

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«РОСТОВСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ СТРОИТЕЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Утверждено на заседании кафедры
«Строительные материалы»
14 октября 2011 г.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к лабораторной работе:
***«ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА
СЛОЖНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА»***

Ростов-на-Дону
2012

УДК 691

Методические указания к лабораторной работе «Проектирование состава сложного строительного раствора». – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2012. – 24 с.

Регламентируют содержание лабораторной работы по учебной дисциплине «Строительные материалы» и правила оформления ее результатов. Включают в себя классификацию строительных растворов, технические требования к растворным смесям и растворам, правила расчета состава сложного строительного раствора. Содержат методики определения свойств растворных смесей и затвердевших растворов.

Предназначены для студентов очной и заочной форм обучения по направлениям «Строительство», «Реконструкция и реставрация архитектурного наследия», «Технология художественной обработки материалов», «Стандартизация и сертификация», «Товароведение», «Землеустройство и кадастры», а также по специальности «Строительство уникальных зданий и сооружений».

УДК 691

Составители: канд. техн. наук, доц.
А.В. Каклюгин
канд. техн. наук, доц.
И.В. Трищенко

Редактор Н.Е. Гладких
Темплан 2012 г., поз. 116

Подписано в печать 16.05.2012.
Ризограф. Уч.-изд. л. 1,5
Тираж 100 экз. Заказ

Формат 60×84 / 16. Бумага писчая.

Редакционно-издательский центр
Ростовского государственного строительного университета
344022, Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162

© Ростовский государственный
строительный университет, 2012

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СОСТАВА СЛОЖНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

1 Общие сведения

1.1 **Строительный раствор** — искусственный камневидный материал, получаемый в результате затвердевания рационально подобранной смеси вяжущего вещества, мелкого заполнителя, воды и в необходимых случаях – специальных неорганических или органических добавок. До затвердевания такую смесь называют **растворной смесью**.

1.2 Строительные растворы классифицируют:

1) по **основному назначению**:

- **кладочные** (в том числе и для монтажных работ), применяемые для кладки стен с использованием бутового камня, керамического и силикатного кирпича и камней и других мелкогабаритных стеновых изделий;

- **облицовочные**, применяемые для крепления облицовочных плит из природного камня, керамических и бетонных плиток по готовой кладке стен из кирпича и других штучных изделий;

- **штукатурные**, предназначенные для нанесения на готовые поверхности слоев грунта, набрызга и накрывки при выполнении штукатурных работ;

- **специальные**: декоративные, теплоизоляционные, гидроизоляционные, акустические, жаростойкие, кислотостойкие, напрягающие;

2) по **применяемому вяжущему**:

- **простые** (на вяжущем одного вида): известковые, гипсовые, цементные;

- **сложные** (на смешанных вяжущих): цементно-известковые, цементно-глиняные, известково-гипсовые;

3) по **средней плотности**:

- **тяжелые** (средней плотностью 1500 кг/м³ и выше), приготавливаемые с использованием плотных песков;

- **легкие** (средней плотностью менее 1500 кг/м³), в качестве заполнителей в которых применяют пески, получаемые дроблением пористых горных пород (туфов, пемз и пр.) или искусственных пористых материалов (керамзита, аглопорита, перлита и др.);

4) по **степени готовности**:

- **готовые к употреблению**, доставляемые на объект в готовом к применению виде или приготовленные смешиванием всех составляющих на объектных бетонорастворных узлах;

- **сухие строительные смеси**, приготавливаемые на специализированных предприятиях в сухом виде и требующие смешивания с водой или водными растворами добавок на объекте непосредственно перед применением.

1.3 Под **составом раствора** понимают рациональное соотношение между составляющими его компонентами, обеспечивающее получение растворной смеси **требуемой удобоукладываемости** и приобретение раствором заданных

показателей назначения при указанных условиях эксплуатации в **проектном возрасте**.

Чаще всего главным показателем назначения является **марка раствора по прочности**: М4, М10, М25, М50, М75, М100, М150, М200.

В отдельных случаях, обусловленных специфическими условиями эксплуатации конструкций, главными могут стать другие требования: перекачиваемость растворной смеси, теплопроводность раствора, марка раствора по морозостойкости: F10, F15, F25, F35, F50, F75, F100, F150, F200 [1 - 3].

По составу строительные растворы сходны с бетонами. Их отличие - в отсутствии крупного заполнителя. Растворы можно считать мелкозернистыми бетонами.

При проектировании состава раствора необходимо учитывать следующие особенности применения растворных смесей:

- обычно их укладывают тонкими слоями (1 - 2 см) без применения специального механического уплотнения;
- часто их наносят на пористые основания (кирпич, бетон, легкие камни и блоки из пористых горных пород), способные сильно отсасывать воду, что может привести к ухудшению адгезии и др. свойств затвердевшего раствора.

При определении состава раствора допускается использование любых методов, пособий и рекомендаций, обеспечивающих достижение необходимого результата. В большинстве случаев определение состава раствора выполняют по правилам, приведенным в СП 82-101-98 [1, 2], в следующей последовательности:

- испытания исходных материалов и установление их пригодности для применения в растворе требуемого качества;
- предварительный расчет расхода материалов на пробные замесы;
- корректирование составов пробных замесов;
- формование и испытание контрольных образцов-кубов;
- определение расхода материалов на 1 м³ песка и на 1 м³ раствора заданной марки по прочности.

В настоящих методических указаниях приведены основные положения методики определения состава сложного (цементно-известкового или цементно-глиняного) кладочного раствора, готового к применению. Требования к таким растворам регламентированы ГОСТ 28013 [3], методы испытаний – ГОСТ 5802 [4].

1.4 При выполнении лабораторной работы используют следующее **оборудование и инструменты**:

- весы настольные циферблатные с комплектом гирь;
- металлические поддоны для перемешивания растворной смеси;
- кельмы, шпатели, металлические линейки, штангенциркули;
- наборы стеклянной посуды;
- стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм;
- стальной цилиндрический сосуд емкостью 1 л;
- прибор для определения подвижности растворной смеси;

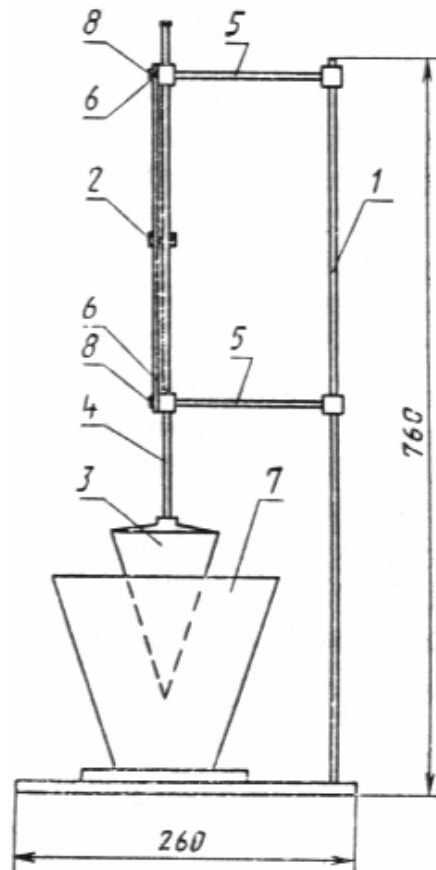
- прибор для определения водоудерживающей способности;
- формы стальные размерами 70,7×70,7×70,7 мм – 2 шт.;
- гидравлический пресс.

2 Удобокладываемость растворной смеси

2.1. **Удобокладываемость** растворной смеси характеризует ее способность легко распределяться ровным, тонким однородным слоем на кирпичном или ином пористом основании. Она обусловлена следующими свойствами:

- подвижностью смеси;
- водоудерживающей способностью смеси;
- расслаиваемостью смеси.

2.2 **Подвижность** характеризуют глубиной погружения в растворную смесь эталонного конуса и измеряют в сантиметрах. Подвижность определяют по методике ГОСТ 5802 с помощью специального прибора (рисунок 1).



1 — штатив; 2 — шкала; 3 — эталонный конус; 4 — штанга; 5 — держатели;
6 — направляющие; 7 — сосуд для растворной смеси; 8 — стопорный винт

Рисунок 1 – Определение подвижности растворной смеси

Прибор представляет собой конус, изготовленный из листовой стали или пластмассы со стальным наконечником. Угол при вершине должен быть 30° , масса эталонного конуса со штангой должна быть (300 ± 2) г.

Перед испытанием все соприкасающиеся с растворной смесью поверхности конуса и сосуда следует очистить от загрязнений и протереть влажной тканью.

Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги в направляющих.

Сосуд наполняют растворной смесью на 1 см ниже его краев. Смесью уплотняют: штыкуют ее стальным стержнем 25 раз и 5 – 6 раз постукивают сосудом о стол. Сосуд с уплотненной смесью ставят на площадку прибора.

Острые конуса доводят до соприкосновения с поверхностью растворной смеси, закрепляют штангу конуса стопорным винтом и делают первый отсчет по шкале. Затем отпускают стопорный винт.

Конус должен погружаться в растворную смесь свободно в течение 1 мин, после чего стопорным винтом фиксируют штангу конуса и снимают второй отсчет по шкале.

Глубину погружения конуса определяют как разность между первым и вторым отсчетом.

По подвижности растворные смеси в соответствии с требованиями ГОСТ 28013 подразделяют **на марки** (таблица 1).

Таблица 1 - Классификация растворных смесей по подвижности

Марка по подвижности P_k	Норма подвижности по глубине погружения конуса, см
P_{k1}	От 1 до 4 включ.
P_{k2}	Св. 4 » 8 »
P_{k3}	» 8 » 12 »
P_{k4}	» 12 » 14 »

Рекомендуемая подвижность растворной смеси в зависимости от назначения кладочного раствора приведена в таблице 2.

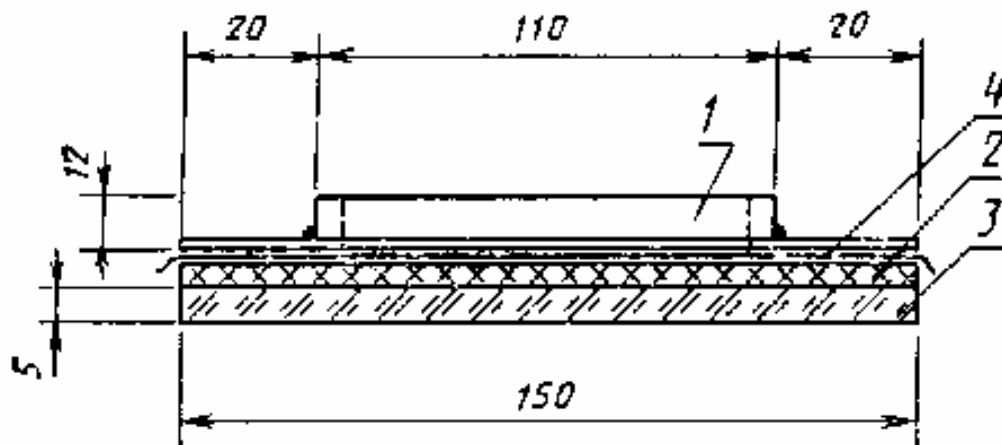
2.3 Водоудерживающая способность отражает свойство растворной смеси удерживать в своем составе достаточное для твердения вяжущего количество воды в условиях интенсивного ее отсоса пористым основанием. Растворы с хорошей водоудерживающей способностью при укладке на пористое основание отдают лишнюю воду постепенно, становясь при этом плотнее и прочнее. Растворы с недостаточной водоудерживающей способностью склонны к расслоению.

Водоудерживающую способность оценивают количеством воды, отсасываемой из слоя растворной смеси толщиной 12 мм (соответствует толщине шва в каменной кладке), уложенной на промокательную бумагу.

Прибор для определения водоудерживающей способности растворной смеси в собранном виде приведен на рисунке 2.

Таблица 2 - Подвижность растворов смесей для кладочных растворов

Основное назначение кладочного раствора	Глубина погружения конуса, см	Марка по подвижности P_k
Бутовая кладка:		
- вибрированная	1 - 3	P_{k1}
- невибрированная	4 - 6	P_{k2}
Кладка из пустотелого кирпича или керамических камней	7 - 8	P_{k2}
Кладка из полнотелого кирпича, бетонных камней или камней из легких пород	8 - 12	P_{k3}
Для заливки пустот в кладке и подачи раствора насосом	13 - 14	P_{k4}
Для устройства постели при монтаже стен из крупных бетонных блоков и панелей; расшивок в стенах из панелей и крупных бетонных блоков	5 - 7	P_{k2}



1 – металлическое кольцо с раствором; 2 – промокательная бумага (10 слоев); 3 – стеклянная пластина; 4 – слой марлевой ткани

Рисунок 2 - Схема прибора для определения водоудерживающей способности

В состав прибора входят:

- листы промокательной бумаги;
- прокладки из марлевой ткани;
- металлическое кольцо внутренним диаметром 100 мм, высотой 12 мм и толщиной стенки 5 мм;
- стеклянная пластинка.

Проведение испытаний

Взвешивают 10 листов промокательной бумаги и укладывают их на стеклянную пластинку. Сверху укрывают марлевой тканью, устанавливают металлическое кольцо и взвешивают собранный прибор.

Тщательно перемешанную растворную смесь укладывают вровень с краями металлического кольца и выравнивают. Взвешивают прибор с растворной смесью. Через 10 мин осторожно снимают металлическое кольцо с растворной смесью вместе с марлей. Промокательную бумагу взвешивают.

Водоудерживающую способность растворной смеси V , %, определяют по формуле

$$V = 100 - \frac{m_2 - m_1}{m_4 - m_3} \cdot 100, \quad (1)$$

где m_1 – масса промокательной бумаги до испытаний, г;

m_2 – масса промокательной бумаги после испытания, г;

m_3 – масса установки без растворной смеси, г;

m_4 – масса установки с растворной смесью, г.

Водоудерживающая способность растворных смесей должна быть не менее 90 %, глинодержащих растворных смесей — не менее 93 %.

2.4 Расслаиваемость растворной смеси характеризует нарушение ее однородности при динамическом воздействии, что проявляется в отделении воды и оседании наиболее тяжелого компонента – песка. Это связано с недостаточной водоудерживающей способностью. Расслоение растворной смеси сопровождается снижением прочности раствора, неоднородностью его плотности, прочности, морозостойкости и других показателей назначения.

Расслаиваемость определяют сопоставлением содержания песка в нижней и верхней частях свежееотформованного виброуплотненного образца-куба раствора размерами 150x150x150 мм.

Расслаиваемость свежеприготовленных растворных смесей не должна превышать 10 %.

2.5 Одним из способов получения удобоукладываемых растворных смесей является использование минеральных пластифицирующих добавок (извести или глины).

Добавку извести в растворные смеси следует вводить в виде известкового теста или известкового молока. Используемая для их получения известь должна соответствовать требованиям ГОСТ 9179 [5].

Согласно СП 82-101-98, расчет состава раствора производят на **известковое тесто** плотностью 1400 кг/м³, приготовленное из извести II сорта.

Глина, используемая в качестве минеральной пластифицирующей добавки, должна соответствовать требованиям ГОСТ 28013. В состав растворных смесей ее следует вводить в виде **глиняного теста** (консистенция которого характеризуется глубиной погружения в него эталонного конуса 13 – 14 см) или в виде порошка грубого помола.

3 Задание на проектирование

Подобрать состав сложного кладочного раствора марки по прочности _____ для _____

(указать назначение раствора)

Марка растворной смеси по подвижности _____, глубина погружения в растворную смесь эталонного конуса _____ см.

4 Характеристика исходных материалов

Цемент:

- вид цемента _____;
- активность цемента _____ МПа;
- истинная плотность цемента $\rho_{иц} =$ _____ кг/л;
- насыпная плотность цемента $\rho_{нц} =$ _____ кг/л.

Минеральная добавка:

- вид минеральной добавки _____;
- плотность минеральной добавки $\rho_{\phi} =$ _____ кг/л.

Заполнитель:

- вид заполнителя _____;
- группа по крупности _____;
- истинная плотность $\rho_{ин} =$ _____ кг/л;
- насыпная плотность $\rho_{нн} =$ _____ кг/л;
- объем межзерновых пустот (пустотность) $V_n =$ _____.

Вода _____.

5 Расчет состава сложного кладочного раствора

5.1 Расчет состава раствора требуемой марки по прочности выполняют на 1 м³ песка в состоянии естественной влажности 3 – 7 %. Этот расчет дополняют расчетом двух составов, отличающихся на марку в большую и меньшую сторону.

5.2 Расчет состава раствора на 1 м³ песка выполняют в следующей последовательности.

Расход цемента на 1 м³ песка $Ц$, кг, определяют по формуле

$$Ц = \frac{1000R_p}{KR_{иц}}, \quad (2)$$

где R_p – марка раствора, МПа (кгс/см²);

K – коэффициент, учитывающий вид цемента: $K = 1,0$ при использовании портландцемента и $K = 0,88$ при использовании шлакопортландцемента;

R_u – активность цемента, МПа (кгс/см²).

$$Ц =$$

Расход минеральной добавки-пластификатора (известкового или глиняного теста) на 1 м³ песка устанавливают по объему V_∂ , м³, и по массе $Д$, кг. Расчеты выполняют соответственно по формулам

$$V_\partial = 0,17(1 - 0,002Ц), \quad (3)$$

$$Д = V_\partial \cdot \rho_\partial, \quad (4)$$

где ρ_∂ – плотность минеральной добавки-пластификатора (известкового или глиняного теста), кг/м³.

$$V_\partial = \quad \quad \quad Д =$$

Количество песка $П$, кг, определяют по формуле

$$П = V_n \cdot \rho_{nn}, \quad (5)$$

где ρ_{nn} – насыпная плотность песка с влажностью 3 – 7 %, кг/м³. В расчетах ее следует принимать равной 1200 кг/м³.

$$П =$$

Ориентировочный расход воды на 1 м³ песка $В$, кг (л), без учета количества воды, содержащейся во влажном песке и минеральной добавке, устанавливают по формуле

$$В = 0,5 \cdot (Ц + Д). \quad (6)$$

$$В =$$

Расход воды на 1 м³ песка для получения растворной смеси заданной подвижности уточняют на опытных замесах.

5.3 Рассчитанные составы раствора заносят в таблицу 3. На их основе определяют расход материалов на пробные замесы.

Таблица 3 - Результаты расчета состава раствора

Марка раствора	Расходы материалов на 1 м ³ песка, кг			
	Цемент	Минеральная добавка	Песок	Вода

6 Установление расхода материалов на пробные замесы

Объем пробного замеса $V_{зам}^n$, л, песка, должен быть достаточным для определения подвижности растворной смеси и изготовления серии контрольных образцов-кубов. Его принимают равным 4,5 – 5,0 л песка.

При дозировании исходных компонентов по массе **количество материалов на замес** рассчитывают по формулам:

– расход цемента $C_{зам}$, кг

$$C_{зам} = \frac{C}{1000} \cdot V_{зам}^n ; \quad (7)$$

– расход минеральной добавки (известкового или глиняного теста) $D_{зам}$, кг

$$D_{зам} = \frac{D}{1000} \cdot V_{зам}^n ; \quad (8)$$

– расход песка $P_{зам}$, кг

$$P_{зам} = \frac{P}{1000} \cdot V_{зам}^n ; \quad (9)$$

– расход воды на замес $B_{зам}$, л

$$B_{зам} = 0,5(C_{зам} + D_{зам}) . \quad (10)$$

$$Ц_{зам} =$$

$$Д_{зам} =$$

$$П_{зам} =$$

$$В_{зам} =$$

Рассчитанные расходы материалов на замес заносят в таблицу 4.

Таблица 4 - Расходы материалов на пробные замесы

Номер замеса	Расход материалов на приготовление лабораторного замеса, кг				Добавлено материалов, кг		Фактические показатели растворной смеси		
	Цемент	Минеральная добавка	Песок	Вода	Вода	Песок	Подвижность, см	Плотность, г/см ³	Водоудерживающая способность, %

7 Приготовление пробных замесов и оценка свойств растворной смеси

7.1 Приготовление растворной смеси

Приготовление растворной смеси производят перемешиванием компонентов вручную на металлическом поддоне, предварительно протертом влажной тканью. Компоненты дозируют по массе с погрешностью $\pm 1\%$.

Материалы на поддон высыпают в следующей последовательности: песок, затем цемент. Их перемешивают в течение 5 мин. Затем вводят известковое или глиняное тесто и снова перемешивают. Добавляют воду, окончательно перемешивают смесь в течение 5 мин.

После этого оценивают подвижность полученной растворной смеси.

7.2 Определение подвижности растворной смеси

Подвижность растворной смеси определяют по методике, описанной в 2.2 настоящих методических указаний.

Испытания проводят два раза на разных пробах растворной смеси одного замеса. Среднее значение глубины погружения конуса рассчитывают как среднее арифметическое значение полученных результатов.

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

Если подвижность смеси ниже требуемой, в приготовленную растворную смесь добавляют воду порциями по 5 - 10 % первоначального ее количества.

Если подвижность смеси превышает требуемую, в замес добавляют песок в количестве 5 – 10 % первоначального.

Таким путем добиваются заданной подвижности растворной смеси.

Добавленное количество воды $\Delta B_{зам}$, л, или песка $\Delta П_{зам}$, кг, а также фактическое значение подвижности растворной смеси записывают в таблицу 4.

Для растворной смеси заданной подвижности определяют среднюю плотность и водоудерживающую способность. Из этой смеси формируют серию контрольных образцов-кубов для определения средней плотности и прочности раствора.

7.3 Определение фактической средней плотности

Плотность растворной смеси выражают отношением массы уплотненной растворной смеси к ее объему.

Проведение испытаний

Стальной сосуд объемом 1000 см³ (1 л) взвешивают и наполняют растворной смесью с избытком. Растворную смесь уплотняют, штыкуя ее стальным стержнем 25 раз и 5 - 6 раз слегка постукивая о стол.

Избыток растворной смеси срезают стальной линейкой. Поверхность тщательно выравнивают вровень с краями сосуда, стенки сосуда очищают влажной тканью от раствора. Сосуд с растворной смесью взвешивают.

Плотность растворной смеси $\rho_{см}^{\phi}$, г/см³, вычисляют по формуле

$$\rho_{см}^{\phi} = \frac{m - m_1}{1000}, \quad (11)$$

где m – масса мерного сосуда с растворной смесью, г;

m_1 – масса мерного сосуда без смеси, г.

Плотность растворной смеси определяют как среднее арифметическое значение результатов двух определений плотности смеси из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 5 %.

Результаты заносят в таблицу 5.

7.4 Определение водоудерживающей способности

Водоудерживающую способность определяют по методике, описанной в разделе 2.3 настоящих методических указаний.

Водоудерживающую способность растворной смеси определяют дважды для каждой пробы растворной смеси и вычисляют как среднее арифметическое

значение результатов двух определений, отличающихся между собой не более чем на 20 %.

Таблица 5 – Результаты определения средней плотности смеси

Показатели	Результаты испытаний	
	1	2
Масса мерного сосуда без растворной смеси m_1 , г		
Масса мерного сосуда с растворной смесью m , г		
Объем мерного сосуда, см ³	1000	
Средняя плотность $\rho_{см}^{\phi}$, г/см ³		
Среднее значение средней плотности $\bar{\rho}_{см}^{\phi}$, г/см ³		
Среднее значение средней плотности $\bar{\rho}_{см}^{\phi}$, кг/л		
Среднее значение средней плотности $\bar{\rho}_{см}^{\phi}$, кг/м ³		

Фактическое значение водоудерживающей способности должно отвечать установленным требованиям.

Результаты испытаний заносят в таблицу 6.

Таблица 6 - Результаты определения водоудерживающей способности

Показатели	Результаты испытаний	
	1	2
Масса промокающей бумаги, г:		
- до испытаний m_1		
- после испытаний m_2		
Масса установки, г:		
- без растворной смеси m_3		
- с растворной смесью m_4		
Водоудерживающая способность в отдельном определении V_i , %		
Среднее значение водоудерживающей способности \bar{V} , %		

8 Изготовление и хранение контрольных образцов

8.1 Из растворной смеси каждого замеса изготавливают по три контрольных образца-куба с ребром 7,07 см.

8.2 Из растворной смеси подвижностью до 5 см образцы изготавливают в формах с поддоном.

Форму заполняют раствором в два слоя. Каждый слой раствора уплотняют 12 нажимами шпателя: шесть нажимов вдоль одной стороны и шесть нажимов — в перпендикулярном направлении.

Избыток раствора срезают вровень с краями формы стальной линейкой, смоченной водой, и заглаживают поверхность.

8.3 Из растворной смеси подвижностью более 5 см образцы изготавливают в формах без поддона, установленных на постель керамического кирпича.

Полнотелый керамический кирпич покрывают газетной бумагой, смоченной водой (так, чтобы бумага закрывала боковые грани кирпича). Кирпичи перед употреблением должны быть притерты вручную один о другой для устранения резких неровностей. Влажность кирпича не должна превышать 2 %, водопоглощение по массе 10 - 15 %. Кирпичи со следами цемента на гранях повторному использованию не подлежат.

Формы заполняют растворной смесью за один прием с небольшим избытком. Растворную смесь уплотняют, штыкуя ее стальным стержнем 25 раз по концентрическим окружностям от центра к краям.

8.4 Образцы в формах выдерживают при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$:

- образцы из растворной смеси на гидравлических вяжущих - в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95 - 100 %;

- образцы из растворной смеси на воздушных вяжущих - в помещении при относительной влажности $(65 \pm 10) \%$.

8.5 Образцы следует распалубливать через (24 ± 2) ч после укладки растворной смеси. Хранить их следует при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ в следующих условиях:

- образцы из растворных смесей на гидравлических вяжущих в течение первых 3 сут - в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95 - 100 %, а оставшееся до испытания время - в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10) \%$. Допускается хранение образцов, приготовленных на гидравлических вяжущих, во влажном песке или опилках;

- образцы из растворных смесей на воздушных вяжущих - в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10) \%$.

9 Определение расхода материалов на 1 м^3 песка и на 1 м^3 раствора

9.1 Определение фактического объема лабораторного замеса

Фактический объем лабораторного замеса выражают объемом полученной растворной смеси $V_{\text{зам}}^{\phi}$ и объемом израсходованного песка $V_{\text{зам}}^{n-\phi}$.

Фактический объем пробного замеса, выраженный объемом растворной смеси $V_{\text{зам}}^{\phi}$, м^3 (л), вычисляют делением массы материалов, израсходованных на замес, на фактическую плотность растворной смеси.

$$V_{зам}^{\phi} = \frac{Ц_{зам} + B_{зам} + \Delta B_{зам} + Д_{зам} + П_{зам} + \Delta П_{зам}}{\bar{\rho}_{см}^{\phi}}, \quad (12)$$

где $Ц_{зам} + B_{зам} + \Delta B_{зам} + Д_{зам} + П_{зам} + \Delta П_{зам}$ – сумма масс материалов, израсходованных на приготовление пробного замеса, с учетом массы добавленных компонентов (воды $\Delta B_{зам}$ и песка $\Delta П_{зам}$), кг;

$\bar{\rho}_{см}^{\phi}$ – фактическое значение средней плотности растворной смеси, кг/м³ (кг/л), принимаемое по таблице 5.

$$V_{зам}^{\phi} =$$

Фактический объем пробного замеса, выраженный количеством израсходованного песка $V_{зам}^{n-\phi}$, м³ (л), вычисляют делением массы песка на его насыпную плотность

$$V_{зам}^{n-\phi} = \frac{П_{зам} + \Delta П_{зам}}{\rho_{нп}}. \quad (13)$$

$$V_{зам}^{n-\phi} =$$

Коэффициент выхода (выход) раствора β равен отношению объема раствора, полученного из замеса, к объему израсходованного на замес песка при данном составе раствора

$$\beta = \frac{V_{зам}^{\phi}}{V_{зам}^{n-\phi}}. \quad (14)$$

$$\beta =$$

9.2 Расчет расхода материалов на 1 м³ песка

Расходы материалов (цемента $Ц'_n$, воды B'_n , минеральной добавки-пластификатора $Д'_n$ и песка $П'_n$), кг, на 1 м³ песка вычисляют по формулам

$$Ц'_n = \frac{Ц_{зам}}{V_{зам}^{n-\phi}} \cdot 1000; \quad (15)$$

$$D'_n = \frac{D_{зам}}{V_{зам}^{n-\phi}} \cdot 1000; \quad (16)$$

$$P'_n = \frac{P_{зам} + \Delta P_{зам}}{V_{зам}^{n-\phi}} \cdot 1000; \quad (17)$$

$$B'_n = \frac{B_{зам} + \Delta B_{зам}}{V_{зам}^{n-\phi}} \cdot 1000. \quad (18)$$

$C'_n =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>	$P'_n =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>
$D'_n =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>	$B'_n =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>

9.3 Расчет расхода материалов на 1 м³ раствора

Расходы материалов (цемента C' , воды P' , минеральной добавки-пластификатора D' и песка P'), кг, на 1 м³ раствора вычисляют по формулам

$$C' = \frac{C_{зам}}{V_{зам}^{\phi}} \cdot 1000; \quad (19)$$

$$D' = \frac{D_{зам}}{V_{зам}^{\phi}} \cdot 1000; \quad (20)$$

$$P' = \frac{P_{зам} + \Delta P_{зам}}{V_{зам}^{\phi}} \cdot 1000; \quad (21)$$

$$B' = \frac{B_{зам} + \Delta B_{зам}}{V_{зам}^{\phi}} \cdot 1000. \quad (22)$$

$C' =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>	$P' =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>
$D' =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>	$B' =$ <hr style="border: 0; border-top: 1px solid black; margin: 5px 0;"/>

Расходы материалов на 1 м³ раствора также можно рассчитать как отношение их количества на 1 м³ песка к коэффициенту выхода раствора.

Расход материалов на 1 м³ песка и на 1 м³ раствора приводят в таблице 7.

Таблица 7 - Расход материалов на 1 м³ песка и на 1 м³ раствора

[illegible]

10 Испытание образцов раствора

10.1 Определение средней плотности раствора

Плотность раствора определяют испытанием серии из трех контрольных образцов-кубов, предназначенных для определения прочности раствора.

Образцы испытывают в состоянии естественной влажности или нормированном влажностном состоянии: сухом, воздушно-сухом, нормальном, водонасыщенном. В настоящей лабораторной работе определяют плотность раствора в воздушно-сухом состоянии.

Образцы перед испытанием выдерживают не менее 28 сут в помещении при температуре $(25 \pm 10) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности воздуха $(50 \pm 20) \%$.

Объем образцов вычисляют по их геометрическим размерам.

Размеры образцов определяют штангенциркулем с погрешностью не более 0,1 мм.

Массу образцов определяют взвешиванием на весах с погрешностью не более 0,1 %.

Плотность раствора ρ_p , кг/м³, вычисляют по формуле

$$\rho_p = \frac{m}{V} \cdot 1000, \quad (23)$$

где m – масса образца, г;

V – объем образца, см³. Плотность раствора серии образцов вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытания трех образцов серии.

Результаты определений геометрических размеров, массы образцов-кубов и средней плотности раствора записывают в таблицу 8.

10.2 Определение прочности раствора на сжатие

Прочность раствора на сжатие определяют на образцах-кубах размерами 70,7×70,7×70,7 мм в проектном возрасте.

За **проектный возраст**, если иное не установлено в проектной документации, следует принимать 28 сут для растворов на всех видах вяжущих, кроме гипсовых и гипсосодержащих. Проектный возраст растворов на гипсовых и гипсосодержащих вяжущих - 7 сут.

В настоящей лабораторной работе за проектный возраст принимают 28 сут.

Проведение испытания

Схема испытаний контрольных образцов приведена на рисунке 3.

Таблица 8 - Результаты испытаний контрольных образцов

Показатели	Номер образца в замесах								
	1			2			3		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Возраст образцов n , сут									
Размеры верхнего основания образца, мм (см):	длина $a_{\text{в}}$								
	ширина $b_{\text{в}}$								
Размеры нижнего основания образца, мм (см):	длина $a_{\text{н}}$								
	ширина $b_{\text{н}}$								
Высота образца h , мм (см)									
Площадь верхнего основания $S_{\text{в}}$, мм ² (см ²)									
Площадь нижнего основания $S_{\text{н}}$, мм ² (см ²)									
Рабочая площадь сечения S , мм ² (см ²)									
Объем образца V , см ³									
Масса образца m , г									
Средняя плотность раствора в отдельных образцах ρ_p , кг/м ³									
Средняя плотность раствора $\bar{\rho}_p$, кг/м ³									
Разрушающая нагрузка P , Н (кгс)									
Предел прочности при сжатии отдельного образца $R^{\text{сж}}$, МПа (кгс/см ²)									
Среднее значение предела прочности при сжатии $\bar{R}_n^{\text{сж}}$, МПа (кгс/см ²)									
Прогнозируемое значение предела прочности при сжатии в возрасте 28 сут $\bar{R}_{28}^{\text{сж}}$, МПа (кгс/см ²)									

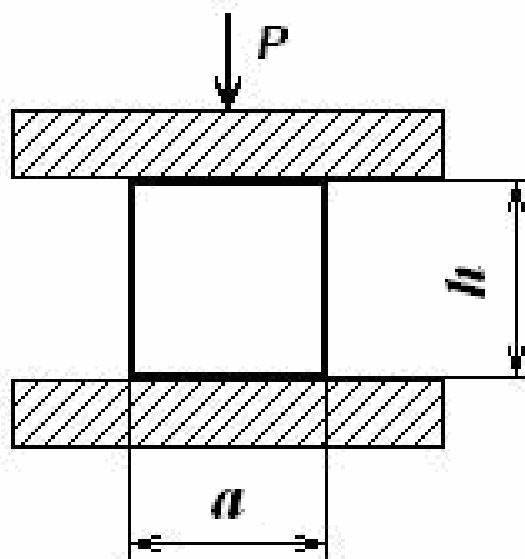


Рисунок 3 – Схема испытаний образцов при определении прочности раствора на сжатие

Образец устанавливают на нижнюю плиту пресса центрально относительно его оси так, чтобы основанием служили грани, соприкасавшиеся со стенками формы при его изготовлении.

Шкалу силоизмерителя испытательной машины или пресса выбирают так, чтобы ожидаемое значение разрушающей нагрузки находилось в интервале 20—80 % от максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой.

Достигнутое в процессе испытания образца максимальное усилие принимают за величину разрушающей нагрузки.

Обработка результатов

Предел прочности раствора на сжатие $R^{сж}$, МПа (кгс/см²), вычисляют для каждого образца с погрешностью до 0,01 МПа (0,1 кгс/см²) по формуле

$$R^{сж} = \frac{P}{S}, \quad (24)$$

где P – разрушающая нагрузка, Н (кгс);

S – рабочая площадь сечения образца, мм² (см²).

Рабочую площадь сечения образцов S определяют как среднее арифметическое значение площадей двух противоположных граней по формуле

$$S = \frac{S_в + S_н}{2} \quad (25)$$

где $S_в$ и $S_н$ – площадь соответственно верхнего и нижнего основания контрольного образца, мм² (см²).

Предел прочности раствора на сжатие вычисляют как среднее арифметическое значение результатов испытаний трех образцов.

Результаты испытания и расчетов заносят в таблицу 8.

10.3 Прогнозирование прочности раствора в возрасте 28 сут

Если испытания раствора выполнены в возрасте, отличающемся от проектного, необходимо определить величину прогнозируемой прочности в проектном возрасте. Для растворов, твердевших при температуре $(20 \pm 3) ^\circ\text{C}$, расчет производят с помощью данных таблицы 9.

Таблица 9 - Средние значения прочности растворов в различном возрасте

Возраст раствора, сут	3	7	14	28	60	90
Прочность раствора, % прочности в возрасте 28 сут	33	55	80	100	120	130

Полученные значения прогнозируемой прочности раствора записывают в таблицу 8.

11 Определение расхода материалов для раствора заданной марки по прочности

11.1 Количество материалов на 1 м^3 раствора, обеспечивающее получение раствора заданной марки, устанавливают на основе графических зависимостей прочности раствора на сжатие от расхода исходных материалов, построенных по результатам испытаний контрольных образцов (рисунок 4):

- от расхода цемента: $\overline{R}_{28}^{сж} = f(C')$;
- от расхода минеральной добавки: $\overline{R}_{28}^{сж} = f(D')$;
- от расхода песка: $\overline{R}_{28}^{сж} = f(P')$;
- от расхода воды: $\overline{R}_{28}^{сж} = f(B')$.

11.2 Рекомендуемый в производство состав раствора приводят в таблице 10.

Таблица 10 - Рекомендуемый состав строительного раствора

Марка раствора	Расходы материалов на 1 м^3 раствора, кг			
	Цемент	Минеральная добавка	Песок	Вода

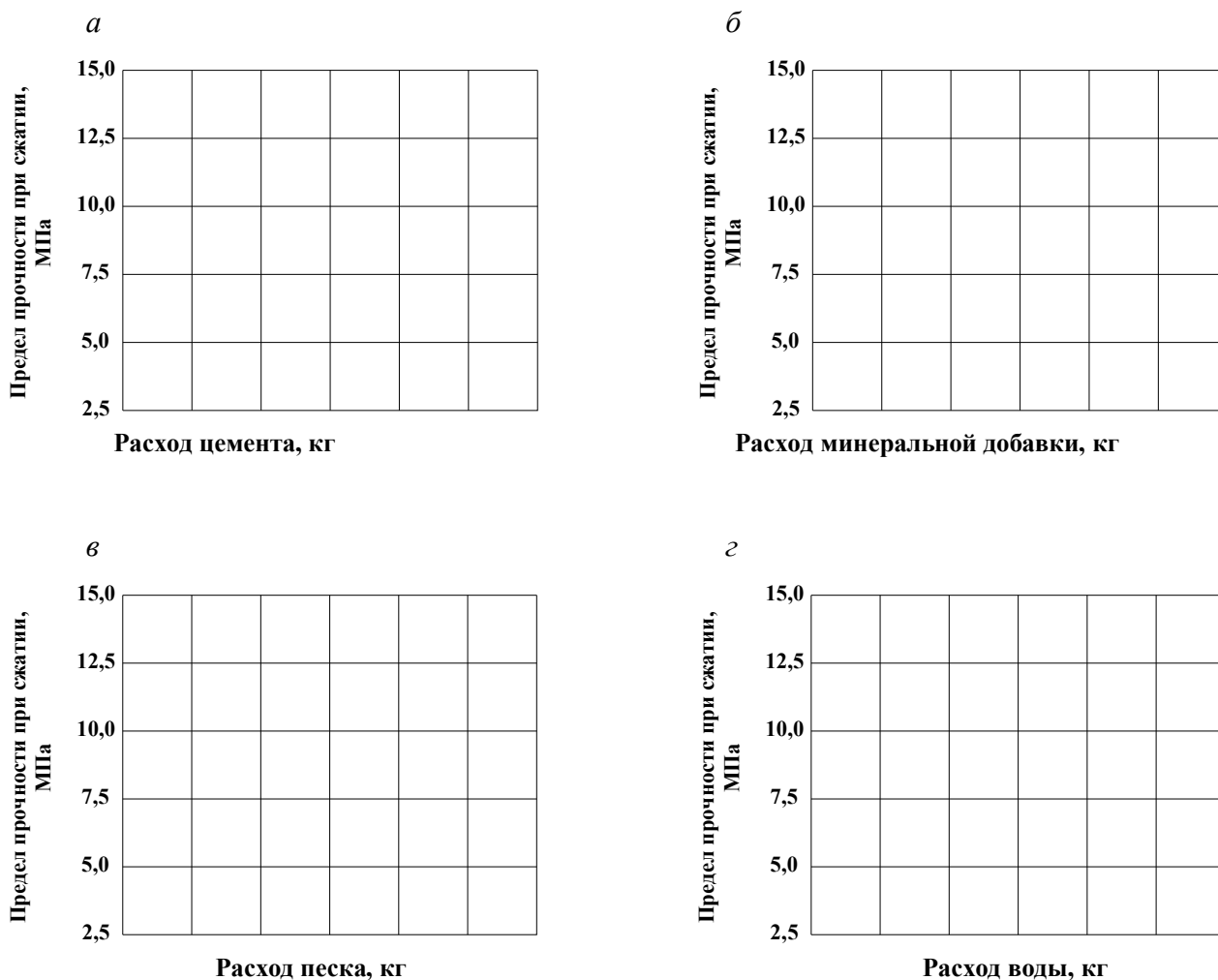


Рисунок 4 - Зависимости прочности раствора:
а – от расхода цемента; *б* – от расхода минеральной добавки;
в – от расхода песка; *г* – от расхода воды

12 Контрольные вопросы

- 1 Назовите основные показатели, характеризующие качество растворной смеси и затвердевшего раствора.
- 2 Объясните цель введения в состав строительного раствора известкового или глиняного теста.
- 3 Сформулируйте основные положения методики расчета состава строительного раствора.
- 4 Как определяют расход материалов для приготовления растворной смеси требуемого объема?
- 5 Изложите правила определения подвижности растворной смеси.
- 6 Дайте определение водоудерживающей способности растворной смеси и приведите методику ее оценки.
- 7 Дайте определение расслаиваемости растворной смеси.

8 Опишите порядок изготовления контрольных образцов-кубов раствора для оценки прочности строительного раствора.

9 Как определяют среднюю плотность и прочность строительного раствора?

Библиографический список

1 Попов К.Н., Каддо М.Б., Кульков О.В. Оценка качества строительных материалов: учебное пособие/ под общ. Ред. К.Н. Попова. – М.: Высшая школа, 2004 и последующие годы издания.

2 СП 82-101-98. Свод правил по проектированию и строительству. Приготовление и применение растворов строительных.

3 ГОСТ 28013-98. Растворы строительные. Общие технические условия.

4 ГОСТ 5802-86. Растворы строительные. Методы испытаний.

5 ГОСТ 9179-77. Известь строительная. Технические условия

6 Каклюгин А.В., Трищенко И.В. Лабораторный практикум по оценке свойств строительных материалов. Часть 2: учебное пособие / под общ. ред. А.Н. Юндина. – Ростов н/Д: Рост. гос. строит. ун-т, 2011.