

ISSN 0005-9889

БЕТОН И ЖЕЛЕЗОБЕТОН

6

1992



ПРИБОР ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

Впервые разработано простое и удобное в эксплуатации средство измерения прочности бетона, не требующее построения градуировочных зависимостей. Прибор контроля прочности бетона (ПКП-1) является прибором разрушающего действия, однако величина разрушаемого при испытании участка составляет всего 2...4 см и легко заделывается цементным раствором.

Принцип работы прибора основан на скалывании ребра бетонной конструкции путем приложения ударной нагрузки. Длительность испытания — 1 мин. Прочность бетона определяют по шкале прибора.

ПКП-1 незаменим как при испытаниях изделий в заводских условиях, так и при испытаниях на строительных площадках и объектах.

ПКП-1 не имеет аналогов и защищен авторским свидетельством.

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЦЕНТР «АДАПТОР»

осуществляет передачу ПКП-1 на договорной основе
в двух вариантах:

1. Обучение в Киеве или Одессе с передачей прибора. Стоимость договора 8800 руб.
2. Обучение у заказчика с доставкой приборов. Дополнительная оплата командировочных расходов.

*Заказы на 1993 г. направлять по адресу:
254112, Киев, а/я 848, АДАПТОР.*

В заказе следует указать число требуемых приборов и вид услуг:

1. Доставка заказчику.
2. Обучение с вызовом

Договор направляется в месячный срок.

Контактные телефоны: (8—044) 220-72-14, 440-97-73, 290-20-65

СОДЕРЖАНИЕ

Бетоны

- Сугак Е. Б., Денисов А. В., Музалевский Л. П.* Десорбция влаги из портланд-цементного камня при облучении 2
- Меркин А. П., Цыремпилов А. Д., Чимитов А. Ж.* Гидромеханическая активация процесса твердения вяжущих 5
- Гиришель Г. Б., Глазкова С. В., Гакен М. В., Белик П. И., Комаров А. И., Салдугей М. М.* Использование вулканической породы Закарпатья в качестве активной минеральной добавки в цемент 6

Арматура

- Головин Н. Г., Назар Камель А.* Определение классов арматуры при смешанном армировании 8
- Гаценко А. Ю., Калеко Д. М.* Технология и оборудование для дугоконтактной приварки стержней в монтажных условиях 9

Заводское производство

- Дианов В. А., Коненков В. Я.* Линия по производству преднапряженных свай 11

Строительное производство

- Ферронская А. В., Коровяков В. Ф., Чумаков Л. Д., Мельниченко С. В.* Быстро-твердеющий керамзитобетон для зимнего бетонирования 12
- Крылов Б. А., Чукаселидзе Л. Г., Топильский Г. В., Рыбасов В. П.* Вододисперсные пленкообразующие составы для бетона в условиях сухого жаркого климата 15

В помощь проектировщику

- Нурмаганбетов Е. К.* Поперечный изгиб сжатых стержневых элементов 17
- Забегов А. В.* Ударозащита сборных железобетонных перекрытий 19

Использование промышленных отходов

- Зоткин А. Г.* Графическая интерпретация методов назначения расхода золы в бетоне 21

Долговечность

- Гордон С. С.* Прогноз долговечности железобетонных конструкций 23
- Сизов В. П.* Прогнозирование морозостойкости бетона 25

Библиография

- Михайлов К. В.* Книга об истории возведения мостов 27

Информация

- Сидоренков А. А., Дегтярева Л. Т.* Международный научно-технический семинар о железобетонных напорных и безнапорных трубах 28
- К 80-летию В. Н. Байкова 30



Е. Б. СУГАК, А. В. ДЕНИСОВ, Л. П. МУЗАЛЕВСКИЙ, кандидаты техн. наук (МИСИ)

Десорбция влаги из портландцементного камня при облучении

В большинстве ядерных установок бетон на неорганическом вяжущем выполняет функции конструкционного и защитного материала. Под воздействием эксплуатационных факторов, т. е. радиации и температуры, из бетона удаляется влага, в результате чего развиваются деформации усадки и ползучести, ухудшаются прочностные показатели, модуль упругости и другие свойства. Уменьшение водосодержания снижает способность бетона к ослаблению нейтронного потока, особенно нейтронов значительной энергии. Таким образом, содержание и потери воды в облученном материале влияют и на защитные, и на физико-механические характеристики бетонных конструкций.

В защитном бетоне на неорга-

ническом вяжущем содержание воды определяется, как правило, в структуре цементного камня, и только для некоторых специальных гидратных заполнителей — лимоните, брусите или серпентините, — в их химическом составе. Из этого следует, что десорбция воды из облучаемого бетона будет в количественном и качественном отношении связана, в основном, с удалением влаги из вяжущей компоненты.

В исследовании использовали портландцемент Белгородского и Себряковского заводов, а также основные минералы портландцементного клинкера, синтезированные в НИИцементе (табл. 1). Образцы состава Ц-2 пропаривали при температуре 80...85 °С с последующей выдержкой в камере нор-

мального твердения до 28 сут. Остальные составы 28 сут твердели во влажных условиях, минералы клинкера — в воде. В последующем все образцы до испытания хранили в нормальной температурно-влажностной среде. Перед облучением цементный камень высушивали до постоянной массы при температуре 105 °С.

Портландцементный камень облучали в исследовательских реакторах на быстрых нейтронах БР-10 и БОР-60, а также в реакторе АМ (табл. 2, 3). Плотность потока нейтронов и температура в облучательских каналах реакторов изменялись в зависимости от мощности их работы и характеризовались циклическими спадами-подъемами вплоть до остановки аппарата. Температурный режим облучения был смоделирован вне реактора, при этом часть образцов подвергали 10-циклическому нагреванию в электропечах в течение 133 сут при температуре 200 и 300 °С.

Облученные, контрольные и температурные образцы исследовали в специальной лаборатории, предназначенной для работы с радиоактивными материалами. Водосодержание измеряли дериватографом, где в качестве эталона использовали прокаленную окись алюминия Al_2O_3 .

Среди гидратированных клинкерных минералов наибольшее водосодержание отмечено у алюмоферритных соединений (табл. 4), которое обусловлено присутствием таких новообразований, как гидроалюминаты кальция составов C_4AH_{13} и C_3AH_6 и гидрогранат $C_3(AF)H_6$. В структуре силикатных минералов количество воды в 2,4...4,7 раза меньше. Вода связана адсорбционно в тоберморитовом геле и химически в гидрате окиси кальция и гидросиликатах кальция, а также заполняет часть капилляров. При облучении в реакторе водосодержание образцов снижается, причем наиболее значительные потери отмечены у силикатосодержащих минералов, особенно у белита — примерно половина от первоначального количества; в меньшей степени это наблюдается у минералов алюмоферритных, в частности, четырехкальциевый алюмоферрит имел потери всего 18,5 %.

Количество воды в алюмоферритных соединениях, как и в контрольной партии, в несколько раз превышает ее содержание в си-

Таблица 1

Материал	Состав	В/Ц	Завод-изготовитель цемента	Условия твердения	Возраст к моменту облучения, мес	Минералогический состав, % по массе			
						C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
Портландцементный камень	Ц-1	0,27	Себряковский	Влажное	30	63	14	6	15
	Ц-2	0,27	»	Пропаривание	30	63	14	6	15
	Ц-3	0,28	Белгородский	Влажное	30	65	13	7	13
	Ц-4	0,29	»	»	6	59,7	22,7	4,2	13,3
	Ц-5	0,38	»	»	30	65	13	7	13
	Ц-6	0,48	»	»	30	65	13	7	13
C ₃ S	—	0,50	НИИцемент	В воде	4	—	—	—	—
C ₂ S	—	0,305	»	То же	4	—	—	—	—
C ₃ A	—	0,83	»	»	4	—	—	—	—
C ₄ AF	—	0,325	»	»	4	—	—	—	—

Таблица 2

Состав	В/Ц	Реактор	Флюенс нейтронов, $\times 10^{20}$ нейтр/см ²	Плотность потока нейтронов, $\times 10^{13}$ нейтр/см ² ·с	Максимальная температура облучения, °С	Время облучения, сут
Ц-1	0,27	БР-10	6,2	11,0	350	168
Ц-1	0,27	БОР-60	9,5	5,1	220	489
Ц-2	0,27	БОР-60	9,5	5,1	280	489
Ц-3	0,28	БР-10	3,6	6,0	200	168
Ц-3	0,28	БР-10	5,9	10,4	375	168
Ц-3	0,28	БОР-60	10,1	5,3	240	489
Ц-4	0,29	АМ	4,5	5,6	200	166
Ц-5	0,38	БР-10	3,6	6,0	200	168
Ц-5	0,38	БР-10	5,9	10,4	375	168
Ц-5	0,38	БОР-60	10,1	5,3	240	489
Ц-6	0,48	БР-10	3,6	6,0	200	168
Ц-6	0,48	БР-10	5,9	10,4	375	168
Ц-6	0,48	БОР-60	10,1	5,3	240	489
C ₃ S, C ₂ S	—	АМ	4,5	5,7	175	166
C ₃ A, C ₄ AF	—	АМ	4,5	5,7	175	166

ликатных минералах — наибольшее отмечено у гидратированного C_3A — 0,197 г/г цементного камня, т. е. составляет почти 20 % массы образца. В белите остаточное водосодержание составляет 3,3 % массы камня.

Полученные результаты отражают особенности фазового состава и структуры клинкерных минералов, объема кристаллических и коллоидных новообразований, плотности и пористости получаемого искусственного камня. Вероятно, что варьируя химико-минералогическим составом цемента можно влиять на водосодержание бетонных композиций, а следовательно, управлять процессом подбора составляющих для изготовления бетонной защитной конструкции.

Портландцементы Белгородского и Себряковского заводов достаточно близки по химико-минералогическому составу, поэтому водосодержание образцов контрольной партии примерно одинаково (см. табл. 4). Несколько меньшее количество воды наблюдается в цементном камне нормального твердения, чем в составе, который пропаривали в первые сутки после изготовления. В процессе облучения количество воды в портландцементном камне уменьшается в зависимости от радиационного или температурного воздействий. С повышением флюенса нейтронов или температуры, т. е. с увеличением энергии, поступающей в микроструктуру вяжущего, масса удаляемой из цементного камня воды постоянно возрастает и достигает 70,4 % у состава Ц-1. При облучении в реакторе БОР-60 водопотери составили всего 21...24 % несмотря на большой суммарный флюенс нейтронов. Это вызвано тем, что основная доля нейтронов, вызывающая дефекты в молекуле воды и в дальнейшем ее радиолиз, относится к нейтронам с энергией более 0,8 МэВ. С учетом высокоэнергетичного излучения повреждающий флюенс нейтронов в БОР-60 не превысил $7,5 \times 10^{17}$ нейтр/см² (см. табл. 3), в то время как в реакторах АМ и БР-10 он составлял большую величину.

Несколько неожиданным оказалось то, что с увеличением В/Ц от 0,28 до 0,48 уменьшается количество влаги, теряемой цементным камнем под воздействием облучения или температуры. По-видимому, это вызвано тем, что образ-

Таблица 3

Энергия нейтронов	Спектр потока в реакторах		
	БР-10	АМ	БОР-60
Выше 0,8 МэВ	0,0466	0,099	0,00076
10 кэВ —	0,7	0,278	0,8277
0,8 МэВ			
100 эВ — 10 кэВ	0,102	0,103	0,12
0,215—100 эВ	0,151	0,178	0,0515
Тепловая	3×10^{-5}	0,341	—

Таблица 4

Состав	Водосодержание контрольных образцов, г/г цементного камня	Флюенс нейтронов, $\times 10^{17}$ нейтр/см ² (Температура, °С)	После воздействия	
			Водосодержание г/г цементного камня	Водопотери, г/г цементного камня
C_3S	0,085	4,5	0,053	0,032
C_2S	0,062	4,5	0,033	0,029
C_3A	0,294	4,5	0,197	0,097
C_4AF	0,200	4,5	0,163	0,037
Ц-1	0,135	6,2	0,040	0,095
Ц-1	0,135	9,5	0,090	0,045
Ц-2	0,155	9,5	0,090	0,065
Ц-3	0,140	3,6	0,100	0,040
Ц-3	0,140	5,9	0,060	0,080
Ц-3	0,140	10,1	0,110	0,030
Ц-3	0,140	(200)	0,109	0,031
Ц-3	0,140	(300)	0,090	0,050
Ц-4	0,115	4,5	0,080	0,035
Ц-4	0,115	(200)	0,090	0,025
Ц-5	0,130	3,6	0,090	0,040
Ц-5	0,130	5,9	0,058	0,072
Ц-5	0,130	(200)	0,096	0,034
Ц-5	0,130	(300)	0,080	0,050
Ц-6	0,127	3,6	0,086	0,041
Ц-6	0,127	5,9	0,075	0,052
Ц-6	0,127	9,1	0,100	0,027
Ц-6	0,127	(300)	0,095	0,032

цы с В/Ц=0,48 имели более рыхлую, более пористую структуру, с меньшим удельным объемом новообразований, поэтому доля воды с высокой энергией связи — химической, влаги тонких капилляров и адсорбционной внутренних слоев — в составе Ц-6 относительно низка, а слабосвязанная вода была удалена в результате предварительного высушивания при 105 °С. Кроме того, на водопотери влияет также карбонизация цементного камня зрелого возраста, при этом в образце Ц-6 количество углекислого кальция в 1,5 раза превысило его содержание в составе Ц-1. Располагаясь в порах и капиллярах цементного камня, кристаллы $CaCO_3$ вытеснили из них воду, уменьшая тем самым общие влагопотери.

Кроме В/Ц, десорбция влаги зависит и от условий твердения. Эксперименты показывают, что влагопотери при облучении из пропаренных образцов значительно, чем у образцов нормального твердения. Это отражает особенности структуры пропаренного цементного камня, которая характеризуется увеличением доли крупных капилляров и пор, уменьшением удель-

ной поверхности получаемых гелевых и кристаллических новообразований. «Огрубление» структуры вяжущего повлияло на энергию связи воды и водопотери, что и было отмечено измерениями.

По современным представлениям вода в структуре цементного камня удерживается с разной энергией связи. Наибольшая отмечается у гидратных соединений $Ca(OH)_2$, $Mg(OH)_2$, где вода связана электростатическими силами электрических полей, создаваемых валентными электронами. Химически связанной, но с меньшей энергией, считается вода различных кристаллогидратов, например, $3CaO \times XAl_2O_3 \cdot 6H_2O$. Максимальное количество химически связанной воды по [1] равняется

$$W_{кр} = 0,13K_{н.г}Ц_{р.з.}$$

где $K_{н.г.}$ — В/Ц цементного геля нормальной густоты; $Ц_{р.з.}$ — масса цемента, вступающая в реакцию с водой и образующая кристаллогидратные комплексы.

Значительная часть влаги содержится в тоберморитовом геле, который занимает более 75 % объема твердой фазы [2]. Располагаясь между слоями цементных новообразований на их поверхности, а также в гелевых порах, которые составляют 28 % объема геля, вода связана с ними адсорбционными и капиллярными силами. Начальное содержание влаги в структуре цементного геля составляет по [1]

$$W_r = 0,63K_{н.г}Ц_{р.з.}$$

При этом общий объем межслоевых прослоек будет равен

$$V_{мп} = m_{но}V_{но.}$$

где $m_{но}$ — межслоевая пористость тоберморитовой структуры геля; $v_{но.}$ — объем новообразований портландцементного камня.

Капиллярные поры составляют еще один структурный элемент, в который входит вода. В зависимости от радиуса капилляра изменяется энергия связи воды в нем, и при уменьшении его размера энергия связи возрастает. Объем капиллярных пор равняется

$$V_{кап} = V_k m_k - m_{но}V_{но.}$$

где V_k — объем цементного камня; m_k — общая пористость цементного камня.

Под воздействием реакторного излучения и температуры происходит удаление всех трех типов жидкости из структуры цементного камня. При этом адсорбционно

Состав	$V_{\text{кап}}, \text{см}^3$	$V_{\text{мп}}, \text{см}^3$	$V_{\text{кап}} + V_{\text{мп}}, \text{см}^3$	$W_{\text{кр}}, \text{г}$	$W_{\text{г}}, \text{г}$	$W_{\text{кр}} + W_{\text{г}}, \text{г}$	$W_{\text{ов}}, \text{г}$
Ц-1	0,023	0,037	0,060	0,020	0,097	0,117	0,062
Ц-2	0,045	0,031	0,086	0,017	0,082	0,099	0,053
Ц-3	0,028	0,042	0,070	0,019	0,092	0,111	0,052
Ц-4	0,019	0,044	0,063	0,021	0,101	0,123	0,057
Ц-5	0,060	0,050	0,110	0,023	0,111	0,134	0,062
Ц-6	0,130	0,054	0,184	0,026	0,126	0,152	0,065

связанная вода переходит из модифицированного в свободное состояние, обуславливая возникновение в цементном камне реактивного гидростатического давления, которое отжимает из него жидкость. Максимальное ее количество можно вычислить по [1]

$$W_{\text{ов}} = 0,63K_{\text{п}} \cdot \Gamma_{\text{р.а}} - V_{\text{мп}}$$

Используя данные [1, 3], рассчитаем некоторые параметры структуры исследуемых нами составов (табл. 5). Полученные величины хорошо согласуются с водосодержанием контрольных образцов составов Ц-1...Ц-4, но значительно превышают показатели для состава Ц-6 с высоким В/Ц. Отчасти это можно объяснить тем, что в действительности не весь объем капиллярных пор заполнен водой, а только некоторая его часть, кроме того, определенный объем пор занимают кристаллы CaCO_3 , которые образуются при длительном хранении на воздухе в рыхлой структуре портландцементного камня в результате карбонизационного процесса.

Количество адсорбционной воды, отжавшейся из структуры цементного камня, хотя и имеет один порядок чисел, представляет меньшую величину, чем водопотери образцов после флюенса нейтронов $5,9 \times 10^{20}$ нейтр/см² и температуры до 375 °С. При этой радиационной нагрузке данный тип влаги в вяжущем отсутствует. По-видимому, облучение приводит к полному удалению капиллярной влаги, т. е. той жидкости, которая имеет недостаточно высокую энергию связи, а именно: межслоевую жидкость и капиллярную воду. Кроме того, наблюдается десорбция химически связанной жидкости в результате гидратации гидросиликатов кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, C_3AH_6 и других кристаллогидратов [4, 5], которая обусловлена повреждающим действием нейтронного потока.

Оставшаяся в облученном цементном камне жидкость (0,04...0,11 г на 1 г вяжущего) в зависимости от радиационно-температурной нагрузки представлена, в первую очередь, водой тоберморит-

тового геля С—S—Н и гелевых пор. Облучение и нагревание вызвали уменьшение размеров диффузных водных оболочек цементных частичек, однако удалению подвергались только внешние, наименее связанные слои молекул воды гидратных оболочек. Вода геля будет составлять основную часть оставшейся в цементном камне жидкости после облучения. Меньшая часть представлена водой кристаллогидратов и связана валентностью. Как показывают результаты рентгенографического, термографического и петрографического анализов [4, 5], она сохранилась в гидрате окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$, гидрогранате $\text{C}_3(\text{AF})\text{H}_6$, трехкальциевом гидроалюминате C_3AH_6 и гидросиликатах. При облучении флюенсом $(5,0...6,2) \times 10^{20}$ нейтр/см² количество химически связанной влаги уменьшается в связи с аморфизацией и дегидратацией кристаллогидратов, но сохраняется в соединениях $\text{Ca}(\text{OH})_2$ и гидросиликатах С—S—Н.

В практике проектирования АЭС принято, что за срок службы бетонные композиции под действием эксплуатационных факторов приближаются к состоянию полного обезвоживания. Результаты данного исследования показывают, что это не соответствует действительности. Учет реального водосодержания материала позволяет более оптимистично оценивать их защитные характеристики и физико-механические свойства, а следовательно, надежность бетонной конструкции при повышенных радиационных нагрузках. Это особенно важно при нынешнем положении отечественной атомной энергетики и современных тенденциях к увеличению срока эксплуатации АЭС до 40...50 лет и более.

Кроме того, экспериментальные данные по остаточному водоснабжению являются основанием для отказа от использования нетрадиционного типа вяжущего и заполнителя, например специального гидратного заполнителя, а также повышенного количества воды для

замена смеси. Эти операции, как правило, снижают физико-механические свойства бетонных композиций, поэтому их исключение будет способствовать улучшению конструктивных свойств защитных элементов из бетона.

Выводы

Гидратированные силикатосодержащие минералы клинкера C_3S и C_2S после облучения в реакторе теряют значительное количество воды и остаточное водосодержание составляет 0,053 и 0,033 г/г соответственно. Водосодержание облученных минералов C_3A и C_4AF в 2...6 раз выше, чем у минералов C_3S и C_2S .

После облучения в портландцементном камне остается 4...11 % воды от массы вяжущего. С увеличением радиационно-температурной нагрузки потери влаги из цементного камня возрастают. Отмечено влияние условий твердения, а именно пропаривания на водосодержание облученного материала.

В результате облучения в реакторе из структуры цементного камня удаляется свободная, капиллярная, межслоевая и поровая адсорбционная, а также часть химически связанной влаги. Оставшаяся в цементном камне жидкость представлена влагой гелевых пор и химически связанной жидкостью, в первую очередь, водой С—S—Н и гидрата окиси кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$.

При проектировании защитных элементов АЭС учет реального водосодержания облученных бетонных композиций позволяет без снижения надежности увеличивать срок эксплуатации защитной бетонной конструкции.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

- Ахвердов И. Н. Природа тоберморитовой структуры цементного камня и механизм ее разрушения при гамма-нейтронном облучении // Вестн АН БССР.— Сер. физ.-техн. наук.— Минск, 1984.— № 4.— С. 88—96.
- Шейкин А. Е. Структура, прочность и трещиностойкость цементного камня.— М.: Стройиздат, 1974.— 192 с.
- Ахвердов И. Н. Основы физики бетона.— М.: Стройиздат, 1981.— 464 с.
- Виноградов Б. Н., Дубровский В. Б., Сугак Е. Б. Влияние облучения на гидратированные минералы портландцементного клинкера // Вопросы атомной науки и техники.— Сер.: Проектирование и строительство.— М.: ЦНИИАтоминформ, 1981.— Вып. 2 (9).— С. 34—39.
- Виноградов Б. Н., Дубровский В. Б., Сугак Е. Б. Фазовый состав и структура облученного портландцементного камня / Вопросы атомной науки и техники.— Сер.: Проектирование и строительство.— М.: ЦНИИАтоминформ, 1980.— Вып. 2 (7).— С. 34—39.

Гидромеханическая активация процесса твердения вяжущих

Известно, что активация вяжущих (механоактивация, гидроактивация, механохимическая активация и др.) позволяет снизить энергетические затраты на процессы синтеза силикатного камня и повысить производительность предприятий по выпуску искусственных строительных материалов [1, 2].

Одним из способов эффективной механохимической активации вяжущих является способ гидромеханической активации цемента, разрабатываемый ВСТИ и МИСИ. Сущность данного способа заключается в активации части вяжущего в водощелочной среде. Процесс гидромеханической активации осуществлялся по технологической схеме рис. 1.

В исследованиях использовали портландцемент марки 400 Тимлюйского цементного завода, полевопатовый песок с $M_k=2,1$, гранитный щебень фракции 5...20 мм и щелочную добавку в виде отхода Селенгинского целлюлозно-картонного комбината — черного щелока. Добавка включает (масс. %): карбонат натрия — 15...18, абиеатат натрия — 15...17, метанол — 3...7, растворимый лигнин — 15...20, нерастворимый лигнин — 12...15, сульфаты — остальное.

Черный щелок — крупнотоннажный отход целлюлозоварения, уровень утилизации которого, к сожалению, очень низок. Доступность щелока и специфика вещественного состава предопределяют перспективность его использования в технологии бетона. Высокое содержание солей натрия обеспечивает высокую щелочность добавки, а абиеатат и растворимый лигнин — пластифицирующие, воздухововлекающие и дефлокуляционные свойства добавки. Эти свойства щелока проявляются как на стадии гидромеханической активации цемента, так и при приготовлении бетонных смесей.

Количество активированной части цемента изменяли в пределах 20...50 % общего расхода цемента

на 1 м³ бетона, добавки щелока 0,05...0,2 % общего расхода цемента. Гидромеханическую активацию части вяжущего проводили в замкнутом режиме в водном растворе щелока различной концентрации в диспергаторе СО-178 в течение 1...2 мин. Достижимая дисперсность активированного цемента составляла 0,5...0,6 % остатка на сите N005.

Заданную часть цемента, добавку и всю воду для приготовления бетонной смеси подавали в первичный смеситель-накопитель, откуда полученная суспензия поступала в активатор, где происходило эффективное диспергирование, оводнение и начальная гидратация вяжущего. После гидромеханической ак-

тивации цементная суспензия по замкнутой системе возвращалась в накопитель. После 2 мин активации цементную суспензию направляли в бетоносмеситель для окончательного приготовления смеси.

Расход цемента и номинальный состав бетонной смеси в работе был принят постоянным и составлял 250 кг/м³ при соотношении цемент : песок : щебень = 1 : 2,4 : 4,2 и В/Ц=0,42. Режим пропаривания бетонных образцов во всех сериях был постоянным: 2+12+2 ч при температуре изотермии 85 ± 2 °С. Образцы бетона испытывали по ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы определения прочности на сжатие и растяжение». Из результатов испытаний (рис. 2) следует, что гидромеханическая активация части вяжущего в присутствии щелочесодержащей добавки приводит к росту прочности бетона во все сроки твердения по сравнению с бетоном на неактивированном цементе. Наибольшей прочностью характеризуются бетоны, содержащие 33 % активированной части цемента, а оптимальная дозировка щелочесодержащей добавки составляет 0,2 % расхода цемента.

Оптимальная доля активированной части цемента непостоянна и зависит от временного режима активации и технических данных активатора.

Проведенный комплекс физико-химических исследований активированного цемента показывает, что при оптимальном сочетании добавки и доли активируемого цемента достигается наиболее эффективная активация цемента. Это выражается в высокой степени диспергаии частиц цемента — остаток на сите N005 — 0,5...0,51 масс. % за 2 мин активации, тогда как у остальных составов — 0,58...0,6 масс. %. Путем гидромеханической активации удается снизить В/Ц до 0,38...0,4. Кроме того, наблюдается глубокая модификация микроструктуры цементного камня на основе активированного цемента (рис. 3).

По данным рентгенофазового

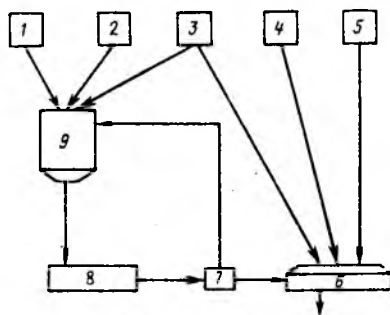


Рис. 1. Технологическая схема приготовления бетонной смеси с гидромеханической активацией цемента

Дозаторы: 1 — воды; 2 — добавки; 3 — цемента; 4 — песка; 5 — щебня; 6 — бетоносмеситель; 7 — регулятор направления потока; 8 — активатор; 9 — накопитель — первичный смеситель

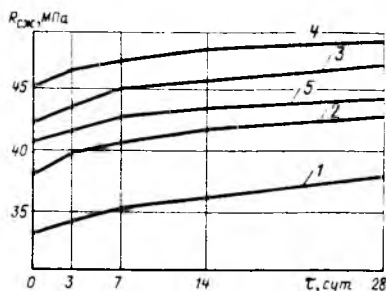


Рис. 2. Влияние содержания активированного цемента на прочность бетона

1...5 — содержание активированного цемента соответственно 0, 20, 25, 33 и 50 %

анализа, структурообразование в твердеющем цементном камне обусловлено образованием гидросиликатов C_2SH (А) (1,92; 2,87; 3,07; 3,27) и постепенной трансформацией их в CSH (В) (1,84; 2,80; 2,97; 3,03; 4,26) в присутствии щелочных добавок обнаруживается дополнительное наличие смешанных Na, Ca — гидросиликатов (2,62; 4,76; 5,41) группы пектолита. При этом наиболее интенсивно формирование этих новообразований наблюдается в составах с 0,2 % добавки.

Интенсификация структурообразования, а также уплотнение поровой структуры камня объясняется пониженным водосодержанием активированной цементной суспензии и твердофазной дисперсией частиц цемента в доиндукционный период — период отсутствия на частицах цемента гелевых оболочек из продуктов гидратации.

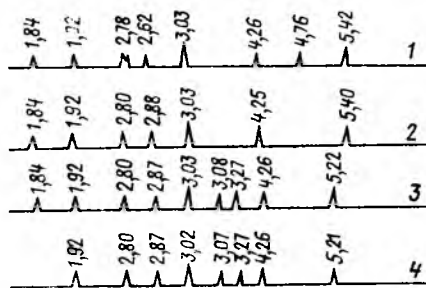


Рис. 3. Рентгенофазовый анализ цементного камня после пропаривания

1...4 — содержание активированного цемента соответственно 0, 20, 25 и 33 %

Кроме того, наличие щелочного активатора вызывает интенсивное гидролитическое дезагрегирование частиц цемента с одновременной их гидратацией.

Установленное оптимальное содержание активированной части цемента в составе вяжущего (33 масс. %), состав цементной суспензии, включающей 0,15...

0,2 % черного щелока, а также предложенный способ активации были положены в основу технологии гидромеханической активации цемента.

Данная технология внедрена на линии изготовления стеновых конструкций 135 серии на заводе КПД 1 ПСО Бурятгражданстрой и позволяет сократить производственный цикл изготовления железобетонных изделий путем сокращения режимов тепловлажностной обработки в 1,5 раза (с 2+12+2 до 2+6+2 ч) или снизить расход цемента на 20...25 % при том же классе отпускаемого бетона.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волженский А. В. Минеральные вяжущие вещества. — М.: Стройиздат, 1986. — 464 с.
2. Сватовская Л. Б., Сычев М. М. Активированное твердение цемента. — Л.: Стройиздат, 1983. — 158 с.

УДК 691.54.001.1

Г. Б. ГИРШТЕЛЬ, С. В. ГЛАЗКОВА, кандидаты техн. наук М. В. ГАКЕН, П. И. БЕЛИК, А. И. КОМАРОВ инженеры (НИИСК); М. М. САЛДУГЕЙ, канд. техн. наук (ИПЦ Киевинжцемент)

Использование вулканической породы Закарпатья в качестве активной минеральной добавки в цемент

Проблема обеспечения строительной индустрии цементом требует новых технологических решений. Увеличить количество цемента можно за счет производства вяжущего нового класса — тонкомолотого многокомпонентного цемента (ТМЦ) повышенной дисперсности с содержанием активных минеральных добавок более 30 %.

НИИСК совместно с ИПЦ Киевинжцемент проведены исследования вяжущего с применением необоженного перлита — породы вулканического происхождения, которая представляет собой водосо-

держасщее стекло плотностью 2,25...2,40 г/см³.

Вяжущее готовили путем совместного помола портландцементного клинкера (ТУ 21—13—2—88) Каменец-Подольского цементного завода, перлитового щебня (ГОСТ 25226) Береговского карьера Закарпатской обл. и гипсового камня (ГОСТ 4013).

Химический состав клинкерного цемента, перлита и смешанного вяжущего приведен в табл. 1, физико-механические характеристики клинкерного цемента и ТМЦ — в табл. 2.

Добавка перлита значительно изменяет химический состав вяжущего. За счет кремнеземсодержащей добавки процент SiO_2 в составе вяжущего увеличивается в 2 раза (с 21 до 42 %), Al_2O_3 — с 6 до 8 %; вместе с тем, понижается содержание CaO с 60 до 37 %; при этом активность вяжущего не снижается.

В лабораторной шаровой мельнице были приготовлены опытные партии ТМЦ с содержанием перлита 25...79 %. Активность вяжущего проверяли в бетоне постоянного по сухим компонентам состава. Рас-

Таблица 1

Материал	Содержание окислов, %											
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	MnO	CaO	MgO	P_2O_5	K_2O	Na_2O	SO_3	п. п. п.
ЦПБ	21,32	6,13	5,05	0,16	0,035	60,76	3,40	0,05	0,55	0,24	1,26	0,83
ТМЦ	42,20	8,02	3,57	0,13	0,068	37,75	1,21	0,05	1,30	0,54	1,58	3,32
Перлит	72,65	12,35	1,39	0,06	0,052	1,03	0,10	0,05	4,54	3,81	0,05	3,68

Вяжущее	Плотность, г/см ³	S _{уд} , м ² /кг	Остаток на сите 008, %	Н. Г., %	Сроки схватывания, ч-мин		Прочность, МПа	
					начало	конец	сжатие	изгиб
ЦПБ	3,16	390	5,6	27,5	1-55	3-10	29,0 49,9	4,85 6,55
ТМЦ	2,89	299	4,2	32,5	4-00	5-10	35,1	5,99

Примечание. Над чертой — в возрасте 3 сут, под чертой — в возрасте 28 сут.

ход материалов на 1 м³: вяжущего — 400, песка — 600, щебня — 1200 кг. Подвижность бетонной смеси для всех составов принята 4...5 см. В бетонах использовали днепровский песок с M_к=1,17, гранитный щебень Гниваньского карьера фракции 5...20 мм.

Данные испытаний бетонов (табл. 3) показывают, что перлит Береговского карьера является активной минеральной добавкой, что позволяет использовать его в ТМЦ. Введение в ТМЦ 25...50 % перлита от массы клинкера практически не снижает прочность бетона. При введении 70 % перлита прочность бетона снижается на 20 %. Для опытного производства принят состав вяжущего с содержанием перлита до 50 % — ТМЦ-50.

Новое вяжущее испытывали в бе-

Таблица 3

Состав вяжущего, %			Удельная поверхность S _{уд} , м ² /кг	Прочность бетона после ТВО, МПа
клинкер	гипс	перлит		
95,00	5,00	—	480	32,3/47,6
71,25	3,75	25	560	34,6/49,2
66,50	3,50	30	559	36,6/48,7
61,75	3,25	35	620	35,3/44,6
57,00	3,00	40	505	37,6/42,3
47,50	2,50	50	532	38,9/44,8
28,50	1,50	70	510	37,9/39,2

Примечание. Перед чертой — в возрасте 1 сут, после черты — в возрасте 28 сут.

бетона. Применение пластифицирующих добавок в бетонах на ТМЦ, как и на клинкерном цементе, при неизменной подвижности бетонной смеси позволяет повысить прочность на 7...15 %.

В табл. 4 приводятся расчетные расходы клинкерного цемента и ТМЦ-50 для получения бетона классов В15...В45 как с использованием ПАВ, так и без них. Для бетонов всех классов расход ТМЦ меньше, чем расход клинкерного цемента на 10...18 % в зависимости от расхода вяжущего. Экономия клинкера при производстве вяжущего ТМЦ-50 достигает 53...56 %.

Из 1 т клинкера на новом вяжущем можно получить вдвое больше бетона, чем на клинкерном цементе.

Применительно к помольным агрегатам ИПЦ Киевинжцемент разработан технологический регламент производства вяжущего с добавкой перлита и других кремнеземистых добавок, утверждены технические условия ТУ 21.488 2448—01—89 на новый вид ТМЦ — тонкомолотое вяжущее с неводопотребной кремнеземистой добавкой (ТВНКД), которое является многокомпонентным вяжущим, полученным путем помола портландцементного клинкера, гипса и кремнеземосодержащей добавки, не изменяющей влажности вяжущего в процессе помола. Производство

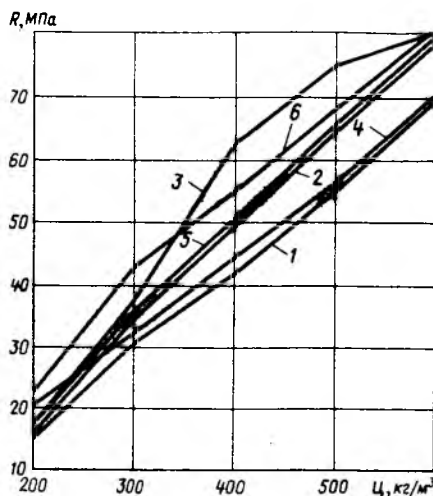
Таблица 4

Вид вяжущего и ПАВ	Расход и экономия вяжущего В и клинкера К в бетонах классов														
	В15			В22,5			В30			В40			В45		
	В, кг/м ³	ΔВ, %	ΔК, %	В, кг/м ³	ΔВ, %	ΔК, %	В, кг/м ³	ΔВ, %	ΔК, %	В, кг/м ³	ΔВ, %	ΔК, Г	В, кг/м ³	ΔВ, %	ΔК, %
ЦПБ*	255	0	0	310	0	0	380	0	0	462	0	0	542	0	0
ЦПБ+С-3	230	10	10	260	16	16	315	17	17	345	25	25	385	30	30
ЦПБ+ПФ	240	6	6	295	5	5	345	9	9	400	13	13	470	13	13
ТМЦ-50	230	10	55	290	6	53	355	6	53	440	5	52	550	—1	50
ТМЦ-50+С-3	225	12	56	273	12	56	330	13	56	385	17	58	462	15	57
ТМЦ-50+ПФ	230	10	55	280	10	55	330	13	56	375	19	59	445	18	59

* Контрольный состав

тонах классов В7,5...В55 с использованием суперпластификатора С-3 и пластифицирующей добавки ПФ (пластификатор формиатно-спиртовый по ТУ 84—1067—85), а также в бетонах без ПАВ. Расход вяжущего принят 200, 300, 400, 500 и 600 кг/м³, подвижность бетонной смеси 4...6 см.

Все образцы пропаривали по режиму (2)+3+6+2 ч при 80 °С изотермического прогрева. Прочность бетона после ТВО через 28 сут приведена на рисунке. Из него видно, что замена в цементе 50 % клинкера перлитом практически не снижает прочности



Влияние расхода вяжущего и ПАВ на прочность бетона в возрасте 28 сут после пропаривания

1 — бетон на клинкерном цементе; 2 — то же + ПФ; 3 — то же + С-3; 4 — бетон на ТМЦ-50; 5 — то же + ПФ; 6 — то же + С-3

ТВНКД налажено на ИПЦ Киевинжцемент, выпускается с содержанием добавки 10...40 % и используется при изготовлении железобетонных конструкций различного назначения.

Определение классов арматуры при смешанном армировании

Авторами обобщены рекомендации по подбору ненапрягаемой арматуры [1, 2] при заданном классе напрягаемой арматуры в эксплуатационной и предельной стадиях и разработаны предложения, позволяющие учитывать разные модули упругости в смешанной арматуре и различное расположение напрягаемой и ненапрягаемой арматуры по высоте сечения в растянутой зоне.

Допустим, имеется сечение со смешанным армированием (см. рисунок). При $\xi < \xi_R$ наиболее рациональным в предельной стадии считается сочетание смешанной арматуры, при котором напряжения в напрягаемой и ненапрягаемой арматуре одновременно достигают предельных значений. Однако ненапрягаемая арматура обычно имеет больший запас пластических деформаций, чем напрягаемая. С целью более полного использования всей продольной рабочей арматуры желательно, чтобы ненапрягаемая арматура достигала предельных значений раньше или одновременно с напрягаемой арматурой.

Для учета этих факторов при подборе класса ненапрягаемой арматуры удобнее пользоваться деформациями. Напряжения высокопрочной арматуры в предельном состоянии могут превышать условный предел текучести. Поэтому криволинейный участок диаграммы деформирования этой арматуры для упрощения заменяем двумя отрезками прямых — от предела упругости $0,8 \sigma_{0,2}$ ($0,8R_s$) до условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ (R_s), соответствующего остаточным деформациям, $0,002$, и вторым — от условного предела текучести $\sigma_{0,2}$ (R_s) до временного сопротивления арматуры, выраженного через условный предел текучести $\eta \sigma_{0,2}$ (ηR_s). Для рассматриваемого армирования наименее напряженная

ненапрягаемая арматура и наиболее напряженная напрягаемая арматура расположены в m -м и первом рядах (см. рисунок).

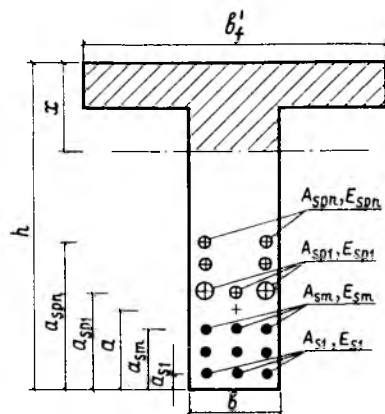
Следовательно, условие, гарантирующее, что предельное значение напряжения в напрягаемой арматуре будет достигнуто не раньше, чем в ненапрягаемой арматуре

$$R_{sm} \leq \frac{E_{sm}}{E_{sp1}} \left[R_{sp1} + 0,002 E_{sp1} + \frac{(\gamma_{s6})_m - 1}{(\eta_{sp1})_m - 1} (\epsilon_{psu1} - 0,002 - \frac{R_{sp1}}{E_{sp1}}) E_{sp1} - \sigma_{sp1} - \Delta \sigma_{sp1} \right] - \sigma_{sbm} - B, \quad (1)$$

где

$$B = \left[0,002 + \frac{(\gamma_{s6})_m - 1}{(\eta_{s})_m - 1} \times \left(\epsilon_{sum} - 0,002 - \frac{R_{sm}}{E_{sm}} \right) \right] E_{sm}$$

для ненапрягаемой арматуры с условным пределом текучести; B — для ненапрягаемой с физическим пределом текучести; σ_{sp1} — преднапряжение в 1-м стержне продольной арматуры с учетом всех потерь; σ_{sbm} — сжимающее напряжение в m -м стержне ненапрягаемой арматуры, вызванное усадкой и ползучестью бетона; ϵ_{psu1} , ϵ_{sum} — деформации при напряжениях в арматуре $\eta_{sp1} R_{sp1}$ и $\eta_{sm} R_{sm}$; $(\gamma_{s6})_1$, $(\gamma_{s6})_m$ — коэффициенты условий работы напрягаемой и ненапрягаемой арматуры, опреде-



Железобетонное сечение со смешанным армированием

ляемые по СНиП 2.03.01—84; $\Delta \sigma_{sp1}$ — напряжение, соответствующее неупругим предварительным деформациям в 1-м стержне напрягаемой арматуры, вычисляемой по нормам.

В эксплуатационной стадии работы элемента в зависимости от категории требований к трещиностойкости железобетонных конструкций необходимо рассмотреть два условия по подбору класса ненапрягаемой арматуры при заданном классе напрягаемой арматуры. При этом примем, что приращения деформаций в смешанной арматуре подчиняются линейному закону; смешанная арматура работает упруго вплоть до физического (условного) предела текучести $R_{s,ser}$ для элементов, к которым предъявляется требование III категории трещиностойкости.

В стадии эксплуатации наиболее напряженные стержни смешанной арматуры должны удовлетворять условиям

$$\left. \begin{aligned} \epsilon_s \delta_{sp1} &\leq \Delta \epsilon_{ps1}; \\ \epsilon_s \delta_{s1} &\leq \Delta \epsilon_{s1}; \end{aligned} \right\} \quad (2)$$

где

$$\Delta \epsilon_{sp1} = \frac{\omega_1 R_{s1,ser} - \sigma_{sp1}}{E_{sp1}};$$

$$\Delta \epsilon_{s1} = \frac{\omega_2 R_{s1,ser} - \sigma_{sb1}}{E_{s1}};$$

ϵ_s — приращение деформации на уровне центра тяжести сечения всей растянутой арматуры от действия внешней нагрузки в стадии эксплуатации; $\Delta \epsilon_{sp1}$, $\Delta \epsilon_{s1}$ — предельные значения приращения деформаций для напрягаемой и ненапрягаемой арматуры в рассматриваемой стадии; ω_1 — коэффициент; $\omega_1 = \beta$ для элементов, к которым предъявляется требование II категории трещиностойкости; $\omega_1 = 1$ для III категории трещиностойкости; ω_2 — коэффициент; $\omega_2 = \varphi_1$ для элементов, к которым предъявляется требование II категории трещиностойкости; $\omega_2 = 1$ для III категории трещиностойкости; β — коэффициент, вычисляемый по зависимости (71) норм; φ_1 — коэффициент, определяемый как отношение предела пропорциональности арматуры к физическому (условному) пределу текучести; $\varphi_1 = 1$ для мягкой стали; $\varphi_1 = 0,8$ для высокопрочной стали;

$$\delta_{sp1} = \frac{h - x - a_{sp1}}{h - x - a},$$

$$\delta_{s1} = \frac{h - x - a_{s1}}{h - x - a}.$$

Для элементов, к которым предъявляется требование II категории

трещиностойкости, вся смешанная арматура работает упруго, поскольку появление неупругих деформаций в напрягаемой или в ненапрягаемой арматуре уменьшает усилие обжатия бетона, что не допускается действующими нормами, а также препятствует закрытию трещин. Для элементов, к которым предъявляется требование III категории трещиностойкости, условие упругой работы всей смешанной арматуры отпадает, поскольку СНиП для них допускает ограниченное по ширине раскрытие трещин и достижение в смешанной арматуре $R_{s, ser}$ и $R_{sp, ser}$ как предельной.

Класс ненапрягаемой арматуры желательно подбирать таким образом, чтобы неупругие деформации в ней появлялись не раньше, чем в напрягаемой арматуре. Допустим, что при некоторой нагруз-

ке в менее напряженной напрягаемой арматуре достигнуты предельные деформации. Тогда, согласно первому принятому допущению, деформация в более напряженной ненапрягаемой арматуре будет превышать эти деформации в δ раз и должна быть меньше предельной деформации рассматриваемой арматуры

$$R_{s1, ser} \geq \frac{1}{\omega_2} \left[\delta \frac{E_{s1}}{E_{spn}} \times \right. \\ \left. \times (\omega_1 R_{spn, ser} - \sigma_{spn}) - \sigma_{sb1} \right], \quad (3)$$

где

$$\delta = \frac{h - x - a_{s1}}{h - x - a_{spn}}$$

После преобразований

$$\varepsilon_s \delta_{sp1} \leq \Delta \varepsilon_{ps1};$$

$$R_{s1, ser} \geq \frac{1}{\omega_2} \left[\delta \frac{E_{s1}}{E_{spn}} \times \right. \\ \left. \times (\omega_1 R_{spn, ser} - \sigma_{spn}) - \sigma_{sb1} \right]. \quad (4)$$

Условия (1) и (4) обеспечивают максимальное использование прочностных характеристик всей смешанной арматуры и учитывают разноразное расположение смешанной арматуры по высоте сечения в растянутой зоне. Условия (1) и (4) подтверждают, что у напрягаемой и ненапрягаемой арматуры могут быть разные модули упругости. Игнорирование этого обстоятельства ведет к погрешности при определенных сочетаниях смешанной арматуры [1, 2].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Головин Н. Г. Трещиностойкость и деформативность преднапряженных изгибаемых элементов при смешанном армировании: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. — М., 1978. — 21 с.
2. Филимонов Н. Н., Трифионов И. А. Работа смешанной арматуры изгибаемого элемента в стадии его разрушения // Строительство и архитектура. — 1979. — № 7. — С. 3—8.

УДК 691.87:691.714

А. Ю. ГАЦЕНКО, инж., Д. М. КАЛЕКО, канд. техн. наук (ИЭС им. Е. О. ПАТОНА АН Украины)

Технология и оборудование для дугоконтактной приварки стержней в монтажных условиях

В настоящее время Т-образная приварка стержней осуществляется сваркой давлением (контактной, трением) и плавлением (большинство способов ручной дуговой сварки). Однако до 95 % таких соединений в Западной Европе и Северной Америке выполняется дугоконтактной сваркой с нагревом свариваемых поверхностей (торца стержня и соответствующей поверхности детали, к которой должен быть приварен стержень) дугой, питаемым источником постоянного тока или конденсаторного типа [1]. При этом конденсаторную сварку применяют, главным образом, для приварки шпилек диаметром до 8 мм из низкоуглеродистых, низколегированных и нержавеющих сталей, а также сплавов меди, алюминия, никеля, магния и титана. Лишь в последнее время разработаны [2] новый способ конденсаторной сварки шпилек и реализующая его установка К747МВ, позволяющие увели-

чить диаметр привариваемой шпильки до 10 мм, а также удлинить сварочный и управляющий кабели от 3 до 30 м. По-видимому, это результат близкого предельному, поэтому, несмотря на очевидные, главным образом, энергетические достоинства способа конденсаторной сварки целесообразен переход к питанию дуги источниками постоянного тока при приварке стержней диаметром более 10 мм.

Как известно [3], дугоконтактную приварку стержней, отличающуюся дуговым оплавлением свариваемых поверхностей и осадкой стержня в ванну расплавленного металла на детали, можно производить с защитой зоны плавления флюсовыми или керамическими кольцами, а также газом. Флюсовое кольцо гигроскопично и требует прокалки перед применением, а керамическое кольцо всегда готово к употреблению. Кроме того, флюсовые кольца обладают низкой ме-

ханической прочностью.

Защитный газ, представляющий собой смесь состава $Ar (80\%) + CO_2 (15\%) + O_2 (5\%)$, дорог, поэтому повсеместно применяют, главным образом, керамические кольца, которые кроме защитной функции осуществляют формование расплавленного металла, выдавленного при осадке стержня.

По сравнению с ручной дуговой и контактной сваркой тавровых соединений [4] способ дугоконтактной сварки стержней в керамических кольцах позволяет намного сократить время сварки (не более 0,8 с для стержней диаметром до 20 мм), вести работы ручным инструментом в монтажных условиях в полуавтоматическом цикле и исключает заметное газо-выделение, световое излучение, магнитные поля, разбрызгивание и угар свариваемого металла.

На рис. 1 показана последовательность дугоконтактной сварки стержней в керамических кольцах.

Процесс начинается с контакта стержнем и поверхностью, к которой он должен быть приварен, поэтому одним из условий стабильности сварки является отсутствие в контакте свариваемых деталей непроводящих покрытий или загрязнений.

Следующим этапом процесса является отрыв стержня на 1...1,5 мм с возбуждением вспомогательной слаботочной дуги. Ток вспомогательной дуги составляет 10...15 и не должен превышать 50 А, что предотвращает «примержание» при отрыве стержня от изделия.

Затем включается основная дуга с силой тока 500...1800 А в зависимости от диаметра привариваемого стержня. Основная дуга горит в течение установленного времени 0,1...1 с. За это время происходит оплавление свариваемых поверхностей с образованием ванны расплавленного металла на плоской детали. Сварка ведется на прямой полярности.

По истечении заданного времени горения дуги начинается третий этап, при котором стержень под действием пружины совершает обратное движение в сторону плоской детали, погружается в жидкую ванну, после чего отключается сварочный ток. Расплавленный металл вытесняется из ванны, заполняя форму, создаваемую внутренней полостью керамического кольца. Процесс завершается кристаллизацией металла как между стержнем и деталью, так и выданного в форму и создающего усиление стыка. Осадка стержня, происходящая под воздействием тока, положительно влияет на процесс кристаллизации металла.

Примерные режимы сварки стержней приведены в таблице.

Для облегчения возбуждения дуги и ее стабилизации, а также для раскисления сварочной ванны торец стержня, привариваемого дугоконтактным способом, в зарубежной практике покрывают слоем алюминия или запрессовывают в него алюминиевый шарик [3]. Комплекс оборудования, разработанного в институте электросварки, позволил упростить конструкцию привариваемого стержня. Наилучший результат получается при заточке привариваемого торца стержня на конус с углом при вершине 140°. Возможна приварка стержней и без специальной подготовки, но при этом несколько снижается устойчивость возбужде-

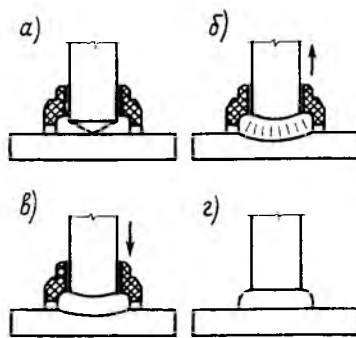


Рис. 1. Стадии дугоконтактной сварки стержней в керамических кольцах

а — предварительный контакт стержня и изделия; б — возбуждение дуги и оплавление соединяемых поверхностей; в — осадка стержня в ванну на изделии с выдавливанием жидкого металла в кольцо; г — готовое соединение

Диаметр стержня, мм	Сварочный ток, А	Время сварки, с	Длина части стержня, выступающей перед сваркой за опорную плоскость пистолета, мм
8	600	0,20	3
10	700	0,25	3
12	900	0,30	3
14	1100	0,35	5
16	1300	0,40	5
18	1500	0,50	5
20	1700	0,60	5

ния и горения дуги.

Условия, промежуточные между конденсаторной приваркой шпилек и дугоконтактной сваркой в керамическом кольце, можно получить, повысив сварочный ток и соответственно уменьшив время сварки. Этот метод, получивший название «сварка с коротким циклом» [5], был успешно опробован для соединения шпилек диаметром



Рис. 2. Пример сварного соединения арматуры из стали ВСт5сп2 диаметром 18 мм с листом из стали 10ХСНД толщиной 10 мм, выполненного дугоконтактной сваркой в керамическом кольце

12 мм и болтов диаметром М12 без керамического кольца при сварочном токе 1200 А и времени сварки 0,1 с.

Толщина стенки детали, к которой приваривают стержень, не должна быть менее $\frac{1}{2}$ диаметра стержня для сварки с керамическим кольцом и $\frac{1}{4}$ диаметра стержня для сварки с коротким циклом.

Описанным способом в настоящее время осуществлены соединения низко- и среднеуглеродистых (с содержанием углерода до 0,35 %), а также низколегированных сталей. Хорошие механические характеристики имеют соединения арматурных сталей класса А-П с пластинами из низкоуглеродистой стали (рис. 2).

Установка для дуговой приварки стержней комплектуется ручным инструментом и источником питания со встроенным либо автономным блоком управления, обеспечивающим заданную последовательность отработки всех этапов цикла сварки. Ручной инструмент для дуговой приварки стержней представляет собой сварочный пистолет, имеющий электромагнит подъема стержня, пружину осадки с регулируемым усилием и подвижный полый шток с устройством зажима стержня. Разработанный в ИЭС пистолет Н-149 позволяет приваривать стержни с прямой осью диаметром 6...20 мм, массой до 1,5 кг, а изменение конструкции зажима (пистолет Н-157) — стержни фигурной формы (крючья, Т-образные шпильки с головками и т. п.).

Для питания дуги при дугоконтактной приварке стержней можно использовать любой сварочный источник постоянного тока необходимой мощности, имеющий крутопадающую внешнюю характеристику. При увеличении крутизны внешней характеристики (идеалом является прямоугольная форма) возрастает стабильность сварочного тока при изменении длины дугового промежутка, связанном с оплавлением стержня. Так как процесс заканчивается осадкой под током, т. е. коротким замыканием стержня и изделия, при пологой форме внешней характеристики ток возрастает, что может привести к выбросу расплавленного металла из общей ванны, поэтому использование для дугоконтактной сварки источника сварочного тока с жесткой характеристикой совмест-

но с балластными реостатами возможно, но нежелательно.

Поскольку специализированные источники сварочного тока, учитывающие особенности дугоконтактной приварки стержней, а именно большую величину тока и низкий ПВ, не выпускаются отечественной промышленностью, ИЭС им. Е. О. Патона совместно с Грузинским техническим университетом создан источник сварочного тока циклоконвертерного типа, ориентированный на дугоконтактную сварку стержней диаметром до 20 мм, а также разработан автономный блок управления, который можно подключать к любому источнику сварочного тока с требуемой внешней характеристикой, имеющему напряжение холостого хода не менее 50 В.

Разработанный технологический процесс и специализированное оборудование имеют широкий диапазон применения в строительной индустрии, как на строительной площадке, так и на заводах. В него входят приварка дюбелей для удержания бетонного покрытия на вертикальных стенах различных строительных конструкций, мостовых сооружений, сварка закладных деталей, крепление анкеров для изоляции различного назначения, присоединение винтов для монтажа легких металлических строительных конструкций, приварка опор для электротехнического и санитарно-технического оборудования к металлоконструкциям. При этом производительность, достигнутая в настоящее время на установке Н-149 в монтажных условиях, составляет до 5 стержней диаметром 16 мм, приваренных в течение 1 мин.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Arnhold H.— J. Stand des Lichtbogenbolzens' schweissen im Ingenierbau // Schweissen und Schneiden.— 1980.— 32.— № 12.— S. 496—501.
2. Чвертко Н. А., Алпатьев Ю. С., Кононец Б. И. Передвижные и стационарные установки для приварки шпилек рядом конденсаторов // Новое оборудование для механизированной сварки и наплавки: Сб. науч. тр.— Киев: ИЭС им. Е. О. Патона, 1987.— С. 56—58.
3. Чвертко Н. А. Приварка шпилек диаметром более 8 мм (обзор) // Автоматическая сварка.— 1982. № 3.— С. 47—50.
4. Eichorn F., Langenbahn H. W. Bolzenschweissen mit Hubzündung an Feinkornbaustählen und durch verzinkte Verschaltungselemente // Schweissen und Schneiden.— 1982.— 34.— № 8.— S. 373—377.
5. Welz W., Jenicek A., Jang G. Bolzenschweissen mit hochlegierten Stählen // Schweissen und Schneiden.— 1988.— 40.— № 5.— S. 232—237.

Заводское производство

УДК 624.154.01.46

В. А. ДИАНОВ, В. Я. КОНЕНКОВ, инженеры (Рязанский филиал СКТБ Стройиндустрия)

Линия по производству преднапряженных свай

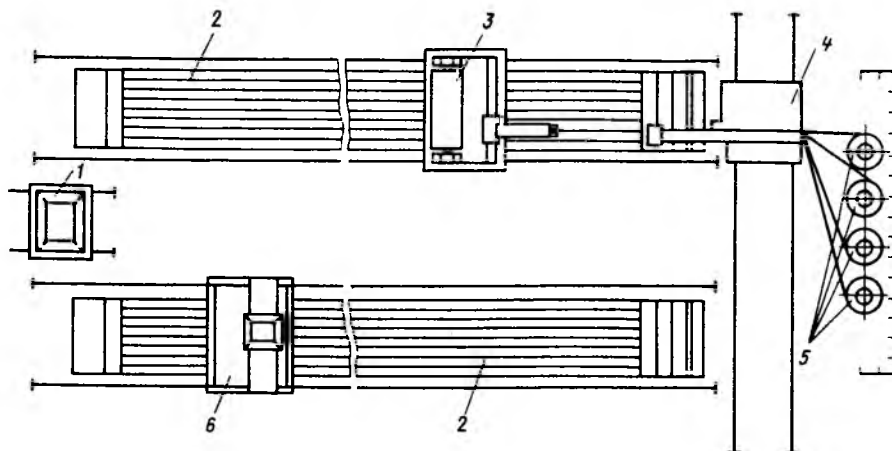
Рязанским филиалом СКТБ Стройиндустрия разработана линия по производству на стендовых формах преднапряженных свай по ГОСТ 19804.4 СЦ4-30, СЦ5-30, СЦ6-30, СЦ7-30, СЦ8-30, СЦ9-30 и по ГОСТ 19804.2 СНпр4-30, СНпр5-30, СНпр6-30, СНпр7-30, СНпр8-30, СНпр9-30. Для изготовления свай используют бетонные смеси с О.К. = 3...5 см.

Линия состоит из бухтодержателей, длинномерных стендов, машины для раскладки арматуры и укрытия стенда прорезиненным теплоизолярующим полотном, машины для обрезки и натяжения арматуры, бетоноукладчика и бункера с бетоновозной тележкой для подачи бетона в бетоноукладчик (см. рисунок). Стенды линии выполнены из листовой стали. На концах стендов имеются тяги с гнездами для установки зажимов с арматурой.

Тяги закреплены посредством рычажной системы, позволяющей компенсировать погрешности в длине продольной арматуры и обеспе-

чить равномерность усилия натяжения. Фиксацию натянутой арматуры осуществляют клиновыми упорами. Машина для раскладки арматуры и укрытия является самоходной двухскоростной. Скорость раскладки арматуры 34,8, скорость укрытия стенда и сматывания полотна 3,48 м/мин.

Машина снабжена подвижной головкой с гнездами для установки зажимов арматуры и приводом, обеспечивающим позиционирование головки против ветвей стенда, заряженного арматурой. Головка имеет квадратное сечение и длину, позволяющую разместить навитую до соприкосновения витков поперечную арматуру. Поперечную арматуру раскладывают по длине стенда при раскладке продольной арматуры (в процессе движения машины). Привод устройства для укрытия стенда прорезиненным теплоизолярующим полотном осуществляется от привода перемещения машины. Количество продольных арматурных канатов, протягиваемых одновременно по длине стенда,



Линия по производству преднапряженных свай

1 — бункер с бетоновозной тележкой; 2 — стенды; 3 — машина для раскладки арматуры и укрытия; 4 — машина для обрезки и натяжения арматуры; 5 — бухтодержатели; 6 — бетоноукладчик

соответствует количеству канатов одной ветви. Машина для обрезки и натяжения арматуры осуществляет одновременную обрезку всей раскладываемой продольной арматуры, а также групповое натяжение арматуры двух ветвей стенда. По окончании раскладки продольной арматуры и закрепления ее в зажимах поперечную арматуру вытягивают до требуемого шага вручную и связывают проволокой с продольной арматурой.

По длине ветви стенда расставляют разделительные вкладыши через интервалы, равные длине изготавливаемых свай. Бетонную смесь укладывают бетоноукладчиком, однако иногда и непосредственно из бункера. Для уплотнения служат глубинные вибраторы.

Техническая характеристика

Производительность, м ³ /сут	96
Установленная мощность, кВт	30,8
Габариты, мм	72 000 × 18 000 × 3 500
Масса, кг	< 126 000

Вышли в свет:

Афанасьев А. А., Данилов Н. Н., Бучар Г. **Технология монолитного бетона и железобетона: Учеб. для вузов.** — М.: Стройиздат, 1991. — 21 л.: ил. — 3 р. 50 к., 15000 экз.

Даны теоретические основы и практические положения по методам и средствам выполнения всех технологических этапов при возведении монолитных зданий и сооружений. Особое внимание уделено индустриализации технологических процессов, в том числе в экстремальных природно-климатических условиях, особенностям технологии при техническом перевооружении и реконструкции предприятий, обеспечению качества строительной продукции. Намечены пути дальнейшего совершенствования технологии монолитного бетона и железобетона.

Для студентов инженерно-строительных вузов.

Сизов В. П. **Рациональный подбор составов тяжелого бетона.** — М.: Стройиздат, 1992. — 12 л.: ил. — (Наука — строит. пр-ву). — 3 р. 90 к.

Излагается расчетно-экспериментальный метод проектирования составов всех видов и классов тяжелого бетона и бетонных смесей с заданными свойствами при наименьшем расходе цемента, а также методика экспериментальной проверки составов. Для облегчения расчета и ускорения подбора составов бетона разработаны номограммы, графики, таблицы для назначения всех необходимых параметров. Приведены основные теоретические положения, являющиеся основой метода проектирования составов бетона.

Для научных и инженерно-технических работников заводских и строительных лабораторий, трестов, СМУ.

Строительное производство

УДК 691.327:666.973.2:693.547.3

А. В. ФЕРРОНСКАЯ, д-р техн. наук, проф., В. Ф. КОРОВЯКОВ, Л. Д. ЧУМАКОВ, кандидаты техн. наук, С. В. МЕЛЬНИЧЕНКО, инж. (МИСИ)

Быстротвердеющий керамзитобетон для зимнего бетонирования

Получению вяжущих веществ для беспрогретных методов зимнего бетонирования постоянно уделяется большое внимание отечественных и зарубежных исследователей. К числу таких вяжущих можно отнести разработанные в МИСИ водостойкие гипсовые вяжущие низкой водопотребности (ВГВНВ) [1].

Для определения возможности их использования в малоэтажном монолитном домостроении, в том числе и при зимнем бетонировании, были поставлены специальные исследования.

С использованием разработанных ВГВНВ был подобран конструктивно-теплоизоляционный керамзитобетон плотной структуры классов В3,5...В7,5 с О.К. бетонной смеси 4...6 см (табл. 1). Для сравнения были подобраны керамзитобетоны той же подвижности на известных видах вяжущих — гипсовом (ГВ), гипсоцементно-пуццолановом (ГЦПВ) и портландцементе Воскресенского завода (ВПЦ). В исследованиях использовали ГЦПВ и ВГВНВ двух составов, % по массе: 65:35

(ГЦПВ-1, ВГВНВ-1) и 50:50 (ГЦПВ-2, ВГВНВ-2), а также гипсовое вяжущее марки Г-5ПБ и гидравлическую добавку. При приготовлении бетонных смесей на ГВ, ГЦПВ и ВГВНВ с водой затворения вводили 0,06 % добавки ВРП-1 от массы вяжущего (в пересчете на сухое вещество), которая замедляла схватывание смесей на 40...50 мин.

Сравнивая свойства керамзитобетонов, следует отметить, что использование в составе бетона ВГВНВ вместо ГВ и ГЦПВ резко сокращает расход вяжущего, более чем в 2 раза снижает начальную влажность и одновременно с этим улучшает такие свойства бетона, как ранняя прочность при сжатии, водо- и морозостойкость. Достигнутый уровень свойств свидетельствует о том, что керамзитобетон на основе разработанных ВГВНВ в большей степени отвечает требованиям и условиям монолитного малоэтажного домостроения, чем керамзитобетоны на основе ГВ, ГЦПВ и ВПЦ. Резкое снижение количества воды затворения, необходимого для получения равно-

Таблица 1

Вяжущее	Класс бетона	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси						В/Вяж	Начальная влажность бетона, %	Средняя плотность бетона, кг/м ³	Предел прочности при сжатии, МПа, через		Коэффициент размягчения	Морозостойкость, циклы
		вяжущего, кг	водн., л	керамзита, кг, фракций			3 ч				28 сут			
				0—5	5—10	10—20								
ГВ	В3,5	380	315	265	100	250	0,83	27,2	1030	1,1	—/5,8	0,36	10	
ГВ	В7,5	520	335	250	90	230	0,64	21,8	1170	2,6	—/10,2	0,38	15	
ГЦПВ-1	В3,5	280	315	285	110	265	1,12	25,0	1020	0,8	4,1/5,4	0,64	25	
ГЦПВ-1	В5	390	335	265	105	250	0,86	22,3	1100	1,3	5,7/7,6	0,69	30	
ГЦПВ-1	В7,5	510	360	250	85	245	0,72	21,8	1190	2,0	7,8/10,2	0,70	40	
ГЦПВ-2	В7,5	510	375	250	85	245	0,74	24,2	1180	1,5	8,4/10,8	0,73	45	
ВГВНВ-1	В3,5	230	180	355	135	330	0,78	12,8	1090	1,2	3,7/5,2	0,89	55	
ВГВНВ-1	В5	265	195	340	130	320	0,74	11,1	1125	1,7	5,6/7,7	0,91	65	
ВГВНВ-1	В7,5	315	205	330	125	305	0,65	9,4	1170	3,0	9,2/10,6	0,91	75	
ВГВНВ-2	В7,5	315	205	330	125	305	0,64	8,6	1180	2,2	10,7/11,9	0,94	75	
ВПЦ	В7,5	270	305	295	110	275	1,13	20,6	1090	—	9,7/10,7	0,93	50	

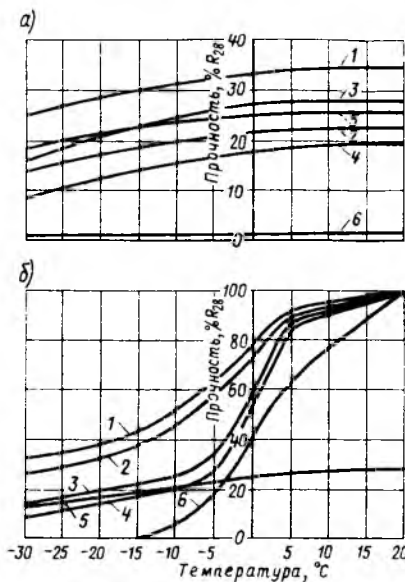
Примечание. Перед чертой — в естественном состоянии, после черты — в сухом состоянии.

подвижных бетонных смесей, наряду с высокой начальной скоростью керамзитобетона на ВГВНВ, предопределяет его высокоэффективное использование в условиях зимнего бетонирования.

Для изучения кинетики твердения керамзитобетона на различных вяжущих при низких положительных и отрицательных температурах изготавливали образцы-кубы с ребром 10 см. Сразу после формования их помещали в морозильные камеры с температурой 5, -5, -15 и -30 °С, спустя 28 сут переносили в камеру нормального твердения ($t = 20 \pm 2$ °С, $\phi = 90 \dots 100$ %). Контрольные образцы постоянно хранили в нормальных условиях. Перед испытанием на прочность образцы, твердевшие на морозе, помещали в эксикатор над водой, где выдерживали до подъема температуры в центре образцов до 1...3 °С.

Исследование кинетики замерзания керамзитобетона при помощи термодатчиков, помещенных при формовании в центре образцов, позволило установить, что благодаря большому количеству тепла, выделяемого при ранней гидратации ГВ, ГЦПВ и ВГВНВ, замерзание керамзитобетона на их основе протекает в 1,2...1,6 раза медленнее, чем аналогичного бетона на ВПЦ. Так, если период снижения температуры от 14 до 0 °С в центре образцов на ВПЦ составил 0,5...1 ч, то у образцов на ГВ, ГЦПВ и ВГВНВ соответственно 1...2, 1...1,5 и 1,5...2,5 ч в зависимости от состава вяжущего, класса бетона и температуры замораживания. Время достижения образцами температуры морозильной камеры -5, -15 и -30 °С составило соответственно 6...8, 4...5 и 3...4 ч.

Это позволяет керамзитобетону на ГВ, ГЦПВ и ВГВНВ уже в процессе замораживания при температуре -30...-5 °С набрать соответственно 18...25, 8...27 и 15...32 % марочной прочности (см. рисунок). При этом высокие абсолютные значения ранней прочности керамзитобетона на ВГВНВ (табл. 2) подтверждают возможность распалубки конструкций на его основе уже через 3...4 ч твердения, а в некоторых случаях их частичное или полное нагружение эксплуатационной нагрузкой. Последнее определяется классом прочности и температурой твердения бетона, составом используемого вяжущего и принимаемым значе-



Прочность керамзитобетона в возрасте 3 ч (а) и 28 сут (б) в зависимости от вида вяжущего и температуры твердения
1 — ВГВНВ-1; 2 — ВГВНВ-2; 3 — ГЦПВ-1; 4 — ГЦПВ-2; 5 — ГВ; 6 — ВПЦ

нием В/Вяж. Керамзитобетон на портландцементе в возрасте 3 ч реальной прочности не имеет.

Известно, что в процессе раннего замораживания керамзитобетона,

по мере понижения температуры, объем воздуха в порах заполнителя уменьшается, способствуя дополнительному отсосу воды из вяжущего [2]. Это не только ускоряет процесс твердения при замораживании керамзитобетона на ГВ, ГЦПВ и ВГВНВ, но и формирует в раннем возрасте более прочную структуру гипсового камня с пониженной пористостью, в которой сохраняется высокий процент жидкой фазы при отрицательных температурах, и тем самым создаются благоприятные условия для дальнейшей гидратации вяжущих.

Керамзитобетон на ВГВНВ из-за низкой водопотребности имеет в раннем возрасте более мелкопористую структуру растворной части и характеризуется более интенсивным твердением при отрицательных температурах по сравнению с керамзитобетоном на ГЦПВ и ВПЦ. Дополнительный прирост прочности этого бетона к ранее набранной при замораживании в последующие 28 сут твердения при -5, -15 и -30 °С составляет соответственно 31...40, 11...20 и 7...12 % R_{28} и тем выше, чем больше содержание гидравлической добавки в составе

Таблица 2

Вяжущее	Класс бетона	О. К., см	В. Вяж.	Предел прочности при сжатии, МПа, через			Коэффициент размягчения	Морозостойкость, циклы
				3 ч	28 сут	56* сут		
ГВ	В3,5	4-5	0,83	1,1	1,2	5,8	0,36	10
				0,8	0,8	5,6	0,33	5
ГВ	В7,5	4-5	0,64	2,6	2,9	10,2	0,38	15
				2,2	2,2	10,0	0,36	10
ГЦПВ-1	В3,5	5-6	1,12	0,8	4,1	4,5	0,64	25
				0,6	0,5	3,6	0,60	15
ГЦПВ-1	В5	4-5	0,86	1,3	5,7	6,4	0,69	35
				1,1	1,1	5,2	0,64	25
ГЦПВ-1	В7,5	4-5	0,72	2,0	7,8	8,9	0,70	40
				1,7	1,7	7,7	0,67	35
ГЦПВ-1	В5	10-12	0,73	1,4	6,7	7,1	0,64	30
				1,0	1,0	5,8	0,59	20
ГЦПВ-1	В3,5	18-20	0,81	0,6	4,1	4,2	0,58	20
				0,2	0,2	2,9	0,50	10
ВГВНВ-1	В3,5	4-5	0,78	1,2	3,7	4,0	0,89	55
				1,0	1,3	3,8	0,88	50
ВГВНВ-1	В5	5-6	0,74	1,7	5,5	6,2	0,91	65
				1,6	2,2	6,1	0,90	60
ВГВНВ-1	В7,5	5-6	0,65	3,0	9,2	10,2	0,91	75
				2,8	4,0	9,7	0,91	75
ВГВНВ-1	В7,5	10-12	0,69	2,5	8,6	9,3	0,89	70
				2,4	3,3	8,9	0,87	70
ВГВНВ-1	В7,5	18-20	0,72	2,1	8,1	8,6	0,86	65
				1,9	2,5	8,0	0,82	60
ВПЦ	В7,5	5-6	1,13	9,7	11,1	0,93	50	
				0,5	6,3	0,83	25	

* 28 сут при заданной температуре, затем 28 сут для бетона на ГЦПВ-1, ВГВНВ-1 и ВПЦ в нормальных условиях, для бетона на ГВ в воздушно-сухих условиях ($\phi = 60 \dots 70$ %, $t = 20 \pm 2$ °С).

Примечание. Над чертой — при температуре твердения 20 °С, под чертой — минус 15 °С.

ВГВНВ. При этом кинетика твердения бетона при отрицательных температурах практически не зависит от его класса. Прирост прочности керамзитобетона на ГЦПВ незначителен и не превышает 8 и 4 % R_{28} соответственно при температурах твердения -5 и -15 °С. Прочность керамзитобетона на ГВ после длительного хранения на морозе остается неизменной или несколько снижается по отношению к прочности, набранной им в процессе замораживания. Твердение свежееуложенного керамзитобетона на ВПЦ прекращается при температуре ниже $-10...-15$ °С.

Прочность керамзитобетона на различных видах вяжущего в возрасте 28 сут в зависимости от температуры твердения показана на рисунке. Керамзитобетон на ВГВНВ при твердении в условиях низких положительных и отрицательных температур имеет значительное преимущество перед аналогичными бетонами на ГВ, ГЦПВ и ВПЦ.

Низкая водопотребность подвижных керамзитобетонных смесей при использовании ВГВНВ, дополнительный отсос воды из теста вяжущего при понижении температуры, высокая скорость гидратации разработанных вяжущих, сопровождаемая химическим связыванием большого количества воды затворения, способствуют быстрому росту прочности мелкопористой структуры бетона, уменьшению количества воды, мигрирующей к охлаждающейся поверхности бетона, снижению объема и температуры перехода высокодисперсной воды из жидкого состояния в лед. В результате этого структура керамзитобетона

на ВГВНВ при раннем замораживании в меньшей степени подвержена морозной деструкции, чем структура аналогичных бетонов на ГВ, ГЦПВ и, особенно ВПЦ (табл. 3).

Высокая стойкость начальной структуры к раннему замораживанию позволяет керамзитобетону на ВГВНВ уже через 28 сут последующего твердения в нормальных условиях достигнуть свойств бетона, твердевшего без замораживания (см. табл. 2). В этом возрасте потери прочности у керамзитобетона на ГВ, замороженного сразу после формирования, достигают 9, на ГЦПВ — 13, на ВПЦ — 40 % R_{28} . Наблюдается значительное снижение и других свойств керамзитобетона на этих вяжущих, вызванное его ранним замораживанием. Следует отметить, что более высокая подвижность бетонных смесей на ВГВНВ, вплоть до О.К. = $18...20$ см, достигается незначительным повышением В/Вяж, в связи с чем свежееуложенный керамзитобетон на основе разработанных вяжущих сохраняет способность интенсивно твердеть при отрицательных температурах без заметного ухудшения свойств после оттаивания.

Высокую эффективность применения керамзитобетона на разработанных ВГВНВ при отрицательных температурах подтвердили его полупроизводственные испытания по безобогревному бетонированию фрагментов стены монолитного дома, проведенные в марте 1991 г. совместно с ПТО «Оргстрой» ТСО «Ярославльстрой». Натурными испытаниями были установлены следующие основные технологические показатели свойств керамзитобето-

на на ВГВНВ: саморазогрев бетонной смеси в неутепленной металлической опалубке в течение 2 ч с 13 до 23...26 °С с последующим медленным охлаждением в течение 18...22 ч до 0 °С (при температуре воздуха днем -5 , с понижением ночью до -15 °С); быстрый рост ранней прочности бетона, позволяющий распалубливать конструкции на его основе через 3...4 ч после формирования; высокая интенсивность твердения бетона в естественных условиях (при температурах, близких к 0 °С), характеризующаяся набором прочности через 28 и 90 сут твердения соответственно 53...65 и 134...150 % R_{28} нормального твердения, в зависимости от принимаемой подвижности бетонной смеси (О.К. = $4...22$ см) и вида используемого замедлителя сроков схватывания; высокая стойкость бетона к раннему замораживанию, выражающаяся в отсутствии снижения прочности, водостойкости и морозостойкости при твердении в естественных условиях по сравнению со свойствами бетона нормального твердения; понижение влажности бетона при твердении в естественных условиях в течение 1 мес до эксплуатационно-допускаемого значения 13 % по массе (ГОСТ 13015.0) при использовании литой смеси с О.К. более 20 см; коэффициент теплопроводности керамзитобетона на ВГВНВ равен $0,47...0,49$ Вт/м·°С.

Вывод

Результаты лабораторных и полупроизводственных испытаний керамзитобетона на основе разработанных ВГВНВ позволяют рекомендовать его для возведения стен монолитных малоэтажных зданий, в том числе в условиях зимнего бетонирования, без дополнительных мероприятий, необходимых при укладке аналогичного бетона на портландцементе. Это исключает предварительный разогрев бетонной смеси, применение специальной утепленной опалубки, обогрев бетона до достижения им критической прочности и использование противоморозных добавок.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Быстротвердеющие композиционные гипсовые вяжущие, бетоны и изделия / В. Ф. Коровяков, А. В. Ферронская, Л. Д. Чумаков, С. В. Иванов // Бетон и железобетон. — 1991. — № 11. — С. 7—18.
2. Миронов А. С., Саакян М. О. Твердение легких бетонов на природных пористых заполнителях при отрицательной температуре // Бетон и железобетон. — 1969. — № 3. — С. 20—22.

Таблица 3

Вяжущее	Режим твердения	Водопоглощение, %, в течение, ч			Объемное водопоглощение W_0 , %	Размер открытых капиллярных пор λ_1	Показатель однородности и среднего размера пор	
		0,25 $W_{0,25}$	1 W_1	24 W_{24}			α	λ_2
ГВ	1	9,1	13,0	21,1	24,7	0,90	0,40	0,77
ГВ	2	14,9	16,5	22,2	25,9	1,40	0,15	9,42
ГВ	3	16,4	18,6	23,5	27,1	1,60	0,20	10,49
ГВ	4	17,5	20,5	24,6	28,0	1,90	0,27	10,78
ГЦПВ-1	1	8,5	12,9	22,8	27,1	0,80	0,42	0,59
ГЦПВ-1	2	16,2	18,8	24,6	29,0	1,40	0,28	3,33
ГЦПВ-1	3	17,9	21,0	25,9	30,4	1,65	0,23	8,82
ГЦПВ-1	4	20,0	24,2	28,1	32,1	2,00	0,31	9,36
ВГВНВ-1	1	1,8	2,8	5,2	6,1	0,75	0,35	0,44
ВГВНВ-1	2	3,7	4,6	6,1	7,1	1,40	0,30	3,07
ВГВНВ-1	3	4,7	5,5	7,0	8,1	1,60	0,27	5,70
ВГВНВ-1	4	5,6	6,7	8,3	9,5	1,65	0,27	7,41
ВПЦ	1	6,1	8,3	16,6	18,2	0,65	0,30	0,23
ВЩ	2	18,0	20,7	26,7	28,4	1,55	0,22	7,33
ВПЦ	3	22,4	25,8	31,3	38,9	1,75	0,21	14,37
ВПЦ	4	25,8	30,0	34,5	35,5	2,10	0,27	15,60

Примечания: 1 Класс бетона по прочности на сжатие В7,5, подвижность бетонных смесей 4...6 см. 2 Режимы твердения бетона: 1 — 56 сут при 20 °С; 2 — 28 сут при -5 °С + 28 сут при 20 °С; 3 — 28 сут при -15 °С + 28 сут при 20 °С; 4 — 28 сут при -30 °С + 28 сут при 20 °С.

Б. А. КРЫЛОВ, д-р техн. наук, проф., (НИИЖБ); Л. Г. ЧКУАСЕЛИДЗЕ, канд. техн. наук (ВПО Зарубежстрой); Г. В. ТОПИЛЬСКИЙ, канд. техн. наук (ВНИИжелезобетон); В. П. РЫБАСОВ, канд. техн. наук (НИИЖБ)

Вододисперсные пленкообразующие составы для бетона в условиях сухого жаркого климата

Одним из эффективных способов ухода за бетоном в условиях сухого жаркого климата является нанесение на неопалубленные поверхности железобетонных изделий вододисперсных пленкообразующих составов (ВПС), которые в течение ограниченного времени формируют на поверхности бетона влагонепроницаемое покрытие. ВПС нетоксичны, экологически безопасны, дешевы.

НИИЖБ, ВНИИжелезобетон и ВПО Зарубежстрой в декабре 1989 г. использовали ВПС для ухода за свежееуложенным бетоном в Советской строительной-монтажной организации (СовСМО) Нефтягострой при обустройстве горизонта Мишриф нефтяного месторождения Западная Курна (Губернаторство Басра, Ирак).

ВПС применяли для первичного ухода за бетоном сборных железобетонных изделий, подвергаемых тепловой обработке в термоформах, а также для последующего ухода за монолитными и сборными железобетонными изделиями после распалубки.

Традиционный уход за этими изделиями, осуществляемый в СовСМО с помощью полиэтиленовой пленки, мешковины и воды, трудоемок и требует большого расхода дефицитной в условиях пустыни воды. При этом не исключается образование усадочных трещин в изделиях, поскольку из-за выступов бортооснастки форм и монтажных петель трудно обеспечить герметичную изоляцию открытой поверхности изделий полиэтиленовой пленкой. Особенно интенсивно усадочные трещины образуются в ветренную погоду, когда полиэтиленовая пленка и мешковина срываются с поверхности бетона. Применение ВПС позволило обеспечить надежную защиту свежееуложенного бетона от обезвоживания и получить изделия высокого качества.

Пленкообразующий состав в виде концентрата ($C=50\%$) и функциональные присадки к нему по-

ставлены заказчику из России. ВПС изготовлен по технологии ВНИИжелезобетона* на опытном участке НПО «Синтез-ПАВ» в соответствии с ТУ 38-50760—88. При внедрении технологии безвлажного ухода за бетоном испытывали базовый состав ВПС и его разновидности, полученные модификацией ВПС присадками латекса, парафина и олона, а также уточняли рецептуру этих составов применительно к конкретным условиям производства.

Нанесение ВПС на открытую поверхность бетона свежееуложенных изделий осуществляли, в основном, агрегатом высокого давления марки 7000 НА, а также дополнительно апробировали распылители — пневматический КРП-1 и гидродинамический ОГУ-3. Для обеспечения качественной защиты бетона ВПС наносили на изделия сразу же после бетонирования и отделки поверхности (рис. 1). Эффективность применения ВПС оценивали изготовлением в одной термоформе двух свай с традиционным уходом и трех свай, защищенных различными модификациями пленкообразующего состава (рис. 2). Расход ВПС на покрытие бетона составлял $0,3...0,35 \text{ кг/м}^2$ открытой поверхности изделия.

Железобетонные сваи размером $16 \times 0,4 \times 0,4$ и $12 \times 0,3 \times 0,3$ м подвергали кондуктивному прогреву глущим паром при температуре $50...70^\circ\text{C}$ по режиму $3+4+8+2$ ч, принятому в СовСМО. Контрольные бетонные образцы-кубы с ребром $0,1$ м формовали из той же бетонной смеси, что и сваи, и прогревали в ячейках термоформ вместе с изделиями. Состав бетона класса В27,5 для изготовления свай был принят следующим, кг/м^3 : цемент марки 400—440, песок — 620, щебень — 1140, вода — 176, добавка С-3 (в пересчете на сухое вещество) —

* Инструкция по технологии изготовления железобетонных конструкций и изделий с паронепроницаемыми алгезированными покрытиями (21-170—86).— М.: ВНИИжелезобетон, 1987.— 54 с.

3,08. О. К. бетонной смеси составляла $6...15 \text{ см}$.

Уход за бетоном с помощью ВПС и испытание контрольных образцов осуществляли в присутствии супервайзера Генерального подрядчика — Иракской нефтяной компании «СКООП». Прочность бетона, определенная испытанием контрольных образцов на сжатие, а также молотком Кашкарова, приведена в таблице.

Прочность бетона в сваях, определенная методом отрыва со скалыванием, составляла в возрасте 2 сут 20 МПа при традиционном уходе и 25 МПа — при уходе за бетоном с применением ВПС.

Атмосферные условия		Способ ухода за бетоном	Возраст изделий, сут	Прочность бетона, МПа
температура, $^\circ\text{C}$	ч. %			
14	78	Традиционный ВПС*	1	14,8/—
		(0,45 кг/м^2) ВПС*	1	19,2/—
		(0,33 кг/м^2) ВПС*	1	17,7/—
11	75	Традиционный ВПС*	2	10,7/—
			2	13,2/—
19 (дождь)	81	Традиционный ВПС + 20% латекса квалитекс	2	12/12
		ОЖ 30—20 + 20% латекса квалитекс	2	16,2/20
		ВПС + 10% латекса квалитекс	2	14,3/18
		Квалитекс** $C=60\%$	2	14,3/18,1 18,3/18,6

* Рабочая концентрация ВПС $C=30...35\%$.

** Расход квалитекса (в пересчете на сухое вещество) на покрытие бетона $0,18...0,21 \text{ кг/м}^2$, расход остальных ВПС — $0,1...0,13 \text{ кг/м}^2$.

Примечание. Перед чертой — при испытании на прессе, после черты — молотком Кашкарова.



Рис. 1. Нанесение пленкообразующего состава ВПС на поверхность свежесформованных свай с применением окрасочного агрегата высокого давления 7000 НА



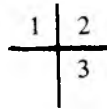
Рис. 2. Внешний вид термоформы с изделиями, покрытыми полиэтиленовой пленкой и мешковиной (слева) и обработанных пленкообразующим составом (справа)

Рис. 3. Выдерживание на посту дозревания свай, подвергаемых влажностному уходу (сверху) и обработанных пленкообразующим составом ВПС (снизу)

Таким образом, прочность бетона, защищенного составом ВПС в возрасте 1 сут превышает на 20...29 %, а в возрасте 2 сут на 19...35 % прочность бетона, уход за которым при прогреве в термоформах осуществляли традиционным способом с помощью полиэтиленовой пленки и мешковины. Кроме того, ВПС снижают влагопотери бетона в 1,5...2 раза, уменьшают его водопоглощение с 8,5 до 6...6,5 % и предотвращают поверхностное трещинообразование изделий.

По технологии, принятой в СовСМО, распалубленные сваи в течение 10 сут подвергали на посту дозревания следующему уходу с помощью мешковины и периодическому увлажнению до набора бетоном отпускной прочности. Применение ВПС позволило отказаться от влажностного ухода за ними (рис. 3). Наносить ВПС на распалубленные поверхности изделий допускается малярным валиком или кистью, что недопустимо при работе со свежесложенным бетоном. При этом время формирования влаго непроницаемой пленки на поверхности распалубленных изделий, имеющих температуру 30...45 °С, сокращается до 5...10 мин, вместо 1,5...2 ч, требующихся для свежесложенного бетона.

Модифицированные ВПС применяли для ухода за вертикальными поверхностями монолитных железобетонных фундаментов опор ЛЭП серии FA-5 после снятия с них инвентарной опалубки (рис. 4).



Сравнительные испытания контрольных образцов, твердевших вместе с изделиями на открытом воздухе при 14...19 °С днем и 5...6,5 °С ночью ($\varphi = 79...88\%$), показали, что их прочность в возрасте 3 сут составляла 11 МПа при традиционном уходе и 12,4 МПа — при уходе с применением ВПС. В летнее время при температуре воздуха 45...55 °С и относительной влажности 3...8 % (по данным метеостанции г. Басра) положительное влияние ВПС на кинетику тверде-

ния и физико-механические свойства монолитного бетона возрастает, что подтверждается многочисленными стендовыми и полигонными испытаниями.

При работе с ВПС были установлены некоторые методические особенности определения прочности бетона в изделиях с применением молотка Кашкарова и метода отрыва со скалыванием прибором ГПН-2. Так, после нанесения ВПС на распалубленные поверхности изделий, не допускается в течение нескольких часов определять их прочность молотком Кашкарова, поскольку из-за размягчения поверхностного слоя бетона водой, содержащейся в ВПС, получаются заниженные результаты таких испытаний. Не допускается также определять прочность бетона в сваях и других изделиях методом отрыва со скалыванием сразу после тепловой обработки в термоформах, особенно при низких температурах (3...10 °С) окружающего воздуха на полигоне. Переувлажнение верхних слоев бетона в таких изделиях за счет направленного температурно-влажностного градиента и дополнительного подавления влагоиспарения бетона пленкообразую-

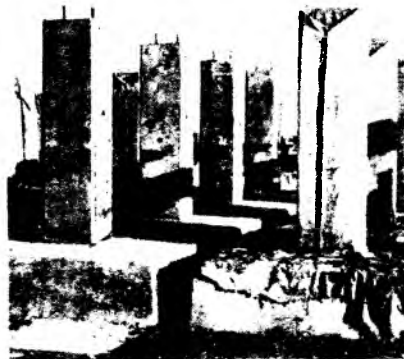


Рис. 4. Естественное вызревание монолитных конструкций при традиционном уходе за бетоном (справа) и при использовании пленкообразующих составов ВПС (слева)

шим составом также занижает результаты определения его прочности, поэтому контроль распалубочной прочности изделий с ВПС рекомендуется проводить комплексным методом НИИСК — НИИЖБ.

Учитывая специфику работы полигона и строительных бригад в СовСМО были разработаны указания по уходу за бетоном с применением вододispersных пленкообразующих составов. В нем регламентированы все операции по первичному и последующему уходу за бетоном, а также предложена технологическая схема поста по приготовлению рабочих растворов ВПС из исходного концентрата, позволяющего организовать централизованное снабжение ими всех строительных подразделений СовСМО.

Сравнительный технико-экономический анализ, выполненный на основе ЕНиРа и действующих в СовСМО калькуляций, показал, что трудозатраты на традиционный уход за бетоном составляет 35,4 чел/ч (в расчете на 100 м² поверхности бетона), а уход с помощью ВПС — 2,5 чел/ч при дополнительной экономии воды до 70 м³ в неделю. При этом стоимость традиционного влажностного ухода за монолитным железобетоном достигает 97,1, а за сборным железобетоном — 23,7 инв. р., в то время как стоимость ухода за ними с применением ВПС — 5,6 инв. р.

Проведенные исследования подтвердили эффективность безвлажностного ухода за бетоном с применением вододispersных пленкообразующих составов (ВПС), которые обеспечивают получение железобетонных изделий высокого качества при экономии трудозатрат и воды. Это позволяет рекомендовать ВПС для широкого использования при уходе за свежеложенным бетоном в условиях сухого жаркого климата.

Внимание специалистов!

Организация по договорной цене предлагает прибор для неразрушающего контроля прочности бетона — молоток Кашкарова.

Тел. 174-88-05, 171-67-00.

В помощь проектировщику

УДК 624.072.04

Е. К. НУРМАГАНБЕТОВ, канд. техн. наук (Алма-Атинский архитектурно-строительный ин-т)

Поперечный изгиб сжатых стержневых элементов

При исследовании элементов, армированных продольными стержнями, установлено, что железобетон при сжатии является нелинейно-упругим, а на растяжение практически не работает. В источнике [1] рассмотрен случай, когда нормальная сила в железобетонном стержне равна нулю.

Для определения поперечного изгиба сжатого стержня получили систему из двух нелинейных дифференциальных уравнений. На основе полученной системы уравнений разработали и реализовали на ЭВМ алгоритм расчета сжатых стержневых железобетонных конструкций.

Допустим, что стержень имеет постоянное прямоугольное поперечное сечение $b \times h$. В плоскости поперечного сечения стержня введем в рассмотрение ось Oz , направленную вдоль его высоты с началом в точке, в которой отсутствует продольная деформация. При изгибе сжатого стержня ее прямолинейная ось приобретает кривизну

$$\kappa = \frac{d^2 \omega}{dx^2}, \quad (1)$$

где ω — прогиб стержня.

На основании гипотезы плоских сечений продольное волокно стержня с координатой z получит относительное удлинение $\varepsilon = z\kappa$ [2]. При $\kappa < 0$ в волокне $z = z_2$ возникнут максимальные сжимающие напряжения (см. рисунок). Предположим, что другое крайнее волокно ($z = z_1$) также сжато; если оно растянуто, то $|\varepsilon(z_2)| \gg \varepsilon(z_1)$.

Экспериментальные зависимости $\sigma_a^*(\varepsilon)$ при деформациях сжатой арматуры аппроксимируют квадратной параболой

$$\sigma_a = a_1 \varepsilon + a_2 \varepsilon^2 \quad (\varepsilon \leq 0), \quad (2)$$

где коэффициенты $a_i (i=1,2)$ определяют из условий минимума функционала среднеквадратичного отклонения теоретической диаграммы деформирования материала от экспериментальной

$$I_a(a_1, a_2) = \int_0^{\varepsilon_{a, \text{пр}}} [\sigma_a \times (\varepsilon) - \sigma_a^*(\varepsilon)]^2 d\varepsilon, \quad (3)$$

где $\varepsilon_{a, \text{пр}}$ — предельные относительные деформации арматуры при сжатии.

Эти условия имеют вид

$$\frac{dI_a}{da_i} = 0 \quad (i=1,2)$$

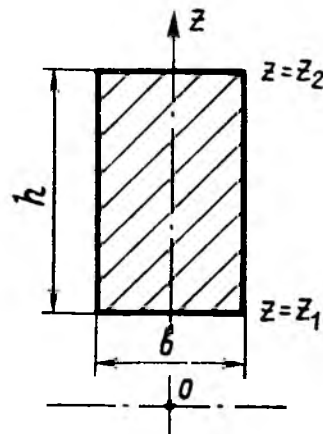
или с учетом выражения (2)

$$\int_0^{\varepsilon_{a, \text{пр}}} (a_1 \varepsilon + a_2 \varepsilon^2 - \sigma_a^*) \varepsilon^n d\varepsilon = 0. \quad (4)$$

($n=1,2$)

Таким образом, из зависимости (4) получается система из двух линейных алгебраических уравнений для определения a_1 и a_2 .

За неизвестные исследуемой задачи примем функции $\kappa = \kappa(x)$ и $\varepsilon_R = \varepsilon_R(z_2)$ (ε_R — относительная деформация сжатия крайнего волокна бетона). Обозначим через C_j расстояние от j -го стержня арматуры до этого волокна. Тогда нетрудно установить справедливость формулы $\varepsilon_j = \varepsilon_R - C_j \kappa$ для относительной деформации этого стержня. Поэтому на основании формулы



Поперечное сечение сжатого стержневого железобетонного элемента

(2) получили нормальную силу, возникающую в поперечном сечении стержня от арматуры

$$N_a(\epsilon_R, \kappa) = \sum_j [a_1^j (\epsilon_R - C_j \kappa) + a_2^j (\epsilon_R - C_j \kappa)^2] f_j, \quad (5)$$

где f_j — площадь j -го стержня арматуры, суммирование производят по всем стержням арматуры; коэффициентам a_i присвоен верхний индекс j для учета наличия арматуры с различными физическими свойствами материала.

Аппроксимация зависимости диаграммы сжатия бетона $\sigma_b^* = \sigma_b^*(\epsilon)$

$$\sigma_b = \sum_{i=1}^n a_i \epsilon^i \quad (\sigma_b < 0, \epsilon < 0). \quad (6)$$

Тогда нормальная сила, возникающая в бетоне,

$$N_b = b \int_{z_1}^{z_2} \sigma_b dz. \quad (7)$$

Эта формула на основании закона плоских сечений, позволяющего получить $z = \epsilon/\kappa$, $dz = d\epsilon/\kappa$, приводит к виду

$$N_b = \frac{b}{\kappa} \int_{\epsilon_r}^{\epsilon_R} \sigma_b(\epsilon) d\epsilon, \quad (8)$$

где $\epsilon_r = \epsilon(z_1)$.
Обозначим

$$F_N^*(\epsilon_0) = \int_0^{\epsilon_0} \sigma_b(\epsilon) d\epsilon, \quad (9)$$

где $\epsilon_{в.пр} \geq \epsilon_0 \geq 0$; $\epsilon_{в.пр}$ — предельная относительная деформация бетона при сжатии.

С учетом зависимостей (6) и (9)

$$F_N^*(\epsilon_0) = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{i+1} \epsilon_0^{i+1}. \quad (10)$$

Степень этого полинома $n+1$ может оказаться достаточно высокой, если, например, функция $\sigma_b^*(\epsilon)$ немонотонна и ее аппроксимация функцией $\sigma_b(\epsilon)$ требует учета большого числа членов. Если функция F_N^* монотонна, то ее можно достаточно хорошо аппроксимировать полиномом меньшей, чем $n+1$ степени. Примем для аппроксимирующей ее функции F_N зависимость

$$F_N(\epsilon_0) = a_N \epsilon_0^2. \quad (11)$$

Коэффициент a_N определим из условия наименьшего квадратичного отклонения функций $F_N^*(\epsilon_0)$ и $F_N(\epsilon_0)$ в интервале $0 \leq \epsilon_0 \leq \epsilon_{в.пр}$. Для этого требуется минимизировать по искомым коэффициентам функционал

$$I_b(a_N) = \int_0^{\epsilon_{в.пр}} [F_N(\epsilon_0) - F_N^*(\epsilon_0)]^2 d\epsilon_0. \quad (12)$$

Используя условия dl_b/da_N , а также формулу (11)

$$\int_0^{\epsilon_{в.пр}} [a_N \epsilon_0^2 - F_N^*(\epsilon_0)] \epsilon_0^2 d\epsilon_0 = 0 \quad (13)$$

получим a_N по зависимости (11) проведя интегрирование. Продольную силу в соответствии с выражениями (8) и (11) находят из соотношения

$$N_b = \frac{b}{\kappa} \left[\int_0^{\epsilon_R} \sigma_b(\epsilon) d\epsilon - \int_0^{\epsilon_r} \sigma_b(\epsilon) d\epsilon \right] = \frac{b}{\kappa} \times [F_N(\epsilon_R) - F_N(\epsilon_r)] = \frac{a_N b}{\kappa} \times (\epsilon_R^2 - \epsilon_r^2).$$

Учитывая, что $\epsilon_r = \epsilon_R - h\kappa$, $N_b(\epsilon_r, \kappa) = bha_N(2\epsilon_R - h\kappa)$. (14)

Из этой формулы следует, что продольная сила линейно зависит от ϵ_R и κ . При варьировании этих величин положение нейтральной оси изменяется.

Ранее мы предполагали, что $|\epsilon(z_2)| \gg \epsilon(z_1)$, т. е. $|\epsilon_R| \gg \epsilon_r$, и работой растянутой зоны бетона можно пренебречь. Из выражения (8) следует, что при этом должно выполняться неравенство $\epsilon_R^2 \gg (\epsilon_R - h\kappa)^2$. Это условие можно приближенно представить в виде $1,3|\epsilon_R| \gg h|\kappa|$. (15)

При малых деформациях растяжения для арматуры формула (2) остается справедливой.

Изгибающий момент в сечении стержня определяют относительно нейтральной оси. Для получения изгибающего момента от усилия в j -ом стержне арматуры следует его значение умножить на $-z_j = -\epsilon_j/\kappa = -(\epsilon_R - C_j\kappa)/\kappa$.

По формуле (5) находят общий изгибающий момент в поперечном сечении сжатого стержня

$$M_a(\epsilon_R, \kappa) = -\frac{1}{\kappa} \sum_j [a_1^j (\epsilon_R - C_j \kappa)^2 + a_2^j (\epsilon_R - C_j \kappa)^3] f_j. \quad (16)$$

Изгибающий момент от сжатой зоны бетона

$$M_b = -b \int_{z_1}^{z_2} \sigma_b z dz$$

представим в виде

$$M_b = -\frac{b}{\kappa^2} \int_{\epsilon_r}^{\epsilon_R} \sigma_b(\epsilon) \epsilon d\epsilon. \quad (17)$$

Обозначим

$$F_m^*(\epsilon_0) = \int_0^{\epsilon_0} \sigma_b(\epsilon) \epsilon d\epsilon. \quad (18)$$

Тогда из зависимостей (6) и (18)

$$F_m^*(\epsilon_0) = \sum_{i=1}^n \frac{a_i}{i+2} \epsilon_0^{i+2}. \quad (19)$$

Эту функцию приближают полиномом

$$F_m(\epsilon_0) = a_m \epsilon_0^3. \quad (20)$$

Коэффициент a_m определяют таким же образом, что и a_N .

В результате

$$\int_0^{\epsilon_{в.пр}} [a_m \epsilon_0^3 - F_m^*(\epsilon_0)] \epsilon_0^3 d\epsilon_0 = 0, \quad (21)$$

откуда находят a_m .

Используя выражения (18) и (20) из зависимости (17)

$$M_b(\epsilon_R, \kappa) = \frac{bha_m}{\kappa} \times (3\epsilon_R^2 - 3h\epsilon_R\kappa + h^2\kappa^2). \quad (22)$$

До сих пор рассматривали случай, когда $\kappa < 0$. Однако полученные основные формулы (5), (14), (16) и (22) применимы и при других значениях

$$N_a(\epsilon_R, \kappa) = \sum_j [a_1^j (\epsilon_R \pm C_j \kappa) + a_2^j (\epsilon_R \pm C_j \kappa)^2] f_j;$$

$$N_b(\epsilon_R, \kappa) = bha_N(2\epsilon_R \pm h\kappa);$$

$$M_a(\epsilon_R, \kappa) = -\frac{1}{\kappa} \sum_j [a_1^j \times (\epsilon_R \pm C_j \kappa)^2 + a_2^j (\epsilon_R \pm C_j \kappa)^3] f_j;$$

$$M_b(\epsilon_R, \kappa) = \mp \frac{bha_m}{\kappa} (3\epsilon_R^2 - 3h\epsilon_R\kappa + h^2\kappa^2). \quad (23)$$

В данных формулах из двух знаков принимают верхний при $\kappa > 0$, а нижний при $\kappa < 0$. В этом случае N_a и N_b не зависят от знака κ , а M_a и M_b меняют знак при изменении знака κ . Армирование поперечного сечения сжатого стержня сохраняется, однако оно является повернутым на 180° . Таким образом, ϵ_R — относительная деформация сжатия крайних верхних волокон бетона при $\kappa < 0$ и нижних при $\kappa > 0$. При этом ось z направлена вниз.

Нормальная сила и изгибающий момент в поперечном сечении сжатых стержневых железобетонных элементов

$$N = N_a + N_b; \quad (24)$$

$$M = M_a + M_b,$$

причем слагаемые правых частей определяют по формулам (23).

Из первого уравнения, связывающего функции χ и ϵ_R , получим из условия $N = -P$ (P — сжимающее усилие), которое с учетом формул (23) и (24)

$$g_2 \epsilon_R^2 + g_1 \epsilon_R + g_0 = 0, \quad (25)$$

где

$$g_0 = \sum_i (\pm a_1^i C_1 \chi + a_2^i C_2^2 \chi^2) \times \\ \times f_i \pm bh^2 a_N \chi + P; \\ g_1 = \sum_i (a_1^i \pm 2a_2^i C_1 \chi) \times \\ \times f_i + 2bha_N; \\ g_2 = \sum_i a_2^i f_i.$$

Поперечная сила при этом

$$Q = \left(\beta \frac{dM}{d\epsilon_R} - \frac{dM}{d\chi} \right) \frac{d\chi}{dx}, \quad (26)$$

где

$$\beta = \frac{\frac{d\Phi}{d\chi}}{\frac{d\Phi}{d\epsilon_R}}$$

Примем $q = q(x)$ — действующая на стержень погонная поперечная нагрузка. Тогда

$$\frac{d}{dx} \left(\beta \frac{dM}{d\epsilon_R} - \frac{dM}{d\chi} \right) \frac{d\chi}{dx} + \\ + \left(\beta \frac{dM}{d\epsilon_R} - \frac{dM}{d\chi} \right) \frac{d^2\chi}{dx^2} = q. \quad (27)$$

С учетом формул (25) и (26)

$$L(\epsilon_R, \chi) = \left[\left(\frac{d\beta}{d\chi} - \beta \frac{d\beta}{d\epsilon_R} \right) \frac{dM}{d\epsilon_R} + \right.$$

$$\left. + 2\beta \frac{d^2M}{dx d\epsilon_R} - \frac{d^2M}{dx^2} - \beta^2 \frac{d^2M}{d\epsilon_R^2} \right] \times \\ \times \left(\frac{d\chi}{dx} \right)^2 + \left(\beta \frac{dM}{d\epsilon_R} - \frac{dM}{d\chi} \right) \frac{d^2\chi}{dx^2} = q.$$

Таким образом, получена система из двух уравнений (25) и (28) относительно функций χ и ϵ_R . Первое является нелинейным, имеющим конечное соотношение; второе — нелинейное дифференциальное. При переходе к системе относительно функций прогиба и деформации, следует учитывать $\chi = d^2\omega/dx^2$. На основе уравнений (25) и (28) разработан алгоритм и составлена программа расчета на ЭВМ.

Пример. Требуется определить поперечную нагрузку по прочности для сжатого железобетонного стержня ($l=6$ м) прямоугольного сечения размером $b \times h = 0,3 \times 0,6$ м с продольной арматурой класса А-III ($R_s = R_{sc} = 365$ МПа) из бетона класса В25 ($R_b = 14,5$ МПа). По методу Бубнова — Галеркина примем $\omega(x) = \omega_0 \sin(\pi x/l)$ (ω_0 — прогиб в среднем сечении стержня). Умножая левые и правые части уравнения (28) на $\sin(\pi x/l)$ и интегрируя по всей длине стержня, получим

$$\int_0^l L(\epsilon_R, \chi) \sin \frac{\pi x}{l} dx = \\ = \int_0^l q(x) \sin \frac{\pi x}{l} dx. \quad (29)$$

Интеграл в левой части этого соотношения определяют численно. Для нахождения $L_i(\epsilon_R, \chi)$ в точке с координатой X_i ($0 \leq X_i \leq l$) принимают некоторое значение ω_0 и подсчитывают χ_i в точке X_i . Затем решают квадратное уравнение (25) и находят ϵ_{Ri} и $L_i(\epsilon_R, \chi)$. Из зависимости (29), осуществив интегрирование, устанавливают поперечную нагрузку, соответствующую принятому максимальному прогибу ω_0 . При этом максимальная поперечная нагрузка по прочности $q = 135,6$ кН/м.

Предложенный способ позволяет с необходимой точностью рассчитывать сжатые стержневые железобетонные конструкции при изгибе и легко реализуется на ЭВМ.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Нурмаганбетов Е. К. Поперечный изгиб стержневых железобетонных элементов // Бетон и железобетон. — 1991. — № 9. — С. 16—18.
2. Лукаш П. А. Основы нелинейной строительной механики. — М.: Стройиздат, 1978. — 66 с.

УДК 624.073.7:539.63

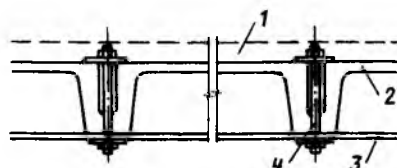
А. В. ЗАБЕГАЕВ, канд. техн. наук (МИСИ)

Ударозащита сборных железобетонных перекрытий

Верхние этажи многоэтажных производственных зданий химической и других отраслей промышленности нередко оборудуют подвесными и мостовыми кранами, в связи с чем возможно возникновение интенсивных аварийных ударов при обрыве стропа, небрежном закреплении груза и т. п. Аналогичная ситуация возникает в одноэтажных производственных зданиях с встроенными этажерками и техническими подпольями.

Перекрытие, как правило, не может выдержать подобного воздействия и создается серьезная

опасность оборудованию и людям, работающим в здании. К сожалению, вопросы ударозащиты железобетонных конструкций к настоящему времени разработаны крайне



Конструкция ударозащиты перекрытий
1 — слой пола из монолитного бетона; 2 — сборная панель перекрытия; 3 — металлическая мембрана; 4 — тяж

слабо, исключение составляют лишь транспортные сооружения [1].

Нами предложены конструкция ударозащиты перекрытий (см. рисунок) и метод расчета ее параметров. В качестве защитного элемента используют металлическую мембрану, крепящуюся к перекрытию стальными тяжами, закладываемыми в швы между железобетонными плитами. Мембрану и тяжи выполняют из мягких сталей, обеспечивающих значительный диапазон пластической работы подвесной конструкции.

Параметры ударозащитной конструкции определяют в следующем порядке:

1. Находят начальную скорость удара падающего груза v_0 по известной формуле

$$v_0 = \sqrt{2gH}, \quad (1)$$

где g — ускорение свободного падения; H — высота падения, определяемая максимальной высотой подъема нижней поверхности груза над уровнем перекрытия.

2. Проверяют возможность пробивания перекрытия из условия

$$t \leq t_p, \quad (2)$$

где t — толщина конструкции; t_p — пороговая (минимальная) толщина перекрытия, при которой оно не пробивается. Значение t_p можно определить из зависимости

$$t_p/d = 2,019 N Q^{-0,3439}, \quad (3)$$

где d — диаметр зоны контакта груза с конструкцией: $Q = Rd^3/M_s v_0^2$; R — кубиковая прочность бетона; M_s — масса ударника; N — коэффициент, учитывающий форму головной части падающего груза: $N=1$ для плоской головной части; $N=1,07$ для конусообразной с большим ($>90^\circ$) углом при вершине; $N=1,18$ для сферической и $N=1,26$ для конусообразной с малым углом при вершине ($<90^\circ$).

Толщина полок сборных панелей перекрытий даже с учетом слоя бетонного пола практически во всех случаях отвечает условию (2), т. е. имеет место пробивание. В сборно-монолитных перекрытиях под тяжелые сосредоточенные нагрузки условие (2) может не выполняться; необходимость в ударозащите в этом случае отпадает.

3. Определяют остаточную скорость удара после пробивания основной (железобетонной) конструкции v_{res}

$$v_{res}^2 = \frac{1}{1 + M_t/M_s} (v_0^2 - v_{cr,p}^2), \quad (4)$$

где M_t — масса выбитой ударом части конструкции; $M_t \cong 1,33 t d^2 \rho_0$; ρ_0 — объемная масса бетона; $v_{cr,p}$ — критическая скорость пробивания, определяемая из (3) заменой t_p на t

$$v_{cr,p}^2 = 0,13 \frac{Rd^{0,092}}{M_s} \left(\frac{N}{t}\right)^{-2,908} \quad (5)$$

Формула (4) получена из условия баланса энергии непосредственно перед и после пробивания конструкции.

4. Находят необходимую толщину мембраны δ из условия ее непробивания грузом по эмпирической формуле [2], преобразованной к виду

$$\delta = \frac{v_{tot}^{4/3} (M_s + M_l)^{2/3}}{1,078 \cdot 10^4 d K_s^{4/3}}, \quad (6)$$

где v_{tot} — скорость, приобретенная грузом и выбитым участком бетона к моменту контакта с мембраной: $v = \sqrt{v_{res}^2 + 2gl}$; l — длина троса; K_s — коэффициент пробивания, для стали равный 5.

5. Определяют необходимую площадь сечения троса

$$A_s \geq \frac{v_{tot}^2 (M_s + M_l + M_m)}{2R_{s,d} l K}, \quad (7)$$

здесь $R_{s,d}$ — динамическое расчетное сопротивление стали, определяемое по формуле $R_{s,d} = R_s k_{v,s}$; $k_{v,s}$ — коэффициент динамического упрочнения стали, определяемый для ударных нагрузений по методике МИСИ; k — коэффициент, равный предельному относительному удлинению стали (например, для Ст. 3 $k=0,2$); M_m — масса участка мембраны, приходящегося на один трос.

Формула (7) получена в результате решения дифференциального уравнения движения системы «груз — мембрана — трос» для наиболее тяжелого режима работы последнего, т. е. в предположении, что груз пробивает полку плиты у ребра на минимальном расстоянии от троса. В этом случае деформации (и энергопоглощение) мембраны минимальны и большая часть энергии удара передается на трос. Упругой стадией работы троса вследствие незначительности ее влияния на максимальные пластические деформации можно пренебречь, что идет в запас прочности.

Шаг тросов целесообразно назначать равным расстоянию между продольными ребрами панелей.

Проверка прочности ребер плит и ригелей на действие возможной ударной нагрузки производят по методике МИСИ. При расчете ребер целесообразно также учитывать поддерживающий эффект мембраны.

Пример расчета. Сборное перекрытие из панелей размером $1,5 \times 6$ м, толщина полки 5 см, из бетона с кубиковой прочностью 30 МПа, может испытывать падение груза массой 2 т с высоты $H=3$ м. Диаметр контактной зоны ориентировочно составит $d=30$ см, головная часть груза — плоская ($N=1$).

$$1. v_0 = \sqrt{2 \cdot 980 \cdot 300} = 775 \text{ см/с.}$$

$$2. Q = \frac{30 \cdot 30^3 \cdot (10^4)}{2000 \cdot 775^2} = 6,75;$$

$$t_p/d = 2,019 \cdot 1 \cdot 6,75^{-0,3439} = 1,047;$$

$$t_p = 1,047 d = 31,4 \text{ см.}$$

Фактическая толщина (с учетом слоя бетона пола 5 см) составляет $10 \text{ см} < t_p$, т. е. полка плиты будет пробита.

$$3. v_{cr,p}^2 = 0,13 \frac{30 \cdot 30^{0,092} (10^4)}{2000} \times \left(\frac{1,0}{10}\right)^{-2,908} = 21567,8 \text{ см}^2/\text{с}^2.$$

Таким образом, пробивание полки плиты произошло бы уже при начальной скорости удара 146,8 см/с.

Далее $M_t = 1,33 \cdot 10 \cdot 30^2 \cdot 2400 \times 10^{-6} = 28,73$ кг.

$$v_{res}^2 = \frac{1}{1 + 28,73/2000} \times (775^2 - 146,8^2) = 570856,8 \text{ см}^2/\text{с}^2,$$

$$v_{res} = 755,6 \text{ см/с.}$$

$$4. v_{tot} = \sqrt{570856,8 + 2 \cdot 981 \cdot 45} = 811,8 \text{ см/с.}$$

$$\delta = \frac{811,8^{4/3} (2000 + 28,73)^{2/3}}{1,078 \cdot 10^4 \cdot 30 \cdot 5} = 0,43 \text{ см.}$$

Принимаем толщину мембраны 5 мм.

Масса мембраны, приходящаяся на один трос

$$M_m = 1,5 \cdot 1,5 \cdot 0,005 \cdot 7850 = 88,3 \text{ кг.}$$

5. Принимая тросы из стали Ст. 3 $l=45$ см, $R_{s,d} = 1,4 \cdot 210 = 294$ МПа, получим

$$A_s = \frac{811,8^2 (2000 + 28,73 + 88,3)}{2 \cdot 294 \cdot 45 \cdot 0,2 (10^4)} = 26,36 \text{ см}^2$$

Увеличение длины тросов (если это возможно по технологическим соображениям) приводит к уменьшению требуемой площади сечения. Использование сталей более высокой прочности сопровождается соответствующим снижением пластических свойств, практически не отражаясь на конечном результате.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. J. F. Carney III, J. R. Veillette. Impact Response and Energy Dissipation Characteristics of Stiffened Metallic Tubes.— Tr. of Int. Conf. "Structural impact and crashworthiness".— V. 2.— London, 1984.— P. 564—575.
2. H. Hwang et al. Probability Based Design Criteria for Nuclear Plant Structures // Journal of Structural Engineering.— V. 113.— No. 5, 1987.

УДК 691.327:691.33

А. Г. ЗОТКИН, канд. техн. наук (Иркутский политехнический ин-т)

Графическая интерпретация методов назначения расхода золы в бетоне

К настоящему времени предложено много методов назначения составов бетона с золой [1...5]. Целесообразно выбрать наиболее удобный из них для практики. При этом следует учитывать, что оптимальный по прочности расход золы, а также ее эффект возрастают при уменьшении расхода цемента в бетоне [3, 4, 6]. Хотя на степень выраженности этой зависимости могут влиять характеристики золы, не учитывать ее априори некорректно.

Для наглядного сопоставления методов нахождения расхода золы разработана номограмма составов бетона с золой (рис. 1). Для ее построения использовали результаты исследований бетона с золой [3, 6] и данные дополнительных опытов. Материалами служили Ангарский портландцемент марки 400 и заполнители из русла р. Ангары (песок с $M_k=2,5$ и щебень из гравия с $NK=20$ мм), низкокальциевая зола сухого удаления Ангарской ТЭС-1 с удельной поверхностью 300...360 м²/кг, водопотребностью 42...44 % и плотностью 2,1 г/см³. В основе номограммы лежат зависимости прочности бетона от расхода золы двух групп: при введении золы вместо песка (кривые 1) и вместо цемента (кривые 2). Замену цемента золой производили по массе, как обычно поступают на практике. Так как плотность золы меньше, чем цемента, то одновременно уменьшался расход песка. Номограмма имеет вторую вертикальную ось — расход цемента. Она соответствует значениям прочности бетона без золы на первой оси. На поле номограммы линии постоянного расхода цемента — кривые 1, полученные при замене песка золой. Локальные максимумы прочности, наблюдаемые на кривых 1, соединены кривой 3, представляющей собой линию

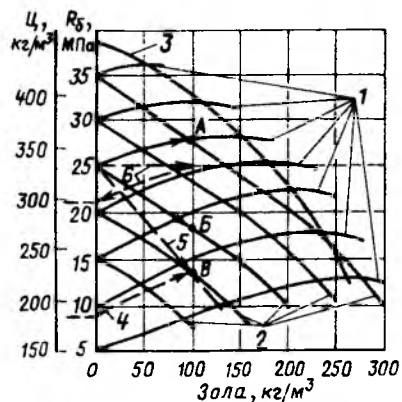


Рис. 1. Номограмма составов бетона с золой

1 — прочность бетона при замене золой песка по объему; 2 — то же цемента по массе; 3 — то же по объему; 4 — кривая оптимальных расходов золы; 5 — нахождение прочности бетона с золой при замене цемента по объему; 6 — нахождение расхода цемента в равнопрочном бетоне с золой; прочность при различных способах введения золы в бетон: А — вместо песка; В — вместо цемента по массе; В — то же по объему

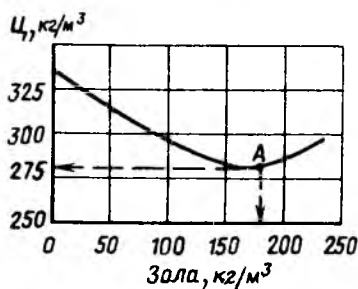
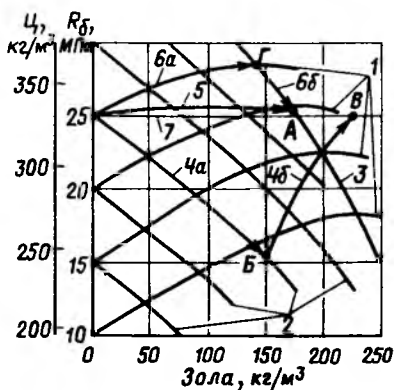


Рис. 2. Связь расходов золы и цемента в бетоне с постоянной прочностью 25 МПа



оптимальных расходов золы. С ростом расхода цемента (или прочности бетона) оптимальный расход золы уменьшается.

Пользуясь номограммой, можно определять прочность бетона при любых способах введения золы. В качестве примера рассмотрено введение 100 кг золы в бетон с исходной прочностью 25 МПа. При введении золы вместо песка получаем точку А, вместо цемента по массе — точку В, по объему — точку В. Процесс нахождения последней точки показан линией 4: масса цемента, замененного золой, составила 148 кг. По полученным таким образом точкам построена кривая снижения прочности 5 при замене цемента золой по объему.

По номограмме можно проследить изменение прочности бетона при замене золой цемента и песка в любом соотношении между ними. Прочность определяется только расходами цемента и золы, техника ее нахождения была показана выше (линия 4). Можно определить и расход цемента, обеспечивающий сохранение постоянной прочности при введении золы. Его нахождение для рассмотренного выше примера показано линией 6. Постоянную прочность обеспечивают различные расходы золы и цемента (рис. 2), но минимум цемента для рассматриваемого примера достигается при расходе золы 180 кг/м³, что соответствует точке А на рис. 2, 3.

Оптимизация расхода золы рассматривается нами, как и в боль-

Рис. 3. Графическая интерпретация различных способов нахождения расхода золы в бетоне

1...3 — то же, что и на рис. 1; 4...7 — нахождение оптимального расхода золы различными методами: 4, а, б — [2]; 5 — [1]; 6, а, б — [3]; 7 — по предлагаемой методике

шинстве других работ, исходя из условий прочности (или расхода цемента). Можно исходить и из условия минимальной стоимости смеси. Тогда, в зависимости от соотношения цен цемента, золы и песка положение оптимума может смещаться относительно точки *A* (см. рис. 2). Однако при стоимости цемента, многократно большей, чем других материалов, оптимизация по расходу цемента достаточно корректна. Кроме того, назначение расхода золы в точке *A* обеспечит минимальное влияние производственных колебаний расходов золы и цемента на прочность бетона.

Полученная номограмма использована для сопоставления различных методов определения расхода золы в бетоне. Хотя таких методов много, число возможных подходов ограничено. Любая методика основывается на эксперименте, и золу можно вводить вместо цемента, песка либо одновременно цемента и песка при различных соотношениях между ними. Наиболее давно используется замена цемента золой. Так как при этом снижаются и расход цемента, и прочность, возникает проблема нахождения оптимума. Для ее решения предложено применять коэффициент использования цемента $K_{иц} = R/Ц$. Соответствующая методика [2] включает два этапа. Первый — это получение зависимости прочности от расхода золы, нахождение для нее максимального $K_{иц}$ и соответствующего ему отношения зола:цемент (З:Ц). Этот этап показан на рис. 3 линией 4, *a*, максимум $K_{иц}$ — точкой *B*. Вторым этапом — получение бетона с заданной прочностью при сохранении найденного отношения З:Ц. Для этого проводят дополнительные опыты с повышенными расходами золы и цемента. Этап отражен линией 4, *б*, найденный состав — точкой *B*. Некоторое отклонение этой точки от кривой оптимальных расходов золы не является основанием для негативной оценки способа. Тот факт, что оптимальное отношение З:Ц определяется при одном расходе цемента (182 кг/м³ в точке *B*), а реализуется при другом (290 кг/м³ в точке *B*), позволяет считать, что методика не учитывает влияния расхода цемента на оптимум золы в бетоне. Кроме того, наибольшие значения $K_{иц}$ соответствуют оптимальным расходам золы и их можно выявить, сравнивая равнопрочные бетоны. Если проч-

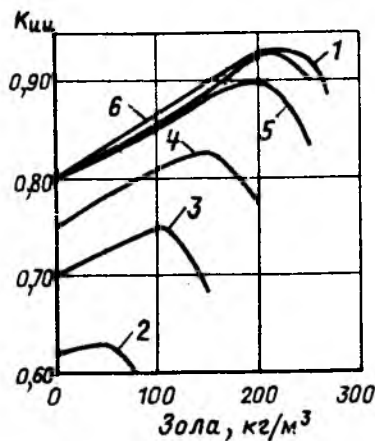


Рис. 4. Зависимость $K_{иц}$ от расхода золы 1 — при оптимальных расходах золы; при замене золы цемента по массе, масса (цемент+зола), кг: 2—241; 3—286; 4—332; 5—377; 6—438

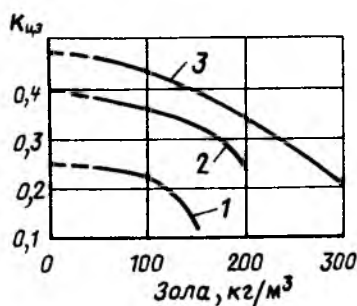


Рис. 5. Влияние расхода золы на $K_{иц}$ 1 — для бетона прочностью 30 МПа; 2 — то же 25 МПа; 3 — то же 15 МПа

ность бетона при росте расхода золы снижается, как это имеет место в методике [2], выявляемые максимумы $K_{иц}$ являются локальными и для большей части составов лежат значительно ниже общей линии максимумов (рис. 4). Такой же вывод можно сделать и из номограммы (см. рис. 1), где большая часть кривых 2 не достигает линии оптимальных расходов золы.

Более обоснованно введение золы в бетон в соответствии с коэффициентом ее цементирующей эффективности $K_{цз}$, представляющим собой соотношение между массами сокращаемого цемента и вводимой золы, при котором прочность бетона остается постоянной. Зола вводится одновременно вместо цемента и песка. Графическая интерпретация $K_{цз}$ представлена на рис. 1 линией 6. Отсюда видно, что введение 100 кг золы при сохранении прочности бетона позволяет сократить расход цемента на 36 кг, при этом $K_{цз} = 36:100 = 0,36$. $K_{цз}$ характеризует качество золы, но зависит и от

расхода цемента в бетоне, и от дозировки золы, при которой определяется. Влияние этих факторов по расчетам, проведенным по номограмме, оказалось значительным (рис. 5). В работе [1] предлагается использовать среднее значение $K_{цз}$, что не позволит, по-видимому, назначать оптимальные расходы золы в составах, отличающихся от средних. Если $K_{цз}$ определен для состава, в который вводится зола достаточно точно, нахождение оптимального расхода золы оказывается простым (кривая 5, на рис. 3). Чтобы получить такое значение, необходимо заранее знать предмет поиска — оптимальный расход золы. При обычных условиях использование $K_{цз}$ является довольно сложным. Так, в новейшей редакции [5], где $K_{цз}$ предлагается для подбора состава мелкозернистого бетона с минеральной добавкой, требуется проводить три последовательных серии опытов, что весьма трудоемко.

Третьим сравниваемым способом является введение золы вместо песка. В этом случае оптимальный расход золы находится легко и надежно, по максимуму прочности бетона (кривые 1 на номограммах). Нахождение оптимума показано на рис. 3 кривой 6, *a*. В связи с тем, что полученная прочность выше исходной, требуется второй этап: нахождение состава требуемой прочности. Нами предложена методика, позволяющая находить этот состав расчетным путем и тем самым ограничиться одноэтапным экспериментом [3]. Так как регулирование прочности связано с изменением расхода цемента, методика учитывает изменение оптимального расхода золы. Расчетный этап показан кривой 6, *б*. Видно, что при переходе от точки *Г* к точке *A* расход цемента снижается, а золы — увеличивается.

Пути нахождения оптимального расхода золы, представленные на номограмме, достаточно сложны: в варианте, выраженном кривой 5, трудно предварительно найти $K_{цз}$. В то же время можно видеть, что при наличии зависимости оптимального расхода золы от расхода цемента (или прочности бетона) его можно определить простейшим образом (прямая 7 на рис. 3).

Итак, хотя с точки зрения конечного результата вопрос о том, какой компонент заменять золой, считается не принципиальным [4], по нашему мнению, он важен

с точки зрения простоты и надежности определения оптимальных расходов золы. С этих позиций введение золы взамен песка имеет преимущество перед другими способами.

На основании проведенного сравнения предлагается методика назначения составов бетона с золой, отличающаяся минимальной трудоемкостью. Она включает введение золы вместо песка в бетон двух-трех составов с выявлением оптимумов (при небольшом диапазоне прочностей бетонов, в которые планируется введение золы, можно ограничиться двумя составами и прямой оптимальных расходов золы); построение зависимости оптимальных расходов золы от прочности бетона (кривые 3 на рис. 1, 3); нахождение оптимальных расходов золы графическим путем (прямая 7 на рис. 3). Достоинствами такой методики являются одноэтапность эксперимента, легкость и надежность нахождения оптимумов золы, назначение расходов золы, оптимальных для каждого состава бетона.

Полученная номограмма с количественной точки зрения имеет значение только для использованных материалов. Но в качестве удобной графической формы связи прочности бетона с расходами цемента и золы она может служить для сопоставления различных методов назначения расхода золы и для развития представлений о роли золы в бетоне.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Смит А. Современный подход к применению золы уноса в бетоне // Технология твердения бетонной смеси. — М.: Стройиздат, 1981. — С. 18—24.
2. Сергеев А. М. Использование в строительстве отходов энергетической промышленности. — Киев: Будівельник, 1984. — 117 с.
3. Зоткин А. Г., Балтаков Р. Ф. Назначение составов бетона с золой // Бетон и железобетон. — 1988. — № 1. — С. 31—33.
4. Оптимизация состава бетона с дисперсными минеральными добавками / С. А. Высоккий, М. И. Бруссер, В. П. Смирнов, А. М. Шарк // Бетон и железобетон. — 1990. — № 2. — С. 7—9.
5. Рекомендации по подбору составов тяжелых и мелкозернистых бетонов. — М.: ЦИТП, 1990. — 68 с.
6. Зоткин А. Г. Сравнение различных способов назначения расхода золы в бетоне // Бетон и железобетон. — 1990. — № 11. — С. 34—35.

УДК 624.012.45:69.059.4

С. С. ГОРДОН, канд. техн. наук (ВНИИжелезобетон)

Прогноз долговечности железобетонных конструкций

Долговечность железобетонных и бетонных конструкций и сооружений колеблется от сотен лет до 3...5 в зависимости от большого числа факторов. Так, построенные в XIX веке из жестких, хорошо перемешанных и уплотненных бетонных смесей крепостные сооружения в районе Каунаса, при обследовании в 1944 г. показали прекрасную сохранность. Более 100 лет стоит железобетонный морской маяк в районе Копенгагена. Более 2 тыс. лет пантеону в Риме с куполом из легкого бетона пролетом 43 м [1]. В США в хорошем состоянии находится жилой дом из бетона на германском цементе, построенный в 1863 г. [2].

В то же время дорожные железобетонные плиты размером 2×6 м, которыми в 1980 г. покрыли площадь перед Олимпийским комплексом в Москве, начали разрушаться через 2...3 года, а через 4...5 лет полностью были заменены. Железобетонный арочный мост через Москву-реку через 26 лет после сооружения стал выходить из строя и заменен новым Тротуарные бетонные плиты размером 60×60×60 см, изготовленные в Клайпеде в 1905 г., прекрасно сохранились до обследования их в 1965 г. Плитки размером 20×20×5 см, выпущенные в 60-х годах в Новороссийске из песчаного бетона, уплотненные прессованием без предварительного виброуплотнения, начинали разрушаться через 3...4 г.

Таким образом, действующая в нашей стране и за рубежом система научного обеспечения, проектирования, строительства и эксплуатации железобетонных сооружений по отношению к их долговечности является в значительной степени непредсказуемой, что резко увеличивает затраты на ремонт и восстановление поврежденных сооружений [3]. Так, в Великобри-

тании в 1987 г. 19 % железобетонных мостов требовали ремонта из-за коррозии арматуры. В Голландии при обследовании 64 морских железобетонных сооружений (возраст 3...63 года) в 11 из них обнаружили коррозию арматуры, в основном при толщине защитного слоя менее 45 мм. В США изучили 140 поврежденных конструкций, причем $\frac{2}{3}$ дефектов связано с неправильным приготовлением бетона и его укладкой. Ремонт железобетонных конструкций из-за недостаточной их долговечности в проезжей части мостов и перекрытий автогаражей обойдется в 75 млрд. дол. [4]. В нашей стране, по данным НИИЖБа, ремонт железобетонных промконструкций и простой цехов при ремонте обходится в 6 млрд. р. в год. В Японии обследованы тысячи железобетонных сооружений, в том числе 920 мостов в различном возрасте. Принимается срок эксплуатации обычных конструкций > 20 лет, мостов > 50 лет, плотин > 100 лет [5].

Таким образом, в развитых государствах при обследовании железобетонных сооружений появляется множество рекомендаций по повышению их долговечности. Известно, что повреждения железобетонных конструкций всегда локальны и начинаются с поверхности бетона и местной коррозии арматуры. Это связано с неоднородностью бетона и неоднородностью главных свойств конструкций [6]. В Японии, в здании постройки 1928 г. прочность бетона в кернах колебалась от 13,2 до 57,3 МПа; бетон имел класс В12,5, подвижность 22 см. Такой большой разброс прочности явился следствием применения литых бетонных смесей. По данным ВНИИжелезобетона, литые смеси даже с суперпластификаторами имеют значительное расслоение.

Т а б л и ц а 1

Факторы, влияющие на неоднородность свойств бетона	Бетонная смесь			
	жесткая	малоподвижная	подвижная	литая
Неоднородность состава смеси	30—40	40—50	35—45	38—48
	35—45	40—50	35—45	40—48
Неоднородность коэффициента уплотнения смеси	30—40	20—30	7—12	—
	25—35	20—30	7—12	—
Тепловая обработка	25—30	25—30	40—50	45—50
	25—30	25—30	40—50	45—55
Хранение и эксплуатация конструкции	2—5	2—5	3—7	4—8
	2—5	2—5	3—7	4—8

Примечание. Над чертой — бетон классов В30...В40, под чертой В15...В25.

В блоке тоннельной отделки московского метрополитена, распиленным на кубы с ребром 20 см, средняя прочность бетона была 44,5, минимальная 30,8, максимальная 57,6 МПа, коэффициент вариации прочности 15 %. Большие колебания обнаруживаются по морозостойкости гидротехнических и других бетонов.

Повышение однородности бетона и конструкций повышает их долговечность, но количественные соотношения подлежат изучению. В свою очередь, однородность бетона и конструкций определяются характеристиками сырья и технологией производства. Приближенное влияние некоторых факторов на снижение однородности и долговечности железобетонных конструкций получено во ВНИИжелезобетоне [6] в результате анализа литературы и собственных исследований (табл. 1). Применение домолотых портландцементов приводит к измельчению носителей долговечности бетона — крупных зерен C_3S размером 15...40 мкм. Известно, что у бетонов на алитовых цементах отмечаются снижение прочности в возрасте 10...20 лет, чего не наблюдается в бетонах на белитовом цементе, поскольку новообразования C_3S не достаточно долговечны.

В табл. 2 приведены сведения о росте прочности бетонов без ТВО на разных цементах за 25 лет. При сравнении первых двух составов видно, что бетон на белитовом цементе к 25 годам набирает прочность на 18 % выше, чем на алитовом. Одновременное снижение дисперсности цемента и рост содержания C_2S снизили месячную прочность бетона двух последних составов на 22 %, повысило прочность в 25 лет на 12 %, причем рост прочности за этот период составил 1,33...1,89.

Применение домолотых цементов может снизить долговечность кон-

Т а б л и ц а 2

Содержание, %			Дисперсность, см ² /г	Прочность, МПа
C_3S	C_2S	C_1A		
38	34	4,5	1920	35,8/56,3
57	16	13,0	2110	36,0/47,8
53	22	10,4	1370	28,0/53,1

Примечания: 1. Состав бетона, кг/м³: Ц=310; В=152; П=620; Ш=1320. 2. Перед чертой — через 1 мес, после черты — через 25 лет.

струкций с учетом их неоднородности примерно до 50 %, но количественный эффект нуждается в исследовании. Влияние различных факторов на долговечность бетонов следующее:

Фактор	K
Применение цементов с различными характеристиками K_1	1,8...0,5
Качество и однородность сырья K_2	1,2...0,7
Приготовление бетонной смеси K_3	1,2...0,7
Транспортирование смеси и формование K_4	1,1...0,8
Твердение бетона K_5	1,2...0,6
Уход за конструкциями K_6	1,1...0,9
Однородность характеристик и свойств конструкций K_7	1,2...0,9

Применение белитовых бездобавочных низкоалюминатных портландцементов с дисперсностью ≤ 3000 см²/г оптимально для долговечности бетонов с $K_1 \approx 1,8$ (по сравнению с массовой практикой). Наименьшей долговечностью обладают бетоны на тонкомолотых алитовых высокоалюминатных цементах ($C_3A > 10...11$ %) с минеральными и химическими добавками (за исключением очищенных лигносульфонатов) — $K_1 = 0,5$.

Применение рядовых заполнителей, одновременное использование цементов с содержанием щелочей (в пересчете на Na_2O) $> 0,6$ % массы цемента и реакционно-способных заполнителей могут снизить долговечность бетона ($K_2 \approx 0,7$), в то время как наличие фракционированных, мытых заполнителей, свежих усредненных цементов по-

вышает долговечность ($K_2 \approx 1,2$).

В массовом производстве отмечаются расслоение заполнителей, неточное дозирование воды (ошибки при оценке влажности заполнителей и др.), отсутствие оптимизации регламента перемешивания и др. Эти недостатки снижают долговечность бетона ($K_3 \approx 0,7$) и, наоборот, оптимизация передела, в том числе с применением эффективных бетоносмесителей, может его повысить ($K_3 \approx 1,2$).

Наиболее целесообразно транспортировать бетонную смесь в кубиках по кольцевой системе без дробления бетонной смеси и ее перегрузок. Не желательно на заводах ЖБИ перемещать смеси транспортерами с помощью бетононасосов. При формировании необходимо обеспечить высокую степень уплотнения бетонной смеси и не допустить ее расслоения. Поскольку эти требования часто нарушаются, введен коэффициент $K_4 = 1,1...0,8$. ТВО бетонов на портландцементе при температуре выше 45 °С приводит к образованию дефектов в объеме бетона, особенно при относительной влажности греющей среды $\varphi < 95...100$ %. Температурный градиент вызывает напряжения, приводящие к микротрещинообразованию, и пониженная φ — к пересушиванию бетона. Снижение φ , кроме того, является следствием ввода в камеру перегретого пара, что значительно увеличивает его расход. При температуре бетона ≥ 70 °С образуется неустойчивый моногидросульфаталюминат кальция с 11 молекулами воды. При влажной среде он переходит в эттрингит с 32 молекулами воды — с расширением и местным разрушением бетона [6]. Оптимальные режимы и оборудование камер ТВО (устранение парения, установка эжекторов для ввода распыленной горячей воды и др.) применяются редко — $K_5 \approx 0,6$. Оптимальным является твердение бетона при температуре $< 40...45$ °С и $\varphi > 95$ % с однородной температурой греющей среды — в этом случае $K_5 \approx 1,2$.

В результате исследований установлено положительное влияние поддержания молодого бетона во влажном состоянии — снижается усадка и резко уменьшается проницаемость бетона. Неправильный уход за бетоном сокращает его долговечность ($K_6 = 1,1...0,9$). Неоднородность характеристик каждой конструкции несомненно снижает ее долговечность ($K_7 = 1,2...0,9$).

Если принять за эталон долговечности 60 лет, то произведение наименьших величин K даст величину 0,09 или минимальную долговечность 5,4 г., что наблюдается на практике. Произведение наибольших коэффициентов дает 4,48, или максимальную долговечность 269 лет.

В Японии на основе широких обследований железобетонных сооружений предложена формула для расчета долговечности [7].

$$Y = Y_1 ABCDEFGH,$$

где Y_1 — стандартная долговечность 60 лет; A — коэффициент вида бетона: $A=1$ для обычного бетона, $A=0,85$ для легкого бетона; B — вид цемента: $B=1$ для ПЦ, $B=0,85$ для ШПЦ и зольного цемента класса I (5...30 % шлака или 5...10 % золы), $B=0,8$ для цемента класса II (30...60 % шлака или 10...20 % золы); C — изменение В/Ц: $C=1$ при В/Ц=0,65, $C=1,5$ при В/Ц=0,55; D — толщина защитного слоя над арматурой: $D=1$ при 40 мм, $D=1,56$ при 50 мм, $D=0,56$ при 30 мм, $D=0,25$ при 20 мм; E — вид отделки поверхности бетона: $E=0,65$ без отделки, $E=1,5$ при отделке раствором толщиной > 15 мм, $E=3$ при отделке плитками и камнем; F — методы строительства: $F=1$ обычные, $F=1,5$ качественные; G — условия эксплуатации:

$G=0,5$ без ремонта, $G=1$ при ремонте дефектов и местных разрушений; H — климатическая зона: $H=1$ обычная, $H=0,9$ холодная, $H=0,8$ прибрежная морская.

При стандартной долговечности $Y_1=60$ лет (все коэффициенты равны 1) интервал долговечности железобетонных конструкций 627...2,7 лет. В этой формуле не учитываются воздействия предложенных ВНИИжелезобетоном факторов K_1, K_5, K_7 , а также изготовление бетонов с низким В/Ц. Некоторые из них могут входить в коэффициент F . Поскольку в приведенной формуле имеются коэффициенты D и E , отсутствующие в данных ВНИИжелезобетона, этим объясняется различие в расчетной высокой долговечности.

Краткий обзор отечественных и зарубежных работ по повышению долговечности железобетонных конструкций и прогнозу этой характеристики не является исчерпывающим, но позволяет указать на актуальность и значимость дальнейшего развития теории и практики этого направления производства железобетона.

Необходимо разработать нормативы однородности и долговечности

различных бетонных и железобетонных конструкций и сооружений, методы проектирования, расчета, технологию производства и оборудование, обеспечивающие достижение этих нормативов.

Решение этой проблемы позволит существенно снизить затраты на капитальное строительство, ремонт и восстановление поврежденных железобетонных конструкций и сооружений, существенно снизить затраты материалов, энергии и труда.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Sommer H. Beton ans der Rommerzeit // Zement und Beton.— 1987.— Н. 2.— S. 62- 66
2. Douglas G. F. Oldest in U. S. // Journal of the American Concrete Ynstitute.— 1974.— N1.— P. 108.
3. Jdorn G. M. Aplea for recognition of the impact of chemistry on the durability of concrete // Cement and concrete Research.— 1984.— V. 14.— № 5.— P. 749-753.
4. Волков Ю. С. Некоторые аспекты технологии бетона за рубежом // Бетон и железобетон. - 1988.— № 10.— С. 46.
5. Окада К. Долговечность бетонных конструкций // Сэменто-конкурито. — 1986.— № 470. - С. 2—7.
6. Гордон С. С. Развитие производства железобетонных и бетонных конструкций с повышенной однородностью их свойств.— М.: ВНИИжелезобетон, 1983.— С. 28—32.
7. Долговечность и стойкость бетона // Сэменто-конкурито.— 1989.— № 510.— С. 18—20.

УДК 691.327:536.485

В. П. СИЗОВ, канд. техн. наук

Прогнозирование морозостойкости бетона

Как известно, до сих пор не существует расчетного метода прогнозирования морозостойкости бетона на стадии подбора его состава. Пока морозостойкость определяют в результате замораживания и оттаивания бетонных образцов, однако эти испытания очень трудоемки. Поэтому неоднократно предпринимали попытки разработки ускоренного метода установления морозостойкости. Так, в источнике [1] предложено F находить по коэффициенту морозостойкости бетона

$$K_F = \frac{P_{уз}}{0,09P_{и}}, \quad (1)$$

где $P_{уз}$ — условно замкнутая пористость бетона; $P_{уз}=0,0041\alpha Ц$; $P_{и}$ — интегральная пористость;

$$P_{и} = \frac{(1 - 0,23\alpha Ц) + (1 - K_y) 1000}{10} -$$

$$- 0,0041\alpha Ц;$$

$\alpha=0,7$; 0,0041 — экспериментальный коэффициент; K_y — коэффициент уплотнения бетона; $K_y=0,98...0,99$.

Из приведенных данных следует, что подсчет K_F затруднен. Точность определения F низкая, так как расчеты основаны на эмпирических коэффициентах 0,09; 0,0041 и 0,23.

Раньше ГОСТ 10060 включал метод установления морозостойкости по компенсационному фактору Φ_k

$$\Phi_k = \frac{V_B + V_K}{V_1}, \quad (2)$$

где V_B — объем воздуха или газа в уплотненной бетонной смеси, %; V_K —

объем конструкционных пор в бетоне, %; $V_K=12 Ц/\rho_{ц}$; V_1 — объем замерзающей при -20°C воды в бетоне, %; $V_1=100 Ц/\rho_B (В/Ц - 0,27)$; $\rho_{ц}$ — плотность цемента: $\rho_{ц}=3100$; ρ_B — плотность воды: $\rho_B=1000 \text{ кг/м}^3$.

По этому методу можно прогнозировать морозостойкость бетона на стадии проектирования состава бетона. Однако данные табл. 7 [2] для назначения морозостойкости по Φ_k сильно занижены. Поэтому этот метод не нашел применения на практике и из ГОСТ 10060 был исключен.

В источнике [2] предложено определять морозостойкость бетона по критерию M

$$M = \frac{C + P''}{P''}, \quad (3)$$

где C — объемная концентрация цементного камня; P''' — условно замкнутая пористость, которую находят в результате насыщения образцов водой до постоянной массы под вакуумом при разрежении до 0,09 МПа; P'' — объем пор первой стадии (группы при насыщении до постоянной массы). Этот метод также не нашел широкого применения в лабораториях, поскольку сложен и не обладает достаточной точностью.

В технической литературе описаны и другие способы определения морозостойкости бетона. Например, в монографии [3] приведены результаты опытов по исследованию морозостойкости бетона в зависимости от капиллярной P_1 , контрактной P_2 , общей пористости $P_{общ}$ и пор геля P_3 . В результате установлено, что основное влияние на морозостойкость бетона оказывает капиллярная пористость. Влияние других видов пор менее значительно. Наряду с этим авторами источника [3] выявлены также факторы, влияющие на капиллярную пористость. Например, при расходе цемента 285 кг, воды 140 и 220 л она равна 3,7 и 11,7 %, а при расходах воды 190 л и цемента 387 и 246 кг/м³ — 5 и 10 %.

В источнике [3] установлены весьма важные закономерности, но, к сожалению, не разработана расчетная методика определения морозостойкости бетона на цементах различных видов и марок, на заполнителях разной крупности, для бетонных смесей разной подвижности и бетона различных классов.

Полезные данные по исследованию морозостойкости бетона приведены в источнике [4], где подбор состава морозостойкого бетона производили с учетом капиллярных и резервных пор. Объем капиллярных пор регулируется В/Ц, а резервных $V_{пор}^p$ — введением комплексных добавок ПАВ (например, воздухововлекающих). К сожалению, работа не доведена до расчетного метода определения морозостойкости бетона.

Известно, что традиционный метод испытания бетона замораживанием и оттаиванием позволяет достоверно устанавливать морозостойкость бетона, но он трудоемок, а испытания длительны (6...12 мес). Учитывая это, в ГОСТ 10060 предусмотрены два ускоренных метода определения морозостойкости бетона. По первому насыщение и оттаивание образцов производят в 5 %-ном растворе NaCl, а замораживание — в камере при -20 °С. По второму насыщение, оттаивание и замораживание осуществляют в 5 %-ном растворе NaCl, а замораживание при -50 °С. При этом для установления морозостойкости требуется 50...60 сут. Рассмотренные методы не позволяют прогнозировать морозостойкость на стадии проектирования составов бетона. Обоснование разработки расчетного метода определения морозостойкости приведено в источниках [5, 6].

Учитывая изложенное, морозостойкость предлагается подсчитывать по формуле

$$F = AR_u(\text{Ц/В} - 0,5), \quad (4)$$

где A — коэффициент, зависящий от качества материалов и бетона; R_u — марка цемента.

Эта формула получена на основе обобщения экспериментальных данных и материалов по морозостойкости бетона в технической литературе. Эталонный состав установлен на щебне крупностью 40 мм, песке с $M_k=2$; ПЦ с $C_3A=8$ % и Н.Г.=27 %, на заполнителях, удовлетворяющих требованиям ГОСТ 8736, 8267 и 10268 при Ц/В ≤ 2,25 и содержанию в цементе $D_{мин}$ активных минеральных добавок 10 % для бетонных смесей с О.К.=2...3 см, Ж=5 с и $V_{пор}^p=1...5$ л при $A=0,47$; 0,45; 0,43 на цементах марок 400, 500 и 600.

При использовании других материалов и других О.К., Н.Г., Ц/В, M_k , C_3A , $D_{мин}$ A , уточняют по рисунку.

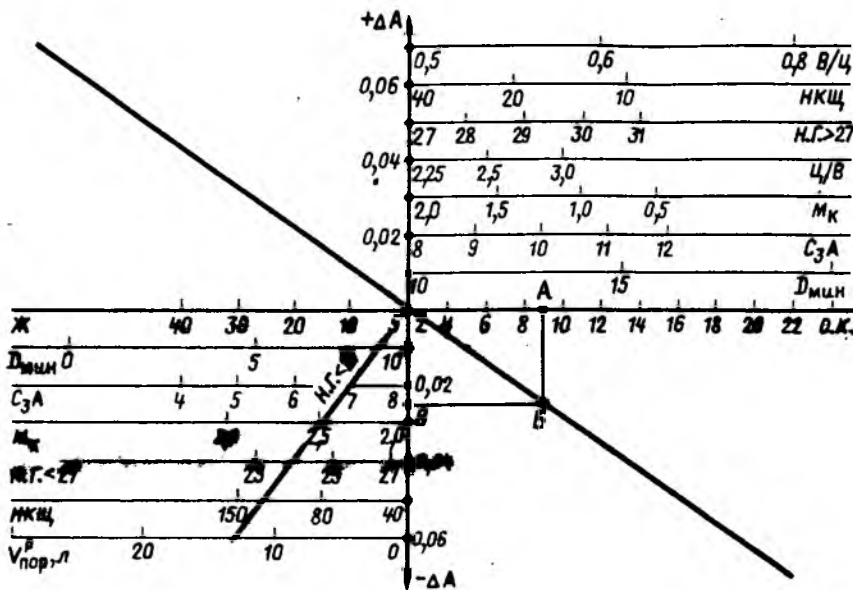
Допустим, требуется определить A при использовании цемента марки 400, бетонной смеси с О.К.=9 см, остальные характеристики совпадают с данными, принятыми за эталон. На оси абсцисс находят О.К.=9 см (точка А). Из этой точки проводят вертикальную линию до пересечения с линией I (точка Б). Из точки Б проводят горизонтальную линию до пересечения с осью ординат (точка В). В данном случае $\Delta A = -0,025$, $A = 0,47 - 0,025 = 0,445$. F подсчитывают по формуле (4). Все расчетные параметры находят с учетом В/Ц, качества материалов, свойств бетонной смеси и бетона.

Морозостойкость бетона прогнозируют на стадии проектирования состава бетона. При этом предполагается, что будет соблюдена технология бетонных работ, обеспечены точность дозировки, тщательное перемешивание, хорошее уплотнение и надежный уход за свежесложенным и твердеющим бетоном.

Обобщение данных позволит более точно на стадии подбора состава бетона прогнозировать морозостойкость бетона без какого-либо риска с точностью ±7 %. При необходимости морозостойкость по формуле (4) можно уточнить испытаниями по ГОСТ 10060.

Выводы

В основу расчетного метода прогнозирования морозостойкости бетона положено В/Ц. При этом не требуется определять капиллярную, контрактную, общую пористость, поры геля, интегральную



Номограмма для уточнения A

и условно замкнутую пористость, размеры пор и расстояние между ними. В/Ц наилучшим образом обуславливает образование пор.

Для повышения морозостойкости бетона, кроме варьирования В/Ц, необходимо вводить воздухововлекающие и порообразующие добавки.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Шейкин А. Е. Прогнозирование морозостойкости бетона при выборе его состава // Бетон и железобетон. — 1979. — № 11. — С. 25—26.
2. Зависимость морозостойкости бетонов от их структуры и температурных деформаций / Г. И. Горчаков, Л. А. Алимов, А. В. Акимов, В. В. Воронин // Бетон и железобетон. — 1972. — № 10. — С. 7—10.
3. Горчаков Г. И., Капкин М. М., Скрамтаев Б. Г. Повышение моро-

- зостойкости бетона в конструкциях промышленных и гидротехнических сооружений. — М.: Стройиздат, 1965. — 193 с.
4. Рубин В. М., Шлаен А. Г. Бетонная облицовка каналов. — М.: Агропромиздат, 1987. — 184 с.
5. Сизов В. П. О необходимости пересмотра требований ГОСТов и СНиП по испытаниям бетонов на морозостойкость // Бетон и железобетон. — 1974. — № 3. — С. 28—29.
6. Сизов В. П. Об испытаниях бетона на морозостойкость // Бетон и железобетон. — 1979. — № 10. — С. 34.

Библиография

Книга об истории возведения мостов

В Германии издана на немецком и английском языках монография проф. Х. Витфогта под названием «Строительство мостов». Богато иллюстрированная книга содержит подробную историю развития технологии возведения мостов из различных материалов, причем особое внимание уделено железобетону. В предисловии, написанном всемирно известным ученым, проф. Ф. Леонгардом, в сжатом виде приводятся содержание книги и ее оценка. Ниже излагается основное содержание этого предисловия.

«Наконец, появилась книга о мостах не только для специалиста, но и для более широкого круга читателей, получивших возможность проникнуть в секреты мастерства мостостроителей и осознать многочисленные трудности, которые должен преодолевать инженер в одной из самых красивых отраслей гражданского строительства. Искусство мостостроения вызывает всеобщий интерес и многие построенные мосты люди рассматривают с восхищением как реальные достижения инженерной и творческой мысли. Книга показывает, насколько знания и другие факторы необходимы для безопасного и экономического строительства мостов различных пролетов.

Автор книги Х. Витфогт на протяжении многих лет был ответственным за строительство многих преднапряженных железобетонных мостов. Его деятельность отличалась новыми принципами проекти-

рования большепролетных мостов и разработкой высокоэффективных методов строительства. Проф. Витфогт преподносит развитие мостостроения из дерева, камня, металла и бетона каждый раз заново и последовательно ведет читателя к новейшим типам и методам строительства, не боясь отметить трудности и несчастные случаи, которые не могут быть помехой для прогрессивно думающего инженера. Так, показана большая ответственность мостостроителя за смелые конструкции, и становится ясно, что технический прогресс должен компенсировать все помехи.

Следующее положение, которое освещает эта книга, заключается в том, что почти революционное развитие искусства мостостроения произошло только в последние десятилетия, большей частью в результате внедрения преднапряженного железобетона, особенно стимулирующего изобретательский гений инженера. Такое развитие характерно для Европы, где среди строительных фирм возникла сильная конкуренция в планировании и осуществлении различных методов возведения мостов. Книга является иллюстрацией того, что свободное предпринимательство открывает широкий путь для инициативы, вносит большой вклад в повышение благосостояния общества.

Книга написана языком инженера, получающего удовлетворение от технического успеха и прогрессивного развития того, в чем он сам

принимал участие. Легко понять автора, который более полно описывает проблемы, с которыми он хорошо знаком. Читатели проникают в глубь развития методов строительства из преднапряженного железобетона. Стремления инженеров увеличить пролеты мостов из тяжелого материала привели к захватывающему дух уровню современной техники. В результате мосты существенно преобразились, их пролеты стали более дерзкими и красивыми. Последнее относится и к малым мостам, которыми сегодня легко и просто перекрывают разнообразные транспортные коммуникации и преодолевают трудности сложных транспортных развязок. Легкость конструкции и расстояние между опорами имеют большое значение для того, чтобы мост хорошо вписывался в окружающую среду.

Красота моста должна стать целью мостостроителя, который должен сознавать свою эстетическую ответственность перед человечеством. Эта трудная задача не всегда разрешима, однако мостостроители создали много красивых сооружений.

Книга будет способствовать и более глубокому пониманию технического мира».

Присоединяясь к оценке проф. Ф. Леонгарда, считаем, что знакомство с книгой проф. Х. Витфогта будет полезно и для отечественной инженерной общности.

К. В. МИХАЙЛОВ,
д-р техн. наук, проф.

УДК 691-462(063)

Международный научно-технический семинар о железобетонных напорных и безнапорных трубах

В мае прошлого года в г. Минеральные Воды состоялся Международный научно-технический семинар по теме «Развитие технологии производства и применения железобетонных напорных и безнапорных труб», организованный концерном Спецжелезобетон, ВНИИжелезобетон и Минераловодским заводом железобетонных напорных труб (ЖБНТ).

На конференции было сделано более 23 докладов и сообщений.

Со вступительным словом выступил О. И. Крикунов. Охарактеризовав состояние производства на трубных заводах и стоящие перед ними задачи по повышению эффективности производства и качества продукции, он отметил, что номенклатура и объем производства выпускаемых железобетонных напорных труб (более 700 тыс. м³) не всегда обеспечивают полную заменяемость стальных, используемых в водоводах диаметром до 2 м с расчетным давлением до 3 атм.

В последние годы резко ухудшилось положение с производством безнапорных труб, так как машиностроительные заводы строительного комплекса практически прекратили производство серийного оборудования для них, а оборудование, изготовленное собственными силами, не отвечает современному уровню производства.

Преимущества железобетонных труб по долговечности в сравнении с металлическими практически не реализуются в напорных трубах. Это связано с невозможностью при принятых технологических процессах обеспечить надежный защитный слой, а в безнапорных трубах (для канализационных коллекторов) — отсутствие вторичной защиты от агрессии транспортируемых жидкостей.

Социально непривлекательные условия труда, травматизм привели

к текучести кадров и, как следствие, к потере квалифицированных рабочих на заводах. Участились случаи профзаболеваний.

Сложившееся положение в производстве труб обусловило главные задачи в деятельности научно-исследовательских и проектно-конструкторских институтов и предприятий: повышение производительности технологических линий, улучшение условий труда, повышение коррозионной стойкости труб.

На Минераловодском заводе ЖБНТ создана и успешно работает модернизированная линия для изготовления напорных железобетонных виброгидропрессованных (ВГП) труб со спирально-перекрестным армированием, обеспечивающая экономию 5...12 % арматуры, повышение производительности труда на 25...30 %, улучшение условий труда, в частности, снижение травматизма, уменьшение уровня шума и повышение коррозионной стойкости труб.

Проведены работы по использованию вяжущего низкой водопотребности для изготовления железобетонных труб различных видов, которые позволяют экономить 40...50 % клинкерного цемента. Завершаются работы по созданию производства низконапорных железобетонных труб с внутренним полиэтиленовым чехлом, которые можно использовать для транспортирования химически активных жидкостей. Практически завершена разработка высокоавтоматизированного производства радиально-прессованных труб диаметром 1200...2000 мм со стальным сердечником нового поколения на расчетное давление до 3 атм повышенной коррозионной стойкости, обеспечиваемой полимерным покрытием. Разработаны технология и оборудование для изготовления железобетонных безнапорных труб со

сварным спирально-перекрестным каркасом, что позволяет экономить до 20...25 % арматурной стали и снизить трудозатраты на 15...20 %.

Разработка новых технологических процессов и оборудования проводилась, в основном, под эгидой концерна Спецжелезобетон и выполнялась ВНИИжелезобетон, Гипростроммашем, Союзводоканалпроектом, НПО Белстройнаука, Минераловодским заводом ЖБНТ, Брянским заводом «Ирмаш» и др.

Реализацию эффективных разработок можно ускорить объединением усилий для взаимовыгодного сотрудничества отечественных организаций и зарубежных фирм.

В. С. Ромейко отметил необходимость реализации на практике рациональной структуры потребления труб благодаря повышению качества, увеличению объемов производства применению железобетонных напорных и безнапорных труб вместо дефицитных стальных.

На Минераловодском заводе ЖБНТ создана перспективная модернизированная технология производства железобетонных напорных ВГП труб со спирально-перекрестным армированием, которая по параметрам и оборудованию может успешно конкурировать с зарубежными технологиями. Более подробно особенности этой технологии, оборудования и конструкции труб изложил В. В. Девятов (ВНИИжелезобетон). Для их изготовления разработан комплект оборудования, состоящий из станка для изготовления спирально-перекрестных каркасов, станка для штамповки разделительной полосы и комплекта форм. Для формирования труб разработаны маломощные вибросердечники, снижающие уровень шума и вибраций до санитарных норм при сокращении про-

должительности укладки бетонной смеси в форму на 20...30 %. Применение спирально-перекрестного армирования за счет исключения операций по изготовлению продольной арматуры с комплекующими втулками, установке ее в форму, а также обрезке ее концов при распалубке трубы позволяет на 15...18 % снизить трудозатраты. Кроме того, на 5...15 % уменьшаются расход стали и количество отслоений защитного слоя в трубах.

А. А. Сидоренков (концерн Спецжелезобетон) отметил, что решение задачи резкого увеличения выпуска труб расширенной номенклатуры и требуемого качества возможно только при быстром техническом перевооружении действующих заводов по опыту Минераловодского с превышением их проектных мощностей. Особое внимание должно быть уделено развитию машиностроительной базы.

Были заслушаны доклады о разработках ВНИИжелезобетона — об автоматизации технологических процессов и контроля качества изделий в производстве железобетонных труб (А. Э. Гордон), об эффективных способах тепловлажностной обработки железобетонных напорных ВГП труб (С. М. Трещицкий), о высокоавтоматизированном производстве радиально-прессованных труб диаметром 1200...2000 мм со стальным сердечником (В. И. Мелихов), о производ-

стве низконапорных железобетонных труб с внутренним полиэтиленовым чехлом (Е. Г. Фролов); НИИСМа им. С. А. Дадашева — о модернизации некоторых видов оборудования (формы с паровой рубашкой, поста гидропрессования, поста распалубки и др.) для производства железобетонных напорных ВГП труб (Ф. Ю. Мамедов); НПО Белстройнаука — о разработке указаний по расчету труб со спирально-перекрестным армированием на все виды нагрузок с составлением программы для ЭВМ (Н. И. Шепелевич), ИНПЦ «Внедрение», ВНИИжелезобетона — о новой технологии напорного бетонирования безнапорных железобетонных труб и использовании ее для производства напорных труб по трехстадийной технологии (М. С. Белоцерковский); Союзгипросовхозостроя — о технологии производства железобетонных напорных ВГП труб со стальным цилиндром (Э. Ф. Грибаус); НИИЖБа — об использовании напрягающего цемента в производстве труб (С. Л. Литвер); ПО Промводмонтаж — о защитных покрытиях для концевых элементов железобетонных напорных труб со стальным сердечником (Р. И. Любченко); ВНИИ ВОДГЕО — о способах герметизации стыковых соединений напорных и безнапорных железобетонных и бетонных трубопроводов (Л. М. Поляков) и др.

Были заслушаны доклады представителей зарубежных фирм о производстве радиально-прессованных труб на станках Roboter фирмы Pfeiffer, о производстве радиально-прессованных труб фирмы Mc. Grasken. Большой интерес у участников семинара вызвал просмотр кинофильмов о производстве железобетонных напорных труб в Ливии фирмы Price Brothers Company (США), об автоматизированном производстве труб со встроенным уплотняющим элементом стыкового соединения в процессе формования (Германия) и др.

Директор Минераловодского завода ЖБНТ В. А. Мельников и другие работники ознакомили участников семинара с действующим оборудованием для изготовления железобетонных напорных ВГП труб со спирально-перекрестным каркасом и ответили на вопросы специалистов.

В завершении работы участники семинара обсудили и приняли практические решения по повышению эффективности производства и качества труб. Была создана Ассоциация производителей и потребителей железобетонных и бетонных труб.

*А. А. СИДОРЕНКОВ, канд. техн. наук
(концерн Спецжелезобетон);
Л. Т. ДЕГТЯРЕВА, инж.
(ВНИИЭСМ)*

НОВОЕ ПОСОБИЕ

В нашей стране изготавливается более 30 млн. м³ различных предварительно напряженных железобетонных конструкций. Почти все заводы пользуются при этом «Руководством по изготовлению предварительно напряженных железобетонных конструкций», разработанным НИИЖБ и изданным в 1975 г.

За прошедшие годы произошли значительные изменения в рассматриваемой области: переработаны все стандарты, технические условия; освоено производство новых классов арматурных сталей, созданы новые машины для заготовки и натяжения арматуры и т. д.

НИИЖБ подготовил новое Пособие по изготовлению предварительно напряженных железобетонных конструкций. Пособие состоит из 185 страниц машинописного текста с 35 рисунками и 31 приложения (97 страниц) с 45 рисунками.

Используя Пособие, можно сократить трудозатраты, улучшить качество изделий, уменьшить процент брака, увеличить объем производства при том же расходе цемента.

По заявкам организаций НИИЖБ готов передать рукопись Пособия по договорной цене 2,2 тыс. руб. Пособие будет направлено не позднее чем через месяц после перевода денег на счет Института. Кроме того НИИЖБ может заключить договор на оказание консультативной помощи.

**Адрес Института: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., 6.
Расчетный счет № 505804 в Волгоградском отделении МИБ, МФО 20101,
тел. 171-93-71 Павлова Л. П., 174-85-48 Масленников Ю. Л.**

Исполнилось 80 лет со дня рождения и 60 лет научной, инженерной и педагогической деятельности лауреата Государственной премии СССР, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, почетного доктора Веймарской высшей школы, профессора, доктора технических наук **Виталия Николаевича Байкова**.

В. Н. Байков начал трудовую деятельность в начале 30-х годов в проектном институте Брянска после окончания строительного техникума. После обучения в МИСИ он более 15 лет посвятил инженерной и проектной деятельности в Государственном институте по проектированию промышленных предприятий цветной металлургии, где в течение длительного времени работал главным конструктором. Под его руководством и при непосредственном участии было разработано много сложных объектов цветной металлургии, построенных и находящихся в эксплуатации. Уже в первые годы работы он проявил большой интерес к широкому кругу вопросов, связанных с повышением надежности строительных конструкций, исследованием работы железобетонных конструкций, работающих в условиях сложного напряженно-деформированного состояния, развитием методов расчета конструкций и вопросом экономичности конструкций.

С середины 50-х годов научная и инженерная деятельность В. Н. Байкова неразрывно связана с педагогической в МИСИ, где в течение более чем 25 лет он возглавлял коллектив кафедры железобетонных и каменных конструкций. Большой опыт инженерной и проектной практики наиболее полно раскрыл его научный потенциал. Под руководством В. Н. Байкова и при его непосредственном участии получили дальнейшее развитие исследования по общим свойствам железобетона, совместной работе сборных железобетонных элементов в сложных стержневых, плоских и простран-



ственных системах конструкций, прикладным задачам и теории расчета железобетонных конструкций, расчету и проектированию сборно-монолитных конструкций.

В соавторстве им написан основной учебник для вузов по курсу «Железобетонные конструкции. Общий курс», выдержавший пять изданий на русском и многократные издания на английском, французском, испанском, португальском и арабском языках. В 1982 г. авторы учебника удостоены Государственной премии СССР. В. Н. Байков является также соавтором многих учебных пособий для вузов, таких, как «Железобетонные конструкции. Специальный курс», «Строительные конструкции» для смежных специальностей, а также многочисленных методических разработок по дипломному и курсовому проектированию. Программы по дисциплине «Железобетонные и каменные конструкции», разработанные с его участием, стали типовыми практически для всех вузов и факультетов строительного профиля.

Используя большой опыт педагогической и научной работы, В. Н. Байков в различные периоды успешно выполнял обязанности де-

кана факультета «Промышленное и гражданское строительство», проректора института по научной работе, профессора в Бомбейском технологическом институте, эксперта Юнеско по железобетонным конструкциям.

Научные разработки и интересы В. Н. Байкова нашли отражение в работах его учеников и последователей. Им подготовлено свыше 20 кандидатов технических наук. Общий объем его опубликованных научных работ составляет свыше 400 печатных листов.

В. Н. Байков ведет большую общественную работу будучи председателем специализированного совета ВАК по присуждению степени доктора технических наук по строительным конструкциям, зданиям и сооружениям и членом специализированных Советов вузов и научных организаций, был членом пленума и строительной секции Комитета по присуждению Ленинских и Государственных премий, членом редакционных советов Стройиздата, издательств «Мир», «Высшая школа», а также редколлегий журналов «Бетон и железобетон», «Строительная механика и расчет сооружений», членом центрального правления ВНТО Стройиндустрия. Он являлся инициатором и участником многих совещаний по исследованию и проектированию железобетонных конструкций, развитию прикладной теории их расчета.

Инженерная, научная и педагогическая деятельность В. Н. Байкова высоко оценены. Он удостоен званий лауреата Государственной премии СССР и Заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, награжден четырьмя медалями, а также отмечен многими почетными грамотами. За участие на ВДНХ ему были присуждены две золотые и одна бронзовая медали, он имеет несколько авторских свидетельств на изобретения.

Отмечая 80-летие В. Н. Байкова, желаем ему крепкого здоровья и новых творческих успехов.

Вниманию специалистов!

В сентябре 1992 г. в Москве состоится VII Международный конгресс по применению полимеров в бетоне (ИКПИК-92).

Организатором конгресса является Научно-исследовательский, проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ).

Заявки на участие в работе конгресса просим направлять в комиссию по отбору докладов Оргкомитета ИКПИК-92 проф. В. В. Патурову по адресу: 109428, Москва, 2-я Институтская ул., д. 6, НИИЖБ.

Рефераты статей, опубликованных в номере

УДК 666.9.015.44:691.327

Сугак Е. Б., Денисов А. В., Музалевский Л. П. **Десорбция влаги из портландцементного камня при облучении** // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 2—4

Приводятся результаты измерения остаточного водосодержания и водопотерь основных гидратированных минералов клинкера и цементного камня, облученных в трех различных ядерных реакторах. На основании физической модели вяжущего рассчитываются параметры его структуры и количества связанной воды, которые сравниваются с экспериментальными данными.— Табл. 5.— Библиогр.: 5 назв.

УДК 666.94.015

Меркин А. П., Цыремпилов А. Д., Чилитов А. Ж. **Гидромеханическая активация процесса твердения вяжущих** // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 5—6

Показано, что кратковременная гидромеханическая активация цемента в водосолевой среде в промышленном диспергаторе обеспечивает эффективное диспергирование и оводнение цемента, а также его интенсивную гидратацию и последующее структурообразование цементного камня бетона. Оптимизирована доля активированной части цемента, вид и дозировка щелочесодержащей добавки — черного щелока. Разработана заводская технология бетонных изделий на активированном цементе.— Ил. 3.— Библиогр.: 2 назв.

УДК 691.54.001.1

Использование вулканической породы Закарпатья в качестве активной минеральной добавки в цемент / Г. Б. Гирштель, С. В. Глазкова, М. В. Гакен и др. // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 6—7

Приведены результаты исследований бетонов, изготовленных на тонкомолотых многокомпонентных цементах (ТМЦ), выпущенных ИПЦ Киевинжцемент, с применением в качестве кремнеземистой добавки перлита. Даны результаты исследований бетонов с применением ТМЦ как в чистом виде, так и с добавками-пластификаторами.— Ил. 1, табл. 4.

УДК 691.87:693.554

Головин Н. Г., Назар Камель А. **Определение классов арматуры при смешанном армировании** // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 8—9

Приведены предложения по определению класса ненапрягаемой арматуры при смешанном армировании в зависимости от класса и величины преднапряжения напрягаемой арматуры, разных уровней расположения арматуры по высоте сечения с учетом удовлетворения требований I и II групп предельных состояний.— Ил. 1.— Библиогр.: 2 назв.

УДК 691.327:666.973.2:693.547.3

Быстротвердеющий керамзитобетон для зимнего бетонирования / А. В. Ферроиская, В. Ф. Коровяков, Л. Д. Чумаков, С. В. Мельниченко // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 12—14

Представлены результаты лабораторных и полупроизводственных испытаний керамзитобетона на основе водостойких гипсовых вяжущих низкой водопотребности (ВГВНВ), твердевшего при —30...20 °С. Установлено, что использование в составе керамзитобетона ВГВНВ вместо ГВ и ГЦПВ позволяет резко сократить расход вяжущего, более чем в 2 раза снизить начальную влажность бетона и повысить его раннюю прочность при сжатии, водо- и морозостойкость. Отмечены интенсивное твердение керамзитобетона на ВГВНВ при низких положительных и отрицательных температурах и его преимущество в данных условиях твердения перед бетонами на ГВ, ГЦПВ и ВПЦ.— Ил. 1, табл. 3.— Библиогр.: 2 назв.

УДК 691.327(213)

Вододисперсные пленкообразующие составы для бетона в условиях сухого жаркого климата / Б. А. Крылов, Л. Г. Чукаселидзе, Г. В. Топильский, В. П. Рыбасов // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 15—17

Применены вододисперсные пленкообразующие составы (ВПС) для ухода за монолитным и сборным железобетоном при обустройстве нефтяного месторождения в Ираке. Показано, что ВПС более эффективно защищают бетон от обезвоживания, чем полиэтиленовые покрытия, существенно снижают трудозатраты на уход за бетонными и железобетонными изделиями в условиях сухого жаркого климата.— Ил. 4, табл. 1.— Библиогр.: 1 назв.

УДК 624.072.04

Нурмаганбетов Е. К. **Поперечный изгиб сжатых стержневых элементов** // Бетон и железобетон.— № 6.— С. 17—19.

Рассмотрен поперечный изгиб сжатых стержневых железобетонных элементов. Получена система из двух уравнений для определения нормальных сил и изгибающих моментов при поперечном изгибе сжатых железобетонных элементов. Приведенные формулы легко обобщаются для любых элементов симметричных сечений. На основе системы уравнений разработан и реализован на ЭВМ алгоритм расчета сжатых стержневых железобетонных элементов. Приведен пример.— Ил. 1.— Библиогр.: 2 назв.

УДК 624.012.45:69.059.4

Гардон С. С. **Прогноз долговечности железобетонных конструкций** // Бетон и железобетон.— 1992.— № 6.— С. 23—25.

Приведены рекомендации по росту долговечности железобетонных конструкций по данным исследований и дан прогноз их долговечности по отечественным и японским данным. Даны предложения по созданию нормативов долговечности конструкций и технологии обеспечения этих нормативов.— Табл. 2.— Библиогр.: 7 назв.

- Merkin A. P., Tsyrempilov A. D., Tchimitov A. Zh.* Hydro-mechanical activation of hardening of binders
- Sudak E. W., Denisov A. V., Muzalevskij L. P.* Desorption of moisture from portland cement stone under irradiation
- Girshtel G. B., Glazkova S. V., Gaken M. V., Belik P. I., Komarov A. I., Saldugej M. M.* The use of volcanic rock of Zakarpatje as active mineral admixture in cement
- Golovin N. G., Nazar Kamel A.* Determination of classes of armature when reinforcement is mixed
- Gatsenko A. Yu., Kaleko D. M.* Technology and equipment for arc-contact welding of bars in conditions of mounting
- Dianov V. A., Kononenko V. Ya.* Line for production of prestressed piles
- Ferronskaja A. V., Korovijakov V. Ph., Tchumakov L. D., Melnitchenko S. V.* Rapidly-hardening keramzite-concrete for winter concreting
- Krylov B. A., Rybasov V. P., Tchouselidze L. G., Topilskij G. V.* Water-dispersed film-forming compositions for concrete in conditions of dry hot climate
- Nurmaganbetov E. K.* Transverse flexure of compressed bar elements
- Zabegaev A. V.* Shock-protection of reinforced concrete floors
- Zotkin A. G.* Graphical interpretation of methods of fixing of ash consumption in concrete
- Gordon S. S.* Prediction of durability of reinforced concrete structures
- Sizov V. P.* Prediction of frost-resistance of concrete
- Mikhailov K. V.* The book on history of construction of bridges
- Sidorenkov A. A., Degtjareva L. T.* International scientifico-technical seminar on reinforced concrete of pressure and non-pressure pipes
- Commemorating the 80th anniversary of V. N. Bajkov

- Merkin A. P., Tsyrempilov A. D., Tchimitov A. Zh.* L'activation hydromecanique du processus de durcissement des liants
- Sougak E. B., Denisov A. V., Mouzalevsky L. P.* La desorption de l'humidité de pierre de portland ciment sous l'irradiation
- Ghirchtel G. B., Glazkova S. V., Gaken M. V., Belik P. I., Komarov A. I., Saldoughej M. M.* L'utilisation de roche volcanique de Zakarpatié in qualité d'adjuvant minéral actif dans le ciment
- Golovine N. G., Nazar Kamel A.* La détermination des classes des armatures, le renforcement étant mixte
- Gatsenko A. Yu., Kaleko D. M.* La technologie et l'équipement pour le soudage de contact en arc des barres dans les conditions de montage
- Dianov V. A., Kononenko V. Ya.* La ligne pour la production des pilotes précontraints
- Pherronskaja A. V., Korovjakov V. Ph., Tchoumakov L. D., Melnitchenko S. V.* Le béton de këramsite à un durcissement rapide pour le bétonnage d'hiver
- Krylov B. A., Rybasov V. P., Tchkouasselidze L. G., Topilsky G. V.* Les compositions à dispersion aqueuse formant la pellicule pour le béton dans les conditions du climat sec torride
- Nourmaganbetov E. K.* La flexion transversale des éléments comprimés en barres
- Zabegaev A. V.* La protection contre le choc des revêtements en béton armé
- Zotkine A. G.* L'interprétation graphique des méthodes de la fixation de consommation des ashes dans le béton
- Gordon S. S.* La prédiction de la durabilité des structures en béton
- Sizov V. P.* La prédiction de la résistance au gel du béton
- Mikhailov K. V.* Le livre sur l'histoire de la construction des ponts
- Sidorenkov A. A., Degtjareva L. T.* Le seminaire sur les conduites forcées et non-forcées en béton armé
- Pour le 80th anniversaire de V. N. Bajkov

Редакционная коллегия: В. И. Агаджанов, Ю. М. Баженов, В. Г. Батраков, Н. Л. Биевец, В. М. Бондаренко, А. И. Буракас, В. В. Гранев, П. А. Демянюк, В. Г. Довжик, Ф. А. Иссерс, Б. И. Кормилицын, Р. Л. Маилян, К. В. Михайлов, Т. М. Пецольд, В. А. Рахманов, И. Ф. Руденко, Р. Л. Серых (главный редактор), В. М. Силян, В. М. Скубко, Ю. Г. Хаяутин, А. А. Шлыков (зам. главного редактора), Е. Н. Щербиков

Технический редактор *Е. Л. Сангурова* Корректор *Н. А. Шатерникова*

Сдано в набор 03.04.92. Подписано в печать 13.05.92. Формат 60×90 1/8. Печать офсетная. Бумага книжно-журнальная. Усл. печ. л. 3,92. Усл. кр.-отт. 4,92. Уч.-изд. л. 5,41. Тираж 8366 экз. Заказ 5561. Цена для индивидуальных подписчиков 1 р., цена для предприятий и организаций 4 р.

Адрес редакции:
Москва, Георгиевский пер., 1, строение 5, 3-й этаж
Почтовый адрес редакции (экспедиция): 101442, Москва, ГСП, Калевская, 23а
Тел. 292-41-34, 292-62-05

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате
Министерства печати и информации Российской Федерации
142300, г.Чехов Московской области
Отпечатано в Подольском филиале ПО «Периодика»
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

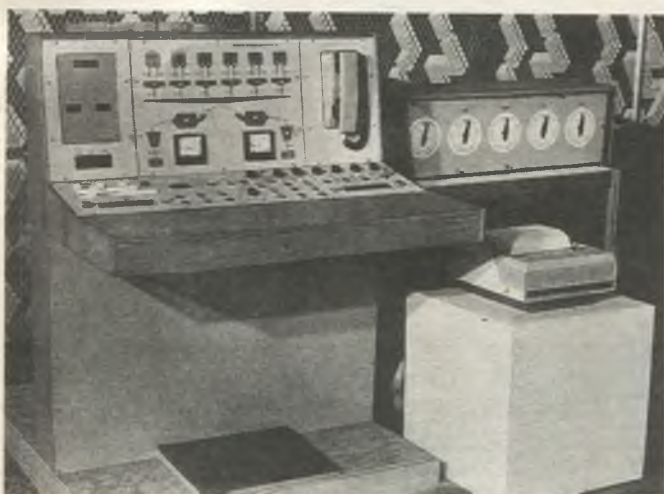


МГП «СТРОЙПРИБОР»

УЧРЕЖДЕН ВСЕСОЮЗНЫМ НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИМ И ПРОЕКТНО-КОНСТРУКТОРСКИМ ИНСТИТУТОМ ЗАВОДСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ И СБОРНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ И ИЗДЕЛИЙ **ВНИИЖЕЛЕЗОБЕТОН**

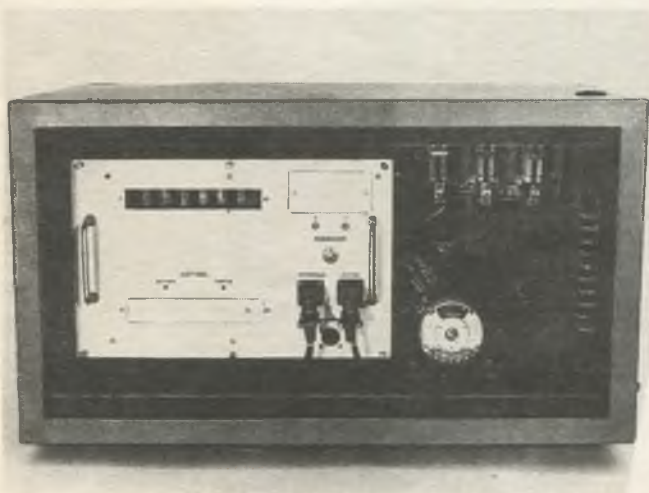
МГП «СТРОЙПРИБОР»

ВЫПОЛНЯЕТ РАБОТЫ ПО ВНЕДРЕНИЮ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ СТРОЙИНДУСТРИИ СРЕДСТВ АСУ ТП, ПРИБОРОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ.



Электронное устройство автоматического управления системой дозирования компонентов бетонной смеси предназначено для автоматизации процесса дозирования и приготовления бетонной смеси на БСУ циклического действия с многорецептурной технологией с использованием существующего весодозировочного и смесительного оборудования.

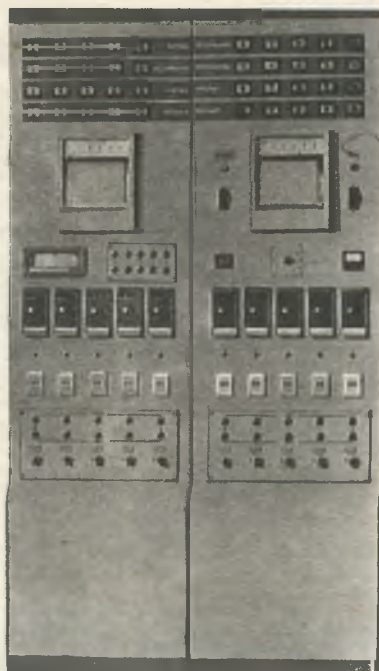
В памяти устройства содержится до 40 постоянных рецептов бетонных смесей и 4 оперативных. Устройство обеспечивает коррекцию составов бетонной смеси в зависимости от физических характеристик материалов, влажности, засоренности и концентрации жидких добавок, а также загрузку доз материалов в бетоносмесители в требуемой последовательности и их разгрузку по истечении заданного времени перемешивания.



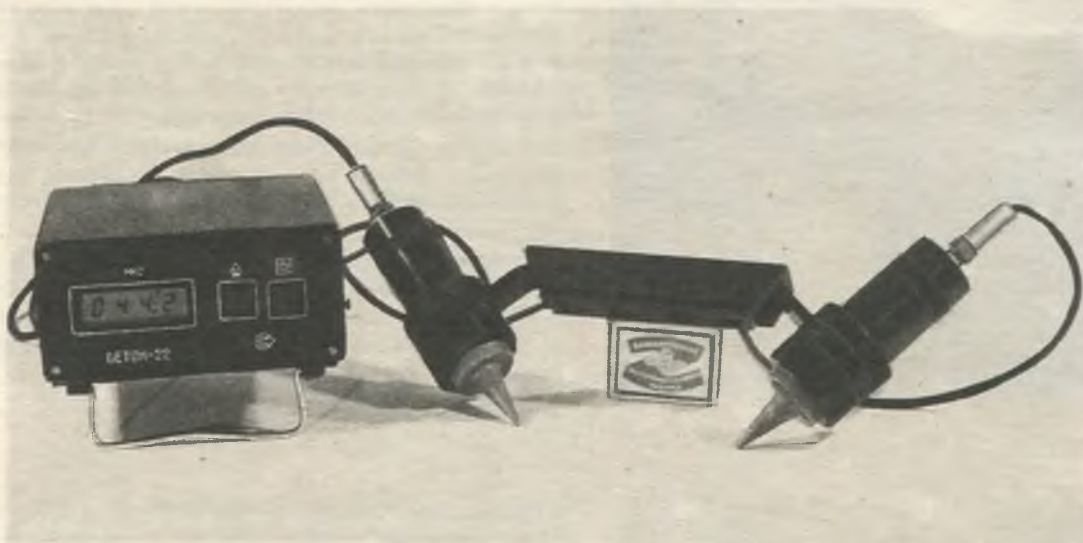
Устройство для автоматического учета расхода цемента подключается к дозировочно-смесительным узлам и установкам периодического действия, оснащенным дозаторами АД-1200М, АД-600-2БЦ (ДБЦ — 600) и аналогичными.



Система программного управления режимом тепловлажностной обработки бетона дает возможность контролировать и регистрировать тепловой режим в 12 камерах. Сигнальные устройства фиксируют ход процесса, состояние исполнительных механизмов, давления пара в трубопроводе и т. п.



Ультразвуковой прибор «Бетон-22» предназначен для контроля прочности бетона в готовых железобетонных изделиях и конструкциях. Масса прибора не превышает 1 кг. Прибор снабжен приспособлением для поверхностного прозвучивания с «сухим» контактом.



ДРУГИЕ УЛЬТРАЗВУКОВЫЕ ПРИБОРЫ, ВЫПУСКАЕМЫЕ МГП «СТРОЙПРИБОР», МОГУТ ИСПОЛЬЗОВАТЬСЯ ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОЦЕССОВ ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА («БЕТОН-9КТ»), ДЛЯ КОНТРОЛЯ МОРОЗОСТОЙКОСТИ БЕТОНА («БЕТОН-15») И ОСНАЩЕНИЯ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СТЕНДОВ И ПОСТОВ КОНТРОЛЯ («БЕТОН-19»).

ЗАЯВКИ НА ПРИОБРЕТЕНИЕ И ВНЕДРЕНИЕ СИСТЕМ И ПРИБОРОВ НАПРАВЛЯЙТЕ ПО АДРЕСУ:

111524, Москва, ул. Плеханова, 7,
МГП «СТРОЙПРИБОР»



Телефон 176-72-06
Телетайп 207542 СТАБЕТ