление в раствор клея «ПВА» или силикатного клея – 50 г на 1 кг смеси. Выдержка изделий после ремонта в цехе происходит 24 часа при $t=20$ °С.

2. Ремонт изделий при сколах на поверхности без обнажения арматуры (нарушение защитного слоя) (рис.7.4), глубина повреждений до 30 мм. Масса

восстанавливаемого бетона в одном ремонтном месте до 0,5 кг. Способ ремонта – бетонирование песчано-цементным раствором без установки опалубки.

Место ремонта очищают от пыли, продувая сжатым воздухом, обильно увлажняют водой. После выдержки 30 мин путем наброса раствора и затирки восстанавливают контуры разрушенного ранее бетона в конструкции без выпуклостей и впадин.

Выдержку изделия в цехе осуществляют с условием подогрева ремонтного места насыщенным паром или электроподогревательным прибором до 50 °С в течение 24 ч. Прочность ремонтного места (раствора) при отгрузке из цеха не менее 150 кг/см².

3. Ремонт конструкций при сколах бетона до обнажения рабочей арматуры (рис. 7.3), крупных углублений и непровибрирования отдельных мест, глубина более 30 мм, масса бетона более 0,5 кг.

Способ ремонта: бетонирование бетоном с классом не менее В–25 в два этапа с установкой опалубки.

Место ремонта ударным инструментом очищают от разрушенного бетона с обнаружением рабочей арматуры, обильно увлажняют водой, покрывают место цементным молоком, устанавливают ремонтную опалубку, вручную с уплотнением заполняют ремонтное место бетоном класса В–25, грубо восстанавливают контуры поврежденного места. Через час окончательно цементным раствором восстанавливают контуры изделия без выпуклостей и впадин, затирают полутерком.

Для контроля качества ремонтного бетона лабораторией берутся образцы (3 кубика) с последующей тепловой обработкой при 70 °С в течение 24 часов и контролем прочности. Результат испытания заносят в журнал с указанием ремонта конкретного изделия.

Качество ремонта контролирует ОТК и К.

На изделия, которые были не приняты (рис. 7.6), составляется акт на брак, и эти изделия утилизируют.



Рис. 7.6. Неустранимый брак готового железобетонного изделия

Вопросы для самоконтроля

1. Какие вы знаете виды дефектов железобетонных изделий?
2. Назовите методы устранения дефектов железобетонных изделий.
3. Раскройте способ устранения дефектов поверхности изделий.
4. Как осуществляется ремонт изделий при сколах на поверхности без обнажения арматуры?
5. Опишите ремонт изделий при сколах на поверхности до обнажения арматуры.
6. Назовите причины возникновения дефектов.
7. Какие виды дефектов возникают при изготовлении бетонной смеси и армировании изделий, назовите методы их устранения.
8. Опишите дефекты и причины их возникновения при формовании и тепловлажностной обработке изделий.
9. Как устранить дефекты при формовании и тепловлажностной обработке изделий.
10. Охарактеризуйте дефекты при распалубке и складировании готовых изделий.
11. Каковы причины появления дефектов при распалубке и складировании готовых изделий?
12. Какие способы ликвидации дефектов при распалубке и складировании готовых изделий вы знаете?

8. МАТЕРИАЛЬНЫЕ РАСЧЕТЫ ЗАВОДА ПО ПРОИЗВОДСТВУ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

В качестве примера расчета материального баланса завода по производству железобетонных изделий рассмотрим на вентиляционных блоках.

Исходными данными для расчёта материального баланса являются:

- 1) ассортимент выпускаемой продукции;
- 2) производственная мощность завода, устанавливаемая заданием;
- 3) масса железобетонного изделия;
- 4) количество бетонной смеси, необходимой для изготовления ЖБИ;
- 5) количество арматуры, необходимое для производства ЖБИ;
- 6) потери арматуры при изготовлении;
- 7) потери при транспортировке сырьевых компонентов;
- 8) виды потерь продукции на этапах производства;
- 9) состав композиции, см. п. 3.1.

Материальный баланс производства составляют в расчёте на годовую производительность. Для этого производят расчёты в направлении, противоположном движению материалов по технологической линии.

После завершения расчётов, сопровождаемых пояснительным текстом, составляют таблицу материального баланса предприятия. В приходную часть включаются материалы, поступающие на производство, а в расходную – продукция, выходящая из предприятия, и материальные потери или отходы (брак), возникающие на определённых стадиях технологического процесса.

8.1. Исходные данные

Ассортимент выпускаемой продукции – по заданию преподавателя.

В рассматриваемом примере в качестве ассортимента выбраны вентиляционные блоки.

Годовая производительность завода – по заданию преподавателя.

Для производства вентиляционных блоков она составит 1364 шт. в год.

Масса железобетонного изделия, количество бетонной смеси и арматуры, необходимые для производства ЖБИ, приведены в табл. 8.1 на некоторые виды изделий.

Потери арматуры при изготовлении ЖБИ составляют 0,7 %.

Потери при транспортировке сырьевых компонентов будут 1 %.

Таблица 8.1

Основные материальные данные для изготовления ЖБИ

Изделие	Масса ЖБИ, кг	Количество бетонной смеси, м ³	Количество арматуры, кг
Трехслойные стеновые панели	5765	2,44	115,19
Плиты перекрытия	630	0,25	51,03
Панели с ненапрягаемой арматурой	1570	0,67	28,06
Внутренние стеновые панели	7925	3,17	103,00
Стеновые панели с проемом	4720	2,00	95,00
Пустотная плита	2850	1,16	56,57
Элементы лоджий	2800	2,50	45,25
ФБС	1630	0,68	2,36
Шахты лифтов грузоподъемностью 420 кг	5500	2,20	122,50
Шахты лифтов грузоподъемностью 630 кг	7000	3,30	183,75
Вентиляционные блоки	1500	0,64	48,37
Шахты дымоудаления	1900	0,76	52,55

Виды потерь продукции на этапах производства и причины их несоответствий приведены в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Виды потерь продукции

Виды несоответствия	Процент брака в партии	Общий процент брака	Причина несоответствия
Нарушена дозировка инертных материалов при приготовлении бетонной смеси ($g_{\text{доз}}$)	0,94	19,7	Ошибка дозировщика при дозировке компонентов
Не выдержана марка бетона по морозостойкости ($g_{\text{мор}}$)	0,63	13,2	Погрешность весов
Не выдержана марка бетона на удобоукладываемость ($g_{\text{уд}}$)	1,15	24,1	Погрешность весов
Не выдержана марка бетона по прочности ($g_{\text{пр}}$)	0,3	6,3	Погрешность весов
Наличие наплывов при формировании изделия ($g_{\text{напл}}$)	0,55	11,6	Не заглажена поверхность изделия
Не выдержаны параметры защитного слоя бетона ($g_{\text{защ}}$)	0,46	9,6	Отсутствие фиксаторов защитного слоя
Разрушение конструкции ($g_{\text{раз}}$)	0,74	15,5	Неравномерность распределения смазки по форме
Итого	4,77	100%	

Состав композиции приведен в табл. 3.2, однако для расчета материального баланса производства некоторых ЖБИ, которых нет в данной таблице, необходимо рассчитать расход материалов, как показано в п. 8.2.

По завершению всех необходимых расчетов (п. 8.3) составляют таблицу материального баланса цеха или производства в целом. В приходную часть включаются материалы, поступающие на завод, а в расходную – продукция, выходящая с предприятия, и материальные потери или отходы (брак), возникающие на определённых стадиях технологического процесса.

8.2. Расчет исходных компонентов для производства ЖБИ

Исходные данные:

- марка бетона по прочности М–200 (класс бетона В–15) (см. табл. 3.2);
- марка цемента ЦЕМ I 42,5Б, активность цемента при пропаривании 36 МПа, плотность цемента $\rho_{\text{ц}} = 3,1 \text{ т/м}^3$ (см. табл. П.39);
- щебень гранитный фракцией 5–20 мм, плотность щебня $\rho_{\text{щ}} = 2,63 \text{ т/м}^3$, насыпная плотность щебня $V_{\text{н.в}} = 1,29 \text{ т/м}^3$, влажность 3 % (см. п. 2.2.1);
- песок речной $M_{\text{кр}} = 1,55$, плотность песка $\rho_{\text{п}} = 2,55 \text{ т/м}^3$, насыпная плотность песка $V_{\text{н.в}} = 1,5 \text{ т/м}^3$, влажность 5 % (см. п. 2.2.2).

1) Рассчитываем водоцементное отношение В/Ц отношение по формуле:

$$B/C = \frac{A \cdot R_{\text{ц}}}{R_{\text{б}} + 0,5A \cdot R_{\text{ц}}} = \frac{0,65 \cdot 36}{15 + 0,5 \cdot 0,65 \cdot 36} = 0,88,$$

где А – коэффициент для заполнителей. Принимаем, что качество заполнителей рядовое, тогда $A = 0,65$; $R_{\text{ц}}$ – активность цемента при пропаривании, МПа; $R_{\text{б}}$ – класс бетона, МПа.

2) Определяем ориентировочный расход воды на 1 м^3 бетонной смеси. Для производства вентиляционных блоков пластичность бетона должна быть марки ПЗ, осадка конуса ОК=6 см. Для ОК=6 см объем воды $V_{\text{воды}} = 210 \text{ л}$ (см. табл. 3.2).

3) Рассчитываем массу цемента:

$$C = \frac{V_{\text{воды}}}{B/C} = \frac{210}{0,88} = 238,64 \text{ кг.}$$

4) Рассчитываем расход щебня.

Определяем пустотность щебня:

$$\text{Пуст.} = \frac{\rho_{\text{щ}} - V_{\text{н.в}}}{\rho_{\text{щ}}} = \frac{2,63 - 1,29}{2,63} = 0,51,$$

где $\rho_{щ}$ – плотность щебня, т/м³; $V_{н.в}$ – насыпная плотность щебня, т/м³.

Тогда

$$\text{Щ}^* = \frac{1000}{\left(\frac{\text{Пуст.} \cdot \alpha}{V_{н.в.}}\right) - \frac{1}{\rho_{щ}}} = \frac{1000}{\left(\frac{0,51 \cdot 1,42}{1,29}\right) - \frac{1}{2,63}} = 1062,00 \text{ кг,}$$

где Щ^* – масса щебня без учета его влажности, кг; α – коэффициент раздвижки зерен для фракции 5–20 мм равен 1,42.

С учетом влажности щебня 3 % расход щебня составит:

$$\text{Щ} = \text{Щ}^* + \frac{\text{Щ}^* \cdot W_{щ}}{100} = 1062,00 + \frac{1062,00 \cdot 3}{100} = 1093,86 \text{ кг,}$$

где $W_{щ}$ – влажность щебня, %.

5) Рассчитываем расход песка:

$$\begin{aligned} \text{П}^* &= \left[1 - \left(\frac{\text{Ц}}{\rho_{ц}} + \frac{\text{В}}{\rho_{в}} + \frac{\text{Щ}}{\rho_{щ}}\right)\right] \rho_{п} = \left[1 - \left(\frac{238,64}{3100} + \frac{210}{1000} + \frac{1093,86}{2630}\right)\right] 2550 = \\ &= 757,61 \text{ кг,} \end{aligned}$$

где П^* – масса песка без учета его влажности, кг; $\rho_{ц}$ – плотность цемента, кг/м³; $\rho_{в}$ – плотность воды, кг/м³; $\rho_{п}$ – плотность песка, кг/м³.

С учетом 5 % влажности расход песка составит:

$$\text{П} = \text{П}^* + \frac{\text{П}^* \cdot W_{п}}{100} = 757,61 + \frac{757,61 \cdot 5}{100} = 795,49 \text{ кг,}$$

где $W_{п}$ – влажность песка, %.

6) Пересчитываем расход воды на 1 м³ бетонной смеси:

$$\text{В} = V_{\text{воды}} - \frac{\text{Щ}^* \cdot W_{щ}}{100} - \frac{\text{П}^* \cdot W_{п}}{100} = 210 - \frac{1062,00 \cdot 3}{100} - \frac{757,61 \cdot 5}{100} = 140,26 \text{ л.}$$

7) Сумма исходных материалов:

$$\Sigma = \text{Ц} + \text{Щ} + \text{П} + \text{В} = 238,64 + 1093,86 + 795,49 + 140,26 = \mathbf{2268,25 \text{ кг.}}$$

Данная сумма соответствует выходу 1 м³ бетонной смеси (≈ 2300 кг).

Сводим все рассчитанные компоненты в табл. 8.3, на основе которой далее можно рассчитать материальный баланс производства вентиляционных блоков.

Таблица 8.3

Состав компонентов бетонной смеси

Состав бетонной смеси	Количество компонентов на 1 м ³ , кг
Цемент	238,64
Щебень	1095,74
Песок	793,53
Вода	140,26
Итого:	2268,25

8.3. Расчет материального баланса для производства ЖБИ

1. Производственная мощность завода:

$$P = \frac{P_{\text{шт}} \cdot m_{\text{изд}}}{1000} = \frac{1364 \cdot 1500}{1000} = \mathbf{2046 \text{ т/г}},$$

где $P_{\text{шт}}$ – производственная мощность завода в шт. в год; $m_{\text{изд}}$ – масса готового изделия, кг (см. табл. 8.1).

2. Масса бетонной смеси:

$$M_{\text{бс}} = P - \frac{P_{\text{шт}} \cdot N_{\text{арм}}}{1000} = 2046 - \frac{1364 \cdot 48,37}{1000} = 1980,02 \text{ т/г},$$

где $N_{\text{арм}}$ – количество арматуры, кг (см. табл. 8.1).

а) масса бетонной смеси, поступающая в бетоноукладчик:

$$M_{\text{бс}}^{\text{б.у}} = \frac{M_{\text{бс}} \cdot 100}{100 - g_{\text{доз}} - g_{\text{уд}}} = \frac{1980,02 \cdot 100}{100 - 0,94 - 1,15} = 2022,29 \text{ т/г},$$

где $g_{\text{доз}}$ – потери при нарушении дозировки инертных материалов при приготовлении бетонной смеси, %; $g_{\text{уд}}$ – потери при не выдерживании марки бетона на удобоукладываемость, % (см. табл. 8.2).

б) брак смеси:

$$B_{\text{см}} = M_{\text{бс}}^{\text{б.у}} - M_{\text{бс}} = 2022,29 - 1980,02 = \mathbf{42,27 \text{ т/г}}.$$

3. Масса бетонной смеси, необходимая для получения готовых изделий:

$$M_{\text{бс}}^{\text{г.и}} = \frac{M_{\text{бс}}^{\text{б.у}} \cdot 100}{100 - g_{\text{напл}} - g_{\text{мор}} - g_{\text{пр}} - g_{\text{защ}} - g_{\text{разр}}} = \\ = \frac{2022,29 \cdot 100}{100 - 0,55 - 0,63 - 0,30 - 0,46 - 0,74} = 2077,98 \text{ т/г},$$

где $g_{\text{напл}}$ – наличие наплывов при формовании изделия, %; $g_{\text{мор}}$ – не выдержана марка бетона по морозостойкости, %; $g_{\text{пр}}$ – потери при несоблюдении марки бетона по прочности, %; $g_{\text{защ}}$ – потери при нарушении параметров защитного слоя бетона, %; $g_{\text{разр}}$ – потери при разрушении конструкции, % (см. табл. 8.2).

$$\text{Брак смеси: } B_{\text{см}}^{\text{г.и}} = M_{\text{бс}}^{\text{г.и}} - M_{\text{бс}}^{\text{б.у}} = 2077,98 - 2022,29 = \mathbf{55,69 \text{ т/г}}.$$

4. Количество цемента, необходимого для производства вентиляционных блоков:

На 1 м^3 бетонной смеси необходимо 238,64 кг цемента, тогда на $0,64 \text{ м}^3$ бетонной смеси понадобится:

$$Ц_{\text{бс}} = Ц \cdot N_{\text{бс}} = 238,64 \cdot 0,64 = 152,73 \text{ кг},$$

где $C_{\text{бс}}$ – количество цемента, необходимое для приготовления бетонной смеси, кг; $N_{\text{бс}}$ – количество бетонной смеси, необходимое для изготовления 1364 шт/г вентиляционных блоков, кг.

Для производства 1364 шт. изделий в год необходимо цемента:

$$C_{\text{изд}} = \frac{C_{\text{бс}} \cdot P_{\text{шт}}}{1000} = \frac{152,73 \cdot 1364}{1000} = 208,32 \text{ т/г.}$$

С учетом брака:

$$C_{\text{изд}}^{\text{брак}} = \frac{M_{\text{бс}}^{\text{г.и}} \cdot C_{\text{изд}}}{M_{\text{бс}}} = \frac{2077,98 \cdot 208,32}{1980,02} = 218,63 \text{ т/г.}$$

С учетом потерь при транспортировке:

$$C_{\text{изд}}^{\text{трансп}} = \frac{C_{\text{изд}}^{\text{брак}} \cdot 100}{100 - g_{\text{трансп}}} = \frac{218,63 \cdot 100}{100 - 1} = \mathbf{220,84} \text{ т/г,}$$

где $g_{\text{трансп}}$ – потери при транспортировке сырьевых компонентов, %.

Потери цемента составляют:

$$G_{\text{ц}} = C_{\text{изд}}^{\text{трансп}} - C_{\text{изд}}^{\text{брак}} = 220,84 - 218,63 = \mathbf{2,21} \text{ т/г.}$$

Потери при транспортировке составляют:

$$G = C_{\text{изд}}^{\text{трансп}} - C_{\text{изд}} = 220,84 - 208,32 = 12,52 \text{ т/г.}$$

5. Количество щебня, необходимого для производства вентиляционных блоков:

На 1 м³ бетонной смеси необходимо 1095,74 кг щебня, тогда на 0,64 м³ бетонной смеси понадобится:

$$\text{Щ}_{\text{бс}} = \text{Щ} \cdot N_{\text{бс}} = 1095,74 \cdot 0,64 = 701,27 \text{ кг,}$$

где $\text{Щ}_{\text{бс}}$ – количество щебня, необходимое для приготовления бетонной смеси, кг.

Для производства 1364 шт. изделий в год необходимо щебня:

$$\text{Щ}_{\text{изд}} = \frac{\text{Щ}_{\text{бс}} \cdot P_{\text{шт}}}{1000} = \frac{701,27 \cdot 1364}{1000} = 956,53 \text{ т/г.}$$

С учетом брака:

$$\text{Щ}_{\text{изд}}^{\text{брак}} = \frac{M_{\text{бс}}^{\text{г.и}} \cdot \text{Щ}_{\text{изд}}}{M_{\text{бс}}} = \frac{2077,98 \cdot 956,53}{1980,02} = 1003,85 \text{ т/г.}$$

С учетом потерь при транспортировке:

$$\text{Щ}_{\text{изд}}^{\text{трансп}} = \frac{\text{Щ}_{\text{изд}}^{\text{брак}} \cdot 100}{100 - g_{\text{трансп}}} = \frac{1003,85 \cdot 100}{100 - 1} = \mathbf{1013,99} \text{ т/г.}$$

Потери щебня составляют:

$$G_{\text{щ}} = \text{Щ}_{\text{изд}}^{\text{трансп}} - \text{Щ}_{\text{изд}}^{\text{брак}} = 1013,99 - 1003,85 = \mathbf{10,14 \text{ т/г.}}$$

Потери при транспортировке составляют:

$$G = \text{Щ}_{\text{изд}}^{\text{трансп}} - \text{Щ}_{\text{изд}} = 1013,99 - 956,53 = 57,46 \text{ т/г.}$$

6. Количество песка, необходимого для производства вентиляционных блоков:

На 1 м³ бетонной смеси необходимо 793,53 кг песка, тогда на 0,64 м³ бетонной смеси понадобится:

$$P_{\text{бс}} = P \cdot N_{\text{бс}} = 793,53 \cdot 0,64 = 506,86 \text{ кг,}$$

где $P_{\text{бс}}$ – количество песка, необходимое для приготовления бетонной смеси, кг.

Для производства 1364 шт. изделий в год необходимо песка:

$$P_{\text{изд}} = \frac{P_{\text{бс}} \cdot P_{\text{шт}}}{1000} = \frac{506,86 \cdot 1364}{1000} = 692,72 \text{ т/г.}$$

С учетом брака:

$$P_{\text{изд}}^{\text{брак}} = \frac{M_{\text{бс}}^{\text{г.и.}} \cdot P_{\text{изд}}}{M_{\text{бс}}} = \frac{2077,98 \cdot 692,72}{1980,02} = 726,99 \text{ т/г.}$$

С учетом потерь при транспортировке:

$$P_{\text{изд}}^{\text{трансп}} = \frac{P_{\text{изд}}^{\text{брак}} \cdot 100}{100 - g_{\text{трансп}}} = \frac{726,99 \cdot 100}{100 - 1} = \mathbf{734,33 \text{ т/г.}}$$

Потери песка составляют:

$$G_{\text{п}} = P_{\text{изд}}^{\text{трансп}} - P_{\text{изд}}^{\text{брак}} = 734,33 - 726,99 = \mathbf{7,34 \text{ т/г.}}$$

Потери при транспортировке составляют:

$$G = P_{\text{изд}}^{\text{трансп}} - P_{\text{изд}} = 734,33 - 692,72 = 41,61 \text{ т/г.}$$

7. Количество арматуры, необходимой для производства 1364 шт. изделий в год:

$$A_{\text{изд}} = \frac{A \cdot P_{\text{шт}}}{1000} = \frac{48,37 \cdot 1364}{1000} = 65,98 \text{ т/г.}$$

С учетом брака:

$$G_{\text{арм}}^{\text{брак}} = \frac{A_{\text{изд}} \cdot 100}{100 - g_{\text{мрз}} - g_{\text{пр}} - g_{\text{напл}} - g_{\text{защ}} - g_{\text{разр}}} = \frac{65,98 \cdot 100}{100 - 0,63 - 0,30 - 0,55 - 0,46 - 0,74} = 67,8 \text{ т/г,}$$

С учетом потерь при изготовлении конструкции:

$$G_{\text{арм}}^{\text{изг}} = \frac{P_{\text{арм}}^{\text{брак}} \cdot 100}{100 - g_{\text{арм}}} = \frac{67,8 \cdot 100}{100 - 0,7} = \mathbf{68,28 \text{ т/г.}}$$

Потери арматуры составляют:

$$G_{\text{арм}} = P_{\text{арм}}^{\text{изг}} - P_{\text{арм}}^{\text{брак}} = 68,28 - 67,8 = \mathbf{2,30 \text{ т/г.}}$$

8. Количество воды, необходимой для производства вентиляционных блоков:

На 1 м³ бетонной смеси необходимо 140,26 л воды, тогда на 0,64 м³ бетонной смеси понадобится:

$$V_{\text{бс}} = V \cdot N_{\text{бс}} = 140,26 \cdot 0,64 = 89,77 \text{ л,}$$

где $V_{\text{бс}}$ – количество воды, л.

Для производства 1364 шт. изделий в год необходимо воды:

$$V_{\text{изд}} = \frac{V_{\text{бс}} \cdot P_{\text{шт}}}{1000} = \frac{89,77 \cdot 1364}{1000} = 122,45 \text{ т/г.}$$

С учетом брака:

$$V_{\text{изд}}^{\text{брак}} = \frac{M_{\text{бс}}^{\text{г.и.}} \cdot V_{\text{изд}}}{M_{\text{бс}}} = \frac{2077,98 \cdot 122,45}{1980,02} = 128,51 \text{ т/г.}$$

Потери воды составляют:

$$V_{\text{п}} = V_{\text{изд}}^{\text{брак}} - V_{\text{изд}} = 128,51 - 122,45 = 6,06 \text{ т/г.}$$

Материальный баланс производства ЖБИ представлен в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Материальный баланс производства ЖБИ

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Цемент	220,84	10,20	Готовая продукция	2046,00	94,46
Щебень	1013,99	46,82	Брак формования	42,27	1,95
Песок	734,33	33,90	Брак готовых изделий	55,69	2,57
Вода	128,51	5,93	Потери цемента	2,21	0,10
Арматура	68,28	3,15	Потери щебня	10,14	0,47
			Потери песка	7,34	0,34
			Потери арматуры	2,30	0,11
			Невязка	0,00	0,00
Итого:	2165,95	100,00	Итого:	2165,95	100,00

Невязка не должна превышать значение 0,1 %.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СНиП 3.09.01–85. Производство сборных железобетонных конструкций и изделий. – Введ. 1986–01–01. – Госстрой СССР. – М.: ЦИТП, 1985. – 27 с.
2. ГОСТ 24476–80. Фундаменты железобетонные сборные стаканного типа под колонны общественных зданий. Технические условия. – Введ. 1982–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
3. ГОСТ 13580–85. Плиты железобетонные ленточных фундаментов. Технические условия. – Введ. 1987–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 37 с.
4. ГОСТ 13579–78. Блоки бетонные для стен подвалов. – Введ. 1979–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 11 с.
5. ГОСТ 19804–2012. Сваи железобетонные заводского изготовления. – Введ. 2014–01–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 27 с.
6. ГОСТ 28737–90. Балки фундаментные железобетонные для стен зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий. – Введ. 1991–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 11 с.
7. СНиП 2.01.07–85*. Нагрузки и воздействия. – Введ. 1987–01–01. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 44 с.
8. ГОСТ 18979–2014. Колонны железобетонные для многоэтажных зданий. Технические условия. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 20 с.
9. ГОСТ 18980–90. Ригели железобетонные для многоэтажных зданий. Технические условия. – Введ. 1990–06–30. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 18 с.
10. ГОСТ 13015–2012. Изделия железобетонные и бетонные для строительства. Общие технические требования. Правила приемки, маркировки, транспортирования и хранения. – Введ. 2014–01–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 42 с.
11. ГОСТ 9818–85. Марши и площадки лестниц железобетонные. Технические условия. – Введ. 1986–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 22 с.
12. ГОСТ 8717.0–84. Ступени железобетонные и бетонные. Технические условия. – Введ. 1986–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1987. – 21 с.
13. ГОСТ 9561–91. Плиты перекрытия железобетонные многопустотные для зданий и сооружений. Технические условия. – Введ. 1992–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 22 с.

14. ГОСТ 25697–83. Плиты балконов и лоджий железобетонные. Общие технические условия. – Введ. 1984–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 9 с.
15. ГОСТ 31310–2005. Панели стеновые трехслойные железобетонные с эффективным утеплителем. Общие технические условия. – Введ. 2007–06–01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 24 с.
16. ГОСТ 12504–80. Панели стеновые внутренние бетонные и железобетонные для жилых и общественных зданий. Общие технические условия. – Введ. 1982–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1980. – 24 с.
17. ГОСТ 17079–88. Блоки вентиляционные железобетонные. Технические условия. – Введ. 1990–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 8 с.
18. СНиП 52–01–2003. Бетонные и железобетонные конструкции. Основные положения. – Введ. 2004–03–01. – М.: ГП ЦПП, 2004. – 21 с.
19. ГОСТ Р 53304–2009. Стволы мусоропроводов. Метод испытания на огнестойкость. – Введ. 2009–05–01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 8 с.
20. ГОСТ 17538–82. Конструкции и изделия железобетонные для шахт лифтов жилых зданий. – Введ. 1983–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 11 с.
21. Комар, А.Г. Строительные материалы и изделия: учеб. для инж.-экон. спец. строит. вузов. / А.Г. Комар. – 5-е изд., перераб. и доп. – М. Высш. шк., 1988. – 527 с.
22. ГОСТ 28737–90. Балки фундаментные железобетонные для стен зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Технические условия. – Введ. 1991–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 11 с.
23. ГОСТ 25628–90. Колонны железобетонные для одноэтажных зданий предприятий. Технические условия. – Введ. 1991–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 35 с.
24. ГОСТ 20372–90. Балки стропильные и подстропильные железобетонные. Технические условия. – Введ. 1991–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 18 с.
25. ГОСТ 23121–78. Балки подкрановые стальные для мостовых электрических кранов общего назначения грузоподъемностью до 50 т. Технические условия. – Введ. 1979–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1978. – 9 с.
26. ГОСТ 20213–89. Фермы железобетонные. Технические условия. – Введ. 1990–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 18 с.

27. ГОСТ 28042–2013. Плиты покрытий железобетонные для зданий и сооружений. Технические условия. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 26 с.

28. ГОСТ 948–84. Перемычки железобетонные для зданий с кирпичными стенами. Технические условия. – Введ. 1986–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1992. – 18 с.

29. ГОСТ 26992–86. Прогоны железобетонные для покрытий зданий промышленных и сельскохозяйственных предприятий. Технические условия. – Введ. 1987–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1994. – 18 с.

30. ТУ 35–1842–88. Строения пролетные железобетонные для мостов и путепроводов на автомобильных и городских дорогах. Технические условия. – Введ. 1988–08–01. – М.: Союздорпроект, 1988. – 44 с.

31. ГОСТ 25912–2015. Плиты железобетонные предварительно напряженные для аэродромных покрытий. Технические условия. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 32 с.

32. ТУ 35–871–89. Плиты предварительно напряженные железобетонные дорожные ПДН. – Введ. 1990–04–01. – М.: Союздорпроект, 1990. – 17 с.

33. ГОСТ 17608–91. Плиты бетонные тротуарные. Технические условия. – Введ. 1992–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 20 с.

34. ГОСТ 6665–91. Камни бетонные и железобетонные бортовые. Технические условия. – Введ. 1992–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1991. – 38 с.

35. ГОСТ 10629–88. Шпалы железобетонные предварительно напряженные для железных дорог колеи 1520 мм. Технические условия. – Введ. 1990–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1989. – 16 с.

36. ГОСТ 19330–99. Стойки железобетонные для опор контактной сети железных дорог. Технические условия. – Введ. 2000–09–01. – М.: ГУП ЦПП, 2000. – 29 с.

37. ГОСТ 6482–2013. Трубы железобетонные безнапорные. Технические условия. – Введ. 2013–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 20 с.

38. ГОСТ 21509–76. Лотки железобетонные оросительных систем. Технические условия. – Введ. 1977–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1985. – 9 с.

39. ТУ 5863–004–00113557–94. Стойки железобетонные и железобетонные опоры. – Введ. 1994–09–01. – М.: Союздорпроект, 1994. – 19 с.

40. ТУ 5863–003–00113557–94. Стойки железобетонные вибрированные СВ105–1 и СВ105–2. – Введ. 1994–09–01. – М.: Союздорпроект, 1994. – 15 с.

41. ТУ 5863–002–00113557–94. Стойки железобетонные, железобетонные опоры и железобетонные элементы опор. – Введ. 1994–06–01. – М.: Союздорпроект, 1994. – 16 с.
42. ГОСТ 8020–90. Конструкции бетонные и железобетонные для колодцев канализационных, водопроводных газопроводных сетей. Технические условия. – Введ. 1990–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 10 с.
43. ГОСТ 31108–2003. Цементы общестроительные. Технические условия. – Введ. 2004–09–01. – М.: ГУП ЦПП, 2004. – 22 с.
44. Баженов, Ю.М. Технология бетона: учебник / Ю.М. Баженов. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 с.
45. ГОСТ 22266–2013. Цементы сульфатостойкие. Технические условия. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 9 с.
46. ГОСТ 8267–93. Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия. – Введ. 1995–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1995. – 42 с.
47. ГОСТ 9479–98. Блоки из горных пород для производства облицовочных, архитектурно-строительных, мемориальных и других изделий. Технические условия. – Введ. 2012–10–01. – М.: Стандартиформ, 2012. – 8 с.
48. ГОСТ 9757–90. Гравий, щебень и песок искусственные пористые. Технические условия. – Введ. 1991–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 8 с.
49. ГОСТ 8736–2014. Песок для строительных работ. Технические условия. – Введ. 2015–04–01. – М.: Стандартиформ, 2015. – 8 с.
50. ГОСТ 9758–2012. Заполнители пористые неорганические для строительных работ. Методы испытаний. – Введ. 2013–11–01. – М.: Стандартиформ, 2014. – 64 с.
51. ГОСТ 24211–2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические требования. – Введ. 2011–01–01. – М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.
52. Изотов, В.С. Химические добавки для модификации бетона: монография / В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – М.: Палеотип, 2006. – 244 с.
53. ТУ 5870 –006–58042865–05. Суперпластификатор «Полипласт СП-1». Технические условия. – Введ. 2005–03–31.
54. ТУ 5870–002–14153664–04 с изменением №1. Комплексная добавка для бетонов и растворов «РЕЛАМИКС». – Введ. 2004–03–01.

55. ТУ 5775–001–94089809–2007. Комплексная добавка «Бест–С». – Введ. 2007–05–01.

56. ГОСТ 23732–2011. Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. – Введ. 2012–10–01. – М.: Стандартинформ, 2012. – 12 с.

57. ГОСТ 5781–82. Сталь горячекатаная для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – Введ. 1983–07–015. – М.: Изд-во стандартов, 1983. – 11 с.

58. ГОСТ Р 52544–2006. Прокат арматурный свариваемый периодического профиля классов А500С и В500С для армирования железобетонных конструкций. Технические условия. – Введ. 2007–01–01. – М.: Стандартинформ, 2006. – 20 с.

59. ГОСТ 27772–88. Прокат для строительных стальных конструкций. Общие технические условия. – Введ. 1989–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1988. – 17 с.

60. ГОСТ 12004–81. Сталь арматурная. Методы испытания на растяжение. – Введ. 1983–07–01. – М.: Изд-во стандартов, 1996. – 11 с.

61. ГОСТ 10922–2012. Арматурные и закладные изделия, их сварные, вязаные и механические соединения для железобетонных конструкций. Общие технические условия. – Введ. 2013–07–01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 32 с.

62. ГОСТ 14098–2014. Соединения сварных арматур и закладных изделий железобетонных конструкций. Типы, конструкции и размеры. – Введ. 2015–07–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 20 с.

63. ГОСТ 5632–2014. Легированные нержавеющие стали и сплавы коррозионно-стойкие, жаростойкие и жаропрочные. Марки. – Введ. 2015–01–01. – М.: Стандартинформ, 2015. – 49 с.

64. ГОСТ 7473–2010. Смеси бетонные. Технические условия. – Введ. 2012–01–01. – М.: Стандартинформ, 2011. – 16 с.

65. Афанасьев, А.А. Бетонные работы: учеб. для проф. обучения рабочих на пр-ве / А.А. Афанасьев. – М. Высш. шк., 1991. – 288 с.

66. Попов, Л.Н. Основы технологического проектирования заводов железобетонных изделий: учеб. пособие для техникумов по спец. «Пр-во строит. деталей и железобетон. конструкций» / Л.Н. Попов, Е.Н. Ипполитов, В.Ф. Афанасьева. – М.: Высш. шк., 1988. – 312 с.

67. Цителаури, Г.И. Проектирование технологии заводов сборного железобетона: учеб. пособие для вузов / Г.И. Цителаури. – М.: Высш. шк., 1975. – 288 с.

68. Шмитько, Е.И. Химия цемента и вяжущих веществ: учеб. пособие / Е.И. Шмитько, А.В. Крылова, В.В. Шаталова; Воронеж. гос. арх.–строит. ун-т. – Воронеж, 2005.– 164 с.

69. ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка. – Введ. 1974–01–01. – М.: ИПК Изд-во Стандартов, 2003. – 3 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ

Марки и основные показатели отдельных видов ЖБИ

Таблица П.1

Марки и основные параметры свай забивных железобетонных

Марка	Длина, L, мм	Объем изделия, м ³	Масса из- делия, т	Класс бетона (марка) по прочности, не ниже
С 30.30–3	3000	0,28	0,70	В 15 (200)
С 40.30–3	4000	0,37	0,93	В 20 (250)
С 50.30–3	5000	0,46	1,15	
С 50.30–5				
С 60.30–3	6000	0,55	1,38	
С 60.30–5				
С 70.30–5	7000	0,64	1,60	
С 70.30–8				
С 80.30–5	8000	0,73	1,83	
С 80.30–9				
С 90.30–5	9000	0,82	2,05	
С 90.30–9				
С 100.30–8	10000	0,91	2,28	
С 100.30–10				
С 110.30–8	11000	1,00	2,50	
С 110.30–11				
С 120,30–8	12000	1,09	2,73	
С 120.30–11				
С 40.35–1	4000	0,52	1,3	В 20(250)
С 40.35–3				
С 50.35–1	5000	0,64	1,5	В 20(250)
С 50.35–3				
С 60.35–1	6000	0,76	1,9	В 20(250)
С 60.35–6				
С 70.35–4	7000	0,88	2,2	В 20(250)
С 70.35–10				В 25 (350)
С 80.35–5	8000	1,00	2,5	В 20(250)
С 80.35–11				В 25 (350)
С 90.35–5	9000	1,12	2,8	В 20 (250)
С 90.35–12				В 25(350)
С 100.35–6	10000	1,21	3,1	В 20 (250)
С 100.35–13				В 25(350)
С 110.35–8	11000	1,37	3,43	В 20(250)
С 110.35–13				В 25(350)
С 120.35–8	12000	1,49	3,73	В 20(250)
С 120.35–13				В 25 (350)

Примечания: 1. Возможно, изготовление всех вариантов армирования согласно ГОСТ 19804-2012; 2. При необходимости по заказу потребителя возможно изготовление свай длиной: 3,5; 4,5; 5,5.

Таблица П.2

Марки и основные параметры блоков фундаментных марки ФБС

Марка	Размеры, мм			Объем изделия, м ³	Масса изделия, т	Класс бетона (марка) по прочности
	l	b	h			
ФБС 24.3.6	2380	300	580	0,406	0,97	В 7,5 (100)
ФБС 24.4.6		400		0,543	1,30	
ФБС 24.5.6		500		0,679	1,63	
ФБС 24.6.6		600		0,815	1,96	
ФБС 12.4.6	1180	400		0,265	0,64	
ФБС 12.5.6		500		0,331	0,79	
ФБС 12.6.6		600		0,398	0,96	
ФБС 12.4.3		280		400	0,127	
ФБС 12.5.3	500		0,159	0,38		
ФБС 12.6.3	600		0,191	0,46		
ФБС 9.3.6	880		300	0,146	0,35	
ФБС 9.4.6		400	0,195	0,47		
ФБС 9.5.6		500	0,244	0,59		
ФБС 9.6.6		600	0,293	0,70		
ФБС 8.6.6	780	600	580	0,271	0,70	
ФБС 8.5.6		500		0,215	0,54	
ФБС 8.4.6		400		0,181	0,44	
ФБС 8.3.6		300		0,136	0,35	

Примечание. Могут изготавливаться блоки: длиной 780, 880 мм; маркой (класса) по прочности 150, 200.

Таблица П.3

Марки и основные параметры плит железобетонных ленточных фундаментов

Марка	Размеры, мм			Класс бетона	Объем изделия	Масса, т
	b	L	H			
ФЛ8-24-4	800	2380	300	В12,5	0,460	1,100
ФЛ 10-8-4	1000	780	300	В12,5	0,170	0,410
ФЛ10.24-2	1000	2380	300	В10	0,550	1,320
ФЛЮ.30-3	1000	2980	300	В12,5	0,690	1,660
ФЛ12.8-3	1200	780	300	В12,5	0,200	0,480
ФЛ 12.12-4	1200	1180	300	В12,5	0,310	0,740
ФЛ12.24-4	1200	2380	300	В12,5	0,650	1,560
ФЛ12.30-4	1200	2980	300	В12,5	0,820	1,970
ФЛ 14-8-4	1400	780	300	В15	0,230	0,550
ФЛ 14-12-4	1400	1180	300	В15	0,360	0,860
ФЛ 14-24-3	1400	2380	300	В15	0,760	1,820
ФЛ14.30-4	1400	2980	300	В15	0,960	2,300
ФЛ16.12-2	1600	1180	300	В12,5	0,410	0,980
ФЛ16.24-3	1600	2380	300	В15	0,860	2,060
ФЛ20.12-3	2000	1180	500	В15	0,780	1,870
ФЛ24.12-3	2400	1180	500	В15	0,910	2,180
ФЛ28.12-3	2800	1180	500	В20	1,130	2,710

Таблица П.4

Марки и основные параметры фундаментов для колонн сечением 300×300 мм

Рисунок	Марка фундамента	Размеры, мм		Класс бетона по прочности на сжатие	Бетон, м ³	Масса фундамента справочная, т
		А	Н			
а	Ф 12.9-2	1200	900	В 25	0,83	2,1
б	Ф 18.9-2	1800		В 15	1,6	4,0
	Ф 21.9-2	2100		В 15	2,1	5,3

Таблица П.5

Марки и основные параметры фундаментных балок

Рисунок	Марка	Размеры, мм				Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
		L	Н	В	b			
а	ФБ 6-11	5950	450	400	200	300	0,71	1,8
	ФБ 6-27	4300	450	400	200	200	0,51	1,3
	ФБ 6-28	5950	450	520	250	300	0,89	2,2
	ФБ 6-39	4300	450	520	250	300	0,64	1,6
б	ФБ 6-1	5950	450	260	200	200	0,62	1,6
	ФБ 6-10	4300	450	260	200	200	0,45	1,1
	ФБ 6-40	5950	300	200	160	200	0,32	0,8
	ФБ 6-44	4300	300	200	160	200	0,23	0,6
	ФБ 6-45	5950	300	300	160	200	0,41	1,0
	ФБ 6-49	4300	300	300	160	200	0,3	0,8

Таблица П.6

Марки и основные параметры колонны сечением 400×400 мм

Марка	Размеры, мм				Объем, м ³	Масса, т
	Н	h	h ₁	h ₂		
3КНД4.33	11650	4000	3300	1050	1,92	4,8
3КНД4.36	12550	4300	3600	1050	2,06	5,15
3КНД4.42	14350	4900	4200	1050	2,35	5,88
2КНД4.48	12200	6350	4800	1050	1,95	5,00
2КНД4.60	13400	6350	6000	1050	2,19	5,48

Таблица П.7

Марки и основные параметры ригелей высотой сечения 450 и 600 мм

Марка	Размеры, мм				Объем, м ³	Масса изделия, т
	L	b	h	h ₁ /h ₂		
РДП 4.56	5560	565	450	220/230	1,02	2,55
РОП 4.56	5560	482	450	220/230	0,94	2,35
РЛП 4.56	5560	382	450	220/230	0,76	1,89
РДР 4.56	5560	550	450	150/300	0,95	2,40
РОР 4.56	5560	475	450	150/300	0,9	2,24
РЛР 4.56	5560	375	450	150/300	0,73	1,82
РДП 6.86	8560	595	600	370/230	2,35	5,88
РДП 6.56	5560				1,51	3,78
РДП 6.26	2560	580	600	300/300	0,66	1,65
РДР 6.56	5560				1,43	3,6

Таблица П.8

Марки и основные параметры диафрагмы жесткости серии 1.020–1/83, в. 4–1

Марка	Размеры, мм		Класс бетона (марка)	Объем бетона, м ³	Масса, т
	L	H			
2Д 26.33	2560	3270	B22.5 (M300)	1,51	3,750
2Д 26.36	2560	3570	B20 (M250)	1,62	4,050
2Д 26.42	2560	4170	B20 (M250)	1,84	4,590
2Д 30.33	2980	3270	B22.5 (M300)	1,76	4,440
2Д 30.36	2980	3570	B20 (M250)	1,89	4,710
2Д 30.42	2980	4170	B20 (M250)	2,14	5,340

Таблица П.9

Марки и основные параметры лестничных маршей

Марка	Размеры, мм			Марка бетона (класс)	Объем бетона, м ³	Масса, т
	A	B	H			
ЛМП 50.11.17–5	5980	1150	1650	300 (B 22,5)	1,00	2,6
ЛМП 57.11.17–5	5650	1150	1650	300 (B 22,5)	0,95	2,4
ЛМП 60.11.15–5	5980	1150	1500	300 (B 22,5)	1,00	2,5
ЛМП 57.11.15–5	5650	1150	1500	300 (B 22,5)	0,92	2,3
ЛМП 57.11.14-5	5650	1150	1400	300 (B 22,5)	0,9	2,2
ЛМП 57.11.18(и)	5650	1150	1800	300 (B 22,5)	1,08	2,7
ЛМ–33–14	3913	1350	295	300 (B 22,5)	0,507	1,268
2ЛМФ 39.14.17-5	3913	1350	295	200 (B 15)	0,566	1,42

Таблица П.10

Марки и основные параметры лестничной площадки ЛПП 25–16к

Марка	Размеры, мм			Марка бетона (класс)	Объем бетона, м ³	Масса, т
	А	В	Н			
ЛПП 25-16 к	2780	1670	300	200 (В15)	0,366	1,12

Таблица П.11

Марки и основные параметры ступеней железобетонных и бетонных

Марка	Размеры, мм			Объем изделия, м ³	Масса изделия, т	Класс бетона
	L	h	b			
ЛС–11	1050	145	360	0,046	0,111	В15
ЛС–12	1200	145	360	0,053	0,128	
ЛС–14	1350	145	360	0,06	0,145	
ЛС–15	1500	145	360	0,066	0,160	
ЛС–17	1650	145	360	0,072	0,174	
ЛС–23	2250	145	360	0,100	0,242	
по индивидуальным чертежам						
ЛС 9-17*	900	165	340	0,039	0,090	В25
ЛС 11-17*	1050			0,045	0,11	

Примечание. Наличие в ступенях закладных деталей обозначается арабскими цифрами.

Таблица П.12

Марки и основные параметры плит перекрытий пустотных

Серия	Марка	Длина L, мм	Класс (марка) бетона	Объем изделия, м ³	Масса, т
Плиты шириной 1490 мм					
1.141–1	ПК 24.15–8Т	2380	В15 (200)	0,42	1,34
1.141–1	ПК 27.15–8Т	2680	В15 (200)	0,54	1,34
	ПК 30.15–8Т	2980	В15 (200)	0,6	1,49
	ПК 36.15–8Т	3580	В20 (250)	0,71	1,78
	ПК 42.15–8Т	4180	В20 (250)	0,83	2,08
	ПК 48.15–8АТV	4780	В15 (200)	0,95	2,37
	ПК 51.15–8АтV	5080	В15 (200)	1,01	2,51
	ПК 54.1 5–8АтV	5380	В15 (200)	1,06	2,65
	ПК 56.15–8АТV	5650	В20 (250)	1,11	2,78
	ПК 57.15–8АтV	5680	В20 (250)	1,12	2,81
	ПК 60.15–8АтV	5980	В20 (250)	1,18	2,95
	ПК 63.15–8АТV	6280	В20 (250)	1,24	3,100
1.090.1–1/88	ПК 66.1 5–8АтV	6580	В20 (250)	1,25	3,000
1.041.1–2	ПК 68.1 5–8АтV	6850	В25 (350)	1,28	3,2
94–2673Н	ПК 72.1 5–8АтV	7180	В22,5 (300)	1,41	3,53

Таблица П.13

Марки и основные параметры плит перекрытий ребристых

Марка	Размеры, мм			Класс бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
	L	B	H			
ПР 60.15–8АтVТ	5980	1490	220	B15	1,04	2,525
ПР 66.15–8АтV	6580	1490	220	B20	1,15	2,875
FSP 72.15–8АтVТ	7180	1490	220	B25	1,24	3,095

Таблица П.14

Марки и основные параметры плит балконов

Марка	Длина L, мм	Объем бетона, м ³	Марка бетона	Масса, т
ПБК33.13–6а	3290	0,53	200	1,325
ПБК36.13–6а	3590	0,57	200	1,425

Таблица П.15

Марки и основные параметры плит лоджий

Марка	Объем бетона, м ³	Марка бетона	Масса, т
ИПЛ 63–12п	1,65	300	4,062

Таблица П.16

Марки и основные параметры колонн серии

Марка	Размеры, мм			Марка бетона	Объем, м ³	Масса, т
	L	a	b			
K48–9	5600	300	300	300	0,5	1,4
K48–29	5600			200	0,52	1,3
K48–21	5600	400	300	300	0,67	1,8
K60–15	6800			300	0,82	2,2
K48–38	5600			300	0,7	1,9
K60–19	6800			200	0,82	2,1
K60–42	6900					300
K72–10	8100	400	400	300	1,3	3,4
K84–11	9300			300	1,49	4,1
K60–30	6900			300	1,1	2,9
K72–22	8100			300	1,33	3,6

Таблица П.17

Марки и основные параметры колонн серии 1.420–12

Марка	Размеры, мм						Марка бетона	Объем, м ³	Масса, т
	Н	h	A	B	a	b			
К 4а–3	8825	3600	400	400	400	400	400	1,58	3,8
К 8а–3	8825	3600	600	400	400	400	400	2,52	6,0
К 14а–3	11225	4800	400	400	400	400	400	2,05	5,1
К 24а–3	12425	4800	600	400	400	400	400	3,02	7,5
К 34а–3	14825	6000	600	400	400	400	400	3,64	9,1
К 40а–2	12570	6000	600	400	400	400	300	3,17	8,0

Таблица П.18

Марки и основные параметры ригелей высотой сечения 800 мм

Серия	Марка	L, мм	Марка бетона	Объем, м ³	Масса, т
ИИ 23–1/70	ИБ 1–1	4980	200	1,6	4,0
	ИБ 1–12		300		
	ИБ 2–1	5280	200	1,7	4,2
	ИБ 2–23		300		
	ИБ 3–2	5480	200	1,76	4,4
	ИБ 3–16		300		
ИИ 23–2/70	ИБ 4–1	7980	300	2,59	6,48
	ИБ 4–4		400		
	ИБ 5–1	8280	300	2,69	6,73
	ИБ 5–29		400		
	ИБ 6–1	8480	300	2,76	6,9
	ИБ 6–17		400		

Таблица П.19

Марки и основные параметры балок

Серия	Марка	Длина, мм	Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
Шифр 100/46	2БСП 12–4 АШВ	11960	400	2,0	5,0
11.462.1–10/80 вып.1	1БСД9–4 АШВ т	8960	400	1,1	2,75

Таблица П.20

Марки и основные параметры балок

Рисунок	Марка	Длина, мм	Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
а	Б 06–3	5970	300	0,6	1,5
	Б 06–3	8970	300	1,2	3,0
	БД 9–3	8950	300	1,2	3,0
б	2БДР 12–4АШВ	11960	400	2,17	5,4
	3БДР 18–4АШВ	17960	400	4,84	12,1

Таблица П.21

Марки и основные параметры плит покрытий ребристых

Марка	Размеры, мм			Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
	L	B	H			
3ПГ 6–3АШВ	5970	2980	300	250	1,07	2,68
2ПГ 6–2АI.VT	5970	1490	300	200	0,615	1,48
2ПВ 6–6АI.VT– 4п	5970	1490	300	350	0,78	1,82
2ПГ 12–2Ат.VT	11960	2980	455	400	2,96	7,4
$\frac{\text{ПА ШВ}}{1,5 \times 12}$ –3	11960	1480	450	400	2,04	5,1
3ПГ 12–4АШВ	11960	1480	450	450	1,96	4,9

Таблица П.22

Марки и основные параметры плит перекрытий ребристых

Серия	Марка	Размеры, мм			Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
		L	B	H			
ИИ 24– 1/70	ИП 1–2	5550	1485	400	200	0,89	2,2
	ИП 2–4	5050	1485	400	300	0,81	2,0
	ИП 3–1	5550	740	400	200	0,6	1,5
	ИП 4–1	5050	740	400	200	0,55	1,37
ИИ 24–2	П 5–6	5950	1485	400	400	0,95	2,4
	П 5–7	5950	1485	400	300	0,95	2,4
	П 5–8						
	П 5–9						
	П 5–10						

Таблица П.23

Марки и основные параметры прогонов

Марка	Размеры, мм			Масса изделия, т	Класс бетона (марка) по прочности
	L	B	H		
ПРГ 28.1.3–4Т	2780	120	300	0,25	В20 (250)
ПРГ 32.1.4–4Т	3180		400	0,38	В20 (250)
ПРГ 36.1.4–4Т	3580		400	0,43	В15 (200)
ПРГ 60.2.5–4Т	5980	200	500	1,5	В25 (360)

Таблица П.24

Марки и основные параметры перемычек брусовых марки ПБ

Марка перемычки	Размеры, мм			Объем бетона, м ³	Масса, т
	l	b	h		
1ПБ 13–1	1290	120	65	0,01	0,025
2ПБ 19–3П	1940	120	140	0,033	0,080
3ПБ21–8П	2070	120	220	0,055	0,130
3ПБ27–8П	2720	120	220	0,072	0,170
5ПБ21–27П	2070	250	220	0,114	0,270
5ПБ25–37П	2460	250	220	0,135	0,320
5ПБ 27–37П	2720	250	220	0,150	0,360
5ПБ 30–37П	2980	250	220	0,164	0,390
8ПБ 13–1П	1290	120	90	0,014	0,030
9ПБ 13–37П	1290	120	190	0,029	0,070
9ПБ 16–37П	1550	120	190	0,035	0,080
9ПБ 18–37П	1810	120	190	0,041	0,100
9ПБ21–8П	2070	120	190	0,048	0,120
8ПБ25–8П	2460	120	190	0,056	0,130
9ПБ30–4П	2980	120	190	0,068	0,160
10ПБ 21–27П	2070	250	190	0,098	0,240
10ПБ 25–37П	2460	250	190	0,117	0,280
10ПБ 27–37П	2720	250	170	0,129	0,310

Примечание. Класс бетона (марка) по прочности В 15(200).

Таблица П.25

Марки и основные параметры мостовых балок

Длина пролета, м	Марка балки	Геометрические размеры, мм									Класс бетона	Масса балки, т
		h	e	b	b ₂	a	c	k	m	n		
12	Б1200.174.93-Т	930	700	1740	600	100	10	119	3	2	В35	17,73
	Б1200.194.93-Т	930	900	1940	600	100	10	119	3	2	В35	18,81
15	Б1500.174.93-Т	930	700	1740	600	100	10	149	4	3	В35	22,02
	Б1500.194.93-Т	930	900	1940	600	100	10	149	4	3	В35	23,37
18	Б1800.174.123-Т	1230	700	1740	590	150	15	179	5	4	В35	29,78
	Б1800.194.123-Т	1230	900	1940	590	150	15	179	5	4	В35	31,40
21	Б2100.174.123-Т	1230	700	1740	590	150	15	209	6	5	В35	34,59
	Б2100.194.123-Т	1230	900	1940	590	150	15	209	6	5	В35	36,48
24	Б2400.174.123-Т	1230	700	1740	590	150	15	239	7	6	В35	39,40
	Б2400.194.123-Т	1230	900	1940	590	150	15	239	7	6	В35	41,56
33 h=153	Б3300.174.153-Т	1530	700	1740	580	200	20	329	10	9	В40	59,82
	Б3300.194.153-Т	1530	900	1940	580	200	20	329	10	9	В40	62,79
33 h=173	Б3300.174.173-Т	1730	700	1740	580	200	20	329	10	9	В35	62,75
	Б3300.194.173-Т	1730	900	1940	580	200	20	329	10	9	В35	62,72

Таблица П.26

Марки и основные параметры плит для аэродромных покрытий и покрытия дорог

Марка	Размер h, мм	Объем изделия, м ³	Масса изделия, т
ПАГ-14 IV	140	1,68	4,2
ПДН-AIV	140	1,68	4,2

Примечание. Марка бетона (класс) по прочности 350 (B25). Морозостойкость бетона 200 циклов.

Таблица П.27

Марки и основные параметры плит тротуарных

Марка изделия	Размеры, мм			Объем изделия, м ³	Масса изделия, кг	Класс бетона
	L	B	H			
5K5	400	400	50	0,008	19,2	B30
6K5	500	500	50	0,0125	30,0	B30

Таблица П.28

Марки и основные параметры камней бортовых

Марка	Размеры, мм				Класс бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
	L	B	H	A			
БР 100.30.15	1000	150	300	–	B30	0,043	0,1
БР 100.20.8	1000	80	200	–	B22,5	0,016	0,04
БУ 300.30.29	3000	290	300	120	B30	5,05	0,4
БУ 300.30.32	3000	320	300	150	B30	5,14	0,47

Таблица П.29

Форма и размеры шпал

Марка шпалы	Расстояние между упорными-ми кромка-ми разных концов шпалы a, мм	Расстояние между упорными кромками одного конца шпалы a ₁ , мм	Расстояние между осями отверстий для болтов a ₂ , мм	Расстояние между осью отверстия и упорной кромкой a ₃ , мм	Угол наклона упорных кромок, °	Направление большей стороны отверстия для болта относительно продольной оси шпалы
Ш1-1	2012	404	310	47	55	Поперечное
Ш1-2	2000	392	310	41	72	Поперечное
Ш2-1	2012	404	236	84	55	Поперечное

Примечание. На кромках, примыкающих к подошве и торцам шпалы, допускаются фаски шириной не более 15 мм.

Таблица П.30

Марки и основные параметры труб безнапорных

Марка трубы	Размеры, мм		Класс бетона	Объем бетона, м ³	Масса трубы, т
	I	D			
ГОСТ 6482–88					
T 50.50.3	5000	500	B 25	0,56	1,4
T 60.50.3	5000	600	B 25	0,66	1,7
T 80.50.2	5000	800	B 25	1,2	3,0
T 120.30.3	3000	1200	B 25	1,65	3,74
Серия 3.008–4					
PT–15y	3000	1500	B 23	1,9	4,75

Таблица П.31

Марки и основные параметры лотков

Марка элементов	Основные размеры, мм			Класс бетона по прочности на сжатие	Объем бетона, м ³	Масса элементов, справочная, т
	L	B	H			
Л 4–8	2970	780	530	B15	0,36	0,9
Л 6–5	2970	1160	530	B30	0,45	1,13
Л 11–8	2970	1480	700	B25	0,72	1,8
Л 16–5	2970	1840	1030	B15	1,26	3,15
Л 23–3	2970	2460	740	B15	1,42	3,55

Таблица П.32

Марки и основные параметры плит перекрытия каналов

Марка элементов	Основные размеры, мм			Класс бетона по прочности на сжатие	Объем бетона, м ³	Масса элементов (справочная), т
	L	B	H			
П 5–5	2990	780	70	B15	0,16	0,41
П 8–11	2990	1160	100	B25	0,35	0,87
П 15–8	2990	1840	120	B25	0,66	1,65
П 11–8	2990	1480	100	B25	0,44	0,27
П8д–11	740	1160	100	B25	0,09	0,21

Таблица П.33

Марки и основные параметры стоек железобетонных вибрированных предварительно напряженных

Марка стойки	Длина, м	Объем бетона, м ³	Масса изделия, т	Класс бетона
СВ 95–1	9500	0,3	0,75	B30
СВ 105–1	10500	0,47	1,18	B30
СВ 110–1	11000	0,45	1,125	B30

Таблица П.34

Марки и основные параметры колец

Марка	Размеры, мм			Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
	h	d	b			
КЦ 10–9	890	1000	80	200	0,24	0,6
КЦ 15–6	590	1500	90	200	0,265	0,66
КЦ 15–9	890	1500	90	200	0,4	1,00
КЦ 20–6	590	2000	100	200	0,265	0,66

Таблица П.35

Марки и основные параметры изделий круглых колодцев

Изделия	Марка	Размеры, мм				Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
		D	A	B	H			
Плиты перекрытия (рис. 1.47, в)	КЦП 1–20–1	2200	–	–	–	200	0,51	1,28
Плиты днища (рис. 1.47, г)	КЦЦ20	2500	–	–	–	200	0,59	1,47
Плиты перекрытия (рис. 1.47, д)	ППК 1–10–2	–	1160	1150	150	200	0,15	0,38
	КЦП 1–15–1	–	1680	1680	150	200	0,37	0,92
Плиты днища (рис. 1.47, е)	ПДК 10–1–1	–	1160	1150	150	200	0,13	0,325
	КЦД 15	–	1680	1680	150	200	0,43	1,06

Таблица П.36

Марки и основные параметры фундамента забора

Марка	Размеры, мм			Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
	a	b	h			
ФЗ–10	1000	1000	700	150	0,52	1,3

Таблица П.37

Марки и основные параметры плиты заборной

Марка	Марка бетона	Объем бетона, м ³	Масса, т
З–3	300	0,52	1,3

Таблица П.38

Марки и основные параметры гаражей сборных крупнопанельных отдельно стоящих

Марка гаража	Размеры, мм		А	Б	Размеры ворот, мм	
	L	a			ширина	высота
Гм (малый)	6200	3500	2600	2300	2400	2300
ГБ (большой)	6500	4400	2900	2600	2400	2300
ГГ(Газель)	6500	4400	3100	2900	2800	2700

Характеристика портландцемента некоторых производителей

Таблица П.39

Качественные показатели портландцемента

Производитель	Характеристики	Норматив ГОСТ 31108-2003, ГОСТ 30515-97	Среднее факти- чески
1	2	3	4
ОАО «Мордовце- мент» ЦЕМ I 42,5Б	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	23,37 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	4,98 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	4,03 %
	Оксид кальция СаО	Не нормируется	60,38 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	1,13 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,83 %
	Трехкальциевый силикат	Не нормируется	61,56 %
	Двухкальциевый силикат	Не нормируется	16,07 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	6,20 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	12,68 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	9,00 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	160 мин 230 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,20 мм
	Нормальная плотность	Не нормируется	27,00 %
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 2 суток; в возрасте 28 суток;	Не нормируется Не нормируется	4,55 8,70
	при сжатии в возрасте 2 суток; в возрасте 28 суток	Не менее 20 Не менее 42,5 Не более 62,5	22,00 51,00
Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	36,00	
ОАО «Мордовце- мент» ЦЕМ I 42,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	20,84 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	4,98 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	3,99 %
	Оксид кальция СаО	Не нормируется	63,67 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	1,19 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,84 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	61,56 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	16,07 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	6,20 %
Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	12,68 %	

1	2	3	4
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	1,50 %
	Сроки схватывания: начало конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	160 мин 240 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	–
	Нормальная густота	Не нормируется	26,00 %
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 2 суток;	Не нормируется	5,00
	в возрасте 28 суток;	Не нормируется	8,60
	при сжатии в возрасте 2 суток;	Не менее 20	31,00
	в возрасте 28 суток	Не менее 42,5 Не более 62,5	52,00
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 32,0	38,00
ОАО «Мордовце- мент» ССПЦ 400- Д20	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	25,00 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	5,00 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	4,50 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	57,00 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	2,20 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,50 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	66,00 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	11,00 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	4,00 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	15,00 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	1,50 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	190 мин 280 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	Выдер- живает
	Нормальная густота	Не нормируется	28,50 %
	Предел прочности при сжатии по ГОСТ 22266–2014, МПа:		
	в возрасте 3 суток;	Не менее 10	25,00
в возрасте 28 суток	Не менее 42,5	44,00	
Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	34,00	
ЗАО «Осколце- мент» ЦЕМ I 42,5Б	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	21,34 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	5,72 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	4,03 %
	Оксид кальция CaO	не нормируется	65,94 %

1	2	3	4
	Оксид магния MgO	Не нормируется	0,89 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,70 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	64,82 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	15,13 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	8,68 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	11,18 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	–
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	190 мин 275 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,00 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	26,00 %
	Предел прочности при сжатии, МПа: в возрасте 2 суток;	Не менее 10	23,30
		в возрасте 28 суток	Не менее 42,5 56,80
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	36,50
	ЗАО «Осколце- мент» ЦЕМ I 42,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется
Оксид алюминия Al ₂ O ₃		Не нормируется	5,72 %
Оксид железа Fe ₂ O ₃		Не нормируется	4,03 %
Оксид кальция CaO		Не нормируется	65,94 %
Оксид магния MgO		Не нормируется	0,89 %
Оксид серы SO ₃		Не более 4,0%	0,47 %
Трехкальциевый силикат C ₃ S		Не нормируется	64,82 %
Двухкальциевый силикат C ₂ S		Не нормируется	15,13 %
Трехкальциевый алюминат C ₃ A		Не нормируется	8,68 %
Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF		Не нормируется	11,18 %
Тонкость помола (остаток на сите № 008)		Не нормируется	–
Сроки схватывания: начало, конец		Не ранее 60 мин Не нормируется	220 мин 330 мин
		Не более 10 мм	0,10 мм
Нормальная густота		Не нормируется	27,20 %
Предел прочности при сжатии, МПа: в возрасте 2 суток;		Не менее 10	19,30
		в возрасте 28 суток	Не менее 42,5 Не более 62,5
Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	38,80	

1	2	3	4
ЗАО «Белгородский цемент» ЦЕМ I 42,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	21,60 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	5,45 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	4,30 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	66,40 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	0,60 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	0,20 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	61,50 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	15,70 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	7,00 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	13,20 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	8,0 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	145 мин 205 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,30 мм
	Нормальная плотность	Не нормируется	25,25 %
	Предел прочности при сжатии, МПа: в возрасте 2 суток;	Не менее 20	18,40
	в возрасте 28 суток	Не менее 42,5 Не более 62,5	48,70
Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	38,60	
ЗАО «Белгородский цемент» ЦЕМ II/A– К(Ш–II) 42,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	21,60 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	5,45 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	4,30 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	66,40 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	0,60 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,50 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	61,40 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	15,70 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	7,00 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	13,20 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	10,0 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	160 мин 220 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,1
	Нормальная плотность	Не нормируется	25,25 %

1	2	3	4
	Предел прочности при сжатии, МПа: в возрасте 2 суток;	Не менее 10	14,70
	в возрасте 28 суток	Не менее 42,5	39,00
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	35,00
ОАО "Холсим (Рус) СМ" ЦЕМ I 42,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	19,30 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	4,60 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	3,10 %
	Оксид кальция СаО	Не нормируется	61,60 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	2,80 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,90 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	66,80 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	8,90 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	6,80 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	10,00 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	5,70 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	145 мин 205 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,60 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	27,50 %
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 2 суток;	Не нормируется	4,00
	в возрасте 28 суток;	Не нормируется	8,10
	при сжатии в возрасте 2 суток;	Не менее 10	20,50
	в возрасте 28 суток;	Не менее 42,5	49,80
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	39,30
ОАО "Холсим (Рус) СМ" ЦЕМ II/A–К(Ш–И) 42,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	18,80 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	4,50 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	2,90 %
	Оксид кальция СаО	Не нормируется	61,60 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	3,00 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	2,60 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	66,80 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	8,90 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	6,80 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	10,00 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	3,40 %

1	2	3	4
	Двухкальциевый силикат C_2S	Не нормируется	8,90 %
	Трехкальциевый алюминат C_3A	Не нормируется	6,80 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C_4AF	Не нормируется	10,00 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	3,40 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	154 мин 216 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,60 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	28,50 %
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 2 суток;	Не нормируется	4,50
	в возрасте 28 суток;	Не нормируется	7,80
	при сжатии в возрасте 2 суток;	Не менее 10	21,20
	в возрасте 28 суток	Не менее 42,5	44,80
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	35,50
ОАО "Холсим (Рус) СМ" ЦЕМ II/B– III 32,5Н	Оксид кремния SiO_2	Не нормируется	21,80 %
	Оксид алюминия Al_2O_3	Не нормируется	5,30 %
	Оксид железа Fe_2O_3	Не нормируется	2,80 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	56,60 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	3,90 %
	Оксид серы SO_3	Не более 4,0%	2,60 %
	Трехкальциевый силикат C_3S	Не нормируется	66,80 %
	Двухкальциевый силикат C_2S	Не нормируется	8,90 %
	Трехкальциевый алюминат C_3A	Не нормируется	6,80 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C_4AF	Не нормируется	10,00 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	8,50 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	175 мин 243 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,80 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	28,70 %
	Предел прочности, МПа;		
	при изгибе в возрасте 7 суток;	не нормируется	4,90
	в возрасте 28 суток;	не нормируется	7,10
	при сжатии в возрасте 7 суток;	не менее 10	21,80
	в возрасте 28 суток	не менее 42,5	35,80
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	не менее 27,0	34,00

1	2	3	4
ОАО «Суходоложск- цемент» ЦЕМ I 42,5Н	Оксид кремния SiO_2	Не нормируется	21,00 %
	Оксид алюминия Al_2O_3	Не нормируется	4,80 %
	Оксид железа Fe_2O_3	Не нормируется	3,90 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	61,70 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	2,80 %
	Оксид серы SO_3	Не более 4,0%	2,80 %
	Трехкальциевый силикат C_3S	Не нормируется	61,10 %
	Двухкальциевый силикат C_2S	Не нормируется	15,00 %
	Трехкальциевый алюминат C_3A	Не нормируется	5,60 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C_4AF	Не нормируется	13,50 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	1,90 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	154 мин 236 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,00 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	26,00 %
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 2 суток;	Не нормируется	4,80
	в возрасте 28 суток;	Не нормируется	8,10
	при сжатии в возрасте 2 суток;	Не менее 10	23,40
	в возрасте 28 суток	Не менее 42,5	50,00
Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	38,20	
ОАО «Суходоложск- цемент» ЦЕМ II/A– III 32,5Б	Оксид кремния SiO_2	Не нормируется	23,50 %
	Оксид алюминия Al_2O_3	Не нормируется	6,00 %
	Оксид железа Fe_2O_3	Не нормируется	3,80 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	58,30 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	3,90 %
	Оксид серы SO_3	Не более 4,0%	3,50 %
	Трехкальциевый силикат C_3S	Не нормируется	61,10 %
	Двухкальциевый силикат C_2S	Не нормируется	15,00 %
	Трехкальциевый алюминат C_3A	Не нормируется	5,60 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C_4AF	Не нормируется	13,50 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	3,60 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	165 мин 256 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,00 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	26,70 %

1	2	3	4
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 7 суток;	Не нормируется	4,10
	в возрасте 28 суток;	Не нормируется	7,70
	при сжатии в возрасте 7 суток;	Не менее 10	17,50
	в возрасте 28 суток	Не менее 42,5	45,60
	Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	Не менее 27,0	36,00
ООО «Топкинский цемент» ЦЕМ I 42,5Б	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	20,23 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	5,09 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	4,26 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	63,04 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	1,76 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	3,07 %
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	62,00 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	14,51 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	6,87 %
	Четырехкальциевый алюмоферрит C ₄ AF	Не нормируется	13,08 %
	Тонкость помола (остаток на сите № 008)	Не нормируется	4,70 %
	Сроки схватывания: начало, конец	Не ранее 60 мин Не нормируется	165 мин 248 мин
	Равномерность изменения объема (расширение)	Не более 10 мм	0,00 мм
	Нормальная густота	Не нормируется	26,61 %
	Предел прочности, МПа:		
	при изгибе в возрасте 2 суток;	не нормируется	4,20
	в возрасте 28 суток;	не нормируется	7,80
	при сжатии в возрасте 2 суток;	не менее 10	21,90
в возрасте 28 суток	не менее 42,5	46,80	
Прочность при сжатии после пропаривания, МПа	не менее 27,0	35,20	
ООО «Топкинский цемент» ЦЕМ II/В– Ш 32,5Н	Оксид кремния SiO ₂	Не нормируется	23,36 %
	Оксид алюминия Al ₂ O ₃	Не нормируется	6,66 %
	Оксид железа Fe ₂ O ₃	Не нормируется	3,54 %
	Оксид кальция CaO	Не нормируется	57,81 %
	Оксид магния MgO	Не нормируется	1,78 %
	Оксид серы SO ₃	Не более 4,0%	3,30%
	Трехкальциевый силикат C ₃ S	Не нормируется	62,00 %
	Двухкальциевый силикат C ₂ S	Не нормируется	14,51 %
	Трехкальциевый алюминат C ₃ A	Не нормируется	6,87 %

Таблица П.41

Расчет исходных компонентов для производства ЖБИ

Название	Значение	Ед. изм.
В/Ц отношение	0,88	
Примерный расход воды В на 1 м ³ бетонной смеси	210	
Масса цемента Ц	238,64	кг
Расход щебня Щ	1062	кг
Пустотность Пуст	0,51	
Расход щебня Щ с учетом влажности щебня Щ	1093,86	кг
Расход песка П	757,61	кг
Расход песка П с учетом влажности песка П	795,49	кг
Уточненный расход воды В на 1 м ³ бетонной смеси	140,26	л
Сумма Ц+Щ+П+В (данная сумма соответствует выходу 1 м ³ бетонной смеси)	2268,25	кг

Таблица П.42

Исходные данные для составления материального баланса производства

Название	Значение	Ед. изм.
Количество бетонной смеси, необходимой для изготовления одного изделия	0,64	м ³
Производственная мощность завода	1364	шт/г
Масса готового изделия	1500	кг
Количество арматуры, необходимое для производства	48,37	кг
Потери арматуры при изготовлении изделий	0,7	%
Потери при транспортировке исходных материалов	1	%
Цемент	238,64	кг
Щебень	1095,74	кг
Песок	793,53	кг
Вода	140,26	л

Таблица П.43

Расчет материального баланса для производства ЖБИ

Название	Значение	Ед. изм.
Производственная мощность завода	2046,00	т/Г
Масса бетонной смеси	1980,023	т/Г
Масса бетонной смеси, поступающая в бетоноукладчик	2022,29	т/Г
Брак смеси, поступающей в бетоноукладчик	42,27	т/Г
Масса бетонной смеси, необходимая для получения готовых изделий	2077,98	т/Г
Брак смеси, необходимой для получения готовых изделий	55,69	т/Г
Расход цемента на изготовление одного изделия	152,73	кг
Количество цемента для производства всей партии	208,32	т/Г
Количество цемента с учетом брака	218,63	т/Г
Количество цемента с учетом потерь при транспортировке	220,84	т/Г
Потери цемента	2,21	т/Г
Потери цемента при транспортировке	12,52	т/Г
Расход щебня на изготовление одного изделия	701,27	кг
Количество щебня для производства всей партии	956,53	т/Г
Количество щебня с учетом брака	1003,85	т/Г
Количество щебня с учетом потерь при транспортировке	1013,99	т/Г
Потери щебня	10,14	т/Г
Потери щебня при транспортировке	57,46	т/Г
Расход песка на изготовление одного изделия	507,86	кг
Количество песка для производств всей партии	692,72	т/Г
Количество песка с учетом брака	726,99	т/Г
Количество песка с учетом потерь при транспортировке	734,33	т/Г
Потери песка	7,34	т/Г
Потери песка при транспортировке	41,61	т/Г
Расход арматуры, необходимой для всей партии	65,98	т
Количество арматуры с учетом брака	67,8	т/Г
Количество арматуры с учетом потерь на изготовление конструкции	68,28	т/Г
Потери арматуры	2,3	т/Г
Количество воды на изготовление одного изделия	89,77	л
Количество воды для производства всей партии	122,45	л
Количество воды с учетом брака	128,51	л
Потери воды	6,06	л

Материальный баланс производства ЖБИ

Приход			Расход		
Статьи	т/год	%	Статьи	т/год	%
Цемент	220,84	10,20	Готовая продукция	2046,00	94,46
Щебень	1013,99	46,82	Брак формования	42,27	1,95
Песок	734,33	33,90	Брак готовых изделий	55,69	2,57
Вода	128,51	5,93	Потери цемента	2,21	0,10
Арматура	68,28	3,15	Потери щебня	10,14	0,47
			Потери песка	7,34	0,34
			Потери арматуры	2,30	0,11
			Невязка	0,00	0,00
Итого:	2165,95	100,00	Итого:	2165,95	100,00

**Описание программы расчета материального баланса
производства ЖБИ**

Адрес ячейки	Содержимое ячейки
1	2
A1	Таблица 1
A2	Исходные данные
A3	Название
A4	Марка бетона
A5	Марка цемента
A6	Активность цемента при пропаривании R
A7	Класс бетона B
A8	Объемная масса цемента
A9	Фракция щебня
A10	Плотность щебня
A11	Насыпная масса щебня
A12	Влажность щебня
A13	Коэффициент раздвижки зерен для фракции 5–20 мм
A14	Модуль крупности песка
A15	Плотность песка
A16	Насыпная масса песка
A17	Влажность песка
A18	Коэффициент для заполнителей A
A19	Осадка конуса ОК
A20	Объем воды для ОК
C3	Значение
C4	M–200 (см. табл. П.1–П.38 для конкретного вида ЖБИ)
C5	ЦЕМ 42,5Б (см. табл. П.39)

1	2
C6	36 (см. табл. П.39)
C7	15 (см. табл. П.1–П38 для конкретного вида ЖБИ)
C8	3,1 (см. табл. П.39)
C9	5–20 (см. п.2.2.1)
C10	2,63 (см. п.2.2.1)
C11	1,29 (см. п.2.2.1)
C12	3 (см. п.2.2.1)
C13	1,42 (для фракции 5–20 мм)
C14	1,55 (см. п.2.2.2)
C15	2,55 (см. п.2.2.2)
C16	1,5 (см. п.2.2.2)
C17	5 (см. п.2.2.2)
C18	0,65
C19	6 (см. табл. 3.2)
C20	210 (см. табл. 3.2)
D3	Ед. изм.
D4	–
D5	–
D6	МПа
D7	–
D8	кг/м ³
D9	мм
D10	т/м ³
D11	т/м ³
D12	%
D13	–
D14	т/м ³
D15	т/м ³
D16	т/м ³
D17	%
D18	–
D19	см
D20	л
A21	Таблица 2
A22	Расчет исходных компонентов для производства ЖБИ
A23	Название
A24	В/Ц отношение
A25	Примерный расход воды В на 1 м ³ бетонной смеси
A26	Масса цемента Ц
A27	Расход щебня Щ
A28	Пустотность Пуст
A29	Расход щебня Щ с учетом влажности

1	2
A30	Расход песка П
A31	Расход песка П с учетом влажности
A32	Уточненный расход воды В на 1м ³ бетонной смеси
A33	Сумма Ц+Щ+П+В (данная сумма соответствует выходу 1м ³ бетонной смеси)
C23	Значение
C24	$=C18*C6/(C7+0,5*C18*C6)$
C25	$=C20$
C26	$= C25/C24$
C27	$=1000/(C28*C13/C11+1/C10)$
C28	$=(C10-C11)/C10$
C29	$= C27+C27*C12/100$
C30	$=(1-(C26/(C8*1000)+C25/1000+C29/(C10*1000)))*C15*1000$
C31	$=C30+C30*C17/100$
C32	$=C20-C27*C12/100-C30*C17/100$
C33	$=C26+C29+C31+C32$
D23	Ед. изм.
D24	–
D25	–
D26	кг
D27	кг
D28	–
D29	кг
D30	кг
D31	кг
D32	л
D33	кг
A34	Таблица 3
A35	Исходные данные для составления материального баланса производства
A36	Название
A37	Количество бетонной смеси, необходимой для изготовления одного изделия
A38	Производственная мощность завода
A39	Масса готового изделия
A40	Количество арматуры, необходимое для производства
A41	Потери арматуры при изготовлении изделий
A42	Потери при транспортировке исходных материалов
A43	Цемент
A44	Щебень
A45	Песок
A46	Вода

1	2
C36	Значение
C37	0,64 (см. табл. 8.1)
C38	1364 (по заданию преподавателя)
C39	1500 (см. табл. 8.1)
C40	48,37 (см. табл. 8.1)
C41	0,7
C42	1
C43	=C26
C44	=C29
C45	=C31
C46	=C32
D36	Ед. изм.
D37	м ³
D38	шт/г
D39	кг
D40	кг
D41	%
D42	%
D43	кг
D44	кг
D45	кг
D46	л
A47	Таблица 4
A48	Расчет материального баланса для производства ЖБИ
A49	Название
A50	Производственная мощность завода
A51	Масса бетонной смеси
A52	Масса бетонной смеси, поступающая в бетоноукладчик
A53	Брак смеси, поступающей в бетоноукладчик
A54	Масса бетонной смеси, необходимой для получения готовой продукции
A55	Брак смеси, необходимой для получения готовой продукции
A56	Расход цемента на изготовление одного изделия
A57	Количество цемента для производства всей партии
A58	Количество цемента с учетом брака
A59	Количество цемента с учетом потерь при транспортировке
A60	Потери цемента
A61	Потери цемента при транспортировке
A62	Расход щебня на изготовление одного изделия
A63	Количество щебня для производства всей партии
A64	Количество щебня с учетом брака
A65	Количество щебня с учетом потерь при транспортировке

1	2
A66	Потери щебня
A67	Потери щебня при транспортировке
A68	Расход песка на изготовление одного изделия
A69	Количество песка для производств всей партии
A70	Количество песка с учетом брака
A71	Количество песка с учетом потерь при транспортировке
A72	Потери песка
A73	Потери песка при транспортировке
A74	Расход арматуры для производства всей партии
A75	Количество арматуры с учетом брака
A76	Количество арматуры с учетом потерь на изготовление конструкции
A77	Потери арматуры
A78	Количество воды на изготовление одного изделия
A79	Количество воды для производства всей партии
A80	Количество воды с учетом брака
A81	Потери воды
C49	Значение
C50	$=C38 \cdot C39 / 1000$
C51	$=C50 - C38 \cdot C40 / 1000$
C52	$=C51 \cdot 100 / (100 - 0,94 - 1,15)$
C53	$=C52 - C51$
C54	$=C52 \cdot 100 / (100 - 0,55 - 0,63 - 0,30 - 0,46 - 0,74)$
C55	$=C54 - C52$
C56	$=C37 \cdot C43$
C57	$=C56 \cdot C38 / 1000$
C58	$=C54 \cdot C57 / C51$
C59	$=C58 \cdot 100 / (100 - C42)$
C60	$=C59 - C58$
C61	$=C59 - C57$
C62	$=C44 \cdot C37$
C63	$=C58 \cdot C38 / 1000$
C64	$=C54 \cdot C63 / C51$
C65	$=C64 \cdot 100 / (100 - C42)$
C66	$=C65 - C64$
C67	$=C65 - C63$
C68	$=C45 \cdot C37$
C69	$=C68 \cdot C38 / 1000$
C70	$=C54 \cdot C69 / C51$
C71	$=C70 \cdot 100 / (100 - C42)$
C72	$=C71 - C70$
C73	$=C71 - C69$

1	2
C74	$=C40*C38/1000$
C75	$=C74*100/(100-0,63-0,30-0,55-0,46-0,74)$
C76	$=C75*100/(100-C41)$
C77	$=C76-C74$
C78	$=C46*C37$
C79	$=C78*C38/1000$
C80	$=C54*C79/C51$
C81	$=C80-C79$
D49	Ед. изм.
D50	т/Г
D51	т/Г
D52	т/Г
D53	т/Г
D54	т/Г
D55	т/Г
D56	кг
D57	т/Г
D58	т/Г
D59	т/Г
D60	т/Г
D61	т/Г
D62	кг
D63	т/Г
D64	т/Г
D65	т/Г
D66	т/Г
D67	т/Г
D68	кг
D69	т/Г
D70	т/Г
D71	т/Г
D72	т/Г
D73	т/Г
D74	т
D75	т/Г
D76	т/Г
D77	т/Г
D78	л
D79	л
D80	л
D81	л
A82	Таблица 5

1	2
A83	Материальный баланс производства ЖБИ
A84	Приход
A85	Статьи
A86	Цемент
A87	Щебень
A88	Песок
A89	Вода
A90	Арматура
A94	Итого:
C85	т/год
C86	=C59
C87	=C65
C88	=C71
C89	=C80
C90	=C76
C94	=СУММ(C86:C90)
D85	%
D86	=C86*D94/C94
D87	=C87*D94/C94
D88	=C88*D94/C94
D89	=C89*D94/C94
D90	=C90*D94/C94
D94	100,00
E84	Расход
E85	Статьи
E86	Готовая продукция
E87	Брак формования
E88	Брак готовых изделий
E89	Потери цемента
E90	Потери щебня
E91	Потери песка
E92	Потери арматуры
E93	Невязка
E94	Итого:
F85	т/г
F86	=C50
F87	=C53
F88	=C55
F89	=C60
F90	=C66
F91	=C72
F92	=C77

1	2
F93	= $(F94 - C94) / F94$
F94	=CYMM(F86:F93)
G85	%
G86	= $F86 * G94 / F94$
G87	= $F87 * G94 / F94$
G88	= $F88 * G94 / F94$
G89	= $F89 * G94 / F94$
G90	= $F90 * G94 / F94$
G91	= $F91 * G94 / F94$
G92	= $F92 * G94 / F94$
G93	= $F93 * G94 / F94$
G94	100,00

ПРЕДМЕТНЫЙ УКАЗАТЕЛЬ

- Арматура, 79
- арматурные и закладные изделия, 82
- армирование
- напряженное, 94
 - ненапряженное, 93
- Балки, 28
- фундаментные, 13
 - подкрановые балки, 24, 29
 - стропильные и подстропильные, 27
- бетон, 6
- легкий, 109
 - тяжелый, 109
- бетонная смесь, 89, 134, 163
- жесткая, 109, 149, 176
 - подвижная, 109
- блоки
- мусоропровода, 23
 - вентиляционные, 22
 - фундаментные, 11
- Вода, 79, 161
- Габбро-диабаз, 56
- гараж сборный, 41
- гидратация цемента, 136, 145, 147, 149
- гравий, 57, 159
- гравийная крошка, 60
- Дефекты поверхности изделий, 177
- диафрагмы жесткости, 16
- добавки, 70, 73, 140, 162
- гидрофилизирующие, 141
 - гидрофобизирующие, 141
- Железобетон, 6
- железобетонные изделия, 7, 10
- железобетонные стеновые панели, 20
- железобетонные стойки, 37
- железобетонные шпалы, 36
- жесткость, 134
- Заполнитель, 52
- затворитель, 79
- Изделия круглых колодцев, 40
- Камни бортовые, 35
- капиллярные силы, 137
- коагуляция, 138
- колонны, 13, 25, 26

Лестничные марши, 17
лестничные площадки, 17
лотки, 38

Молекулярные силы, 138
мостовые балки, 33

Натяжение арматуры, 95
новообразования, 148

Объемные элементы, 22

- шахт лифтов, 24

опоры мостов, 34

Панели

- наружные цокольные, 21
- внутренних стен, 21
- крыши, 20
- наружных стен, 20, 32
- стеновые, 20

перемычки, 32

песок, 58, 158

- искусственный песок, 60

пластификаторы, 71, 140

плита

- заборная, 41
- балконов, 20
- для аэродромных покрытий и покрытия дорог, 34

- ленточных фундаментов, 12
 - лоджий, 19, 199
 - перекрытий, 31
- ребристые, 19
- пустотные, 19, 198
- перекрытия каналов, 39
 - покрытий, 30, 31
 - тротуарные, 35

подвижность, 134, 136, 139, 149, 176

показатели гравия и щебня, 61

пористые заполнители, 62

портландцемент, 43, 44, 157

прогоны, 32

продолжительность

перемешивания бетонных смесей, 92, 136

прокат арматурный, 80

прочность бетона, 151

Растворная часть, 89

рекомендуемые способы

производства изделий, 107

ригели, 15, 27

Санитарно-технические кабины, 22

сваи, 11

связанность, 109, 137, 140, 141, 143, 149

соединительные связи, 84

сталь, 79

стойки железобетонные, 39

структура цементного теста, 136

ступени, 18

суперпластификаторы, 71, 140, 142

Твердение, 151

- в нормальных условиях, 108
- при тепловой обработке, 108, 151

теплоизоляционные изделия, 83

тиксотропия, 143

требования к бетонной смеси, 91

трубы, 38

Удобоукладываемость, 91, 134

Фермы, 24

- стропильные и подстропильные фермы, 29

флокуляционные силы, 137

флокуляция, 138

фундаментные балки, 24, 25

фундаменты, 10, 12

фундаменты забора, 40

цементы

- напрягающий, 48
- пуццолановый, 45
- расширяющиеся или безусадочные, 48
- смешанные, 49
- сульфатостойкие, 46

Шахты

- дымоудаления, 23
- лифтов, 22

шлакопортландцемент, 44

Щебень, 53, 159

- известняковый, 54
- гранитный, 55
- гравийный, 56

щебень марка по дробимости, 53

ζ -Потенциал, 138, 142

Учебное издание

Виноградова Любовь Алексеевна
Катаргина Валентина Кирилловна
Копосов Игорь Александрович

Основы технологии железобетонных изделий

Учебное пособие

Редактор О.А. Соловьева

Подписано в печать 16.02.2016. Формат 60×84 1/16. Бумага писчая.
Усл. печ. л. 13,25. Тираж 50. Заказ

ФГБОУ ВО «Ивановский государственный
химико–технологический университет»

Отпечатано на полиграфическом оборудовании
кафедры экономики и финансов ФГБОУ ВО «ИГХТУ»
153000, г. Иваново, Шереметевский пр., 7