

Министерство образования Российской Федерации
Тамбовский государственный технический университет

СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Лабораторные работы для студентов 2 - 3 курсов
дневного и заочного отделений
специальности 290300

Тамбов
• Издательство ТГТУ •
2001

УДК 691(075.8)

ББК Ня73

К703

Рецензенты:

Доктор технических наук, доцент кафедры *П. В. Монастырев*

Строительные растворы. Лаб. Работы / Соста. О. А. Корчагина, Тамбов: Изд-во Тамб. гос. Техн. ун-та, 20001. 20 с.

Даны лабораторные работы по изучению свойств строительных растворов.

Предназначены для студентов 2, 3 курсов дневного и заочного отделений специальности 290300.

УДК 691(075.8)

ББК Ня73

СТРОИТЕЛЬНЫЕ РАСТВОРЫ

Цель работы: 1. Изучение свойств строительных растворов.

2. Определение влияния различных технологических факторов (крупности песка, вида и содержания добавок и др.) на свойства строительных растворов.

Строительный раствор - искусственный каменный материал, получаемый в результате затвердения рационально подобранной растворной смеси, состоящей из вяжущего вещества, воды и мелкозернистого заполнителя (песка).

Растворы отличаются от бетонов отсутствием крупного заполнителя (щебня или гравия), поэтому их иногда называют мелкозернистыми бетонами и им свойственны те же закономерности, которые определяют подвижность и прочность бетонов.

Строительные растворы классифицируются по ряду признаков, важнейшими из которых являются: назначение, объемная масса, вид вяжущего, используемого для приготовления раствора.

В зависимости от назначения различают растворы **кладочные** - для кладки фундаментов, стен, столбов, сводов, **штукатурные** и **специальные** (акустические, теплоизоляционные, рентгенозащитные и др.). К растворам для кладки предъявляют требования по прочности, ибо последнее в определенной мере предопределяет прочность кладки. Для штукатурных растворов за основной показатель принимается не прочность, а их способность давать плотную штукатурку, достаточно прочно сцепляющуюся с основанием и обладающую высокими декоративными качествами.

По объемной массе в сухом состоянии растворы делятся на **тяжелые**, объемная масса которых выше 1500 кг/м^3 , и **легкие** с объемной массой менее 1500 кг/м^3 . Для приготовления тяжелых растворов применяют песок из плотных горных пород (кварцевый), а для легких - пески, получаемые дроблением пористых легких горных пород (пемзы, туфа), доменных гранулированных или топливных шлаков.

По виду вяжущего различают растворы **цементные, известковые, гипсовые, цементно-известковые, цементно-глиняные** и др. Если в состав раствора входит один вид вяжущего, то его называют простым, например, цементный, известковый (табл. 1). Чаще применяют сложные (смешанные) растворы, включающие два-три вида вяжущих или одно вяжущее с неорганической добавкой (цементно-известковый).

При установлении приведенных в таблице составов растворов принято, что цементы марок 200 - 500 имеют насыпную плотность 1100 кг/м^3 . Если насыпная плотность имеющего цемента отличается от вышеуказанного более чем на 100 %, то состав раствора необходимо пересчитать. Песок принять в рыхлонасыпном состоянии с естественной влажностью 1 - 3 %. Известь II сорта плотностью 1400 кг/м^3 ; при применении известкового теста I сорта количество теста уменьшают на 10 %. Глина принята в виде теста с глубиной погружения стандартного конуса на 13 - 14 см.

Составы растворов и требуемые марки для разных условий применения

Состав растворов исходя из степени подвижности раствора, необходимой для укладки, условий эксплуатации (например, подземная или надземная кладка), заданной марки и раствора.

Таблица 1

Подвижность растворов в зависимости от условий их применения

Назначение раствора	Подвижность в см
---------------------	------------------

Заполнение горизонтальных швов при монтаже стен из бетонных и виброкирпичных панелей	5 - 7
Расшивка горизонтальных и вертикальных швов в стенах из панелей и крупных блоков	5 - 7
Кладка из кирпича, бетонных камней и камней из легких пород	9 - 13 4 - 6
Бутовая кладка обычная	13 - 15
Заливка пустот в бутровой кладке	1 - 3
Вибрированная бутровая кладка	

Для кладки ниже уровня грунтовых вод и во влажных грунтах применяют растворы на шлаковых цементах, пуццолановом портландцементе, портландцементе с активными минеральными добавками.

При надземной кладке стен многоэтажных зданий применяют портландцемент и шлаковые цементы, преимущественно шлакопортландцемент.

Для растворов невысоких марок экономически выгодно использовать цементы с относительно невысокой активностью, и главным образом кладочные цементы, т.е. специальные цементы для строительных растворов.

Надземную кладку с небольшими напряжениями (стены невысоких зданий и т.п.) ведут на растворах, содержащих самые дешевые и недефицитные местные вяжущие: известь, известково-золевое вяжущее и др.

Понижение температуры сильно замедляет скорость твердения растворов (особенно в начальные сроки). Например, при температуре твердения ниже $+5^{\circ}\text{C}$ прочность растворов почти вдвое меньше, чем при температуре твердения $+20^{\circ}\text{C}$.

В зимних условиях для заполнения горизонтальных швов при монтаже крупнопанельных стен применяют раствор, имеющий марку не менее 100 (в летних условиях не менее 50). В зимних условиях марка растворов для каменной кладки обычно на одну ступень выше, чем для летних условий (например, 50 вместо 25).

Для заполнения горизонтальных швов при монтаже стен из бетонных и виброкирпичных панелей и крупных блоков в зимних условиях применяют: при слабых морозах (до -10°C) обыкновенные растворы без химических добавок; при средних и сильных морозах (ниже -11°C) растворы с добавками поташа или нитрита натрия.

Таблица 2

Марки растворов, применяемых для каменной кладки и при монтаже крупнопанельных стен

Назначение раствора	Требуемые марки растворов
---------------------	---------------------------

Кладка наружных стен зданий при относительной влажности воздуха в помещении:	
60 % и менее	От 4 до 10
61 - 75 %	25
более 75 %	От 25 до 50
Кладка столбов, простенков, рядовых перемычек, карнизов	25, 50, 75 и 100
Заполнение горизонтальных швов при монтаже стен из легкобетонных панелей	Не менее 50
Изготовление крупных блоков из кирпича и камней всех видов	Не менее 25

Составы растворов марок 10 - 50 подбирают редко. Обычно пользуются таблицами составов растворов, а качество получаемых растворов проверяют испытаниями.

В табл. 3 приведены для примера ориентировочные составы растворов (на цементах разных марок) с добавкой пластификатора мылонафта и без него.

Таблица 3

Ориентировочные составы растворов (в частях по объему)

Марка цемента	Требуемая марка раствора		
	25	50	100
1. Растворы без добавок поверхностно-активных веществ			
Цемент: известковое или глиняное тесто : песок			
200	1:0,7:6,5	1:0,2:3,5	-
300	1:1,2:10	1:0,7:6,7	1:0,2:3,5
2. Растворы с добавками мылонафта			
Цемент : известковое тесто : песок			
200	1:0,15:7,5	1:0:3,8	1:0:3
300	1:0,3:10	1:0,15:7,5	1:0:3,8

Данные таблицы относятся к песку средней крупности с влажностью не менее 2%. При применении мелких песков приходится увеличивать расход цемента, особенно если не используются добавки органических пластификаторов.

Растворы, изготовленные на воздушных вяжущих (воздушные растворы) предназначены для конструкций, находящихся в сухих, а на гидравлических - влажных условиях. Для получения растворов, твердеющих на воздухе применяют воздушную известь в виде теста или молотой извести-кипелки, строительный гипс, а для твердеющих в воде - портландцемент, шлакопортландцемент, пуццолановый и др.

С целью улучшения технологических свойств (удобоукладываемости, водоудерживающей способности и др.) в растворные смеси вводят специальные добавки, которые делятся на следующие группы:

1) неорганические дисперсные, состоящие из очень мелких частиц, способных хорошо удерживать воду и дающих с ней пластичное тесто - глина, известь, золы, молотые шлаки, диатомиты и др.;

2) поверхностно-активные вещества, оказывающие пластифицирующий (сульфитно-дрожжевая бражка - СДБ) и гидрофобный эффект (мылонафт, асидол, кремнийорганические жидкости ГКЖ-10, ГКЖ-94 и др.);

3) добавки-регуляторы твердения - хлористый кальций, хлористый натрий, известь-пушонка, гипс, нитрит и нитрат натрия и др.

Применение пластифицирующих добавок позволяет получать удобоукладываемые растворы значительно в меньшем количестве воды (водоудерживающем отношении - В/В). Последнее определяет не только экономию вяжущего, но и значительно улучшает технические свойства материала. Оптимальное содержание добавки устанавливают опытным путем и зависит от вида добавки, состава раствора, крупности и пустотности песка. Дисперсные добавки вводят в количестве от 20 до 100 % и более, добавки поверхностно-активных веществ - 0,05 - 0,3 % массы вяжущего.

Важнейшими строительными свойствами растворов является прочность, а растворных смесей - подвижность и водоудерживающая способность.

Прочность затвердевшего раствора оценивают его маркой, которая определяется по пределу прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек размером 4х4х16 см, изготовленных из раствора рабочей подвижности и испытанных в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора (для обычного строительного раствора - 28 суток). По прочности при сжатии установлены следующие марки растворов: 4, 10, 25, 50, 75, 100, 150, 200, 300. Марка раствора для кладки устанавливается проектом. При этом учитывается характер конструкций и условия эксплуатации (см. табл. 4).

Таблица 4

№ п/п	Наименование раствора	Рекомендуемые марки растворов
1	Кладка наружных стен зданий при относительной влажности воздуха менее 60 %	4 - 25
2	То же при влажности более 60 %	25 - 50
3	Кладка столбов, простенков, карнизов	25 - 100
4	Расшивка швов в стенах из крупных блоков	50

Наиболее распространенным являются марки 4 - 50. При кладке сильно нагруженных конструкций (столбы, простенки, колонны) применяют марки растворов свыше 50. При производстве работ составы растворов низких марок (до 50) обычно принимают по таблицам, приведенных в справочниках. Составы растворов высоких марок рассчитывают. Штукатурные растворы не являются несущими, поэтому для них прочность имеет второстепенное значение. Штукатурные растворы должны хорошо сцепляться с основанием и не иметь усадочных трещин. В случае же применения штукатурки для защиты от воздействия агрессивных сред, раствор должен обладать также достаточной плотностью, водо- и морозостойкостью.

Для приготовления штукатурных растворов используют те же материалы, что и растворов для кладки, но к ним предъявляются более высокие требования. Так, например, гашеная известь должна быть тщательно очищена от непогасившихся зерен. Гипс и песок для отделочных слоев должны быть просеяны через сито с отверстием 1,2 мм.

Подвижность штукатурных растворов выбирают в зависимости от способа нанесения (ручной или механизированной) штукатурного слоя. Для подготовительного слоя подвижность смеси составляет 11 - 13 см, основного слоя (грунта) - 7 - 8 см и отделочного слоя 7 - 10 см.

Наружные и внутренние части зданий находящиеся в обычных воздушно-влажностных условиях, оштукатуривают известковыми растворами состава 1:3 (известковое тесто : песок) для подготовительного и основного слоя, 1:2 - отделочного слоя. Поверхности, подвергающиеся систематическому увлажнению, в зависимости от требования по водостойкости оштукатуривают цементным раствором состава 1:2(3) или цементно-известковым состава 1:1:5(6) - для наружных

частей, а для внутренних - 1:2:9 (цемент : известковое тесто : песок). При замене дисперсных добавок (известки, глины) на ПАВ применяют - цементные растворы состава 1:5 - 1:6 (цемент : песок по объему). Для внутренних штукатурок сухих зданий (стен, потолков) используют известково-гипсовые растворы. Добавка гипса способствует ускорению твердения, и его содержание колеблется от 0,2 до 1 объемной части на одну объемную часть известкового теста.

Кроме обычных штукатурных растворов находят широкое применение декоративные штукатурки, которые готовят на белых или цветных цементах и цветных заполнителях. Для придания блеска в их состав вводят слюду (до 1%) или стекло (до 10%).

Состав работы:

1. Определение водопотребности растворной смеси.
2. Определение плотности и объема раствора в замесе.
3. Определение предела прочности при изгибе и сжатии.
4. Определение расхода материалов на 1 м³ раствора.
5. Выводы.

Работа выполняется по индивидуальным заданиям. Для этого подгруппа разбивается на 3 - 4 бригады, каждая из которых проводит самостоятельные исследования соответственно заданию, выданного преподавателем в начале занятия. При этом за основу следует принять:

раствор - цементный, предназначенный для кирпичной кладки. Состав раствора 1:6 (цемент : песок по массе). Подвижность растворной смеси - 8 - 9 см.

Задание № 1

Определить влияние крупности песка на водопотребность, плотность и прочность раствора.

Исследования проводят: на песке разной крупности: крупном с модулем крупности ($W_{кр}$) около 2,5 и мелком - с модулем крупности - не более 1,0. Модуль крупности рассчитывают по готовым данным ситового анализа или берут из ранее выполненной лабораторной работы.

Задание № 2

Установить влияние пластифицирующих добавок на водопотребность, плотность и прочность цементного раствора.

В качестве добавок - пластификаторов могут быть использованы:

- а) неорганические дисперсные вещества (глиняное или известковое тесто);
- б) органические ПАВ - СДБ, ССБ (0,15 - 0,30 % сухого вещества), мылонафт (0,05 - 0,10 % товарного раствора), асидол (0,05 - 0,10 % массы цемента) и другие.

Конкретно вид добавки и ее дозировки (кроме дисперсных) устанавливает преподаватель.

Количество дисперсной добавки (глиняного или известкового теста) подсчитывают по формуле:

$$D = 170(1 - 0,002C) \rho_g, \text{ кг}$$

где C - расход цемента, кг (см. задание №1), ρ_g - плотность дисперсной добавки, кг/л.

Задание № 3

Установить влияние добавок - регуляторов твердения на водопотребность, плотность и прочность цементного раствора.

Вид и содержание добавки устанавливает преподаватель. При этом могут быть рекомендованы: хлористый кальций, хлористый натрий, поташ, гипс в количестве 1-5% массы цемента.

Задание № 4

Установить влияние полимерной добавки (смолы) на водопотребность, плотность и прочность цементного раствора.

Вид добавки и ее дозировки устанавливает преподаватель.

Ход выполнения работы задания № 2 - 4 сводится к следующему.

На одних и тех же материалах приготавливают цементные растворы одного состава (1:6) без добавки и с добавкой. По методикам, изложенным ниже, определяют водопотребность и плотность растворной смеси, а затем прочность раствора в возрасте 28 суток твердения в нормальных условиях.

МЕТОДИКА ВЫПОЛНЕНИЯ РАБОТЫ

Определение подвижности, плотности растворной смеси и прочности на сжатие раствора является обязательным для всех видов раствора. Другие свойства растворных смесей и раствора определяют в случаях, предусмотренных проектом или правилами производства работ.

Объем, испытываемого раствора должен быть не менее 3 л. Испытание растворной смеси должно быть начато не позднее чем через 10 мин. после ее приготовления.

Испытание затвердевших растворов проводят не образцах, форма и размеры которых, в зависимости от вида испытания, должны соответствовать указанным в табл.14. Отклонения размеров отформованных образцов по длине ребер кубов и сторон поперечного сечения призм не должны превышать 0,7 мм.

Таблица 5

Вид испытания	Форма образцов	Геометрические размеры, мм
1	2	3
Определение прочности на сжатие и растяжение при раскладывании	Куб	Длина ребра 70,7
Определение усадки, прочности на растяжение при изгибе	Призма квадратного сечения	40 x 40 x 160
Определение плотности, влажности, водопоглощения, морозостойкости	Куб	Длина ребра 70,7

Перед формированием образцов внутренние поверхности форм покрывают тонким слоем смазки. Все образцы должны иметь маркировку, которая должна быть несмываемой и не должна повреждать образец. Изготовленные образцы измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм.

Температура в помещении, в котором проводят испытания, должна быть 20 ± 2 °С, относительная влажность воздуха 50 - 70 %.

Результаты испытаний растворных смесей и образцов раствора заносят в журнал, на основании которых составляют документ, характеризующий качество строительного раствора.

1 Определение водопотребности растворной смеси.

На песке известного зернового состава готовят цементный раствор состава 1:6, состоящий из одной массовой части цемента и шести массовых частей песка. На один замес расходуется 2,1 кг сухой смеси. Водопотребность - количество воды, необходимое для получения раствора заданной

подвижности (пластичности), устанавливают опытным путем с помощью конуса СтройЦНИЛа по глубине погружения последнего в растворную смесь (рис.7).

Аппаратура для проведения испытаний: прибор для определения подвижности (рис.1), стальной стержень диаметром 12 мм, длиной 300 мм, кельма. Эталонный конус приборов изготавливают из листовой стали или из пластмассы со стальным наконечником. Высота эталонного конуса 145 мм, диаметр основания 75 мм угол при вершине должен быть $30^{\circ} \pm 3$. Масса эталонного конуса со штангой должна быть (300 ± 2) г. Сосуд для растворной смеси емкостью 3 л. должен иметь форму усеченного конуса с диаметром нижнего основания 150 мм, верхнего основания 250 мм, высотой 180 мм.

Рис. 1 Конус СтройЦНИЛа

Подготовка к испытаниям. Все соприкасающиеся с растворной смесью поверхности конуса и сосуда следует очистить от загрязнений и протереть влажной тканью.

Для определения водопотребности сухую смесь перемешивают вручную до однородного состояния. Затем в центре смеси делают лунку и вливают в нее порциями воду, начиная с 10 % массы сухой смеси. После каждого добавления воды смесь тщательно перемешивают и проверяют подвижность.

Прибор устанавливают на горизонтальной поверхности и проверяют свободу скольжения штанги 4 в направляющих 6. Сосуд 7 наполняют растворной смесью на 1 см ниже его краев и уплотняют ее путем штыкования 25 раз стальным стержнем диаметром 10 - 12 см и 5 - 6 кратным легким постукиванием о стол, после чего сосуд ставят на площадку прибора. Острие конуса 3 приводят в соприкосновение с поверхностью раствора в сосуде закрепляют штангу конуса стопорным винтом 8 и делают первый 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 конуса, измеряют с погрешностью до 1 мм как разность между первым и вторым отсчетом.

Глубина погружения конуса (в см) характеризует величину подвижности.

Обработка результатов. Глубину погружения конуса оценивают по результатам двух испытаний на разных пробах растворной смеси одного замеса как среднее арифметическое 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. Результаты испытаний заносят в журнал.

В процессе определения водопотребности растворной смеси должно быть проделано не менее трех определений подвижности. Это дает возможность при обработке результатов построить график зависимости подвижности растворной смеси от расхода воды (рис.2) 1- на крупном песке; 2 - на мелком песке.

Рис. 2 Зависимость подвижности растворной смеси от расхода воды:

1 - на крупном песке; 2 - на мелком песке

2 Определение плотности и объема раствора в замесе

Приготовленную растворную смесь укладывают в предварительно взвешенный сосуд объемом 1 л, (рис. 9) уплотняют штыкованием 25 раз стальным стержнем и встряхиванием сосуда 5 - 6 раз легким постукиванием о стол. После этого излишек растворной смеси срезают и находят массу сосуда с раствором. Плотность ρ_0 и объем раствора в замесе V_3 вычисляют по формулам:

$$\rho_0 = (m - m_1)/V; \text{ кг/л;}$$

$$V_3 = (Ц + П_3 + В_3)/\rho_0$$

где m_1 - масса мерного сосуда, кг; m - то же с раствором, кг; V - объем сосуда, л; Ц, П₃, В₃ - соответственно расход цемента, песка, воды на замес, кг.

За величину плотности принимают среднее арифметическое из результатов двух испытаний.

Рис. 3 Стальной цилиндрический сосуд для определения плотности растворной смеси

3 Определение предела прочности раствора при изгибе и сжатии

Прочность раствора на сжатие должна определяться на образцах-кубах размерами 70,7 x 70,7 x 70,7 мм в возрасте, установленном в стандарте или технических условиях на данный вид раствора. Основным качественным показателем строительного раствора является его марка, которую определяют путем испытания образцов-кубов в 28-суточном возрасте. На каждый срок испытания изготавливают три образца.

Рис. 4 а - форма для изготовления образцов при определении прочности раствора на сжатие; б - шпатель для уплотнения

растворной смеси

Аппаратура для проведения испытаний: разъемные стальные формы с поддоном и без поддона рис. 4; пресс гидравлический; штангенциркули; стержень стальной диаметром 12 мм, длиной 300 мм; шпатель

1. Подготовка к испытанию

Образцы из растворной смеси подвижностью до 5 см должны изготавливаться в формах с поддоном. Форму заполняют раствором в два слоя. Уплотнение слоев раствора в каждом отделении формы производят 12 нажимами шпателя: 6 нажимов вдоль одной стороны и 6 - в перпендикулярном направлении. Избыток раствора срезают вровень с краями формы смоченной водой стальной линейкой и заглаживают поверхность.

Образцы из растворной смеси подвижностью 5 см и более изготавливают в формах без поддона. Форму устанавливают на кирпич, покрытый газетной бумагой, смоченной водой или другой непроклеенной бумагой. Размер бумаги должен быть таким, чтобы она закрывала боковые грани кирпича. Кирпичи перед употреблением должны быть притерты вручную один о другой для устранения резких неровностей. Кирпич применяют глиняный обыкновенный влажностью не более 2 % и водопоглощением 10 - 15 % по массе. Кирпичи со следами цемента на гранях повторному использованию не подлежат.

Формы заполняют растворной смесью за один прием с некоторым избытком и уплотняют ее путем штыкования стальным стержнем 25 раз по концентрической окружности от центра к краям.

Формы, заполненные растворной смесью на гидравлических вяжущих, выдерживают до распалубки в камере нормального хранения при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажностью воздуха 95-100%, а формы заполненные растворной смесью на воздушных вяжущих, в помещении при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$ и относительной влажности $(65 \pm 10)\%$. Образцы освобождают из форм через (24 ± 2) ч. после укладки растворной смеси. Образцы, изготовленные на растворных смесях, приготовленных на шлакопортландцементях, пуццолановых портландцементях с добавлениями замедлителей схватывания, а также образцы зимней кладки, хранившиеся на открытом воздухе, освобождают из форм через 2-3 суток.

После освобождения из форм образцы должны быть сохранены при температуре $(20 \pm 2) ^\circ\text{C}$. При этом должны соблюдаться следующие условия: образцы из растворов приготовленных на гидравлических вяжущих, в течении первых 3 суток должны храниться в камере нормального хранения при относительной влажности воздуха 95-100%, а оставшиеся до испытания время в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10)\%$. Образцы из растворов, приготовленных на воздушных вяжущих должны храниться в помещении при относительной влажности воздуха $(65 \pm 10)\%$. При отсутствии камеры нормального хранения допускается хранение образцов, приготовленных на гидравлических вяжущих, во влажном песке или в опилках. Перед испытанием на сжатие (для последующего определения плотности) образцы взвешивают с погрешностью до 0,1%, измеряют штангенциркулем с погрешностью до 0,1 мм. Образцы, хранившиеся в воде, должны быть вынуты из нее не ранее чем за 10 мин. до испытания и вытерты влажной тканью. Образцы, хранившиеся в помещении, должны быть очищены волосяной щеткой.

Рис. 4 Разъемные формы

Определение прочности раствора можно выполнять испытанием на изгиб и на сжатие образцов-балочек размерами 40 x 40 x 160 мм по ГОСТ 310.4-81, аналогично определению прочности цемента при изгибе и сжатии. После получения раствора требуемой консистенции в специальных разъемных формах, (рис. 4) внутренняя поверхность которых смазывается минеральным маслом, изготавливают образцы-балочки. Уплотнение раствора в формах производят на вибрационной площадке, которая обеспечивает вертикальное колебание с амплитудой 0,35 мм и частотой 3000-3200 колебаний в минуту. Формы заполняют раствором на 1 см, закрепляют на рабочем столе площадки, включают ее и в течение 2 мин вибрации равномерно небольшими порциями заполняют раствором все три гнезда формы. Через 3 минуты вибрацию образцов прекращают, снимают форму с площадки и срезают ножом, смоченным в воде излишки раствора, выравнивая поверхность образцов вровень с краями формы. Хранение и подготовка к испытаниям образцов-балочек аналогично хранению и подготовке к испытаниям образцов-кубов.

Проведение испытания. 1. Образцы устанавливают на опоры изгибающего устройства так, чтобы его грани, которые при изготовлении были горизонтальными, находились в вертикальном положении. Схема испытания показана на рис. 5. Шкалу силоизмерителя испытательной машины или прессы выбирают из условия, что ожидаемое значение разрушающей нагрузки должно быть в интервале 20-80% от максимальной нагрузки, допускаемой выбранной шкалой. Нагрузка на образец должна возрастать непрерывно с постоянной скоростью ($0,6 \pm 0,4$ МПа в секунду до его разрушения). Достигнутое в процессе испытания образца максимальное усилие принимают за величину разрушающей нагрузки.

Рис. 5 Схема испытания при определении прочности на изгиб

Предел прочности раствора на изгиб вычисляют как среднее арифметическое из двух наибольших значений результатов испытаний 3-х образцов.

Формула для определения прочности при изгибе

$$R_{\text{изг}} = \frac{3}{2} \cdot \frac{Pl}{bh^2},$$

где P - разрушающая нагрузка, кгс; b - ширина образца, см; l - расстояние между опорами, см; h - высота образца, см.

Предел прочности сжатия. Шесть полубалочек, полученных в результате испытания на изгиб сразу же подвергают испытаниям на сжатие, помещая каждую половину между двумя пластинками (рис. 7, б) таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении были вертикальными, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой кладке стенке образца. Предел прочности на сжатие вычисляют как частное от деления величины разрушающей нагрузки на рабочую площадь (25 см^2), и за величину его принимают среднее арифметическое четырех образцов, получивших наибольшие результаты шести испытаний.

Формула для определения прочности при сжатии:

$$R_{\text{сж}} = P/A,$$

где Р - разрушающая нагрузка, кгс; А - рабочая площадь пластины 25 см².
 Результаты испытаний заносят в табл.15.

Таблица 15

Журнал испытаний

№ п/п	
Форма испытания	
Марка раствора по заданию	
Объем раствора, м ³	
Подвижность смеси, см	
Плотность смеси, г/см ³	
Размер образца, см	
Возраст, сут.	
Рабочая площадь, см ²	
Масса образца, г	
Плотность образца раствора, г/см ³	
Разрушающая нагрузка, Н (кгс)	
Прочность отдельного образца, (кгс/см ²)	
Средняя прочность в серии, МПа (кгс/см ²)	
Примечание	

Ответственный за изготовление
 и испытание образцов _____

4 Определение расхода материалов на 1м³ раствора

Расход материалов рассчитывают по массе и объему:

а) расход материалов по массе (в кг):

$$Ц = Ц_3/V_3 \cdot 1000; \quad В = В_3/V_3 \cdot 1000;$$

$$П = П_3/V_3 \cdot 1000; \quad Д = Д_3/V_3 \cdot 1000.$$

б) расход материалов по объему (в л):

$$V_{ц} = Ц/\rho_{оц}; \quad V_{в} = В/\rho_{в}; \quad V_{п} = П/\rho_{оп}; \quad V_{г} = Д/\rho_{г};$$

где V₃ - объем раствора в замесе в метрах; Ц₃, В₃, П₃, Д₃ - соответственно расход цемента, воды, песка на замес, кг; Ц, В, П, Д - то же на 1 м³ раствора, кг; V_ц, V_в, V_п, V_г - то же, л; ρ_{оц}, ρ_{оп}, ρ_д - объемные массы цемента, песка, добавки, кг/л.

Результаты всех испытаний заносят в общую таблицу по прилагаемой ниже форме (табл. 7) и наносят на графики с координатами «подвижность - содержание воды» и (или) «прочность - содержание добавки».

Таблица 7

№ №	Наименование	Расход материалов на 1м ³ раствора, кг	Водопотребность	Плотность, кг/м ³	Предел прочности, МПа

бри-гад	добавки	Ц	П	Д	л/м ³		при изгибе	при сжатии
---------	---------	---	---	---	------------------	--	------------	------------

Выводы: По сопоставлению всех результатов делают вывод о влиянии технологических факторов крупности песка, вида, содержания добавки и др. на свойства растворной смеси и раствора.

Лабораторная работа

ПОДБОР СОСТАВА СЛОЖНОГО СТРОИТЕЛЬНОГО РАСТВОРА

Подбор состава сложного строительного раствора состоит в установлении рационального соотношения между составляющими раствор материалами (цементом, минеральной, поверхностно-активной добавкой, водой и песком). Такое соотношение должно обеспечивать получение растворной смеси заданной подвижности и приобретение раствором требуемой прочности в назначенный срок. Состав сложного раствора обычно подбирают исходя из заданной марки раствора, активности цемента и степени подвижности растворной смеси. Сначала рассчитывают ориентировочный состав раствора, а затем пробными замесами уточняют расход воды.

Расчет состава сложного раствора. Чтобы рассчитать состав сложного строительного раствора, необходимо иметь следующие данные: марку раствора R_p , подвижность растворной смеси, активность цемента $R_{ц}$, насыпную плотность цемента $\rho_{нц}$, вид минеральной добавки, плотность теста добавки ρ_d .

Расчет ведут в такой последовательности: определяют количество цемента на 1 м³ песка, необходимое для получения раствора заданной марки, затем устанавливают количество минеральной добавки (известкового или глиняного теста), необходимое для получения удобоукладываемой и нерасслаивающейся растворной смеси, после этого вычисляют ориентировочный расход воды.

Расход цемента на 1 м³ песка в рыхло-насыпном состоянии, кг:

$$Q_{ц} = R_p \cdot 1000 / K \cdot R_{ц}$$

где R_p - заданная марка раствора, 0,1 МПа; $R_{ц}$ - активность цемента при испытании цемента в образцах из пластического раствора 0,1 МПа; K - коэффициент (при использовании портландцемента $K = 1$; при использовании пуццоланового или шлакопортландцемента $K = 0,88$).

Расход цемента на 1 м³ песка, $V_{ц} = Q_{ц} / \rho_{нц}$.

где $\rho_{нц}$ - плотность цемента в рыхло-насыпном состоянии, кг/м³; принимают $\rho_{нц} = 1100$ кг/м³.

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³ песка, кг:

$$Q_d = V_d \cdot \rho_d$$

Расход известкового или глиняного теста на 1 м³:

$$V_d = 0,17(1 - 0,002Q_{ц}).$$

Плотность известкового теста принимают равной 1400 кг/м³, а глиняного теста из пластичной глины с содержанием песка до 5 % - 1300 кг/м³, из глины средней пластичности с содержанием песка до 5 % - 1450 кг/м³.

На практике часто используют известковое молоко, которое легко прокачивается насосом. Дозировка его назначается из расчета содержания в известковом молоке (плотность 1200 кг/м³) 25% извести.

Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают путем деления расхода каждого компонента растворной смеси на расход цемента по объему:

$$V_{ц} / V_{ц} : V_d / V_{ц} : 1 / V_{ц} = 1 : V_d / V_{ц} : 1 / V_{ц}.$$

Ориентировочный расход воды на 1 м³ песка для получения растворной смеси заданной подвижности:

$$V = 0,5(Q_{ц} + Q_{д} \rho_{д}),$$

где $Q_{ц}$ и $Q_{д}$ - расход цемента, извести или глины на 1 м³ песка, кг; $\rho_{д}$ - плотность неорганической добавки, кг/л.

Приготовление пробного замеса. Рассчитав расход материалов по приведенным выше формулам, приступают к приготовлению пробного замеса объемом 5 л. Для этого отвешивают компоненты растворной смеси (из расчета на 5 л) согласно выполненному расчету. Песок высыпают на противень, к нему добавляют цемент и тщательно перемешивают вручную мастерком в течение 5 мин., затем вводят известковое (или глиняное) тесто и снова перемешивают. После этого добавляют воду и окончательно перемешивают смесь в течение 3-5 мин.

Подвижность растворной смеси определяют по погружению стандартного конуса. Когда фактическое погружение конуса отличается от заданного, состав раствора корректируется. Если погружение конуса оказалось больше заданного, добавляют песок в количестве 5-10% его расхода на опытный замес; если меньше заданного - добавляют воду в количестве 5 - 10% ее расхода на опытный замес. Пробный замес перемешивают 5 мин., вновь определяют его подвижность и корректируют до тех пор, пока подвижность растворной смеси не станет соответствовать заданной.

Затем из растворной смеси требуемой подвижности изготавливают контрольные образцы-кубы размером 70,7x70,7x70,7 мм согласно ГОСТ 5802-86. В результате испытания контрольных образцов в возрасте 28 сут. определяют марку раствора и ее соответствие запроектированной.

Образцы можно испытывать и в другие сроки - через 7 или 14 сут. Для приведения полученных к их марочной 28-суточной прочности следует пользоваться следующими данными:

возраст образцов, сут	3	7	14	28	60	90
прочность раствора	33	55	80	100	120	130.

Приведенные выше данные относятся к растворам, приготовленным на портландцементе, шлакопортландцементе или пуццолановом портландцементе.

Пример

Требуется подобрать состав сложного строительного раствора марки $R_p = 75$ при следующих данных: подвижность растворной смеси 9-10 см; активность используемого шлакопортландцемента $R_{ц} = 320 \cdot 0,1$ МПа; насыпная плотность цемента $\rho_{нц} = 1100$ кг/м³; песок средней крупности ($M_k = 1,5$); минеральная добавка - известковое тесто плотностью $\rho_{д} = 1400$ кг/м³.

1. Расход цемента на 1 м³ песка

$$Q_{ц} = R_p \cdot 1000 / 0,88 R_{ц}; \quad Q_{ц} = (75 \cdot 1000) / (0,88 \cdot 320) = 282 \text{ кг};$$

$$V_{ц} = Q_{ц} / \rho_{нц}; \quad V_{ц} = 282 / 1100 = 0,225 \text{ м}^3.$$

2. Расход известкового теста на 1 м³

$$V_{д} = 0,17(1 - 0,002 \cdot Q_{ц}) = 0,17(1 - 0,002 \cdot 282) = 0,057$$

$$Q_{д} = V_{д} \rho_{д}; \quad Q_{д} = 0,057 \times 1400 = 88 \text{ кг}$$

3. Состав сложного раствора в частях по объему устанавливают путем деления расхода каждого компонента раствора на расход цемента по объему:

$$V_{ц} / V_{ц} : V_{д} / V_{ц} : 1 / V_{ц} = 0,255 / 0,255 : 0,057 / 0,255 : 1 / 0,255 = 1 : 0,2 : 3,9.$$

4. Ориентировочный объем воды на 1 м³ песка

$$B = 0,5(Q_{ц} + Q_{д} \rho_{д}) = 0,5(282 + 88 \cdot 1,4) = 202 \text{ кг.}$$

Расход материалов на 1 м³ песка для приготовления сложного строительного раствора марки
75

Цемент.....	282 кг
Вода.....	202 кг
Известковое тесто.....	0,057 м ³
Песок.....	1,0 м ³

Вопросы для самопроверки Строительные растворы

1. Понятие о растворе и растворной смеси.
2. Общая классификация строительных растворов.
3. Из каких материалов изготавливаются строительные растворы.
4. Какая область применения строительных растворов.
5. На каком приборе определяется подвижность растворной смеси.
6. Какую массу имеет конус СтройЦНИЛА.
7. Какую подвижность должны иметь растворы, применяемые для кладки из обыкновенного кирпича, бетонных камней и камней из легких пород.
8. Какую подвижность должны иметь растворы, применяемые для обычной кладки из пустотелого кирпича или керамических камней.
9. Какую подвижность должны иметь растворы, применяемые для обычной бутовой кладки.
10. От каких факторов зависит прочность растворов и как выражается эта зависимость.
11. Какие различают марки строительных растворов.
12. Какие образцы изготавливаются для определения марки строительных растворов.
13. Как влияют пластифицирующие и другие добавки на свойства растворов.
14. Какие неорганические добавки используются для пластификации строительных растворов.
15. Технологические свойства растворной смеси.
16. Понятие о водоудерживающей способности раствора и значение этого свойства.
17. Методика расчета состава раствора.