

Министерство образования и науки Российской Федерации
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

Модифицированные бетоны

Методические указания
к лабораторным работам

Составили П. Э. Соколов, С. В. Лукьяница

Волгоград ВолгГАСУ 2016



© Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный
архитектурно-строительный университет», 2016

УДК 691.32(076.5)
ББК 38.331.я73
М744

М744 **Модифицированные бетоны** [Электронный ресурс]: методические указания к лабораторным работам / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т; сост. П. Э. Соколов, С. В. Лукьяница. — Электронные текстовые и графические данные (0,2 Мбайт). — Волгоград: ВолгГАСУ, 2016. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены методики использования химических добавок с целью регулирования свойств растворов и бетонов.

Для бакалавров направления 08.03.01 «Производство строительных изделий и конструкций» по курсу «Модифицированные бетоны».

УДК 691.32(076.5)
ББК 38.331.я73

Лабораторная работа № 1

ПРИГОТОВЛЕНИЕ ВОДНЫХ РАСТВОРОВ ДОБАВОК

Цель работы – приготовить водный раствор добавки товарной концентрации.

Теоретическая часть

Для правильного дозирования и равномерного распределения добавки, как правило, следует вводить в состав бетонной смеси в виде водного раствора рабочей концентрации, т.е. раствора, которым затворяется бетонная смесь без дополнительного введения в нее воды. В зависимости от условий производства раствор добавки рабочей концентрации может готовиться заранее или в дозаторе воды.

При поставке добавки в жидком виде (концентрированный раствор) раствор рабочей концентрации готовят смешиванием добавки с водой затворения. После смешивания проверяют плотность полученного раствора, которая при необходимости доводится до заданной добавлением концентрированного раствора или воды.

При поставке добавки в твердом или пастообразном виде раствор добавки рабочей концентрации может готовиться путем растворения добавки в заданном количестве воды, либо сначала готовят концентрированный раствор добавки, который затем разбавляют водой.

При приготовлении концентрированного раствора или раствора рабочей концентрации из добавок, поставляемых в твердом виде, количество их, необходимое для получения раствора требуемой концентрации, устанавливают по данным табл. 1. После полного растворения добавки ареометром (денсиметром) проверяют плотность полученного раствора и доводят до заданной добавлением воды или добавки.

Таблица 1

Требуемая концентрация раствора, %	Содержание безводного продукта, кг на 1 л воды	Требуемая концентрация раствора, %	Содержание безводного продукта, кг на 1 л воды	Требуемая концентрация раствора, %	Содержание безводного продукта, кг на 1 л воды
1	2	3	4	5	6
2	0,02	16	0,19	30	0,429
4	0,42	18	0,22	32	0,47
6	0,064	20	0,25	34	0,515
8	0,87	22	0,282	36	0,563
10	0,111	24	0,316	38	0,613
12	0,136	26	0,351	40	0,667
14	0,163	28	0,391	42	0,721

Требуемую концентрацию раствора устанавливают при подборе состава бетона, а концентрированный раствор рекомендуется приготовить максимально высокой плотности, но исключая выпадение добавки в осадок.

При приготовлении растворов добавок из пастообразных продуктов определение содержания в них сухого вещества добавки рекомендуется производить высушиванием при 105 °С до постоянной массы навески (около 1,5 г с точностью до 1 мг) применяемой добавки.

Для приготовления растворов противоморозных добавок с целью повышения скорости растворения пастообразных и твердых продуктов рекомендуется подогреть воду до 40-80 °С и перемешивать растворы, а твердые продукты при необходимости предварительно дробить.

Растворы добавок перед их применением необходимо тщательно перемешивать. Следует запрещать применение раствора, если в нем имеется осадок нерастворившихся компонентов. Такой раствор необходимо разбавлять водой (с уточнением его плотности и расхода) или до применения профильтровать через металлическую сетку с отверстиями 1 мм, если поставляемая добавка содержит нерастворимые в воде соединения или посторонние нерастворимые включения (например, бумага от мешков).

Растворы, эмульсию или суспензию остальных добавок следует хранить при положительных температурах.

Лабораторные приборы: колба, ареометр (или набор денсиметров), термометр, мерный цилиндр, технические весы с разновесами.

Ход работы

Отмеряют 400 мл вода, нагретой до температуры 40-70 °С. Отвешивают 45 г (с точностью до 1 мг) добавки лигносульфоната технического. Добавку всыпают в подогретую воду и перемешивают стеклянной палочкой. После полного растворения добавки проверяют ареометром (денсиметром) плотность раствора.

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) рисунок ареометра (денсиметра), 3) вывод о получении концентрированного раствора добавки.

Техника безопасности

1. Все операции, связанные с химическими веществами, должны производиться в вытяжном шкафу.

2. При попадании на кожу ядовитой жидкости нужно немедленно вымыть руки горячей водой с мылом.

3. При работе с электроплитой необходимо обращать внимание, чтобы на поверхности прибора не проливалась жидкость.

Контрольные вопросы

1. Что такое раствор добавки рабочей концентрации?
2. Что такое раствор добавки товарной концентрации?
3. Как готовится раствор добавки рабочей концентрации?
4. Какие требования предъявляются к рабочим растворам добавок?

Лабораторная работа № 2

РЕГУЛИРОВАНИЕ СРОКОВ СХВАТЫВАНИЯ МОНОМИНЕРЕЛЬНЫХ ВЯЖУЩИХ

Цель работы – освоить методику регулирования сроков схватывания мономинеральных вяжущих.

Теоретическая часть

Гипсовое вяжущее – это быстросхватывающее и быстротвердеющее вяжущее вещество. Основными характеристиками гипсовых вяжущих являются сроки схватывания. В зависимости от сроков схватывания строительный гипс может быть отнесен к одной из трех групп согласно требованиям ГОСТ:

А – быстротвердеющий (начало схватывания не ранее 2 мин, конец – не позднее 15);

Б – нормальнотвердеющий (начало схватывания не ранее 6 мин, конец – не позднее 30);

В – медленноотвердеющий (начало схватывания не ранее 20 мин, конец – не нормируется).

Началом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипсового теста (всыпания гипса в воду) до момента, когда игла прибора Вика не дойдет до дна пластинки на 0,5 мм. Концом схватывания считают промежуток времени от момента затворения гипсового теста до момента погружения иглы прибора Вика в тесто не более чем на 1 мм.

Быстрое схватывание гипса затрудняет в ряде случаев его использование и вызывает необходимость применения замедлителей схватывания (кератинового, известково-кератинового клея, сульфитно-дрожжевой бражки, лимонной кислоты в количестве 0,1...0,3 % от массы гипса). Замедлители схватывания уменьшают скорость растворения полуводного гипса и замедляют диффузионные процессы. При необходимости ускорить схватывание гипса к нему добавляют двуводный гипс, поваренную соль, серную кислоту. Одни из них повышают растворимость полуводного гипса, другие (двуводный гипс) образуют центры кристаллизации, вокруг которых быстро закристаллизовывается вся масса.

Лабораторные приборы: прибор Вика, чашка для затворения гипса, шпатель, технические весы с разновесами, мерный цилиндр, часы.

Методика выполнения работы

Сроки схватывания или время от начала затворения гипсового теста до конца схватывания определяют с помощью стандартного прибора Вика, представляющего собой подвижный металлический стержень с указательной стрелкой.

1. Перед началом испытания проверяют свободное падение металлического стержня, чистоту иглы, положение стрелки, которая должна быть на нуле, если игла упирается в пластинку. Кольцо и пластинку перед началом испытания смазывают тонким слоем машинного масла.

2. В чашку наливают такое количество воды, которое необходимо для нормальной густоты теста, приготовленного из 200 г гипса.

3. Отвешивают 200 г гипса и всыпают в воду, равномерно перемешивая смесь шпателем в течение 30 с.

4. Кольцо, установленное на стеклянную пластинку, заполняют тестом. Для удаления попавшего в тесто воздуха кольцо с пластинкой 4 – 5 раз встряхивают, поднимая и опуская одну из ее сторон примерно на 10 мм. Излишки теста срезают линейкой и заполненную форму на пластинке устанавливают на основании прибора Вика.

5. Иглу прибора Вика приводят в соприкосновение с поверхностью гипсового теста, а затем свободно опускают в кольцо с тестом. Стержень закрывают зажимным винтом, который затем быстро отпускают, давая игле свободно погружаться в гипсовое тесто.

6. Опускают иглу вместе со стержнем через каждые 30 с, при этом всякий раз меняют место ее соприкосновения. После каждого погружения иглу тщательно вытирают. Глубину погружения иглы в гипсовое тесто фиксируют по показанию стрелки, расположенной на подвижном стержне, и ее значение заносят в таблицу.

7. Для определения влияния добавки регулятора на сроки схватывания гипса в воде, необходимой для получения гипсового теста нормальной густоты, растворяют требуемое количество добавки. Далее повторяют действия пунктов 2–6.

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) схему прибора Вика, 3) формулировку влияния добавки регулятора на сроки схватывания гипсового теста, 4) обработку результатов испытаний. Данные занести в таблицу по нижеследующему образцу:

№ п/п	Время контакта гипса с водой, с	Глубина погружения иглы в тесто, мм	
		без добавки	с добавкой

5) вывод о влиянии используемой добавки на сроки схватывания гипсового теста.

Техника безопасности

1. Работу с пылящимися материалами следует производить в отдельной комнате с вентиляцией.

2. При работе с агрессивными жидкостями и их растворами обязательно применять защитную одежду.

3. При попадании на кожу агрессивной жидкости немедленно вымыть руки горячей водой с мылом.

Контрольные вопросы

1. Какие вяжущие вещества можно отнести к мономинеральным?
2. Какие добавки можно отнести к ускорителям схватывания гипсовых вяжущих?
3. Какие добавки можно отнести к замедлителям схватывания гипсовых вяжущих?
4. Как определяются сроки схватывания гипса?
5. С какой целью используют добавки-регуляторы схватывания гипса?

Лабораторная работа № 3

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОВЕРХНОСТНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА НОРМАЛЬНУЮ КОНСИСТЕНЦИЮ И МАРКУ ЦЕМЕНТА

Цель работы – установить влияние добавок поверхностно-активных веществ (ПАВ) на марку цемента и освоить методику определения предела прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек из цементных растворов нормальной консистенции.

Теоретическая часть

Состав раствора с добавкой рекомендуется назначать после корректировки запро-ектированного и подобранного состава раствора без добавки.

Подбирать состав раствора без добавки можно любым проверенным на практике способом, обеспечивающим получение раствора с заданными свойствами при минимальном расходе цемента.

При применении пластифицирующей добавки с целью уменьшения расхода цемента корректировку состава раствора рекомендуется производить исходя из рассчитанных растворных смесей. Приготавливаются замесы с введением добавки, количество которой назначается исходя из требуемой подвижности растворной смеси без добавки.

Прочность – основное механическое качество цемента, определяющее его марку и назначение в бетоне. Зная марочную прочность цемента, по эмпирическим формулам производят расчет марочной прочности бетона заданного состава, вычисляют расход цемента на 1 м³ бетона заданной марки.

При введении в состав бетонной смеси добавок ССБ или СДБ поверхностно-активные вещества, входящие в их состав, адсорбируются на поверхности клинкерных зерен цемента, устраняют слипание и уменьшают трение между ними. Бетонная смесь ста-

новится более пластичной, повышаются тонкость помола цемента, его расход в бетоне, исходная подвижность бетонной смеси.

Пластифицирующие добавки позволяют снизить водоцементное отношение и тем самым повысить прочность, морозостойкость, водонепроницаемость, долговечность бетона. Кроме того, они не изменяют прочности сцепления бетона с арматурой, не вызывают коррозии последней, не увеличивают усадочных деформаций, повышают трещиностойкость и морозостойкость бетона.

Лабораторные приборы: чаша и лопатка, встряхивающий столик и форма-конус, штыковка, форма для изготовления образцов-балочек, насадка к формам, вибрационная площадка, прибор для испытания на изгиб образцов-балочек, пресс для определения предела прочности при сжатии, пластинки для передачи нагрузки, нормальный песок, раствор добавки ПАВ товарной консистенции.

Приготовление стандартных балочек из цементного раствора нормальной консистенции с добавкой

Образцы-балочки готовят из цементного раствора состава цемент – песок 1:3 при водоцементном отношении В/Ц = 0,40 и консистенции растворов, характеризуемой распылом конуса на встряхивающем столике в пределах 106...115 мм.

Для приготовления стандартного раствора применяют нормальный кварцевый песок с зернами округлой формы размером 0,5...0,9 мм Вольского месторождения. Содержание в песке глинистых и пылевидных примесей не должно быть более 1 %. Остаток на сите № 09 не более 1 % просев сквозь сито с сеткой №05 не более 8 % массы пробы. При отсутствии такового выделяют и просушивают фракцию 1,25...0,14 мм из обычного песка.

1. Отвешивают 1500 г нормального песка и 500 г цемента, высыпают их в предварительно протертую мокрой тканью сферическую чашку и перемешивают в течение 1 мин. Затем в центре сухой смеси делают лунку, вливают в нее 200 г воды (В/Ц = 0,40), дают ей впитаться и опять тщательно перемешивают смесь в течение 5 мин.

2. Внутреннюю поверхность конуса и диск встряхивающего столика перед испытанием протирают влажной тканью. Устанавливают форму-конус в центре диска.

3. Готовый раствор укладывают в форму-конус на половину высоты и уплотняют металлической штыковкой 15 штыкованиями. Затем наполняют конус раствором с небольшим избытком и штыкуют 10 раз. Избыток раствора срезают ножом вровень с краями конуса, затем конус снимают в вертикальном направлении.

4. Полученный растворный конус встряхивают на столике 30 раз в течение 30 ± 5 с, после чего штангенциркулем измеряют диаметр конуса по нижнему основанию и двум взаимно перпендикулярным направлениям, берут среднее значение. Если распыл конуса окажется менее 106 мм, количество воды увеличивают для получения распыла 106...108 мм. Если распыл конуса окажется более 115 мм, количество воды уменьшают для получения распыла конуса 113...115 мм.

Водоцементное отношение, полученное при достижении распыла конуса 106...115 мм, принимают для проведения дальнейших испытаний.

5. Перед изготовлением образцов внутреннюю поверхность формы и поддона смазывают машинным маслом. На форму устанавливают насадку и наполняют по высоте приблизительно на 1 см раствором. Включают виброплощадку и в течение первых 2 мин вибрации все три гнезда формы равномерно заполняют небольшими порциями раствора. По истечении 3 мин от начала вибрации виброплощадку отключают. Форму снимают, срезают смоченным водой ножом, излишек раствора, заглаживают поверхность образцов вровень с краями формы и маркируют их.

6. После изготовления образцы в форме хранят 24 ± 2 ч в ванне с гидравлическим затвором или шкафу, обеспечивающем относительную влажность воздуха не менее 90 %.

7. По истечении времени хранения образцы осторожно извлекают из форм и укладывают в ванны с питьевой водой в горизонтальном положении так, чтобы они не соприкасались друг с другом. Вода должна покрывать образцы не менее чем на 2 см. Ее меняют через каждые 14 сут. Температура воды должна быть 20 ± 2 °С.

Определение влияния добавки на предел прочности при изгибе и сжатии образцов-балочек из цементного раствора

По истечении срока хранения образцы вынимают из воды и не позднее чем через 30 мин подвергают испытанию. Непосредственно перед испытанием образцы должны быть насухо вытерты.

1. Образец устанавливают на опорные элементы прибора таким образом, чтобы его горизонтальные при приготовлении грани находились в вертикальном положении. Завинчивают маховичок привода захватов так, чтобы стрелка коромысла машины находилась примерно против правой цифры 4 на шкале, и включают машину рукояткой управления, спуская ее вниз.

Нагружение на образец осуществляется автоматически. На счетчике машины фиксируется напряжение при изгибе в каждый момент времени до разрушения образца.

Предел прочности при изгибе вычисляют как среднее арифметическое значение двух наибольших результатов испытаний трех образцов.

2. Полученные после испытания на изгиб шесть половинок балочек сразу же подвергают испытанию на сжатие. Половинку балочки помещают между двумя пластинками размером $62,5 \times 40$ мм таким образом, чтобы боковые грани, которые при изготовлении прилегали к продольным стенкам формы, находились на плоскостях пластинок, а упоры пластинок плотно прилегали к торцевой гладкой стенке образца. Образец вместе с пластинками центрируют на опорной плите пресса. Скорость нарастания нагрузки должна быть $20,0 \pm 0,5$ МПа/с.

Вычисляют предел прочности при сжатии каждого образца половинки, МПа ($\text{кгс}/\text{см}^2$), по формуле

$$R_{\text{сж}} = \frac{P}{S},$$

где P – разрушающая нагрузка, кгс; S – рабочая площадь пластинок, равная 25 см^2 .

Предел прочности при сжатии вычисляют как среднее арифметическое четырех наибольших результатов испытаний шести образцов.

3. По данным определений делают выводы о марочной прочности цемента.

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) схему прибора и испытаний, 3) расчетные формулы, 4) обработку результатов испытаний. Данные определения нормальной консистенции растворов занести в таблицу по нижеприведенному образцу:

№ опыта	Масса цемента, г	Масса, г		В/Ц	Расплыв конуса, мм
		воды	добавки		
1					
2					
3					

5) определение влияния добавки на марку цемента, дату изготовления образцов, шифр образцов (по нижеприведенному образцу).

№ опыта	Разрушающая нагрузка, кгс		Предел прочности при изгибе, кгс/см ²		Предел прочности при сжатии, кгс/см ²	
	без добавки	с добавкой	без добавки	с добавкой	без добавки	с добавкой
1						
2						
3						
4						
5						
6						

Среднее из двух наибольших: $R_{изг}$, кгс/см² (МПа).

Среднее из четырех наибольших: $R_{сж}$, кгс/см² (МПа);

б) вывод о снижении водоцементного отношения по результатам механических испытаний на изгиб МПа, и сжатие, МПа, и о прочностных показателях, МПа, в возрасте 28 сут выше требуемых ГОСТ для марки изготовленных балочек.

Техника безопасности

1. Работу с пылящимися веществами производить в отдельном помещении с хорошей вентиляцией.
2. При попадании на кожу рук агрессивной жидкости необходимо немедленно вымыть руки горячей водой с мылом.
3. Для снижения вредного воздействия вибрации на рабочем месте использовать противовибрационные рукавицы, ботинки и виброизолирующий коврик для пола.
4. При открывании маховиков подачи масла под поршень гидравлического пресса следует их поворачивать не более чем на 1,5...2 оборота.
5. Стрелка манометра гидравлического пресса не должна заходить далее последнего деления.

Контрольные вопросы

1. Что такое марка цемента?
2. Что такое поверхностно-активные вещества?
3. Как влияют добавки ПАВ на подвижность растворов и бетонов?
4. Какие добавки можно отнести к поверхностно-активным?
5. Какова методика определения нормальной консистенции цементно-песчаного раствора?
6. Какова методика испытаний образцов-балочек на прочность при изгибе и сжатии?

Лабораторная работа № 4

ОСОБЕННОСТИ ПОДБОРА СОСТАВА БЕТОНА С ДОБАВКАМИ

Цель работы – освоить методику проектирования состава тяжелого бетона с добавками поверхностно-активных веществ.

Теоретическая часть

Для регулирования свойств бетона, бетонной смеси и экономии цемента применяют различные добавки. Пластифицирующие добавки относятся к добавкам, регулирующим свойства бетонных смесей.

ПАВ повышают подвижность бетонной смеси, ее однородность, нерасслаиваемость, текучесть при перекачивании насосом, способствуют сохранению удобоукладываемости смеси во времени. Пластифицирующие добавки позволяют сократить расход воды на 8 – 12 % либо при неизменном расходе цемента повысить прочность бетона, его водонепроницаемость и морозостойкость.

Все это вместе взятое позволяет эффективно применять бетоны с низким В/Ц и получать высокую прочность более просто, чем при использовании других технологических приемов, шире использовать укладку бетонной смеси с пониженными В/Ц с помощью кратковременной вибрации, успешно бетонировать конструкции сложного профиля, сокращать время формования изделий, повышать качество лицевых поверхностей, уменьшать расход цемента.

Расчет состава бетона с пластифицирующей добавкой

При определении состава бетона с химическими добавками учитывают их воздействие на свойства бетона и бетонной смеси с соответствующими коэффициентами. Сведения о действии добавок получают по результатам предварительных испытаний или из соответствующих инструкций. Если в бетонную смесь вводят пластифицирующую добавку, то в соответствии с ее эффективностью уменьшают расход воды. Ориентировочно можно принимать, что лигносульфонаты технические (ЛСТ) снижают водопотребность в среднем на 10 %. В остальном же порядок определения состава не изменяется.

Цементно-водное отношение не изменяется, так как влияние добавки на прочность бетона в возрасте 28 сут незначительно.

Расчет уменьшения расхода воды, л, на x , % выполняется по следующей формуле:

$$V_1 = V(1 - x),$$

где V – расход воды на 1 м^3 бетонной смеси.

Расход цемента, кг, с учетом действия добавки составит

$$Ц' = Ц \cdot Ц/V,$$

где $Ц$ – расход цемента на 1 м^3 бетонной смеси; $Ц/V$ – цементно-водное отношение в бетонной смеси.

Коэффициент α принимаем интерполированием по табл. 2.

Таблица 2

Расход цемента, кг/м ³	Коэффициент α при В/Ц				
	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8
250	-	-	1,26	1,32	1,32
300	-	1,3	1,36	1,42	-
350	1,32	1,38	1,44	-	-
400	1,4	1,46	-	-	-
500	1,5	1,56	-	-	-

Примечания. 1. При других $Ц$ и В/Ц коэффициент α находят интерполяцией. 2. Если водопотребность используемого мелкого песка более 7 %, значение α уменьшают на 0,03 на каждый процент увеличения водопотребности песка; если водопотребность крупного песка меньше 7 %, увеличивают на 0,03 на каждый процент уменьшения водопотребности песка.

Расход щебня, кг, рассчитывают по формуле

$$Щ_1 = \frac{1000}{\frac{V_{щ} \alpha}{\rho_{ощ}} + \frac{1}{\rho_{щ}}},$$

где $V_{щ}$ – пустотность щебня в относительных единицах; $\rho_{ощ}$ – насыпная плотность щебня, кг/м³; $\rho_{щ}$ – истинная плотность щебня, кг/м³.

Расход песка, кг, определяют по формуле

$$П_1 = \left[1000 - \left(\frac{Ц_1}{\rho_ц} + V_1 + \frac{Щ_1}{\rho_{щ}} \right) \right] \rho_n,$$

где $\rho_ц$ – истинная плотность цемента, кг/м³; ρ_n – истинная плотность песка, кг/м³.

Применение пластификатора позволяет сократить расход цемента, кг:

$$Ц_1 = Ц - Ц'.$$

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) расчетные формулы, 3) расчет расхода материалов на 1 м³ бетона: цемента, кг; песка, кг; щебня, кг; раствора ННХК; воды, л; 4) вывод об особенностях подбора состава бетона с добавками поверхностно-активных веществ.

Контрольные вопросы

1. Какие основные добавки применяются в бетонах?
2. Каково влияние пластифицирующих добавок на показатели удобоукладываемости бетонной смеси?
3. В чем заключаются особенности твердения бетонов с добавками пластификаторов?
4. В чем состоит сущность подбора состава бетона с добавками?
5. Каковы основные свойства бетонных смесей с добавками?

Лабораторная работа № 5

ВЛИЯНИЕ ДОБАВОК ПОВЕРХНО-АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ НА ПОДВИЖНОСТЬ БЕТОННОЙ СМЕСИ

Цель работы – оценить влияние добавок поверхностно-активных веществ на подвижность бетонной смеси, определить эффективную пластифицирующую способность используемого ПАВ.

Теоретическая часть

Сущность определения подвижности бетонных смесей состоит в измерении осадки конуса бетонной смеси с помощью металлической линейки.

Подвижность бетонной смеси при максимальной крупности зерен заполнителя более 70 мм определяется при помощи прибора-конуса высотой 450 мм с внутренним диаметром нижнего основания 300 мм и верхнего – 150. При этом осадку конуса бетонной смеси приводят к значению осадки стандартного конуса умножением на коэффициент 0,67.

Реальный технический эффект от применения пластификаторов может быть различным. Для его оценки введено понятие «эффективное пластифицирующее действие», под которым понимается та величина пластифицирующего эффекта, которая достигается от применения пластификатора без снижения прочности бетона.

В табл. 3 приведена классификация пластификаторов по эффективному пластифицирующему действию.

Категория	Наименование	Эффективное пластифицирующее действие (увеличение ОК с 2...4 см), см	Уменьшение количества воды, %
I	Суперпластификатор	До 20 и более	Не менее 20
II	Пластификатор	До 14...19	Не менее 10
III	Пластификатор	До 9...13	Не менее 5
IV	Пластификатор	До 8 и менее	Менее 5

Лабораторные приборы: стол лабораторный с металлическим покрытием; весы технические; стальной стержень диаметром 16 мм и длиной 600 мм с закругленными концами; стальная линейка длиной не менее 700 мм; стальная линейка длиной 200 – 500 мм с делениями; кельма типа КБ; площадка из досок, обшитая листовой сталью; стальной или линолеумный лист размером 700×700 мм; прибор для определения подвижности бетонной смеси, имеющий форму усеченного конуса со сварными швами, высотой 300 мм с внутренним диаметром нижнего основания 200 мм и верхнего 100, изготовленный из листовой стали и установленный на гладком горизонтальном металлическом листе или куске линолеума; раствор добавки лигносульфоната технического рабочей концентрации.

Ход работы

Осадку конуса бетонной смеси определяют следующим образом. Внутреннюю поверхность прибора смачивают водой. Затем наполняют формы бетонной смесью через насадку-воронку, установленную на конусе. Наполнение производят тремя слоями одинаковой высоты, и каждый слой уплотняют 25-кратным штыкованием металлическим стержнем с округленным концом. Во время штыкования смеси форму прижимают к листу. Затем насадку снимают, и избыток смеси срезают металлической линейкой вровень с краями формы.

Металлический конус осторожно снимают со смеси подъемом вверх строго вертикально и устанавливают рядом с отформованной бетонной смесью. Осадку конуса бетонной смеси определяют, укладывая металлическую линейку ребром на верх формы и измеряя с погрешностью 5 мм расстояние от нижней грани линейки до верха бетонной смеси. Если при этом конус бетонной смеси сильно деформируется и приобретает форму, затрудняющую определение его осадки, измерение не производят и повторяют испытание на новой порции бетонной смеси из той же пробы.

Показатель подвижности бетонной смеси (в см) вычисляется с округлением до целых сантиметров как среднее арифметическое результатов двух определений осадки конуса бетонной смеси из одной пробы, отличающихся между собой не более чем на 2 см. При большем расхождении результатов определение повторяют каждый раз на новой порции смеси до достижения требуемой сходимости результатов.

Если вычисленный показатель подвижности бетонной смеси окажется равным нулю, смесь признается не обладающей подвижностью и должна характеризоваться показателем жесткости.

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) схему приборов и испытаний, 3) обработку результатов испытаний, 4) вывод о влиянии добавки поверхностно-активного вещества.

Техника безопасности

1. Работу с пылящими материалами производить в комнате с хорошей вентиляцией.
2. При получении растворов добавок следить за тем, чтобы они не попали на кожу. При попадании на кожу агрессивных жидкостей необходимо вымыть руки горячей водой.

3. При приготовлении бетонной смеси с использованием химических добавок принимать меры по предупреждению ожогов, раздражения кожи и повреждения глаз.
4. Перед началом укладки бетонной смеси в конус следует проверить его техническое состояние.

Контрольные вопросы

1. Что такое удобоукладываемость и подвижность бетонной смеси?
2. Какова методика получения бетонной смеси с пластифицирующей добавкой?
3. Какова классификация ПАВ по эффективному пластифицирующему действию?
4. Какие требования предъявляются к бетонной смеси с пластифицирующими добавками?

Лабораторная работа № 6

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ УСКОРИТЕЛЕЙ ТВЕРДЕНИЯ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ РАСХОДА ЦЕМЕНТА В БЕТОНЕ

Цель работы – установить влияние добавок ускорителей твердения на расход цемента в бетонной смеси.

Теоретическая часть

Назначение состава бетона с добавкой рекомендуется производить путем корректировки запроектированного и подобранного состава бетона без добавки.

Подбор состава бетона без добавки может производиться любыми проверенными на практике способами, обеспечивающими получение бетона с заданными свойствами при минимальном расходе цемента.

При введении добавки-ускорителя твердения бетона с целью уменьшения расхода цемента корректировку состава бетона рекомендуется производить следующим образом: установить оптимальное количество добавки-ускорителя твердения для тяжелого и легкого бетонов, которое назначается по табл. 4 с интервалом 0,5%, и достигаемый прирост прочности в проектном возрасте в результате ее введения;

Таблица 4

Вид цемента	Тяжелый бетон с В/Ц	Легкий бетон с подвижностью или жесткостью смеси	Добавки в расчете на сухое вещество, % массы цемента	
			NaCl, Na ₂ SO ₄ , K ₂ SO ₄ , CaCl ₂	Ca(NO ₃) ₂ , ННК, ННХК, NaCl+NaNO ₂ , NaCl+ННК, CaCl ₂ +NaNO ₂ , CaCl ₂ +ННК
Портландцемент, быстротвердеющий портландцемент, сульфатостойкий портландцемент	0,35...0,55 0,55...0,75	10...60 с 2...6 см	1...2 0,5...1	2...3 1...2
Шлакопортландцемент, пуццолановый портландцемент, пластифицированный портландцемент, гидрофобный портландцемент	0,35...0,55 0,55...0,75	10...60 с 2...6 см	1,5...2 1...1,5	2,5...3,5 1,5...2,5

Примечания: 1. Соотношение компонентов в добавках $\text{NaCl}+\text{NaNO}_2$, $\text{NaCl}+\text{ННХК}$, $\text{CaCl}_2+\text{NaNO}_2$, $\text{CaCl}_2+\text{ННХК}$ должно составлять 1:1 по массе. 2. Используя прирост прочности, пересчетом состава бетона устанавливают увеличенное значение В/Ц, при котором бетон с добавкой приобретает требуемую прочность: исходя из этого значения В/Ц при неизменном расходе воды и доле песка в смеси заполнителей, но уменьшенном расходе цемента подбирают смесь требуемой подвижности или жесткости. 3. Из подобранной бетонной смеси готовят замесы с введением добавки в оптимальном количестве, а также уменьшенном, если это возможно на 0,25 и 0,5 % массы цемента. Из смесей формируют образцы, которые подвергают тепловой обработке или выдерживают в естественных условиях и испытывают на прочность при сжатии. По результатам испытаний устанавливают наиболее экономичный состав бетона.

Методика выполнения работы

По табл. 4 выбирают оптимальный расход добавки ННХК. Введение добавки приводит к увеличению прочности бетона через 4 ч после пропаривания и в возрасте 28 сут соответственно на 10 и 10 %.

Превышение прочности бетона необходимо понизить путем увеличения водоцементного отношения при неизменном расходе воды. Достигается это понижением 28-суточной прочности бетона, МПа, на 10 %, т.е. до величины рассчитываемой по формуле

$$R_6 = R_{28} - R_{28} \cdot 0,1,$$

где R_6 – требуемая прочность бетона с добавкой ННХК, МПа; R_{28} – прочность бетона без добавки в возрасте 28 сут, МПа; 0,1 – уменьшение прочности бетона в результате снижения расхода цемента.

Увеличенное значение В/Ц, обеспечивающее получение бетона с этой прочностью, определяется по формуле

$$\frac{В}{Ц} = \frac{0,45R_{ц}}{R_6 + 0,18R_{ц}},$$

где $R_{ц}$ – активность (марка) цемента, МПа.

Поскольку расход воды не изменился, то расход цемента, кг, составит

$$Ц = \frac{В^{бд}}{\frac{В}{Ц}},$$

где $В^{бд}$ – расход воды без добавки, л.

В соответствии с рекомендациями (до применения добавки целесообразно проверить расчетную прочность бетона без добавки) для проверки рассчитанного состава бетона необходимо приготовить контрольные замесы с введением оптимального количества добавки и уменьшенного на 0,5 и 0,25 % массы цемента. Тогда для введения в бетон X , %, добавки, л, в виде n -% раствора на 1 м^3 его потребуется

$$Д = \frac{Ц \cdot X}{С},$$

где $С$ – содержание сухого вещества в 1 л применяемого раствора ННХК, кг (определяется по табл. 1).

В найденном количестве раствора ННХК воды, л, содержится

$$В_д = Д \cdot \rho - Ц \cdot X,$$

где ρ – плотность товарного раствора добавки, $\text{г}/\text{см}^3$.

Следовательно, расход воды на 1 м^3 бетона, л, необходимо уменьшить:

$$В' = В^{бд} - В_д.$$

Аналогичные расчеты производятся и при введении добавки в дозировках, уменьшенных на 0,5 и 0,25 %. Результаты этих расчетов заносят в таблицу по нижеприведенной форме.

№ состава	Количество ННХК, %	Расход материалов, кг (воды и добавки, л) на 1 м ³ бетона					В/Ц	Уменьшение расхода цемента, %
		Цемент	Песок	Щебень	Вода	Раствор добавки		

Из рассчитанных бетонных смесей приготавливают контрольные замесы для определения их подвижности (жесткости). Если указанные параметры отличаются от заданных, требуемой подвижности (жесткости) смеси достигают некоторым изменением расхода цемента. Затем из подобранных бетонных смесей формуют образцы – по 6 из каждого замеса. Образцы пропаривают по применяемому на практике режиму и испытывают на прочность через 4 ч после пропаривания и в возрасте 28 сут. Результаты этих испытаний заносят в таблицу по нижеследующей форме.

№ состава	Прочность образцов после пропаривания			
	Через 4 ч		В возрасте 28 сут	
	МПа	% от марки бетона	МПа	% от марки бетона

По результатам испытаний определяют оптимальный состав бетона и уменьшение расхода цемента для этого состава.

При использовании песка с естественной влажностью $W_{п-у}$, % и щебня $W_{щ-z}$, % в расчете на 1 м³ бетона будет вводиться воды, л

$$V^y = П \cdot y + Щ \cdot z,$$

в связи с чем ее расход, л, необходимо уменьшить до величины рассчитываемой по формуле

$$V = V' - V^y.$$

В результате проведенных расчетов устанавливают расход материалов: цемента, кг; песка, кг; щебня, кг; раствора ННХК, кг; воды, л.

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работ, 2) схему приборов и испытаний, 3) обработку результатов испытаний, 4) вывод о влиянии ускорителя твердения на расход цемента.

Техника безопасности

1. При работе с концентрированными щелочами и другими едкими жидкостями обязательно применять резиновые перчатки и очки.
2. Все операции, связанные с вредными веществами, должны производиться в вытяжном шкафу.
3. При приготовлении бетонной смеси с использованием химических добавок необходимо применять меры по предупреждению ожогов, раздражению кожи и повреждения глаз.
4. Перед началом укладки бетонной смеси в конус нужно проверить его техническое состояние.

Контрольные вопросы

1. С какой целью применяются добавки ускорителя твердения?
2. Как влияют добавки ускорителя твердения на бетонную смесь?
3. Какие добавки могут быть применены в качестве ускорителей твердения бетонов?
4. Какова методика подбора состава бетона с ускорителями твердения?
5. В чем заключается особенность подбора состава бетона с ускорителями твердения?

Лабораторная работа № 7

ПРИМЕНЕНИЕ ДОБАВКИ УСКОРИТЕЛЯ ТВЕРДЕНИЯ ДЛЯ СОКРАЩЕНИЯ РЕЖИМА ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ

Цель работы – оценить влияние добавки ускорителя твердения на продолжительность режима тепловой обработки бетона.

Теоретическая часть

При применении добавки ускорителя твердения бетона с целью сокращения режима тепловой обработки корректировка состава бетона заключается в установлении оптимального количества добавки, которое рекомендуется производить в следующем порядке: из подобранной любым проверенным на практике способом бетонной смеси готовят замесы с введением добавки, количество которой назначается по табл. 4 с интервалом 0,5 %; из смесей формуют образцы, которые подвергают тепловой обработке или выдерживают в естественных условиях и испытывают на прочность при сжатии; по результатам испытаний образцов устанавливают оптимальное количество добавки; прирост прочности бетона, подвергающегося тепловой обработке, затем используется для сокращения режима тепловой обработки.

Лабораторные приборы: раствор добавки сульфата натрия.

Методика выполнения работы

Пропаривание изделий, изготавливаемых из бетона без добавки, производится по режиму, ч: в + п + пр + о (предварительная выдержка + подъем температуры + изотермический прогрев + остывание) с получением через 4 ч после остывания бетона прочностью R, МПа.

По табл. 4 находим, что при принятом водоцементном отношении в бетоне оптимальное количество добавки сульфата натрия составляет d , % массы цемента. Значит, необходимо определить прирост прочности бетона с добавкой сульфата натрия в количествах: d , $d + 0,5$ и $d - 0,5$ %.

Количество добавки, кг; с расходом ее d , % составит

$$Д = Ц \cdot 0,0d.$$

Сульфат натрия используется 10%-й концентрации. По табл. 4 находим, что содержание соли в 1 л такого раствора плотностью ρ , г/см³, составляет n кг. Следовательно, на 1 м³ смеси бетона потребуется следующее количество соли в виде 10 %-го раствора его, л:

$$Л = \frac{Д}{n}.$$

Содержание воды, л, в данном количестве раствора составляет

$$В_p = \rho \cdot Л - Д.$$

С учетом воды, содержащейся в растворе добавки, количество ее для приготовления 1 м³ бетонной смеси составит, л

$$В' = В - В_p.$$

Аналогичные расчеты производят и при введении добавки в количестве $d+0,5$ и $d-0,5$ %, а результаты их сводят в таблицу по нижеприведенной форме.

№ состава	Количество Na ₂ SO ₄ , %	Расход материалов (воды и добавки, л), кг, на 1 м ³ бетона				
		Цемент	Песок	Щебень	Вода	10%-й раствор Na ₂ SO ₄

Из рассчитанных бетонных смесей формуют по 6 образцов из каждого замеса. Образцы пропаривают по применяемому на производстве режиму и испытывают на прочность после пропаривания и в возрасте 28 сут.

По результатам испытаний образцов составляют таблицу по форме:

№ состава	Количество Na ₂ SO ₄ , %	Прочность образцов после пропаривания			
		Через 4 ч		В возрасте 28 сут	
		МПа	% от марки бетона	МПа	% от марки бетона

При применении добавок с целью сокращения режима тепловой обработки продолжительность последнего ориентировочно можно устанавливать по формуле

$$V_d = V - aV(R_d - R),$$

где V_d – продолжительность режима тепловой обработки (включая и предварительное выдерживание) бетона с добавкой, ч; V – то же, для бетона без добавки; a - коэффициент, принимаемый равным 0,02, 0,03 или 0,04 при прочности бетона после тепловой обработки соответственно 50, 70 и 85 % от R_{28} ; R_d – прочность бетона с добавкой в регламентированный после тепловой обработки срок, % от R_{28} ; R – то же, для бетона без добавки.

Возможность сокращения продолжительности отдельных этапов тепловой обработки устанавливается экспериментально. Для проверки этого положения приготовленные бетонные образцы с оптимальным количеством ускорителя пропаривают по режимам, ч: в + п + пр + о и в + (п – 1) + (пр+1) + о. За сокращенный режим окончательно принимается режим по которому прочность бетона с добавкой равна прочности бетона без добавки.

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) схему приборов и испытаний, 3) обработку результатов испытаний, 4) вывод о влиянии добавки-ускорителя твердения на продолжительность режима тепловой обработки бетона.

Техника безопасности

1. При работе с концентрированными щелочами и другими едкими жидкостями обязательно применять резиновые перчатки и очки.

2. Все операции, связанные с вредными веществами, должны производиться в вытяжном шкафу.

3. При работе с лабораторной пропарочной камерой не допускается загружать легковоспламеняемые вещества в рабочий объем камеры.

4. Перед каждым новым циклом работы пропарочной камеры нужно проверять состояние изоляции проводов и системы заземления.

Контрольные вопросы

1. С какой целью применяются добавки ускорители твердения?

2. Как влияют добавки ускорители твердения на бетонную смесь?

3. Какие добавки могут быть применены в качестве ускорителей твердения бетонов?

4. Какова методика подбора состава бетона с ускорителем твердения?

5. В чем заключается особенность подбора состава бетона с ускорителем твердения?

Лабораторная работа № 8

ПОДБОР СОСТАВА БЕТОНА С ПРОТИВОМОРОЗНОЙ ДОБАВКОЙ

Цель работы – подобрать состав бетона с противоморозной добавкой хлористого кальция и хлористого натрия (ХК + ХН).

Теоретическая часть

Подбор состава бетона рекомендуется производить следующим образом:
подобрать состав бетона без добавки требуемой марки и подвижности любым общепринятым методом при минимальном расходе цемента;

в условиях, наиболее близких к производственным, готовить замесы, вводя в подобранную бетонную смесь противоморозную добавку в количестве, установленном по табл. 5;

определяют подвижность бетонной смеси и время ее потери;

если бетонная смесь по исходной подвижности или времени ее сохранения не удовлетворяет предъявленным требованиям, то производят повторные испытания с введением в бетонную смесь добавки замедлителя начиная с минимальных дозировок;

при пластификации смеси вследствие введения противоморозных или замедляющих схватывание добавок уменьшается расход воды до получения смеси заданной подвижности к моменту ее укладки;

при необходимости введения в бетонную смесь микрогазообразующих добавок смесь дополнительно проверяют на удобоукладываемость;

при необходимости введения в бетонную смесь воздухововлекающих добавок следует учитывать специфическое влияние вовлеченного воздуха на пластические свойства бетонной смеси – повышение удобоукладываемости под воздействием вибрации при практически незаметном влиянии на ее подвижность. Поэтому при применении воздухововлекающих добавок в сочетании с противоморозными путем снижения расхода воды следует уменьшать подвижность смеси. Снижение расхода воды в этом случае компенсируется понижением прочности из-за вовлеченного воздуха, а смесь в воздухововлекающей добавкой будет характеризоваться такой же удобоукладываемостью, как пластичная смесь без нее.

Таблица 5

Расчетная температура бетона, °С		Количество безводных добавок, % массы цемента				
от	до	НН	ХК+ХН	ННХК, ХК+НН	ННХК+М	П
1	2	3	4	5	6	7
0	-5	4...6	0+3...2+3	3...5	2+1...4+1	5...6
-6	-10	6...8	3,5+3,5...2,5+4	6...9	4,5+1,5...7+2,5	6...8
-11	-15	8...10	4,5+3...5+3,5	7...10	6+2...8+3	8...10
-16	-20	–	6+2,5...7+3	8...12	7+2...9+4	10...12
-21	-25	–	–	10...14	8+3...10+4	12...15

Методика выполнения работы

При использовании неотогретых заполнителей для бетона с $V/C = x$ и при температуре твердения $-n^{\circ}C$ по табл. 5 назначаем добавку в количестве y_1 % ХК + y_2 % ХН от массы цемента.

Количество добавки с расходом a % ХК + b % ХН от массы цемента, кг, составит

$$ХК = Ц \cdot y_1,$$

$$ХН = Ц \cdot y_2,$$

где Ц – расход цемента.

По табл. 1 определяют, что в 1 л имеющегося концентрированного раствора хлорида кальция плотностью ρ_1 г/см³ при 20 °С содержится z_1 кг CaCl₂, а в 1 л концентрированного раствора хлорида натрия плотностью ρ_2 г/см³ при 20 °С – z_2 кг NaCl.

Следовательно, для введения в бетон необходимого количества концентрированных растворов солей на 1 м³ бетонной смеси, л, требуется

$$\frac{XК}{\rho_1} = p_1,$$
$$\frac{XН}{\rho_2} = p_2.$$

В найденных количествах растворов солей содержание воды, л составит

$$\rho_1 \cdot p_1 - XК = V_{XК},$$
$$\rho_2 \cdot p_2 - XН = V_{XН},$$
$$V_{XК} + V_{XН} = V_{об}.$$

Учитывая влажность имеющихся материалов (песка $W_{п}$, %, и щебня $W_{щ}$, %), количество воды следует уменьшить еще на величину, рассчитываемую по формуле:

$$Vл = П \cdot W_{п} + Щ \cdot W_{щ},$$

где П – расход песка, кг/м³ бетона; Щ – расход щебня, кг/м³ бетона.

Тогда количество воды, л, для затворения 1 м³ бетонной смеси уменьшится до величины, рассчитываемой по формуле

$$V' = V - Vл - V_{об}.$$

Отчет о работе должен содержать: 1) описание работы, 2) схему приборов и испытаний, 3) обработку результатов испытаний, 4) вывод о расходе материалов для бетона с противоморозной добавкой.

Техника безопасности

1. При работе с концентрированным щелочами и другими едкими жидкостями обязательно применять резиновые перчатки и очки.
2. Все операции, связанные с вредными веществами, должны производиться в вытяжном шкафу.
3. Перед работой с лабораторной морозильной камерой проверить исправность электрооборудования, состояние изоляции проводов и системы заземления.
4. Запрещается использовать морозильную камеру без термометра.

Контрольные вопросы

1. С какой целью применяются противоморозные добавки?
2. Как влияют противоморозные добавки на бетонную смесь?
3. Какие добавки могут быть применены в качестве противоморозных?
4. Какова методика подбора состава бетона с противоморозными добавками?
5. В чем заключается особенность подбора состава бетона с противоморозными добавками?

Список рекомендуемой литературы

1. Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. Добавки в бетон. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
2. Рамачандран В.С., Фельдман Р.Ф., Коллепарди М. и др. Добавки в бетон. Справочное пособие. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
3. Афанасьев Н.Ф., Целуйко М.К. Добавки в бетоны и растворы. – К. Будивэльнык, 1989. – 128 с.

План выпуска учеб.-метод. документ. 2016 г., поз. 22

Подписано в свет 29.08.2016.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 1,0. Объем данных 0,2 Мбайт

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1
<http://www.vgasu.ru>, info@vgasu.ru