

ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ  
УПРАВЛЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ  
Кафедра «Технологический инжиниринг и экспертиза в стройиндустрии»


## **ПРАКТИКУМ**

по выполнению лабораторной работы  
по дисциплине

**«Инновационные технологии производства  
модифицированных строительных растворов»**

## **Состав и свойства модифицированных строительных растворов**

для обучающихся очной формы  
по направлению 08.04.01 «Строительство»  
профиль «Инновационные технологии бетонных смесей и бетонов»



Автор  
Касторных Л.И.

Ростов-на-Дону, 2021

## Аннотация

Практикум регламентирует правила выполнения и оформления лабораторной работы по дисциплине «Инновационные технологии производства модифицированных строительных растворов», выполняемой обучающимися по направлению 08.04.01 «Строительство» профиль «Инновационные технологии бетонных смесей и бетонов».

Содержит 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 «Технологический  
инжиниринг и экспертиза в  
стройиндустрии»  
Касторных Любовь Ивановна



## Оглавление

<b>Введение .....</b>	<b>4</b>
<b>1 Общие сведения о строительных растворах .....</b>	<b>5</b>
<b>2 Материалы для приготовления растворных смесей .....</b>	<b>6</b>
<b>3 Методика исследований .....</b>	<b>9</b>
<b>4 Оптимизация состава модифицированного штукатурного раствора .....</b>	<b>11</b>
<b>Выводы по работе .....</b>	<b>14</b>
<b>Ссылочные нормативные документы .....</b>	<b>15</b>
<b>Приложение А. Марки и рекомендуемая подвижность растворных смесей в зависимости от назначения раствора</b>	<b>16</b>

## ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития строительства характеризуется значительным усилением акцента на отделочные работы и работы, связанные со строительными растворами, что обусловлено потребностями в архитектурной выразительности зданий и сооружений и более высокой комфортности помещений. Такой подход характерен при индивидуальной застройке с использованием кирпича, а также при проведении специальных работ, к которым можно отнести устройство гидроизоляции и утепления, анкеровки и тому подобные.

Строительные растворы в связи со своим большим разнообразием видов и свойств имеют широкое применение в различных отраслях. Они могут применяться как во внутренней отделке, так и в наружных работах. И номенклатура строительных растворов с каждым годом пополняется новыми видами растворов, обладающими определенными свойствами, необходимыми в конкретном случае. Таким образом, функции строительных растворов значительно расширяются.

Строительные растворы применяются для связывания в монолит кирпичной, каменной кладки или крупных изделий, например, панелей, блоков и других при строительстве сборных жилых и промышленных зданий. Растворы используют также для декоративной отделки стен и потолков, для устройства полов, изготовления тонкостенных конструкций, для выполнения штукатурных работ.

Основная особенность использования строительных растворов заключается в том, что их укладывают по пористому основанию – кирпичу, бетону, пористому камню – сравнительно тонкими слоями без специального, как правило, механического уплотнения. Однако при повышенной жесткости растворной смеси нередко используется уплотнение, например, вибрационное.

## 1 ОБЩИЕ СВЕДЕНИЯ О СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРАХ

Строительный раствор – искусственный камневидный материал, получаемый в результате затвердевания растворной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды, мелкого заполнителя и добавок, регулирующих свойства смеси и растворов. Крупный заполнитель отсутствует, так как раствор применяют в виде тонких слоев (при устройстве каменной кладки, штукатурки, гидроизоляции и др.). Для изготовления строительных растворов чаще используют неорганические вяжущие вещества (цементы, воздушную известь и строительный гипс).

Строительные растворы разделяют в зависимости от вида вяжущего вещества, величины средней плотности и назначения. По виду вяжущего различают растворы цементные, известковые, гипсовые и смешанные (цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые).

По средней плотности растворы различают: тяжелые – плотностью более  $1500 \text{ кг/м}^3$ , изготавливаемые обычно на плотном кварцевом песке; легкие – плотностью менее  $1500 \text{ кг/м}^3$ , изготавливаемые на пористом мелком заполнителе и с порообразующими добавками.

По назначению строительные растворы различают:

- кладочные – для каменной кладки стен, фундаментов, столбов, сводов;
- штукатурные – для оштукатуривание внутренних и наружных стен, потолков, фасадов зданий;
- монтажные – для заполнения швов между крупными блоками, панелями при монтаже зданий и сооружений из сборных железобетонных конструкций и изделий;
- специальные – для выполнения декоративных, гидроизоляционных, тампонажных работ.

**Цель работы** – определение оптимальной дозировки химической добавки для модифицированного штукатурного раствора.

## 2 МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРИГОТОВЛЕНИЯ РАСТВОРНЫХ СМЕСЕЙ

В исследованиях использованы следующие материалы.

**Вяжущее** – цемент общестроительный, изготавливаемый на основе портландцементного клинкера, соответствующий требованиям 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
Класс	
Прочность на сжатие в возрасте 28 сут., МПа	
Истинная плотность $\rho_{цт}$ г/см <sup>3</sup>	
Насыпная плотность $\rho_{нцт}$ кг/м <sup>3</sup>	
Нормальная густота цементного теста $НГ_{цт}$ %	
Удельная поверхность $S_{удт}$ см <sup>2</sup> /г	
Сроки схватывания, час-мин: начало / конец	
Минеральная добавка, %	
Коэффициент эффективности при тепловой обработке $K_{т}$	

Таблица 2 – Минералогический состав цемента

Класс	Минералогический состав, %						
	$C_3S$	$C_2S$	$C_3A$	$C_4AF$	$SO_3$	$MgO$	$R_2O$

### Мелкий заполнитель:

– **песок природный кварцевый** карьера .....,

соответствующий требованиям ГОСТ 8736:

истинная плотность  $\rho_n = \dots\dots\dots$ ;

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

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

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

– песок керамзитовый:

– исходный материал .....

.....,

истинная плотность  $\rho_k = \dots\dots\dots$ ;

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

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

пустотность  $V_{пк} = (1 - \rho_{нк}/\rho_k) \cdot 100 = \dots\dots\dots$

Песок керамзитовый соответствует требованиям ГОСТ 32496.

Зерновой состав мелких заполнителей представлен в таблице 3, а кривая просеивания на рисунке 1.

Таблица 3 – Зерновой состав мелких заполнителей

Наименование заполнителя	Наименование остатка	Остатки, % по массе, на ситах						Проход через сито с сеткой № 016, % по массе
		5,0	2,5	1,25	0,63	0,315	0,16	
Песок природный кварцевый	Частный							
	Полный							
Песок керамзитовый	Частный							
	Полный							



Рисунок 1 – Кривая просеивания мелких заполнителей

**Добавки:**

– **суперпластификатор для строительных растворов**

..... производства компании .....

Добавка представляет собой .....

.....

.....

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

– **водоудерживающая добавка для строительных растворов**

..... производства компании .....

Добавка представляет собой .....

.....

.....

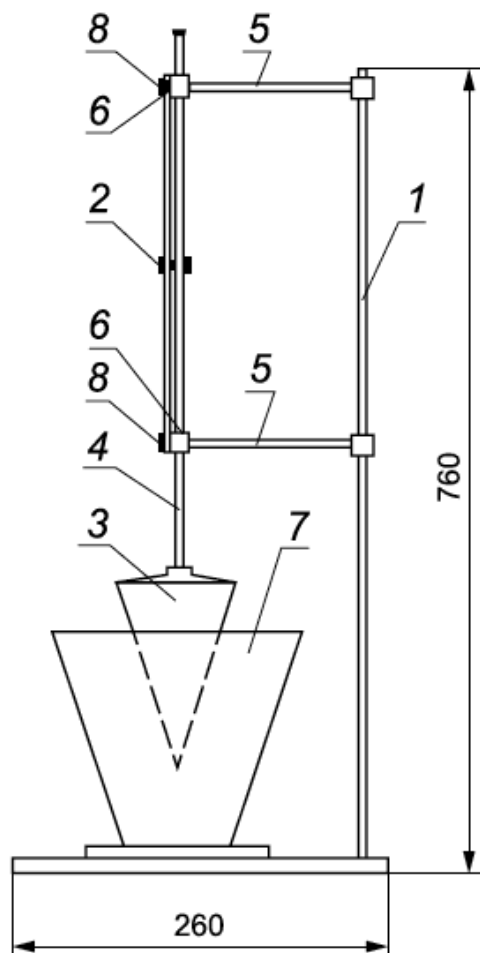
Оптимальная дозировка добавки – ..... % массы вяжущего.

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



### 3 МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЙ

**3.1 Подвижность растворной смеси** определяется по методике ГОСТ Р 58767 по глубине погружения в неё эталонного конуса, измеряемой в сантиметрах (рисунок 2).



1 - штатив; 2 - шкала; 3 - эталонный конус; 4 - штанга; 5 - держатели; 6 - направляющие; 7 - сосуд для растворной смеси; 8 - стопорный винт  
 Рисунок 2 – Прибор для определения подвижности растворной смеси

Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги в направляющих. Сосуд наполняют растворной смесью на 1 см ниже его краев и уплотняют её путем штыкования стальным стержнем 25 раз и 5-6 кратным легким постукиванием о стол, после чего сосуд ставят на площадку прибора.

Острие конуса приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде, закрепляют штангу конуса стопорным винтом и делают пер-

вый отсчет по шкале. Затем отпускают стопорный винт.

Конус должен погружаться в растворную смесь свободно. Второй отсчет снимают по шкале через 1 мин после начала погружения конуса.

Глубину погружения конуса, измеряемую с погрешностью до 1 мм, определяют, как разность между первым и вторым отсчетом.

Глубину погружения конуса оценивают по результатам двух испытаний на разных пробах растворной смеси одного замеса как среднеарифметическое значение из них и округляют.

Разница в показателях частных испытаний не должна превышать 20 мм. Если разница окажется больше 20 мм, то испытания следует повторить на новой пробе растворной смеси.

**3.2 Средняя плотность растворной смеси** характеризуется отношением массы уплотненной растворной смеси к её объему, кг/м<sup>3</sup>.

Для проведения испытаний применяют стальной сосуд ёмкостью не менее 1000 см<sup>3</sup> (рисунок 3).

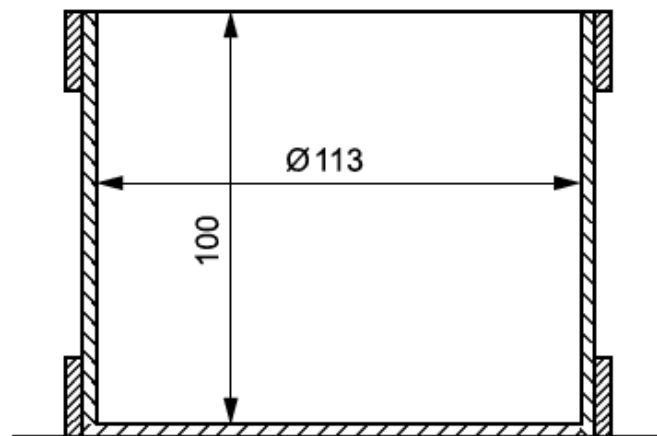


Рисунок 3 – Стальной цилиндрический сосуд

Перед испытанием сосуд предварительно взвешивают с точностью до 2 г. Затем наполняют растворной смесью с избытком. Растворную смесь уплотняют путем штыкования стальным стержнем 25 раз и пяти-, шестикратным легким постукиванием о стол. После уплотнения избыток растворной смеси срезают стальной линейкой. Поверхность тщательно

выравнивают вровень с краями сосуда. Стенки мерного сосуда очищают влажной тканью от попавшего на них раствора. Затем сосуд с растворной смесью взвешивают с точностью до 2 г.

Среднюю плотность растворной смеси  $\rho$ , г/см<sup>3</sup>, вычисляют по формуле:

$$\rho = \frac{m-m_1}{V}, \quad (1)$$

где  $m$  - масса мерного сосуда с растворной смесью, г;

$m_1$  - масса мерного сосуда без смеси, г;

$V$  - объем мерного сосуда, см<sup>3</sup>.

Плотность растворной смеси определяют как среднее арифметическое значение результатов двух определений плотности смеси из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 5 % от меньшего значения. При большем расхождении результатов определение повторяют на новой пробе растворной смеси.

#### 4 ОПТИМИЗАЦИЯ СОСТАВА МОДИФИЦИРОВАННОГО ШТУКАТУРНОГО РАСТВОРА

Из растворной смеси каждого состава с различной дозировкой химических добавок изготовлены контрольные образцы-кубы с размерами ребра 70,0 мм и образцы-призмы размерами 40×40×160 мм. Контроль прочности образцов выполнен в возрасте 28 суток.

Результаты испытаний контрольных образцов-кубов и образцов-призм затвердевшего раствора исследованных составов приведены в таблицах 4 и 5.

Результаты проведенных испытаний и выполненных расчетов для растворных смесей и затвердевших растворов представлены в сводной ведомости (таблица 6).

Таблица 4 – Результаты испытаний контрольных образцов-кубов затвердевшего раствора на прочность при сжатии

Дата испытания	Маркировка	Размеры, мм			Масса, кг	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности при сжатии, МПа	
		a	b	h		образца	средняя		образца	средний

Таблица 5 – Результаты испытаний контрольных образцов-призм затвердевшего раствора на прочность на растяжение при изгибе

Дата испытания	Маркировка	Размеры, мм			Масса, кг	Средняя плотность, кг/м <sup>3</sup>		Разрушающая нагрузка, Н	Предел прочности на растяжение при изгибе, МПа	
		a	b	h		образца	средняя		образца	средний

Таблица 6 - Сводная ведомость результатов испытаний строительных штукатурных растворов

Состав	Расход материалов на замес, кг					Плотность смеси, кг/м <sup>3</sup>	h, см	D <sub>р</sub> , см	Расход материалов на 1 м <sup>3</sup> , кг					Ц/В	D, %	Плотность раствора, кг/м <sup>3</sup>	Предел прочности	
	Ц'	В'	КП'	О'	Д'				Ц	В	КП	О	Д				R	R <sup>28</sup>
1																		
2																		
3																		

Оптимальная дозировка химических добавок для модифицированного штукатурного раствора установлена на основании экспериментальных данных и представлена в графической форме (рисунок 4).

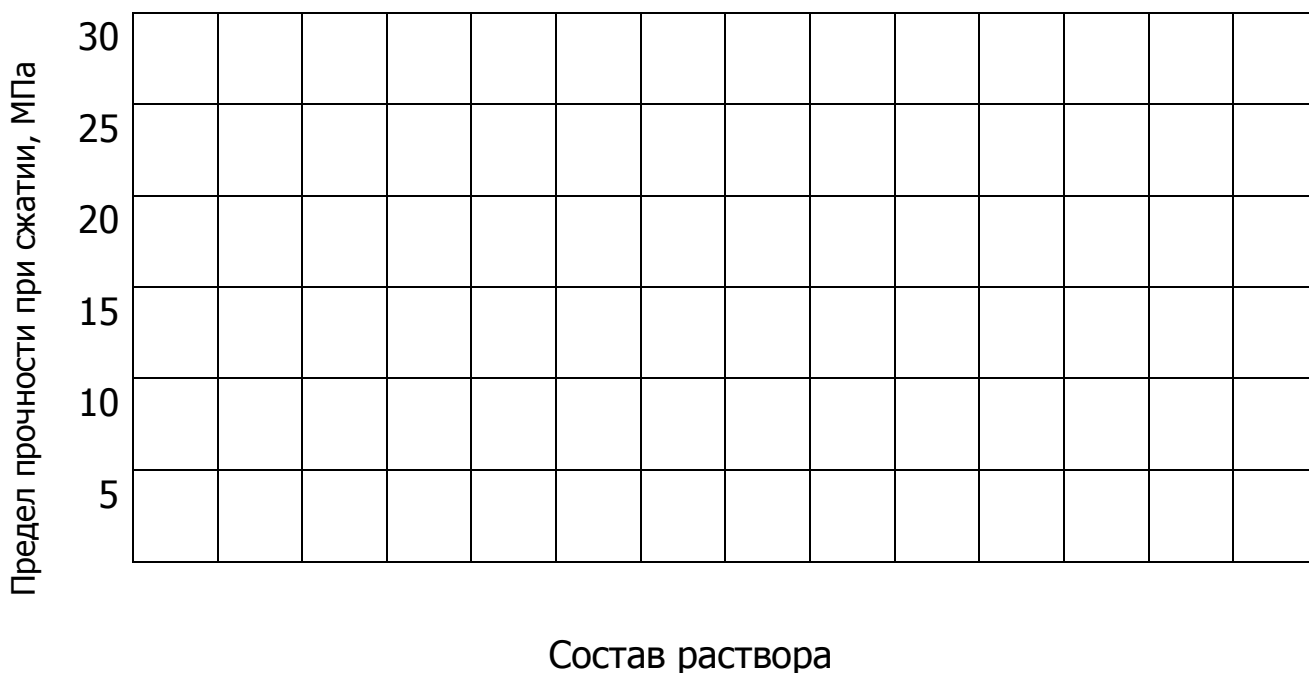


Рисунок 4 – Определение оптимальной дозировки химических добавок для модифицированного штукатурного раствора

### Выводы по работе

Выполненные исследования показывают, что для обеспечения требуемой подвижности штукатурной растворной смеси и получения раствора требуемой прочности оптимальной дозировкой добавки суперпластификатора ..... является: ....., а водоудерживающей добавки .....

## Ссылочные нормативные документы

ГОСТ Р 58766-2019. Растворы строительные. Общие технические условия.

ГОСТ Р 58767-2019 Растворы строительные. Методы испытаний по контрольным образцам.

ГОСТ 30515-2013 Цементы. Общие технические условия.

ГОСТ 31108-2016 Цементы общестроительные. Технические условия.

ГОСТ 22266-2013 Цементы сульфатостойкие. Технические условия.

ГОСТ 25328-82 Цемент для строительных растворов. Технические условия.

ГОСТ 8736-2014 Песок для строительных работ. Технические условия.

ГОСТ 8735-88 Песок для строительных работ. Методы испытаний.

ГОСТ 32496-2013 Заполнители пористые для легких бетонов. Технические условия.

ГОСТ 24211-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия.

ГОСТ 30459-2008 Добавки для бетонов и строительных растворов. Методы определения эффективности.

## Приложение А

### Марки и рекомендуемая подвижность растворных смесей в зависимости от назначения раствора

В зависимости от подвижности растворные смеси подразделяют в соответствии с таблицей А.1.

Таблица А.1 – Марки растворных смесей по подвижности

Марка по подвижности Пк	Норма подвижности по погружению конуса, см
Пк1	От 1 до 4 включ.
Пк2	Св. 4 до 8 включ.
Пк3	Св. 8 до 12 включ.
Пк4	Св. 12 до 14 включ.

Рекомендуемая подвижность растворной смеси, определяемая на месте применения, в зависимости от назначения раствора приведена в таблице А.2.

Таблица А.2 – Подвижность растворной смеси в зависимости от назначения раствора

Основное назначение раствора	Глубина погружения конуса в растворную смесь, см
<b>Кладочные:</b>	
- для бутовой кладки:	
вибрированной	1 - 3
невибрированной	4 - 6
- для кладки из пустотелого кирпича или керамических камней	6 - 8
- для кладки из полнотелого кирпича; керамических камней; бетонных камней или камней из легких пород	8 - 12
- для заливки пустот в кладке и подачи раствора насосом	12 - 14
- для устройства постели при монтаже стен из крупных бетонных блоков и панелей; расшивок горизонтальных и вертикальных швов в стенах из панелей и крупных бетонных блоков	5 - 7



Продолжение таблицы А.2

<b>Облицовочные:</b>	
- для крепления плит из природного камня и керамической плитки по готовой кирпичной стене	6 - 8
- для крепления облицовочных изделий легкобетонных панелей и блоков в заводских условиях	6 - 8
<b>Штукатурные:</b>	
- раствор для грунта	6 - 8
- раствор для набрызга:	
при ручном нанесении	8 - 12
при механизированном способе нанесения	9 - 14
- раствор для накрывки:	
без применения гипса	6 - 8
с применением гипса	8 - 12