

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов  
и строительной керамики»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**для выполнения лабораторной работы №2**  
**по дисциплине**  
**«Технология монолитных бетонов**  
**в строительстве»**  
**Выбор добавок для самоуплотняющегося бетона**

Автор  
Касторных Л.И.



Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Методические указания регламентируют правила выполнения и оформления лабораторной работы №2 по дисциплине «Технология монолитных бетонов в строительстве», выполняемой обучающимися по направлению 08.03.01 «Строительство» профиль бакалавриата «Промышленное и гражданское строительство».

Содержат правила выполнения технологических расчетов, образцы оформления результатов испытаний как в лаборатории, так и в условиях реального производства.

## Автор



доцент, канд. техн. наук,  
доцент кафедры  
«Технология вяжущих  
веществ, бетонов и  
строительной керамики»  
Касторных Любовь Ивановна



## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Аналитический обзор .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Материалы для приготовления бетона .....</b>	<b>5</b>
<b>3 Методика исследований .....</b>	<b>8</b>
<b>4 Эффективность пластифицирующего действия добавок .....</b>	<b>12</b>
<b>Выводы по работе .....</b>	<b>13</b>
<b>Нормативные документы .....</b>	<b>14</b>
<b>Приложение А .....</b>	<b>15</b>
<b>Вопросы для подготовки к зачету .....</b>	<b>16</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Современные монолитные бетоны должны обладать высокими эксплуатационными свойствами: прочностью, водонепроницаемостью, морозостойкостью, низкой проницаемостью и коррозионной стойкостью. Такие бетоны отличаются многокомпонентностью состава, в них используются комплексы химических добавок, наполнители, армирующие волокна и другие материалы.

Одним из направлений получения высококачественных бетонов является использование комплексных химических добавок. Некоторые виды бетонов вообще не могут быть получены без специальных добавок. Поэтому для решения ряда технологических задач целесообразно использовать многокомпонентные добавки, регулирующие как свойства смесей, так и качество бетона. Применение специальных органических и минеральных добавок позволяет «конструировать» свойства бетона в самых широких диапазонах.

Изучение бетонов, а именно составляющих его сырьевых материалов и добавок, занимает одно из главных мест в производстве бетонных смесей. Нанотехнология - наука, без которой здесь обойтись невозможно. Она изучает взаимодействие чрезвычайно малых объектов, измеряемых нанометрами. Нанометр (нм) - миллионная доля миллиметра, величина, сопоставимая с размерами молекул и полимерных цепочек. За последнее время в этой области было сделано множество открытий, позволяющих регулировать структуру и свойства бетонных смесей. Сегодня можно управлять химическими и физическими свойствами полимеров, их взаимодействием с цементом посредством удлинения цепочки, а также длиной и плотностью боковых цепей, электрическим зарядом и свободными радикальными группами.

## 1 Аналитический обзор

Последним достижением науки о бетонах стала возможность получения самоуплотняющихся бетонов. Самоуплотняющийся бетон (СУБ) представляет собой материал, который способен уплотняться под действием собственного веса, полностью заполняя форму даже в густоармированных конструкциях. Он находит все более широкое применение. Перспективным является его использование для производства сборного железобетона, устройства монолитных высокопрочных бесшовных полов, торкретбетонирования, реставрации и усиления конструкций. Главным преимуществом применения таких бетонов является отказ от виброуплотнения при изготовлении железобетонных изделий и конструкций, что значительно снижает энергозатраты, экономит время и улучшает условия труда бетонщиков.

**Цель работы** – оценить влияние суперпластификаторов и минеральных добавок на основные свойства самоуплотняющегося бетона и определить оптимальную дозировку добавок при условии получения равнопрочных бетонов.

## 2 Материалы для приготовления бетона

В исследованиях использованы следующие материалы.

**Вяжущее** – цементы общестроительные, изготавливаемые на основе портландцементного клинкера, соответствующие ГОСТ 10178 (ГОСТ 30515, ГОСТ 31108) [1, 2, 3]. Основные характеристики и минералогический состав цементов приведены в таблицах 1, 2 соответственно.

Таблица 1 – Основные характеристики цемента

Показатели, единица измерения	Завод-изготовитель		
	.....	.....	.....
Марка (класс)			
Активность $R_{ц}$ , МПа			
Истинная плотность $\rho_{ц}$ , г/см <sup>3</sup>			
Насыпная плотность $\rho_{нц}$ , кг/м <sup>3</sup>			
Нормальная густота цементного теста $HГ_{цт}$ , %			
Удельная поверхность $S_{уд}$ , см <sup>2</sup> /г			
Коэффициент эффективности при тепловой обработке $K_{л}$			

Таблица 2 – Минералогический состав цемента

Марка (класс)	Минералогический состав, %			
	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$

**Минеральный наполнитель** – зола-уноса Новочеркасской ГРЭС. Оптимальная дозировка добавки составляет 10 – 15 % массы цемента. По коэффициенту основности ( $K_{осн} = - 0,07$ ) относится к ультракислым материалам. Химический состав:  $SiO_2$  – 50,4 %,  $Al_2O_3$  – 20,2 %,  $Fe_2O_3$  – 9,3 %,  $CaO$  – 6,7 %.

#### Мелкие заполнители:

– песок кварцевый карьера .....,  
соответствующий требованиям ГОСТ 8736 [4]:

истинная плотность  $\rho_{п} = \dots\dots\dots$ ;

насыпная плотность  $\rho_{нп} = \dots\dots\dots$ ;

модуль крупности  $M_k = \dots\dots\dots$ ;

пустотность  $V_{пп} = \dots\dots\dots$ ;

– песок керамзитовый, дробленый из керамзитового гравия:

насыпная плотность  $\rho_{нп} = \dots\dots\dots$ ;

модуль крупности  $M_k = \dots\dots\dots$ .

**Крупные заполнители:**

– щебень из гранита карьера ..... ,  
соответствующий требованиям ГОСТ 8267 [5]:

прочность – .....

истинная плотность  $\rho_{щ}$  = .....

насыпная плотность  $\rho_{нщ}$  = .....

наибольшая крупность  $НК$  = .....

пустотность  $V_{пщ}$  = .....

содержание игольчатых и лещадных зерен – .....

– щебень из гравия дробильно-сортировочного завода ..... ,  
соответствующий требованиям ГОСТ 8267 [5]:

прочность – .....

истинная плотность  $\rho_{щ}$  = .....

насыпная плотность  $\rho_{нщ}$  = .....

наибольшая крупность  $НК$  = .....

пустотность  $V_{пщ}$  = .....

количество дробленных зерен – .....

**Добавки:**

– суперпластификатор .....  
производства компании .....

Добавка представляет собой .....

Оптимальная дозировка – ..... % массы вяжущего;

– стабилизатор .....  
производства компании .....

Добавка представляет собой .....

Оптимальная дозировка – ..... % массы вяжущего;

**Вода** – водопроводная чистая без вредных примесей, соответствующая требованиям ГОСТ 23732 [6].

### 3 Методика исследований

В зависимости от показателя удобоукладываемости бетонные смеси по ГОСТ 7473 [7] подразделяют на группы: жесткие, подвижные и растекающиеся. Группы подразделяют на марки по удобоукладываемости и растекаемости (Приложение А).

Растекаемость самоуплотняющихся смесей определена по диаметру расплыва бетонной смеси ( $D_p$ ) по методике EN 12350.5-2000 (рисунок 1).

Очищенный и увлажненный конус в перевернутом виде устанавливается на гладкий лист и заполняется бетонной смесью. Избыток бетонной смеси срезается кельмой вровень с верхними краями конуса и поверхность смеси заглаживается. Конус во время заполнения должен быть плотно прижат к листу. Съём конуса производится плавно строго в вертикальном направлении. Расплав конуса бетонной смеси определяется измерением диаметра расплывшейся лепешки металлической линейкой в двух взаимно перпендикулярных направлениях.

Диаметр расплыва бетонной смеси вычисляют с округлением до 1,0 см, как среднеарифметическое значение результатов двух определений из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 3,0 см. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе.

Определение средней плотности бетонной смеси  $\rho_{cp}$  проводится по методике ГОСТ 10181 [8]. Изготовление, хранение и испытание образцов кубов с ребром 10 см – по методике ГОСТ 10180 [9].

Оценка пластифицирующего эффекта и ускоряющего действия добавок выполняется по методике ГОСТ 30459 [10] в соответствии с требованиями ГОСТ 24211 [11] и СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 [12].

Расход цемента  $C$  и воды  $B$  для бетонных смесей назначается, исходя из требований получения смеси определенной растекаемости и бетона определенной прочности по справочным данным.

## Выбор добавок для самоуплотняющегося бетона

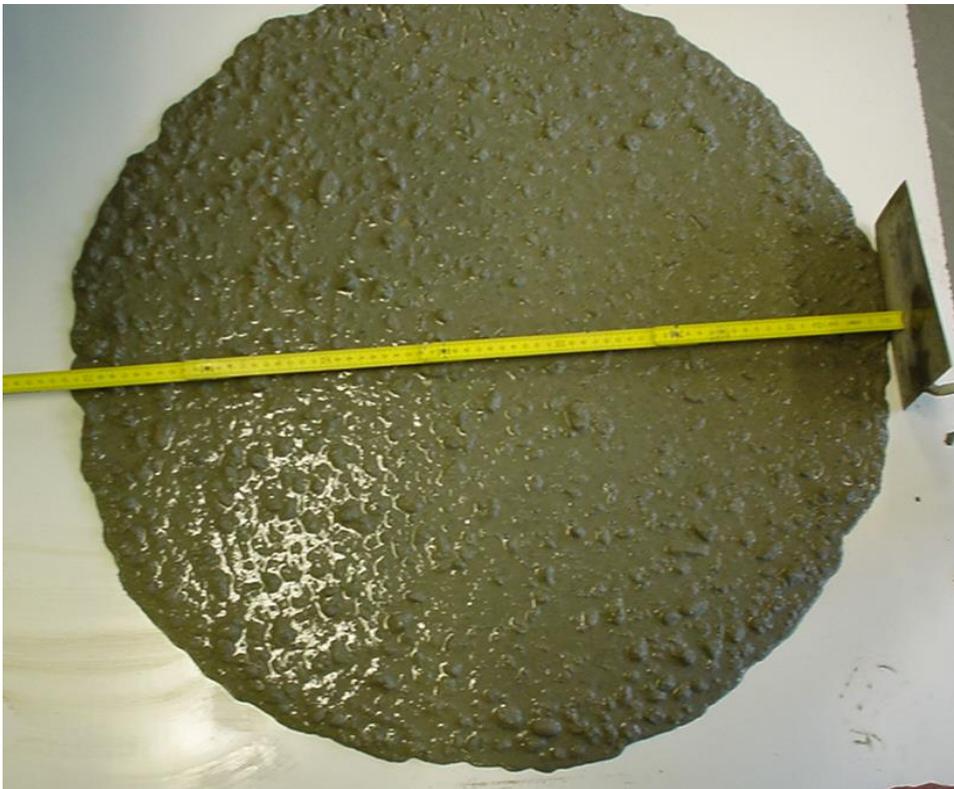
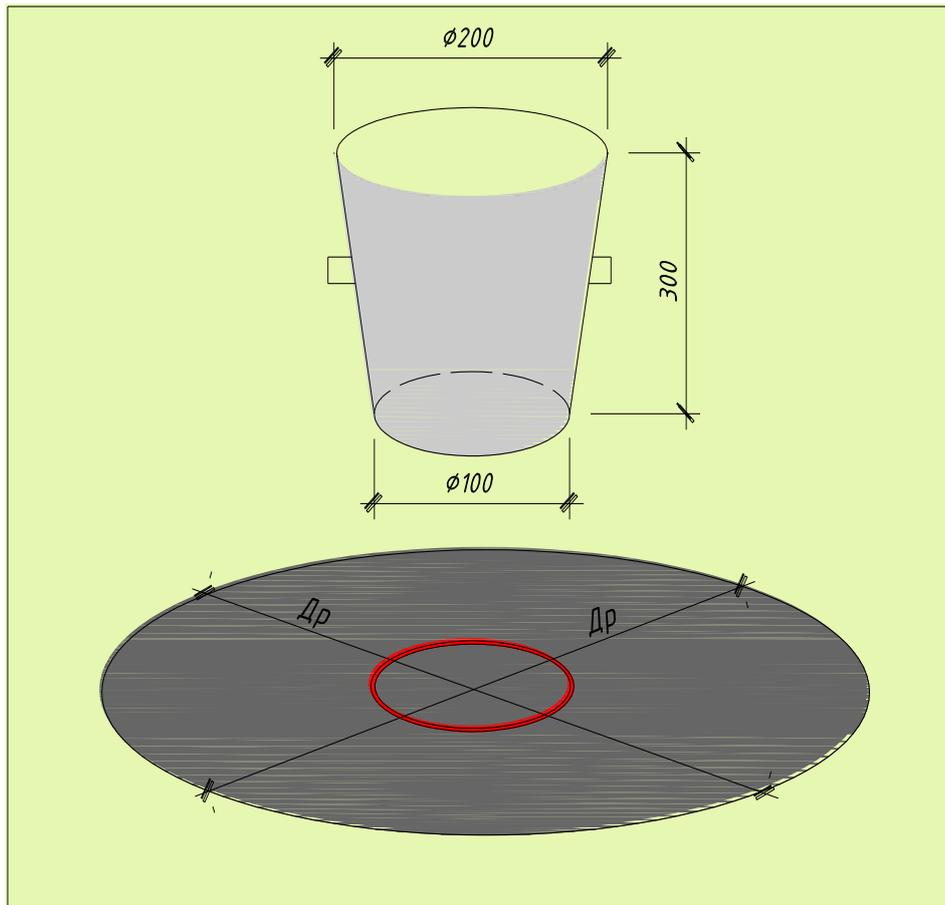


Рисунок 1 – Определение диаметра расплыва бетонной смеси

**Выбор добавок для самоуплотняющегося бетона**

Расчет количества заполнителей, кг/м<sup>3</sup>, выполняется по методу абсолютных объемов:

$$\text{Щ} = 1000 / [(V_{\text{пщ}} \cdot \alpha / \rho_{\text{нщ}}) + (1 / \rho_{\text{щ}})], \quad (1)$$

$$\text{П} = (1000 - \text{Ц} / \rho_{\text{ц}} - \text{В} - \text{Щ} / \rho_{\text{щ}}) \cdot \rho_{\text{п}}. \quad (2)$$

Плотность бетонной смеси теоретическая, кг/м<sup>3</sup>, определяется из условия:

$$\rho_{\text{см}} = \text{Ц} + \text{В} + \text{Щ} + \text{П} + \text{Д}. \quad (3)$$

Расчет количества материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона приводится в табличной форме (таблица 3).

Таблица 3 – Расчет количества материалов

Со- став	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> смеси, кг					Плотность смеси теоретическая $\rho_{\text{см}}$ , кг/м <sup>3</sup>
	цемент	вода	щебень	песок	добавка	
1						
2						
3						
4						

После приготовления и определения фактической плотности бетонных смесей  $\rho_{\text{см}}^{\phi}$  рассчитан фактический расход материалов, кг/м<sup>3</sup>:

$$\text{Ц} = \frac{\rho_{\text{см}}^{\phi}}{\text{Ц}' + \text{В}' + \text{П}' + \text{Щ}' + \text{Д}'} \cdot \text{Ц}', \quad (4)$$

$$\text{В} = \frac{\rho_{\text{см}}^{\phi}}{\text{Ц}' + \text{В}' + \text{П}' + \text{Щ}' + \text{Д}'} \cdot \text{В}', \quad (5)$$

$$\text{П} = \frac{\rho_{\text{см}}^{\phi}}{\text{Ц}' + \text{В}' + \text{П}' + \text{Щ}' + \text{Д}'} \cdot \text{П}', \quad (6)$$

$$\text{Щ} = \frac{\rho_{\text{см}}^{\phi}}{\text{Ц}' + \text{В}' + \text{П}' + \text{Щ}' + \text{Д}'} \cdot \text{Щ}', \quad (7)$$

$$\text{Д} = \frac{\rho_{\text{см}}^{\phi}}{\text{Ц}' + \text{В}' + \text{П}' + \text{Щ}' + \text{Д}'} \cdot \text{Д}', \quad (8)$$

Результаты выполненных расчетов и проведенных испытаний бетонных смесей и бетонов представлены в сводной ведомости (таблица 4)





На основании экспериментальных данных построены графики набора прочности бетона (рисунок 2).

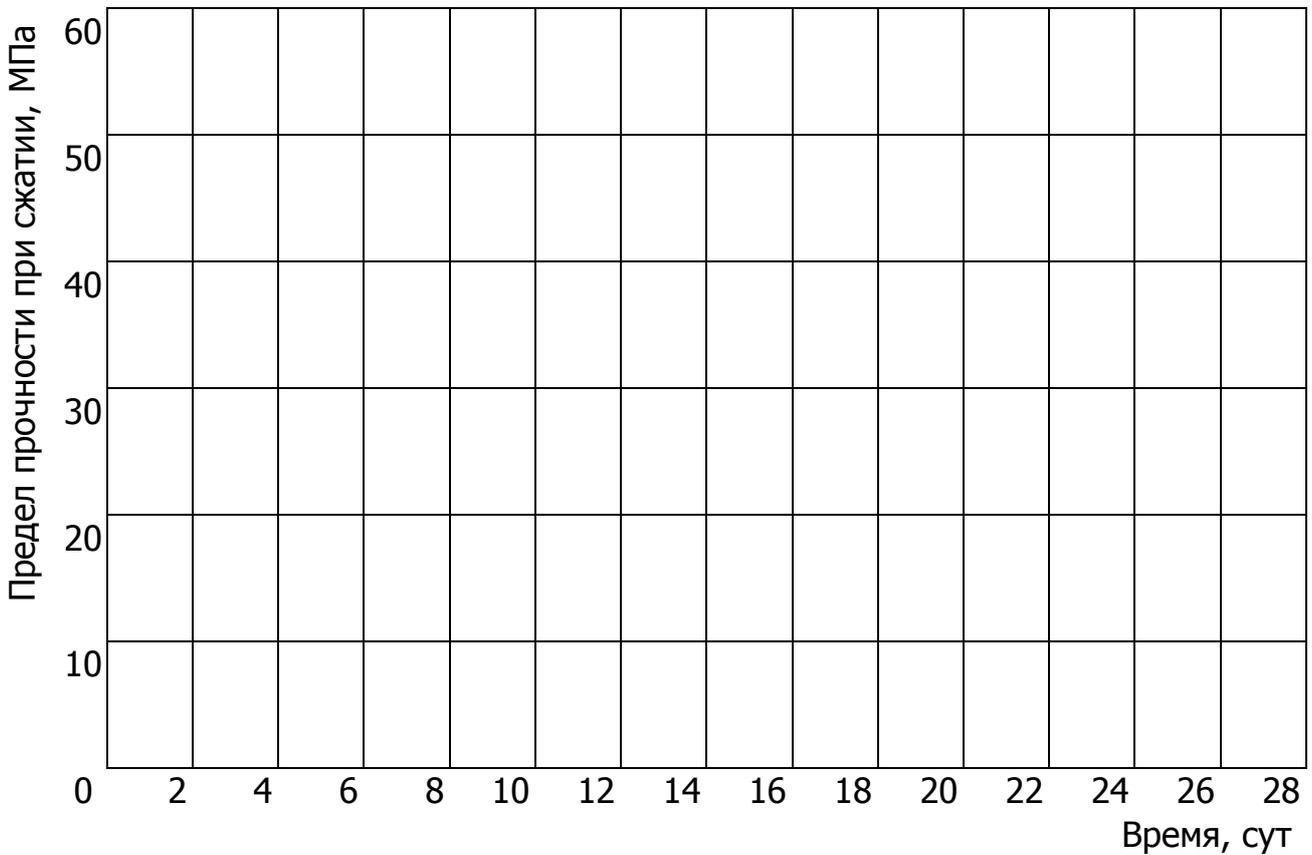


Рисунок 2 – График набора прочности бетона исследованных составов

### **Выводы по работе**

Выполненные исследования показывают, что для приготовления самоуплотняющихся бетонных смесей рациональными добавками являются:

- 1 ..... в количестве .....
- 2 ..... в количестве .....

## Нормативные документы

- 1 ГОСТ 10178-75 Цемент и шлакопортландцемент. Технические условия.
- 2 ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия.
- 3 ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.
- 4 ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.
- 5 ГОСТ 8267-93 Щебень и гравий из плотных горных пород для строительных работ. Технические условия.
- 6 ГОСТ 23732-2011 Вода для бетонов и растворов. Технические условия.
- 7 ГОСТ 7473-2010 Смеси бетонные. Технические условия.
- 8 ГОСТ 10181-2014 Смеси бетонные. Методы испытаний.
- 9 ГОСТ 10180-2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам.
- 10 ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.
- 11 ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.
- 12 СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

### Ориентировочный расход воды на 1 м<sup>3</sup> бетонной смеси на плотных заполнителях при температуре смеси 20 °С

Марка смеси	Показатели		Расход воды, л/м <sup>3</sup> , при крупности заполнителя, мм							
	жесткость, с	подвижность, см	гравия				щебня			
			10	20	40	70	10	20	40	70
Ж4	31 и >	-	150	135	125	120	160	150	135	130
Ж3	21...30	-	160	145	130	125	170	160	145	140
Ж2	11...20	-	165	150	135	130	175	165	155	150
Ж1	5...10	-	175	160	145	140	185	175	160	155
П1	1...4	4 и <	190	175	160	155	200	190	175	170
П2	-	5...9	200	185	170	165	210	200	185	180
П3	-	10...15	215	205	190	180	225	215	200	190
П4	-	16 и >	225	220	205	195	235	230	215	205

Примечания. 1. Данные для смесей на портландцементе с нормальной плотностью цементного теста 26...28 % и песке с модулем крупности  $M_k = 2,0$ .

2. При изменении нормальной плотности теста на каждый процент в меньшую сторону расход воды следует уменьшать на 3...5 л/м<sup>3</sup>, а в большую – увеличивать на то же значение.

3. При изменении модуля крупности песка в меньшую сторону на каждые 0,5 его значения необходимо увеличивать, а в большую сторону – уменьшать расход воды на 3...5 л/м<sup>3</sup>.

## Вопросы для подготовки к зачету

1. Определение бетона и бетонной смеси.
2. Классификация бетонов.
3. Основные показатели назначения бетонов.
4. Понятие о нормативном и расчетном сопротивлении бетона.
5. Класс бетона по прочности. Коэффициент вариации прочности бетона.
6. Правила контроля и оценки прочности бетона
7. Расчет состава тяжелого бетона общестроительного назначения.
8. Основной закон прочности бетона.
9. Влияние температуры и влажности на формирование прочности бетона.
10. Материалы для бетона: цемент, заполнители, добавки.
11. Виды бетонных смесей. Условное обозначение бетонной смеси
12. Удобоукладываемость бетонной смеси.
13. Сохраняемость бетонной смеси.
14. Перекачиваемость бетонной смеси.
15. Расслаиваемость бетонной смеси.
16. Структурообразование бетона. Формирование прочности бетона
17. Развитие собственных деформаций бетона.
18. Пористость. Формирование пористости.
19. Роль пористости в формировании свойств бетона.
20. Начальный модуль упругости бетона.
21. Ползучесть бетона. Мера. Характеристика.
22. Виды усадки бетона. Контракционная и карбонизационная усадка
23. Набухание бетона. Температурные деформации бетона
24. Морозостойкость и водонепроницаемость бетона.
25. Влияние рецептурно-технологических факторов на морозостойкость и водонепроницаемость бетона.
26. Основные положения по расчету состава морозостойкого и водонепроницаемого бетона.
27. Виды и свойства бетонных смесей.
28. Структура технологического процесса приготовления смесей.
29. Прием, хранение и подготовка материалов.
30. Транспортирование бетонных смесей.
31. Контроль качества материалов и готовых бетонных смесей.
32. Оценка эффективности добавок для самоуплотняющихся бетонных смесей.
33. Характеристика арматурных сталей. Виды арматурных изделий.
34. Контроль качества арматурных элементов
35. Обеспечение проектной толщины защитного слоя бетона в конструкции
36. Классификация и индексация опалубки для бетонных работ.
37. Контроль качества опалубочных работ
38. Виды смазок для опалубки. Требования к смазке.

39. Способы приготовления и нанесения смазки для опалубки.
40. Укладка и распределение бетонной смеси.
41. Внутреннее виброуплотнение смесей.
42. Наружная вибрация бетонной смеси.
43. Безвибрационная технология бетонирования.
44. Уход за твердеющим бетоном в зимних условиях и в жаркую сухую погоду.
45. Критическая прочность бетона.
46. Регулирование температурного режима твердения.