



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов  
и строительной керамики»

## **Практикум**

по выполнению лабораторной работы №1  
«Исследование влияния добавок на свойства  
бетонных смесей и бетона»  
по дисциплине

# **«Технология бетонов и растворов»**

Автор  
Касторных Л. И.

Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Методические указания регламентируют правила выполнения и оформления лабораторной работы №1 по дисциплине «Технология бетонов и растворов», выполняемой обучающимися по направлению 27.03.01 «Стандартизация и метрология» профиль бакалавриата «Метрология, стандартизация и сертификация в строительстве».

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

## Автор



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

Касторных Любовь Ивановна



## Оглавление

Введение .....	4
1 Аналитический обзор .....	5
2 Материалы для приготовления бетонных смесей .....	6
3 Методика исследований .....	8
4 Влияние добавок на свойства бетонных смесей и бетона .....	9
Выводы по работе .....	11
Нормативные документы .....	12
Приложение А .....	13

## ВВЕДЕНИЕ

Бетон третьего тысячелетия – это модифицированный бетон. Основными модификаторами бетонов и растворов служат химические и минеральные добавки различной природы. Использование добавок определенного качества и в оптимальном количестве позволяет сознательно управлять процессами структурообразования и создавать высокофункциональные бетоны. Такие искусственные композиты обладают высокой прочностью (более 100 МПа), морозостойкостью (F<sub>1400</sub> и выше), водонепроницаемостью (W<sub>12</sub> и выше), высокой био- и химической стойкостью. Японские исследователи прогнозируют, что срок службы бетонов «нового поколения» – около 500 лет.

Создание высококачественных бетонов и растворов требует высокой культуры производства, как на стадии приготовления бетонных смесей, так и в процессе строительства объектов. Инновационная технология бетона и железобетона требует нового мышления, поэтому при возведении уникальных сооружений и ответственных конструкций необходимо научное сопровождение.

## 1 Аналитический обзор

Исследованиями и поиском новых видов эффективных добавок занимаются десятки научно-исследовательских институтов во всех странах. Как показала строительная практика использование добавок позволяет получать ощутимый технико-экономический эффект и повышать долговечность бетонных и железобетонных конструкций и инженерных сооружений возводимых как из сборного, так и монолитного бетона. Вводимые в небольших количествах – десятых и сотых долях процента от массы цемента – они существенно влияют на химические процессы твердения цемента и бетона, обеспечивая повышение его технологических и улучшение комплекса физико-механических свойств.

Все добавки (природные или искусственные химические продукты) классифицируются по механизму их действия и разделяются на четыре класса:

1-й – органические поверхностно-активные вещества (ПАВ), способные к адсорбции на поверхности твердой фазы;

2-й – добавки, изменяющие растворимость минеральных вяжущих материалов и не вступающие с ними в химические реакции;

3-й – добавки, реагирующие с вяжущими с образованием трудно-растворимых или малодиссоциированных комплексных соединений;

4-й – добавки – готовые центры кристаллизации ("затравки").

**Цель работы** – исследовать влияние химических добавок на основные свойства бетонных смесей и бетона.

## 2 Материалы для приготовления бетонных смесей

В исследованиях использованы следующие материалы.

**Вяжущее** – цемент общестроительный, изготавливаемый на основе портландцементного клинкера, соответствующий ГОСТ 10178 (ГОСТ 30515, ГОСТ 31108).

Основные характеристики цемента приводятся в таблице 1, а минералогический состав – в таблице 2.

Таблица 1 – Основные характеристики цемента

Показатели, единица измерения	Завод-изготовитель	
Марка (класс)		
Прочность на сжатие в возрасте 28 сут., МПа		
Истинная плотность $\rho_{ц}$ , г/см <sup>3</sup>		
Насыпная плотность $\rho_{нц}$ , кг/м <sup>3</sup>		
Нормальная густота цементного теста <b>НГ<sub>цт</sub></b> , %		
Удельная поверхность <b>S<sub>уд</sub></b> , см <sup>2</sup> /г		
Сроки схватывания, час-мин: начало / конец		
Минеральная добавка, %		
Коэффициент эффективности при тепловой обработке <b>K<sub>т</sub></b>		

Таблица 2 – Минералогический состав цемента

Марка (класс)	Минералогический состав, %						
	<i>C<sub>3</sub>S</i>	<i>C<sub>2</sub>S</i>	<i>C<sub>3</sub>A</i>	<i>C<sub>4</sub>AF</i>	<i>SO<sub>3</sub></i>	<i>MgO</i>	<i>R<sub>2</sub>O</i>

**Минеральный наполнитель** – зола-уноса Новочеркасской ГРЭС, химический состав которой приведен в таблице 3.

Таблица 3 – Характеристика золы-уноса Новочеркасской ГРЭС

Химический состав, %										Месторождение топлива
<i>SiO<sub>2</sub></i>	<i>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></i>	<i>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> + FeO</i>	<i>CaO</i>	<i>CaO<sub>св</sub></i>	<i>MgO</i>	<i>SO<sub>3</sub></i>	<i>K<sub>2</sub>O</i>	<i>Na<sub>2</sub>O</i>	<i>п.п.п</i>	
50,4	18,5	9,8	4,7	-	1,2	1,1	3,6	3,4	7,35	Восточный Донбасс

**Мелкий заполнитель:**

– песок кварцевый карьера .....,

соответствующий требованиям ГОСТ 8736:

истинная плотность  $\rho_p =$  .....

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

модуль крупности  $M_k =$  .....

пустотность  $V_{пп} = (1 - \rho_{нп}/\rho_p) \cdot 100 =$  .....

**Крупный заполнитель:**

– щебень ..... дробильно-сортировочного завода

....., соответствующий требованиям ГОСТ 8267:

марка по дробимости (прочность) – .....

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

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

наибольшая крупность  $HK =$  .....

пустотность  $V_{пщ} = (1 - \rho_{нщ}/\rho_{щ}) \cdot 100 =$  .....

количество дробленных зерен – .....

**Добавки:**

– суперпластификатор .....

производства компании .....

Добавка представляет собой .....

.....

Оптимальная дозировка добавки – ..... % массы вяжущего.

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

### 3 Методика исследований

Определение удобоукладываемости (осадки бетонного конуса ОК) и средней плотности бетонной смеси  $\rho_{cp}$  проводится по методике ГОСТ 10181. Изготовление, хранение и испытание образцов-кубов с номинальным размером ребра 10 см – по методике ГОСТ 10180.

Оценка эффективности химических добавок выполняется по методике ГОСТ 30459 в соответствии с требованиями ГОСТ 24211.

Расчет количества материалов на 1 м<sup>3</sup> бетона для получения смеси требуемой удобоукладываемости приводится в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет количества материалов для бетонных смесей

Состав	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> смеси, кг						Плотность смеси теоретическая $\rho_{см}$ , кг/м <sup>3</sup>
	<i>Ц</i>	<i>Н</i>	<i>В</i>	<i>П</i>	<i>Щ</i>	<i>Д</i>	
1							
2							
3							
4							

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

$$Ц = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + В' + П' + Щ' + Д'} \cdot Ц', \quad (1)$$

$$В = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + В' + П' + Щ' + Д'} \cdot В', \quad (2)$$

$$П = \frac{\rho_{см}^{\phi}}{Ц' + В' + П' + Щ' + Д'} \cdot П', \quad (3)$$

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

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

#### 4 Влияние добавок на свойства бетонных смесей и бетона

Контроль прочности образцов-кубов выполнен в возрасте 1 и 28 суток. Результаты испытаний контрольных образцов-кубов бетона исследованных составов приведены в таблице 5.

Таблица 5 – Прочность при сжатии контрольных образцов-кубов

Дата испытания	Маркировка	Размеры, мм			Масса, кг	Плотность, кг/м <sup>3</sup>		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности при сжатии, МПа	
		a	b	h		образца	средняя		образца с учетом масшт. коэфф.	средний
	-1									
	-2									
	-3									
	-4									
	-5									
	-6									
	-1									
	-2									
	-3									
	-4									
	-5									
	-6									
	-1									
	-2									
	-3									
	-4									
	-5									
	-6									
	-1									
	-2									
	-3									
	-4									
	-5									
	-6									

Результаты выполненных расчетов и проведенных испытаний бетонных смесей и бетонов представлены в сводной ведомости (таблица 6).



На основании экспериментальных данных влияние добавок на изменение прочности бетона представлено в графической форме (рисунок 1).

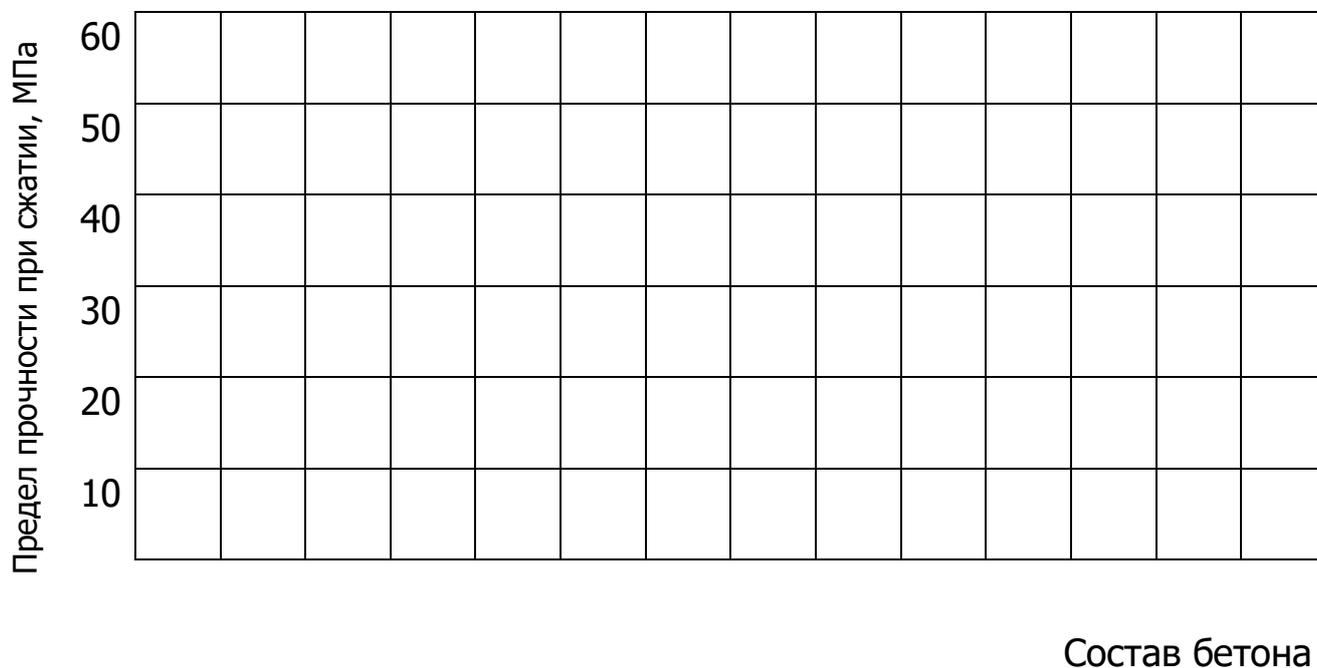


Рисунок 1 – Изменение прочности бетона исследованных составов

### Выводы по работе

Выполненные исследования показывают, что для обеспечения требуемой удобоукладываемости бетонных смесей и получения бетона требуемой прочности рациональными добавками являются:

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

## Нормативные документы

- 1 ГОСТ 10178-85 Портландцемент 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 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.
- 11 ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

## ПРИЛОЖЕНИЕ А

В зависимости от показателя удобоукладываемости и растекаемости бетонные смеси подразделяют на марки в соответствии с таблицами А.1 – А.5.

Таблица А.1 – Марки по расплыву конуса

Марка	Диаметр расплыва, см
P1	Менее 35
P2	35 – 41
P3	42 – 48
P4	49 – 55
P5	56 – 62
P6	Более 62

Таблица А.2 – Марки по осадке конуса

Марка	Осадка конуса, см
П1	1 – 4
П2	5 – 9
П3	10 – 15
П4	16 – 20
П5	Более 20

Таблица А.3 – Марки по жесткости

Марка	Жесткость, с
Ж1	5 – 10
Ж2	11 – 20
Ж3	21 – 30
Ж4	31 – 50
Ж5	Более 50

Таблица А.4 – Марки по уплотнению

Марка	Коэффициент уплотнения
КУ1	Более 1,45
КУ2	1,45 – 1,26
КУ3	1,25 – 1,11
КУ4	1,10 – 1,04
КУ5	Менее 1,04

Таблица А.5 – Марки по растекаемости самоуплотняющихся смесей

Марка	Диаметр расплыва, см
SF-1 (СУ1)*	55 – 65
SF-2 (СУ2)*	66 – 75
SF-3 (СУ3)*	76 – 85

Примечание – \* - маркировка по СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля