

ДИСЦИПЛИНА: Основы проектирования  
продукции

РАЗДЕЛ: Проектирование тяжелого бетона  
с добавками и без добавок

Расчет и обоснование

Преподаватель – Баженова Софья Ильдаровна  
Доцент, к.т.н.  
Кафедра ТВВиБ ИСА МГСУ

# Содержание работы:

- **Раздел 1.** Описание изделия

- Расшифровка маркировки.
- Габаритные размеры.
- Назначение ж/б изделия
- Условия эксплуатации
- Условия и порядок монтажа
- Нормативные документы к разделу.

- **Раздел 2.** Сырье и полуфабрикаты\*

- 2.2.** Требования к исходным материалам

- Требования к бетонной смеси
- Требования к вяжущему
- Требования к заполнителям (крупному и мелкому)
- Требования к добавкам
- Требования к химическим добавкам
- Требования к стали
- Нормативные документы к разделу.

# Содержание работы:

## **2.2.** Физико-механические характеристики исходных материалов

- Паспорт качества на цемент
- Паспорт качества на заполнитель
- Сертификат на добавку
- Паспорт качества на арматуру
- Нормативные документы к разделу в т.ч. методики и требования к испытаниям

*\*конкретно подходящие к рассматриваемому ж/б изделию*

## **Раздел 3.** Подбор состава бетонной смеси

- С добавкой
- Без химической добавки
- Нормативные документы к разделу в т.ч. методики и требования к испытаниям

## **Раздел 4.** Технологическая схема производства ж/б изделия

## **Раздел 5.** Охрана труда и окружающей среды.

## **Раздел 6.** Технико-экономические показатели производства

# Пример: Многопустотная предварительно-напряженная плита перекрытия 2УНТ 59-12

- **Описание**

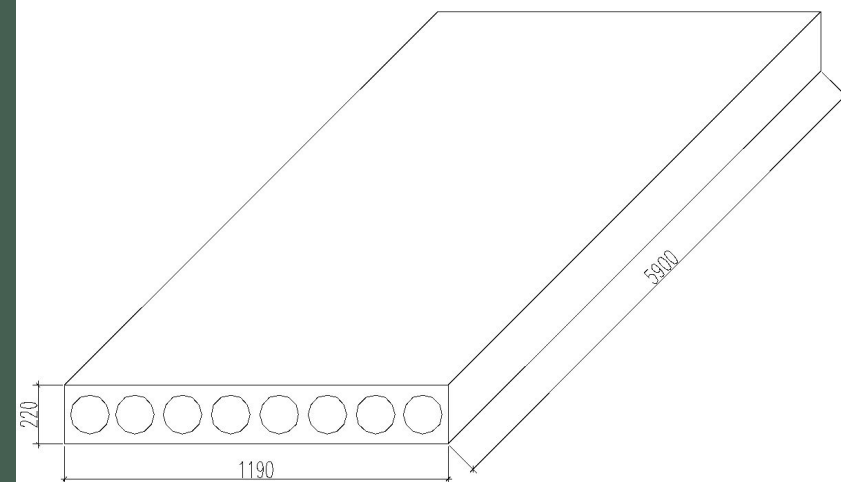
Плиты применимы в зданиях с блочными и кирпичными стенами. С этой целью оба опорных участка каждой плиты усилены: один - путем уменьшения диаметра пустот, другой - установкой бетонных вкладышей, изготавливаемых из бетона той же марки, что и панели.

Плиты перекрытий изготавливают из тяжелого бетона. Для улучшения звуко- и теплоизоляционных свойства изделия, а также в целях экономии бетона, а именно дорогостоящего цемента, плиты выполняют пустотными.

- **Назначение**

Плиты относятся к конструкциям 3-ей категории трещиностойкости и применяются в отапливаемых зданиях с нормально-влажностным режимом и неагрессивной газовой средой. При применении плит в санузлах и т.п. помещениях необходимо предусмотреть надежную гидроизоляцию.

## Эскиз изделия:



Наименование продукции	Марка изделия Шифр изделия	Габариты, мм			Марка бетона	Объем, м <sup>3</sup>		Расход металла на 1 м <sup>3</sup>	Масса, т
		Д	Ш	В		1 изд.	1 м <sup>3</sup>		
Многopустотная предварительно-напряженная плита перекрытия	<u>2УНТ 59-12</u> 58 4211 2334	5900	1190	220	250	1,520	0,851	28,17	2,13

**ТУ 400-1-517-92** – Панели железобетонные многopустотные для перекрытий зданий различного назначения

# Сырье и полуфабрикаты

## Цемент.

- В соответствии с проектными требованиями к бетону по прочности выбираем портландцемент марки М400, который выпускается без добавок или с активными минеральными добавками, предусмотренными **ГОСТ 10178-85** в количестве 5% от массы цемента.
- Начало схватывания цемента должно наступать не ранее 45 мин., а конец схватывания не позднее 12 часов от начала затворения цемента водой. Тонкость помола должна быть такой, чтобы сквозь сито с сеткой №008 по **ГОСТ 25328-82** проходило не менее 85% от массы пробы.
- Удельная поверхность цемента должна быть 2800...3200 см<sup>2</sup>/гр.
- Химический анализ клинкера проводят по методике, регламентированной ГОСТ 5382-91
- Цемент поступает по железной дороге.

# Сырье и полуфабрикаты

## Мелкий заполнитель.

- Мелким заполнителем для бетона является естественный кварцевый песок или полевошпатовый, а также искусственный из твердых дробленых каменных пород соответствующий требованиям **ГОСТ 8736-2014**. Песок имеет объемную массу  $1,55 \text{ г/см}^3$ . По гранулометрическому составу и количеству зерновой состав песка должен соответствовать следующим требованиям: полный остаток на контрольных ситах в процентах по массе:  $5,0 - 0\%$ ;  $2,5 - 20\%$ ;  $1,25 - 15...45\%$ ;  $0,63 - 35...70\%$ ;  $0,315 - 70...90\%$ ;  $0,14 - 80...100\%$ .
- Проход через сито № 014 –  $10...0\%$ . Модуль крупности – 2,2. Истинная плотность  $2630 \text{ кг/м}^3$ .
- Наличие в песке зерен гравия и щебня размером более 10мм не допускается.
- Количество примесей ограничено **ГОСТ 8736-2014**. Содержание в песке зерен, проходящих через сито со сеткой «014 не должно превышать 10% по массе. При этом количество пылевидных частиц, илистых и глинистых частиц, определенных отмучиванием, не должно превышать 5% по массе. В песке не должно быть комков глины, суглинка и посторонних включений (**ГОСТ 8736-2014**).

# Сырье и полуфабрикаты

- **Крупный заполнитель.**
- В качестве крупного заполнителя используют гранитный щебень. Величина зерен крупного заполнителя не более 20мм. Должен удовлетворять требованиям **ГОСТ 8267-93, ГОСТ 8268-93, ГОСТ 8269.0-97** и **8269.1-97**.
- Щебень не должен содержать зерна игольчатой и пластинчатой формы более 15% по массе. Содержание зерен слабых пород не должно превышать 10% по массе. Количество глинистых и илистых частиц в щебне определяется отмучиванием, не должно превышать 1%
- Плотность щебня –  $1480\text{кг/м}^3$ , истинная плотность –  $2600\text{ кг/м}^3$ .
- Щебень поступает по железной дороге с дробильно-сортировочного завода



# Сырье и полуфабрикаты

## Арматура и закладные детали.

- Для изготовления арматурных каркасов и сеток применяется стержневая горячекатаная арматура сталь класса А-240 по **ГОСТ 10884-94**, стержневая горячекатаная сталь периодического профиля классов А-300, А-400, а также холоднотянутая арматурная проволока класса В-500.
- Контроль качества арматурных изделий должен выполняться по операционно с момента поступления арматуры на завод.
- Подъемные петли должны изготавливаться из гладкой горячекатаной арматурной стали А-240 марок ВСт3 СП2 и класса А-300 марки 10ГТ.
- В изделиях применяются сварные и штампованные закладные детали. Материал пластин для закладной детали – сталь марки ВСт3 КП2.
- Качество стали должно соответствовать требованиям **ГОСТ 380-2005**.
- Арматурные изделия должны соответствовать **ГОСТ 10922-2012**.

# Сырье и полуфабрикаты

## Вода.

- Вода для затворения принимается в соответствии с **ГОСТ 23732-2011**.

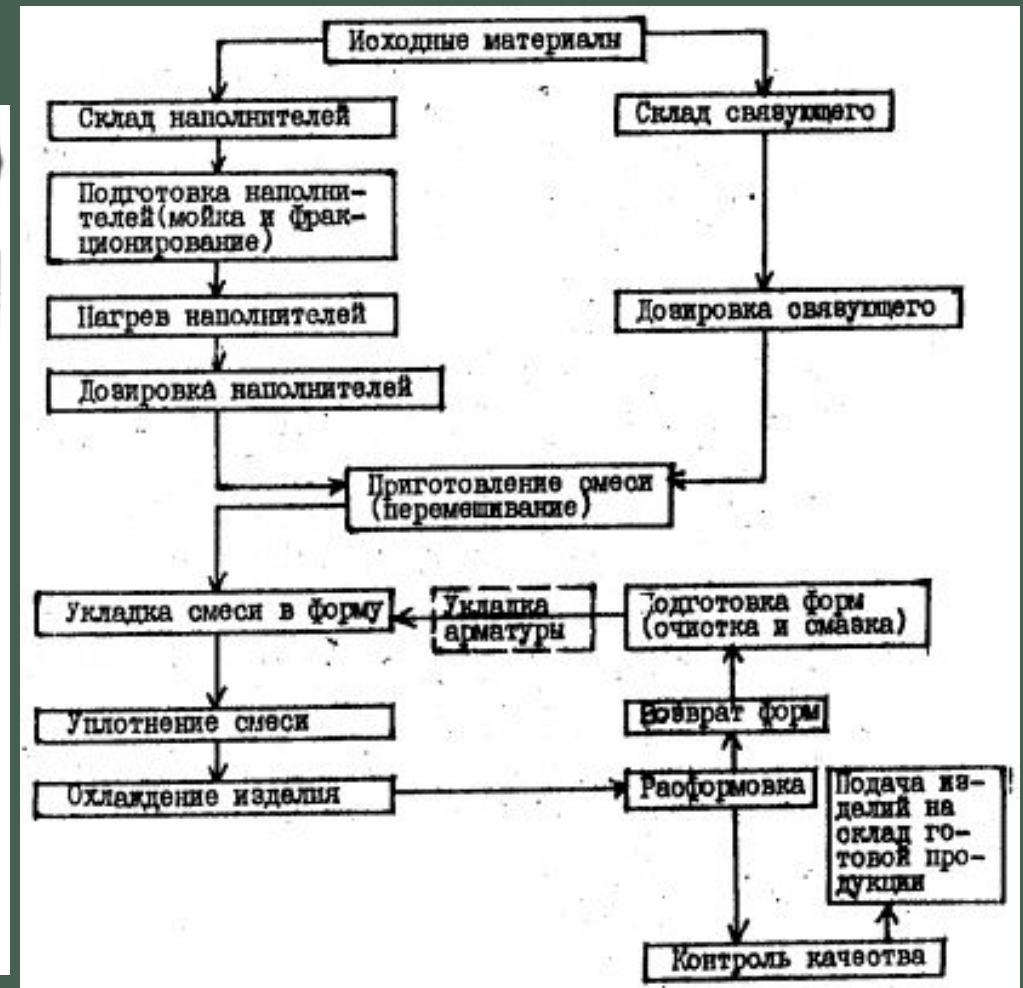
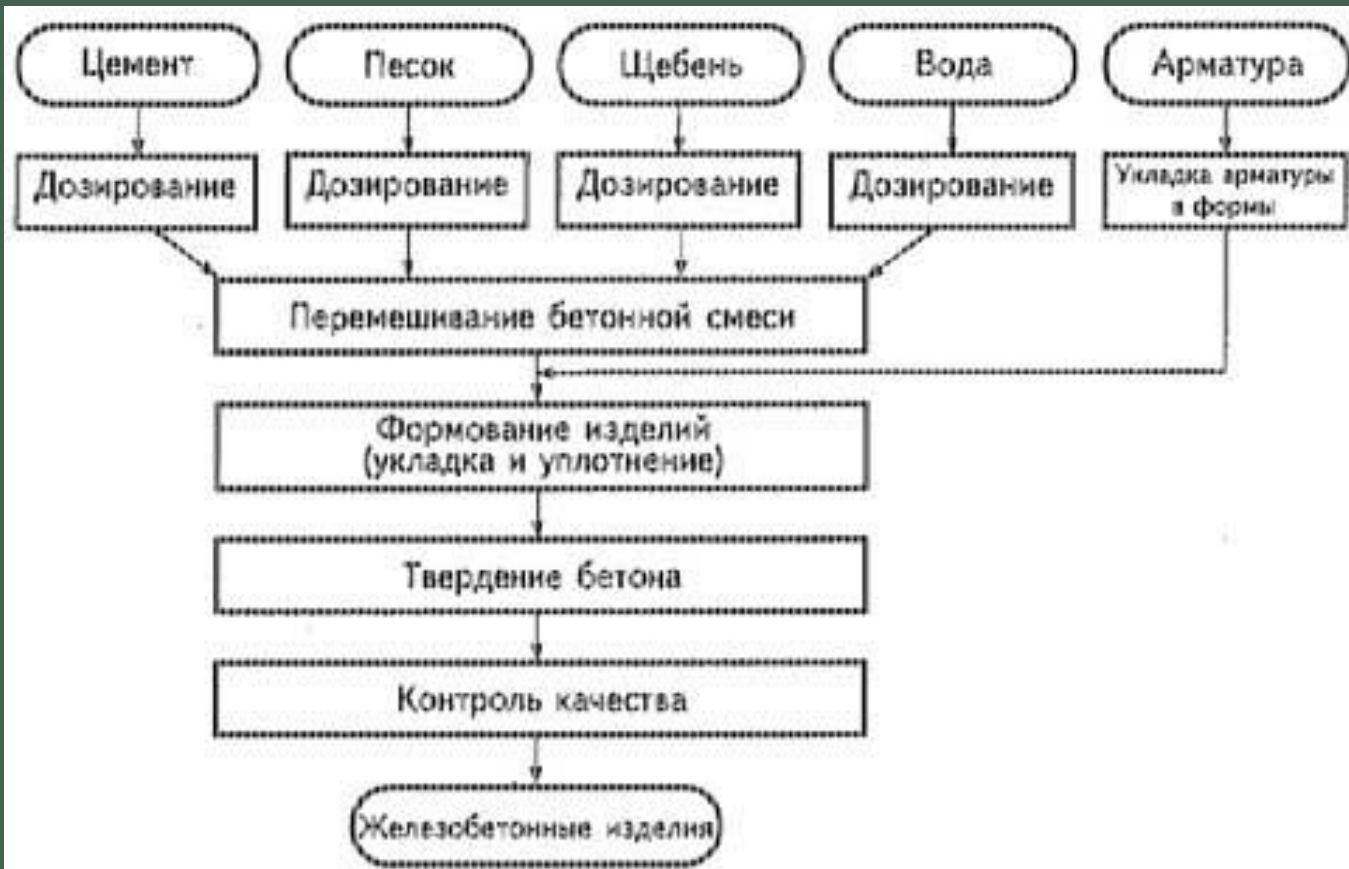
## Смазка для форм.

- Смазку на поверхность форм наносят распылителями, а в тех местах, где неудобно их использовать, применяют различные механизмы. В качестве смазки для форм используется смазка на основе пасты ОПЛ, которые соответствуют **ТУ 18-16-204-78**.
- В качестве смазки можно применять водоземulsionную смазку ОЭ-2, на основе эмульсии марки ЭКС. Смазку готовят в соответствии с **ГОСТ 6243-75**.

# Сырье и полуфабрикаты

- **Крупный заполнитель.**
- В качестве крупного заполнителя используют гранитный щебень. Величина зерен крупного заполнителя не более 20мм. Должен удовлетворять требованиям **ГОСТ 8267-93, ГОСТ 8268-93, ГОСТ 8269.0-97** и **8269.1-97**.
- Щебень не должен содержать зерна игловатой и пластинчатой формы более 15% по массе. Содержание зерен слабых пород не должно превышать 10% по массе. Количество глинистых и илистых частиц в щебне определяется отмучиванием, не должно превышать 1%
- Плотность щебня –  $1480\text{кг/м}^3$ , истинная плотность –  $2600\text{ кг/м}^3$ .
- Щебень поступает по железной дороге с дробильно-сортировочного завода

# Элементарные технологические схемы производства железобетона



# Проектирование состава тяжелого бетона

**Для проектирования состава бетона необходимо знать следующие данные:**

- - класс (марку) бетона, возраст его достижения и условия твердения, контролируемые промежуточные прочносты (отпускная, распалубочная, передаточная при изготовлении предварительно напряженных конструкций);
- - вид, назначение и условия эксплуатации конструкции;
- - удобоукладываемость бетонной смеси (подвижность или жесткость табл. 1), устанавливаемая в зависимости от технологии формования и вида конструкции (табл.2);
- - характеристики заполнителей (зерновой состав, наибольшая крупность, насыпные плотности в сухом и естественном состоянии, плотности в куске, влажность заполнителей);
- - дополнительные требования к качеству бетона (морозостойкость, водонепроницаемость и др.).

# Таблица 1. Классификация бетонных смесей по удобоукладываемости

Марка по удобоукладываемости	Жесткость, с	Подвижность (осадка конуса), см
Ж 4	31 и более	-
Ж3	21-30	-
Ж 2	11-20	-
Ж 1	5-10	—
П 1	1-4	4 и менее
П 2	-	5-9
П3	-	10-15
П 4	-	16-20
П 5	-	Более 20

## Таблица 2. Нормируемые требования к удобоукладываемости бетонной смеси в зависимости от способа уплотнения и вида конструкций

Вид конструкций	Способы формования							
	Объемное			Поверхностное			Контактное	
	Виброплощадки с частотой 50 Гц	Ударно-вибрационные площадки	Ударные виброплощадки	Вибропротяжные устройства, вибронасадки	Вибропресование	Поверхностные вибраторы	В кассетных установках	В виброформах
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Плоскостные: плиты перекрытий, внутренних стен.	П1, (Ж1, Ж2)	П1	П1, (Ж1)	П1, (Ж1, Ж2)	-	П2	П2, П3	-
аэродромные, дорожные плиты	Ж1, (Ж2)	Ж1		Ж1	—	П1		

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
панели наружных стен однослойные из легкого бетона, панели наружных стен трехслойные с применением тяжелого и мелкозернистого бетонов	Ж1, (Ж2)	Ж1	Ж1	П1	-	П3	-	-	-
Плиты ребристые и другие аналогичные элементы с ребрами глубиной не более 25 см, пролетом не более 12 м (плиты перекрытий, балконные шиты)	П1, (Ж1)	П1	П1	П1	-	П3	-	-	-
То же, с ребрами свыше 25 см	П1, (Ж1)	П3	П1	—	—	П3	—	-	—
То же. пролетом свыше 12 м	—	—	—	П1	—	П3	—	—	—
Плиты пустотелые (перекрытия, блоки вентиляционные)	Ж1	Ж2	-	-	-	-	-	-	-



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
То же, при высоте бетонирования свыше 80 см		П2-П4	П2	—	—	-	—	—	П2
Камень бортовой и тротуарная плита	—	-	—	-	Ж4 и выше	—	—	—	
Конструкции со значительным общими местным насыщением арматуры	П2	П2		П2					
Пространственные: панели-оболочки	—	—	—	П1	—	П2	—	П2	—
Скорлупы цилиндрические	Ж1	Ж1	Ж1	Ж1 (Ж2)	-	П1	-	-	-
Элементы резервуаров, силосов, колодцев, панелей сводов-оболочек, лотковые	П2	П2	-	-	-	-	-	-	-
Трубы	-	-	-	-	-	-	-	П2	П1П2
Трубчатые изделия (колонны, опоры ЛЭП, сваи)	-	-	-	-	-	-	-	П1, П2 (виброгидропрессование)	П2
То же, при высоте бетонирования свыше 80 см	П2-П4	П2	-	-	—	—	~~	~	П2
Шпалы	Ж3	Ж3	Ж3	-	-	-	-	-	-

# Расчет состава тяжелого бетона

## Выбор марки цемента

Выбирают рациональную марку цемента в зависимости от класса или марки бетона по прочности на сжатие.

Класс (марка) бетона	B12,5 (M150)	B15 (M200)	B20 (M250)	B22,5 (M300)	B25 (M350)	B30 (M400)	B35 (M450)	B40 (M550)	B45 (M600)
Марка цемента	400	400	400	400-500	400-500	400-500	500-600	500-600	400-600

- Вид цемента назначают с учетом условий работы конструкций. При нормальных условиях эксплуатации (внутри зданий или на открытом воздухе), где агрессивные воздействия исключены, рекомендуется применять портландцемент или портландцемент с минеральными добавками, а также шлакопортландцемент. При наличии агрессивных по отношению к бетону воздействий следует использовать специальные цементы: сульфатостойкий портландцемент, пуццолановый портландцемент, гидрофобный и др.
- Истинную плотность цемента можно принимать в пределах  $3,0-3,2 \text{ г/см}^3$ , насыпную плотность цемента можно принимать в пределах  $1,1-1,4 \text{ кг/дм}^3$ .

# Расчет состава тяжелого бетона

## Требования к заполнителям

- При выборе заполнителей необходимо проверить соответствие их зернового состава требованиям стандарта на выпускаемое изделие, определить качество заполнителя.
- Для бетонирования балок, колонн, рам, густоармированных штатных и других конструкций наибольший размер зерен не должен быть более  $3/4$  наименьшего расстояния в свету между стержнями арматуры и не более  $1/3$  наименьшего размера бетонируемой конструкции. Для плитных среднеармированных конструкций допускается применение щебня крупностью не более  $1/2$  наименьшей толщины плиты.

**Таблица 3.** Водопотребность песка в зависимости от модуля крупности

Модуль крупности $M_k$	Водопотребность $V_p$ , %
1,5	10
1,75	9
2	7
2,5	6
3	5
3,5	4

# Расчет состава тяжелого бетона

## Требования к заполнителям

- На заводах железобетонных конструкций используют крупный заполнитель только фракций 5-10, 10-20 и 20-40 мм.
- Для получения бетонной смеси обычно используют кварцевый песок. От крупности песка зависит его водопотребность в бетоне (табл. 3). Для промежуточных значений  $M_k$  водопотребность песка находится интерполяцией.
- Коэффициенты, учитывающие качество заполнителей, находят по табл. 4.

**Таблица 4.** Значения коэффициентов  $A$  и  $A_1$

Характеристика заполнителей	$A$	$A_1$
Высококачественные	0,65	0,43
Рядовые	0,60	0,40
Пониженного качества	0,55	0,37

# Расчет состава тяжелого бетона

## Определение водоцементного отношения

Из формул прочности бетона вычисляют цементно-водное (Ц/В) или водоцементное (В/Ц) отношение, необходимое для получения заданной прочности бетона. Формулы прочности бетона принимаются следующие:

$$\text{при } Ц/В < 2,5 \quad R_6 = A \cdot R_{ц} \left( \frac{Ц}{В} - 0,5 \right);$$

$$\text{при } Ц/В > 2,5 \quad R_6 = A_1 \cdot R_{ц} \left( \frac{Ц}{В} + 0,5 \right),$$

где  $R_6$  - заданная прочность бетона в возрасте 28 суток, МПа (или кгс/см<sup>2</sup>);

$R_{ц}$  - активность (марка) цемента, МПа (или кгс/см<sup>2</sup>);

$A$  и  $A_1$  — коэффициенты, учитывающие качество заполнителей, находят по табл. 4.

# Расчет состава тяжелого бетона

## Определение водоцементного отношения

**Высококачественные материалы:** щебень из плотных горных пород высокой прочности, песок оптимальной крупности, все заполнители оптимального зернового состава, чистые, фракционированные, портландцемент высокой активности.

**Рядовые материалы:** заполнители среднего качества, щебень или гравий, отвечающие требованиям стандартов, портландцемент средней активности или шлакопортландцемент.

**Материалы пониженного качества:** низкопрочный заполнитель, мелкий песок, цемент низкой активности.

Водоцементное отношение (В/Ц) равно:

для обычного бетона 
$$B/C = \frac{A \cdot R_{ц}}{R_{б} + 0,5A \cdot R_{ц}};$$

для высокопрочного бетона 
$$B/C = \frac{A \cdot R_{ц}}{R_{б} - 0,5A_1 \cdot R_{ц}}$$

При определении состава бетона для конструкций, работающих в нормальных условиях эксплуатации, принимают расчетное значение В/Ц, которое обеспечивает требуемую прочность бетона. В случаях, когда требуется обеспечить получение бетонов с повышенной плотностью, принимают значения В/Ц, предписанные стандартами или строительными нормами

**Таблица 5**

Вид бетона	<b>Максимально допустимые значения В/Ц для</b>						
	железобетонные и тонкостенные конструкции				массивные конструкции		
	F 100	F150, F200	F300	F75	F100, F150	F200	F300
<b>Гидротехнические, мостовые и дорожные сооружения (ГОСТ 26633-2012 (2015))</b>							
Подземный	0,65	—	—	0,60	-	-	-
Подводный	0,65	-	-	0,65	-	-	-
Переменного уровня воды и мостового полотна	-	0,5	0,45	--	0,55	0,55	-
<b>Дорожные и аэродромные покрытия</b>							
Однослойных и верхнего слоя двухслойных покрытий	-	-	0,45	—	-	-	-
Нижнего слоя двухслойных покрытий	-	-	0,6	-	-	-	-

Таблица 6

Марка по удобоукладываемост и	Расход воды на 1 м <sup>3</sup> бетона, кг, при наибольшей крупности в мм							
	гравия				щебня			
	10	20	40	70	10	20	40	70
<b>Ж4</b>	150	135	125	120	160	150	135	130
<b>Ж3</b>	160	145	130	125	170	160	145	140
<b>Ж2</b>	165	150	135	130	175	165	150	145
<b>Ж1</b>	175	160	145	140	185	175	160	155
<b>П1</b>	190	175	160	155	200	190	175	170
<b>П2</b>	200	185	170	165	210	200	185	180
<b>П3</b>	215	205	190	180	225	215	200	190
<b>П4</b>	225	220	205	195	235	230	215	205
<b>П5</b>	235	230	215	205	240	235	220	210

Табличные данные справедливы для бетона, изготовляемого на песке средней крупности с водопотребностью  $V_{и} = 7\%$  ( $M_k = 2$ ) и портландцементе с нормальной плотностью 26-28%. При изменении нормальной плотности цементного теста на каждый процент в меньшую сторону расход воды следует уменьшать на 3-5 л на 1 куб. м, а в большую – увеличивать на ту же величину.

При расходе цемента свыше 400 кг расход воды увеличивается на 1 кг на каждые 10 кг цемента сверх 400 кг.



# Расчет состава тяжелого бетона

## Определение расхода воды

Определяют расход воды (водопотребность бетонной смеси  $V$ ) в зависимости от требуемой удобоукладываемости, вида и крупности заполнителя.

Окончательный расход воды рассчитывают, вводя поправку на водопотребность песка:

$$V = V_{\text{табл}} + (V_{\text{п}} - 7) \cdot 5, \text{ кг},$$

где  $V_{\text{табл}}$  – расход воды, определяемый по табл. 6;

$V_{\text{п}}$  - водопотребность песка, определяемая по табл.3.

Формула учитывает изменение расхода воды при использовании песков с водопотребностью, отличающейся от 7 % (поправка на расход воды в бетонной смеси составляет 5 кг на каждый процент изменения водопотребности песка).

# Определение расхода цемента

Определив расход воды, и зная значение В/Ц, вычисляют расход цемента по формуле:

$$\text{Ц} = \frac{\text{В}}{\text{В/Ц}}$$

Если расход цемента на 1 м<sup>3</sup> бетона окажется меньше допускаемого по нормам (табл. 7), то следует увеличить его до требуемой нормы, сохранив прежнее В/Ц. Расход воды при этом пересчитывают, исходя из увеличенного расхода цемента.

**Таблица 7.** Минимально допустимый расход цемента

Условия работы конструкций	Минимально допустимый расход цемента, кг/м <sup>3</sup> , при уплотнении бетона	
	с вибрацией	без вибрации
Бетон, находящийся в соприкосновении с водой, подверженный частому замораживанию и оттаиванию	240	265
Бетон, не защищенный от атмосферных воздействий	220	250
Бетон, защищенный от атмосферных воздействий	200	220

# Корректировка состава бетона при использовании пластифицирующих добавок

Определение состава бетона с пластифицирующей добавкой производится в следующей последовательности:

- корректируют расход воды, найденный по таблице или графику:

$$B_1 = B \cdot k_1,$$

где  $B$  - расход воды, определенный при исходных данных задания (без добавки);

$k_1$  – коэффициент, учитывающий снижение водопотребности за счет применения пластификатора;

$k_1$  для обычных пластификаторов можно принимать равным 0,85—0,9.

Для суперпластификаторов  $k_1=0,75-0,85$ ;

- определяют расход цемента:

$$Ц = \frac{B_1}{B/Ц}$$

- по ниже приведенным формулам вычисляют расходы крупного и мелкого заполнителей;

- количество суперпластификатора равно 0,5- 0,7 % от массы цемента.

# Расчет расхода заполнителей

Расход заполнителей определяют по следующим формулам:

- крупный заполнитель

$$K = \frac{1000}{\alpha \frac{V_{\text{пуст.}}}{\rho_{\text{н.к.}}} + \frac{1}{\rho_{\text{к}}}}, \text{ кг};$$

- песок

$$П = \left[ 1000 - \left( \frac{Ц}{\rho_{\text{ц}}} + \frac{В}{\rho_{\text{в}}} + \frac{К}{\rho_{\text{к}}} \right) \right] \cdot \rho_{\text{п}}, \text{ кг},$$

где Ц, В, П, К – расходы цемента, воды, песка и крупного заполнителя, кг;

$\rho_{\text{ц}}, \rho_{\text{в}}, \rho_{\text{п}}, \rho_{\text{к}}$  – истинная плотность этих материалов, кг/дм<sup>3</sup>;

$\rho_{\text{н.к.}}$  – насыпная плотность крупного заполнителя, кг/дм<sup>3</sup>;

$V_{\text{пуст.}}$  – пустотность крупного заполнителя в насыпном состоянии в долях единицы объема, вычисляемая по формуле:

$$V_{\text{пуст.}} = 1 - \rho_{\text{н.к.}} / \rho_{\text{к}};$$

где  $\alpha$  – безразмерный коэффициент раздвижки зерен крупного заполнителя цементно-песчаным раствором.

# Расчет расхода заполнителей

Для жестких бетонных смесей, характеризующихся показателем жесткости, значения  $\alpha$  принимают равным 1,05-1,15, в среднем 1,1.

Для пластичных бетонных смесей, характеризующихся осадкой конуса, значения  $\alpha$  следует назначать с учетом водопотребности песка. Вначале определяют исходное значение коэффициента раздвижки  $\alpha$  (табл.1.9) в зависимости от абсолютного объема цементного теста  $V_{ц.т.}$ . Его значение вычисляют по формуле:

$$V_{ц.т.} = Ц/\rho_{ц} + В/\rho_{в}.$$

Затем находят  $\alpha$  из выражения

$$\alpha = \alpha + (7 - B_{п}) \cdot 0,03,$$

где  $B_{п}$  принимается по табл.3

# Расчет расхода заполнителей

- Значения  $a$  для пластичных бетонных смесей, изготовляемых с применением песка средней крупности ( $V_{п}=7\%$ )

Объем цементного теста, $V_{ц.т.}, \text{ дм}^3$	Коэффициент раздвижки, $a$
250	1,31
300	1,41
350	1,48
400	1,55

Для промежуточных значений  $V_{ц.т.}$  величина  $a$  находится интерполяцией.

Расходы цемента, воды, крупного и мелкого заполнителей записываются отдельно. При сложении их получают расчетную среднюю плотность бетонной смеси в  $\text{кг}/\text{м}^3$ :

$$\rho_{б.см.} = Ц + П + К + В$$

# Корректировка состава бетона с учетом влажности заполнителей

Выполненный расчет исходит из условия, что заполнители находятся в сухом состоянии. В действительности песок и крупный заполнитель всегда содержат некоторое количество воды, что необходимо учитывать при назначении рабочего состава бетона. В этом случае определяют влажность заполнителей и учитывают содержащуюся в них воду при дозировке компонентов (масса заполнителей будет немного больше, чем в лабораторном составе, а воды настолько же меньше):

➤ крупный заполнитель:  $K_p = K + K \cdot W_k / 100;$

➤ песок:  $P_p = P + P \cdot W_{п} / 100;$

➤ вода:  $V_p = V - (K \cdot W_k / 100 + P \cdot W_{п} / 100),$

где  $K_p, P_p, V_p$  - рабочие расходы крупного заполнителя, песка и воды с учетом фактической влажности заполнителей, кг;

$K, P, V$  - расходы крупного заполнителя, песка и воды без учета влажности заполнителей, кг;

$W_k, W_{п}$  — влажность крупного заполнителя и песка, %.

# Пример №1 исходных данных для расчета состава бетона. Изделие: 2УНТ 59-12

- Цемент:  $R_{ц}$  – активность цемента, = 400;
- Бетонная смесь:  $R_{б}$  – марка бетона, = 250; Класс бетона В20. Подвижность бетонной смеси принимается в зависимости от вида конструкции для пустотные плиты перекрытий  $OK = 1 \dots 4$  см,  $\alpha$  – коэффициент раздвижки зерен щебня раствором,  $\alpha = 1,36$
- Щебень: фр. 10-20мм. Масса воды, содержащейся в щебне при влажности 1%, Плотность щебня –  $1480 \text{ кг/м}^3$ , истинная плотность –  $2600 \text{ кг/м}^3$
- Песок: Модуль крупности – 2,2. Истинная плотность  $2630 \text{ кг/м}^3$ . Масса воды, содержащейся в песке при влажности 2%



## Пример №2 исходных данных для расчета состава бетона. Изделие: плиты ограждения

Тяжелый бетон: класс В 22,5 (М300); марка по удобоукладываемости смеси Ж1 (6-7 с).

Портландцемент: М 400;  $\rho_{\text{ц}} = 3100 \text{ кг/м}^3$  (3,1 кг/дм<sup>3</sup>);

Щебень гранитный: фракции Ø 5-10 и 10-20 мм;  $W_{\text{в}} = 1,3\%$ .

- истинная плотность щебня  $\rho_{\text{к}} = 2670 \text{ кг/м}^3$  (2,67 кг/дм<sup>3</sup>);
- насыпная плотность щебня  $\rho_{\text{н.к.}} = 1150 \text{ кг/м}^3$  (1,15 кг/дм<sup>3</sup>);

Речной песок:  $M_{\text{к}} = 1,92$ ;

- истинная плотность песка  $\rho_{\text{п}} = 2380 \text{ кг/м}^3$  (2,38 кг/дм<sup>3</sup>);  $W_{\text{в}} = 5\%$ .

Суперпластификатор С-3 – 0,7% от массы цемента.