



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Технология вяжущих веществ, бетонов  
и строительной керамики»

**МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ**  
**для выполнения лабораторной работы №1**  
**по дисциплине**  
**«Технология монолитных бетонов в строительстве»**

**Оценка эффективности добавок для бетонных  
смесей, перекачиваемых бетононасосами**

Автор  
Касторных Л.И.



Ростов-на-Дону, 2019

## Аннотация

Методические указания регламентируют правила выполнения и оформления лабораторной работы №1 по дисциплине «Технология монолитных бетонов в строительстве», выполняемой обучающимися по направлению 08.03.01 «Строительство» профиль бакалавриата «Промышленное и гражданское строительство».

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

## Автор



доцент, 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 Определение вида и рациональной дозировки добавки .....	10
Выводы по работе .....	12
Нормативные документы .....	13
Приложение А .....	14

## ВВЕДЕНИЕ

Бетонные смеси, перекачиваемые бетононасосами, должны быть высокоподвижными и при этом обладать повышенной связностью и нераслаиваемостью. Для этого в составе смесей необходимо увеличивать долю тонкодисперсных частиц, а повышение водопотребности компенсировать высокоэффективными суперпластификаторами.

Бетононасосы целесообразно применять при бетонировании сооружений, находящихся в стесненных условиях, а также густоармированных и внутренних конструкций зданий, куда затруднена подача бетонной смеси другими способами.

Бетононасосы являются сложным оборудованием и требуют высокой квалификации бетонщиков и механиков, высокой культуры производства, тщательного выполнения всех технологических требований и применения специально подобранных составов бетона (в зависимости от диаметра бетонопроводов, дальности и условий подачи смеси в конструкцию).

## 1 Аналитический обзор

Применение бетононасосов является прогрессивным способом механизации процессов подачи и распределения бетонных смесей в монолитном строительстве. Бетононасосная технология повышает качество и эффективность бетонных работ при возведении разнообразных монолитных и сборно-монолитных конструкций.

Использование бетононасосов (рисунок 1), бетоноводов малого диаметра 80 – 125 см и складывающихся распределительных стрел позволяет полностью механизировать наиболее трудоемкие процессы бетонирования и снизить трудозатраты до минимума.

**Цель работы** – выбрать вид и количество химических и минеральных добавок для бетонных смесей, перекачиваемых бетононасосами.



Рисунок 1 - Стационарный бетононасос Putzmeister BSA 1005 D/E

## 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) [1, 2, 3]. Основные характеристики и минералогический состав цемента приводятся в таблицах 1, 2 соответственно.

Таблица 1 – Основные характеристики цементов

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 $K_{п}$			

Таблица 2 – Минералогический состав цементов

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

**Минеральный наполнитель** – .....

Оптимальная дозировка добавки составляет ..... % массы цемента.

**Мелкий заполнитель:**

– 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  $V_{пп} = \dots\dots\dots$

**Крупный заполнитель:**

– 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:**

– стабилизатор .....

производства компании .....

Добавка представляет собой .....

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

– гиперразжижитель .....

производства компании .....

Добавка представляет собой .....

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

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

### 3 Методика исследований

Определение удобоукладываемости (осадки (ОК) или диаметра расплыва конуса ( $D_p$ )) и 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 водоудерживающего и стабилизирующего эффекта добавок в соответствии с требованиями ГОСТ 24211 [10] выполняется по методике ГОСТ 30459 [11] и СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 [12].

При расчете состава бетона для обеспечения показателей удобоперекачиваемости смесей к материалам предъявляются требования, которые приводятся в таблице 3.

Таблица 3 – Требования к материалам бетонной смеси

Наименование показателей	Ед. изм.	Величина
Относительное водосодержание цемента $X_{Ц}$	-	1,2 – 2,4
Степень заполнения пустот в песке цементным тестом $X_{П}$	-	1,1 – 1,9
Степень заполнения пустот в крупном заполнителе раствором $X_{Щ}$	-	1,2 – 1,9
Минимально допустимый расход вяжущего $Вяж_{min}$	кг	300
Объем тонкодисперсных фракций	л/м <sup>3</sup>	170 – 200
Наибольшая крупность заполнителя $НК$	мм	20
Расход крупного заполнителя $Щ$	л/м <sup>3</sup>	≤ 340
Содержание мелкого заполнителя в смеси заполнителей $П/(П+Щ)$	-	0,4 – 0,7
Водовяжущее отношение $В/Вяж$	-	0,5 – 0,55

Показатели концентрации составляющих материалов  $X_{Ц}$ ,  $X_{П}$ ,  $X_{Щ}$  определяются по формулам:

$$X_{Ц} = \frac{B / Ц}{K_{из}}, \quad (1)$$

$$X_{П} = \frac{V_m}{V_p \cdot П_n}, \quad (2)$$

$$X_{Щ} = \frac{V_p}{V_o \cdot П_{щ}}, \quad (3)$$



где  $V/C$  – водоцементное отношение;

$K_{нг}$  – коэффициент нормальной густоты цементного теста, относительные единицы;

$V_T, V_p, V_b$  – объемы цементного теста, растворной части и бетонной смеси соответственно;

$\Pi_p, \Pi_{щ}$  – межзерновая пустотность песка и щебня соответственно, относительные единицы.

Расчет количества материалов на  $1 \text{ м}^3$  бетона приводится в табличной форме (таблица 4).

Таблица 4 – Расчет количества материалов для бетонных смесей

Со- став	Расход материалов на $1 \text{ м}^3$ смеси, кг						Плотность смеси теоретическая $\rho_{см}, \text{ кг/м}^3$	Показатели концентрации		
	$C$	$H$	$B$	$\text{Щ}$	$\Pi$	$D$		$X_C$	$X_\Pi$	$X_{\text{Щ}}$
1										
2										
3										
4										

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

$$C = \frac{\rho_{см}^\phi}{C' + B' + \Pi' + \text{Щ}' + D'} \cdot C', \quad (4)$$

$$B = \frac{\rho_{см}^\phi}{C' + B' + \Pi' + \text{Щ}' + D'} \cdot B', \quad (5)$$

$$\Pi = \frac{\rho_{см}^\phi}{C' + B' + \Pi' + \text{Щ}' + D'} \cdot \Pi', \quad (6)$$

$$\text{Щ} = \frac{\rho_{см}^\phi}{C' + B' + \Pi' + \text{Щ}' + D'} \cdot \text{Щ}', \quad (7)$$

$$D = \frac{\rho_{см}^\phi}{C' + B' + \Pi' + \text{Щ}' + D'} \cdot D', \quad (8)$$

## 4 Определение вида и рациональной дозировки добавки

Контроль прочности образцов выполнен в возрасте 1, 7, 14 и 28 суток. Результаты испытаний контрольных образцов-кубов бетона исследованных составов приведены в таблице 5.

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

Таблица 5 – Результаты испытаний контрольных образцов-кубов на прочность при сжатии

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

**Таблица 6 - Сводная ведомость результатов испытания бетона**

Состав	Расход материалов на замес, кг						Плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	$\frac{OК}{D_0}$ , см	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг						$\frac{B_{яж}}{B}$	$\frac{П}{П + ШЦ}$	Плотность бетона, кг/м <sup>3</sup>	Прочность, $\frac{МПа}{\%}$				
	Ц'	Н'	В'	ШЦ'	П'	Д'			Ц	Н	В	ШЦ	П	Д				R <sub>n</sub> <sup>1</sup>	R <sub>n</sub> <sup>7</sup>	R <sub>n</sub> <sup>14</sup>	R <sub>n</sub> <sup>28</sup>	
1																		100				
2																		100				
3																		100				
4																		100				

На основании экспериментальных данных построены графики изменения прочности бетона в зависимости от вида и дозировки добавок (рисунок 2).

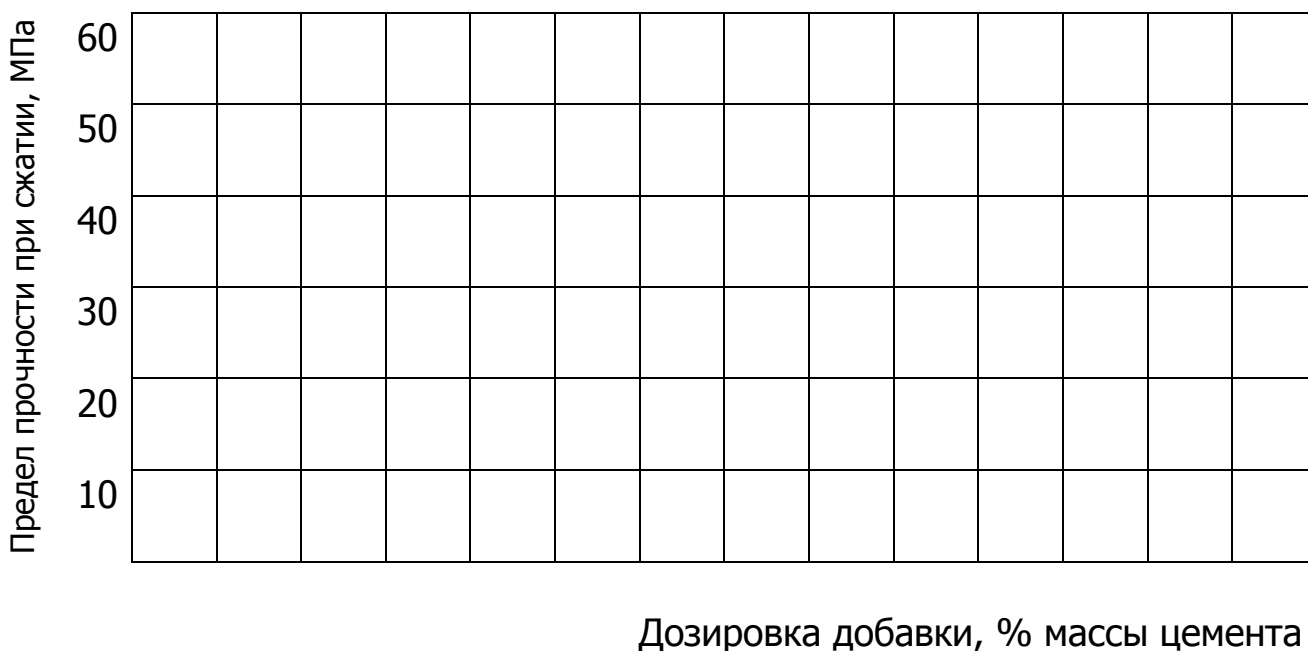


Рисунок 2 – Изменение прочности бетона исследованных составов

### Выводы по работе

Выполненные исследования показывают, что для бетонных смесей, перекачиваемых бетононасосами, 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 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.
- 11 ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.
- 12 СТО НОСТРОЙ 2.6.54-2011 Конструкции монолитные бетонные и железобетонные. Технические требования к производству работ, правила и методы контроля.

## 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
Р1	Менее 35
Р2	35 – 41
Р3	42 – 48
Р4	49 – 55
Р5	56 – 62
Р6	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