

УДК 691.32

ИССЛЕДОВАНИЕ И ОЦЕНКА СВОЙСТВ БЕТОНОВ С ВЫЯВЛЕНИЕМ ВОЗМОЖНЫХ ПРИЧИН ПОЯВЛЕНИЯ ДЕФЕКТОВ («ОТСТРЕЛОВ») В КОНСТРУКЦИЯХ

канд. техн. наук, доц. **И.П. ПАВЛОВА**
(Брестский государственный технический университет)

Приведены результаты опытных исследований и теоретических изысканий возможных причин появления локальных дефектов в железобетонных конструкциях на стадии их эксплуатации в виде «отстрелов». Для достижения цели работы решены следующие задачи: определены основные характеристики сырьевых компонентов бетонных смесей (нормальная плотность, сроки схватывания и активность применяемых цементов, в том числе с применением пластифицирующих добавок; модуль крупности и пустотность песка); выполнен химический анализ содержания свободных СаО и MgO в цементе и бетоне; определен минералогический состав проб цемента; определено содержание зерен известняка в песке; проанализированы номинальные составы бетонных смесей, принятые на производстве, а также режимы тепловлажностной обработки.

Ключевые слова: железобетонные конструкции, локальные дефекты, бетонные смеси, пластифицирующие добавки.

Введение. Повышение качества строительства, долговечность зданий и сооружений – общая цель для поставщиков сырья, потребителей материалов при производстве железобетонных конструкций и строителей при монтаже объектов. Среди проблем, негативно влияющих на качество, вырывы кусков бетона из бетонных конструкций, так называемые «отстрелы», участвовавшие за последние годы. И если исходить из того, что в стройиндустрии и при монолитном возведении объектов работают квалифицированные специалисты, то одним из важнейших факторов и гарантией качества становится качество строительных материалов. Масштабные программы строительства, высокие темпы ввода объектов требуют ускоренных сроков твердения бетона в монолитном домостроении, сокращения сроков тепловлажностной обработки изделий в производстве сборного железобетона. В таких условиях качества можно добиться только благодаря применению качественных материалов, соблюдая технологии и должный уход за бетоном на стадии твердения.

Цель настоящей работы – определение показателей качества сырьевых материалов для изготовления бетонов железобетонных конструкций, номинальных составов бетонных смесей, технологических факторов, что позволило установить фактические обстоятельства возникновения локальных «отстрелов» в железобетонных конструкциях на эксплуатируемых объектах.

1 Результаты исследования

1.1 Испытания проб цемента (ГОСТ 10178). В результате испытаний определены сроки схватывания и нормальная плотность, ГОСТ 310.3, прочность на растяжение при изгибе и прочность на сжатие, ГОСТ 310.4. При проведении испытаний использовались следующие пробы цемента (таблица 1): ПЦ 500-Д20 ГОСТ 10178; ПЦ 500-Д20 ГОСТ 10178. Для определения влияния на сроки схватывания также были заформованы образцы, модифицированные пластифицирующими добавками I группы «Хидетал ГП9-α», ТУ ВУ 490681049.005-2012; «Универсал П-4», ТУ ВУ 490681049.004-2012, изготовитель ООО «БелСКТ-Стандарт». Результаты испытаний отражены в таблицах 1 и 2.

Таблица 1. – Результаты испытаний проб цемента

№ п/п	Предприятие-изготовитель	ТНПА	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания		Прочность на растяжение при изгибе		Прочность на сжатие	
				начало	конец	7 сут	28 сут	7 сут	28 сут
1	ОАО «Красносельскстройматериалы» Филиал № 1 «Цементный завод»	ПЦ 500-Д20 ГОСТ 10178	25,8	2 ч 30 мин	3 ч 10 мин	5,87	7,43	38,02	48,04
1-1	+Хидетал α (1,0% от массы цемента)			3 ч 20 мин	3 ч 50 мин	–	–	–	–
1-2	+Универсал П4 (1,0% от массы цемента в пересчете на сухое вещество)			3 ч 40 мин	4 ч 00 мин	–	–	–	–
2	ОАО «Белорусский цементный завод» (ОАО «БЦЗ»)	ПЦ 500-Д20 ГОСТ 0178	26,5	3 ч 15 мин	4 ч 10 мин	7,01	7,36	47,89	54,22
2-1	+Хидетал α (1,0% от массы цемента)			3 ч 10 мин	3 ч 50 мин				

Как видно из таблицы 1, минимальными сроками схватывания (40 мин) отличается ПЦ 500 Д20 ОАО «Красносельскстройматериалы», причем начало схватывания у этого цемента также наступает раньше (2 ч 30 мин). Максимальное время схватывания (2 ч 55 мин) показала проба (изг. ОАО «БЦЗ»).

Данные исследований свидетельствуют о том, что четкое влияние нормальной густоты на сроки схватывания не прослеживается, вариации в сроках схватывания в этом случае в большей мере обусловлены химико-минералогическим составом представленных проб цементов.

Таблица 2. – Результаты испытаний проб цемента на прочность

Проба	Возраст образцов, сут	Прочность на растяжение при изгибе, МПа	Средняя прочность на растяжение при изгибе образцов в серии, МПа	Предел прочности на растяжение при изгибе, не менее, МПа, согласно ГОСТ 10178	Прочность на сжатие, МПа	Средняя прочность на сжатие образцов в серии, МПа	Предел прочности на сжатие, не менее, МПа, согласно ГОСТ 10178
ОАО «Красносельск-стройматериалы»	7	5,96	5,87		34,39	38,02	
		5,78			39,19		
		5,74			38,45		
					33,64		
					40,03		
	28	7,41	7,43	5,9	45,85	48,04	49,0
		7,45			45,58		
		7,11			48,24		
					47,21		
					49,64		
ОАО «Белорусский цементный завод»	7	6,72	7,01		46,64	47,89	
		6,98			39,02		
		7,03			46,80		
					45,23		
					49,19		
	28	7,30	7,36	5,9	54,89	54,22	49,0
		6,84			54,63		
		7,42			52,86		
					48,59		
					54,48		
				49,67			

Для выявления возможности применения цементов с модификацией химическими добавками исследовано изменение сроков схватывания ПЦ 500 Д20 (изг. ОАО «Красносельскстройматериалы») и ПЦ 500 Д20 (изг. ОАО «БЦЗ») при введении пластифицирующих добавок I группы (Хидетал ГП9-α и Универсал П4 соответственно). Данные добавки показали ускорение сроков схватывания. Так, сроки схватывания сократились до 20 мин для модифицированных составов на ПЦ 500 Д20 (40 мин – проба чистого цемента), но при этом время начала схватывания сдвинулось на 50 мин и 1 ч 10 мин соответственно для ГП9-α и Универсал П4 (см. таблицу 2). Кроме того, следует отметить замедление начала схватывания на 50 мин – 1 ч 10 мин для цемента ОАО «Красносельскстройматериалы», в то время как влияния пластифицирующих добавок на изменение начала схватывания у цемента ОАО «БЦЗ» не обнаружено. Следовательно, ПЦ изготовления ОАО «БЦЗ» является более сбалансированным по минералогии и менее чувствительным к введению пластифицирующих добавок.

Минимальную прочность на растяжение при изгибе в возрасте 7 сут демонстрирует первая проба (ПЦ 500 Д20, изготовитель ОАО «Красносельскстройматериалы»), но к возрасту 28 сут прочность выравнивается и превосходит минимальное нормативное значение на 26%, как и для 2-й пробы цемента – прирост прочности составляет +25% к минимальному нормативному значению.

Минимальная прочность на сжатие в возрасте 7 сут также у пробы ОАО «Красносельскстройматериалы», при этом в возрасте 28 сут прочность у этой пробы меньше нормативного значения на 2%, т.е. проба данного цемента не соответствует заявленной марке.

Проба цемента, изготовленного ОАО «БЦЗ», показывает значения прочности выше нормативных. Прирост прочности для пробы в возрасте 28 сут к минимальному нормативному значению +10,7%.

1.2 Испытания песка (ГОСТ 8736). По основным показателям качества песок соответствует требованиям стандарта (таблица 3). Однако в песке обнаружено значительное количество зерен известняка (5...7%). Как известно, известняк – это мягкая осадочная порода органико-химического происхождения, состоящая в основном из кальцита (CaCO_3) и нередко содержащая примеси кварца, кремния, фосфата, песчаных и глинистых частиц. В состав карбонатной части известняка входят также до-

ломит $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$, FeCO_3 и MnCO_3 (менее 1%), некарбонатные примеси – глинистые алюмосиликаты и минералы кремнезема (опал, халцедон, кварц), в небольших количествах оксиды, гидроксиды и сульфиды Fe, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, CaSO_4 . При этом водопоглощение известняка может достигать 2,1%.

Таблица 3. – Результаты испытаний песка

Наименование показателей	Фактическое значение		Требуемое значение
	частные	полные	
Зерновой состав, остатки на ситах, %			
10 мм	0,8	–	5
5 мм	5,7	–	15
2,5 мм	8,53	8,53	
1,25 мм	9,49	18,02	
0,63 мм	26,26	44,28	30...45
0,315 мм	25,39	69,67	
0,16 мм	16,46	86,13	
Проход через сито с сеткой № 016, %	13,87		15
Модуль крупности	2,27		2,5...2,5
Содержание пылевидных и глинистых частиц, %	2,9		Не более 3,00
Содержание глины в комках, %	отсутствует		Не более 0,5
Насыпная плотность, кг/м^3	1310		
Класс песка и группа песка	II класс, группы по крупности «средний»		ГОСТ 8736

Если применение известкового щебня не имеет таких негативных эффектов вследствие низкой удельной поверхности последнего, мелкие частицы известковых включений в песке за счет адсорбции воды из структуры бетона набухают и начинают расширяться. Это приводит к возникновению напряжений расширения, что совместно с «мягкостью» минеральной составляющей породы может привести к дроблению частицы и локальным приповерхностным отстрелам конусообразной формы (рисунок 1).

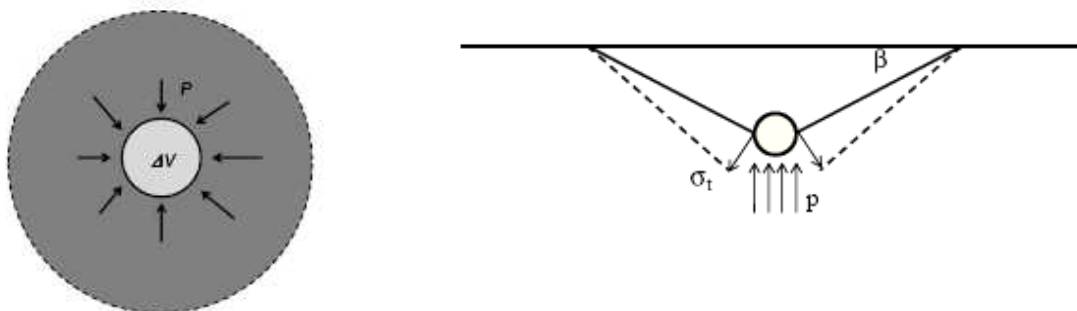


Рисунок 1. – Схематичное представление разрушения поверхностного слоя из-за напряжений расширения, возникающих при набухании включения известняка

1.3 Определение содержания CaO и MgO и расчет минералогического состава¹. Навеска бетонного образца массой 1 г помещалась в колбу с объемом дистиллированной воды 100 мл. Для полного растворения свободного кальция вытяжка выдерживалась сутки в естественных условиях, с периодическим перемешиванием. Дальнейшие исследования вытяжек из образцов проводились по стандартным методикам (ГОСТ- 2374-02 «Вода питьевая», ГОСТ 31957 -2012).

Результаты исследования представлены в таблице 4, данные которой свидетельствуют о том, что значение pH зависит от содержания кальция в бетонной вытяжке. В системе «цементный камень – вода» количество $\text{Ca}(\text{OH})_2$ в поргланцементном камне после 1 месяца твердения составляет 9...11%, а после 3 месяцев – 15% массы цементного камня. В бетоне при избытке CaO и образовавшейся в результате гидратации силикатов кальция $\text{Ca}(\text{OH})_2$ создаются условия для интенсивной карбонизации. В то же время в результате процессов карбонизации уменьшается щелочность, т.е. значение pH (это вытяжки с поверхности образцов бетона с добавками, с низкими значениями pH).

Если конструкции попадают под воздействие увлажнения (к примеру, ремонтные работы – шпатлевание и т.п.), то на поверхности могут протекать реакции нейтрализации между кислотой и щелочными компонентами. Образовавшийся известняк в связи с высокой удельной поверхностью быстро превращается в легкорастворимое соединение гидрокарбонат кальция. Эта реакция сильно зависит от температуры

¹ Исследования проводились при непосредственном участии Н.В. Левчук, доцента кафедры инженерной экологии и химии Брестского государственного технического университета.

и обратима. Вследствие этого на поверхности постоянно происходят процессы растворения и повторной кристаллизации карбоната кальция. Водорастворимый гидрокарбонат кальция мигрирует по капиллярам в другие области структуры материала. Повышение температуры способствует кристаллизации.

Таблица 4. – Результаты испытаний проб цемента, бетона, отобранных на заводе-изготовителе, и из дефектного участка на объекте

Пробы	Исследуемые показатели		
	pH	Ca ²⁺ (г/кг)	Mg ²⁺ (г/кг)
M500 Д20 (изг. ОАО «Красносельскстройматериалы»)	12,00	328,00	40,00
M500 Д20 (изг. ОАО «БЦЗ»)	12,29	304,00	24,00
Бетон с добавкой Универсал П4 (с завода)	9,70	8,00	22,00
Бетон с добавкой Хидетал ГП-9α (с завода)	10,68	10,00	10,00
Проба из дефектного участка	10,30	28,00 общая	

Как видно из таблицы 4, максимальное количество CaO и MgO наблюдается в пробах негидратированного цемента, причем ПЦ производства Красносельскстройматериалы отличается повышенным содержанием MgO. Повышенное содержание MgO в виде пережженного остеклованного периклаза чревато поздним трещинообразованием вследствие медленного гашения, которое может растянуться на годы. Однако его количество в бетоне с течением времени снижается (см. таблицу 4) и только проба бетона с Универсалом П4 показала несколько завышенное значение, что обосновано скорее применяемым для изготовления этого бетона цементом, а не химической добавкой.

Анализ пробы из дефектного участка показал, что общее количество оксидов CaO и MgO не превышает значений для проб бетонов, отобранных на заводе-изготовителе.

По химическому составу портландцементный клинкер (% по массе) в основном состоит из следующих компонентов: CaO – 64...67; SiO₂ – 21...25; Al₂O₃ – 4...8; Fe₂O₃ – 2...4. Кроме того, в состав клинкера обычно входят (% по массе): 0,5...1 щелочей (Na₂O + K₂O); 0,5...5 MgO; 0,1...0,3 TiO₂; 0,1...0,3 P₂O₅.

Рациональный состав клинкера зависит от условий работы конкретного завода, состава обжигаемой смеси, вида топлива, типа печей и т.д. При его подборе руководствуются следующими положениями:

- для получения в обжигаемом материале необходимого количества жидкой фазы суммарное содержание C₃A + C₄AF, которые расплавляются в зоне спекания, надо поддерживать в пределах 18...22% при содержании 5...8% C₃A;

- при рекомендуемом содержании минералов-плавней рациональные пределы для суммы C₃S + C₂S составят 75...78% при содержании C₃S 52...62% и C₂S 14...24%.

Результаты расчета минералогического состава представлены в таблице 5.

Поскольку клинкер помимо основных минералов содержит некоторое количество и других соединений, то сумма C₃S + C₂S + C₃A + C₄AF обычно составляет 96...98%.

Таблица 5. – Расчет минералогического состава

	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	P ₂ O ₅	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.	Na ₂ O	K ₂ O
ПЦ М500 Д20*	20,38	5,04	3,35			63,73	1,87	2,53		0,87	

* – Цемент изготовителя ОАО «Красносельскстройматериалы».

$$C_3S = 4,07CaO - 7,6SiO_2 - 6,7Al_2O_3 - 1,42Fe_2O_3 = 65,97;$$

$$C_3A = 2,65(Al_2O_3 - 0,64Fe_2O_3) = 7,67; \quad C_4AF = 3,04Fe_2O_3 = 10,18.$$

Как видно из расчетов, данный цемент имеет повышенное содержание алита C₃S при несколько заниженном содержании белита C₂S, что при гидратации приведет к повышенному выделению гидроксида кальция (см. реакции ниже).

Сразу после затворения цемента водой начинаются химические реакции. Уже в начальной стадии гидратации цемента происходит быстрое взаимодействие алита с водой, сопровождающееся образованием гидросиликата кальция и гидроксида:



После затворения гидроксид кальция образуется из алита, так как белит гидратируется медленнее алита и при его взаимодействии с водой выделяется меньше Ca(OH)₂, что видно из уравнения реакции:



Гидросиликат кальция $3\text{CaO} - 2\text{SiO}_2 - 3\text{H}_2\text{O}$ образуется при полной гидратации чистого трехкальцевого силиката в равновесии с насыщенным раствором гидроксида кальция. Молярное соотношение CaO/SiO_2 в гидросиликатах, образующихся в цементном тесте, может изменяться в зависимости от состава материала, условий твердения и других обстоятельств. Поэтому применяется термин C–S–H для всех полукристаллических и аморфных гидратов кальциевых силикатов, относимых к гелевой фазе.

Коэффициент насыщения:

$$KH = \frac{\% \text{CaO}_{\text{общ}} - 1,65 \% \text{Al}_2\text{O}_3 - 0,35 \% \text{Fe}_2\text{O}_3}{2,8 \% \text{SiO}_2} = \frac{63,73 - 1,65 \cdot 5,04 - 0,35 \cdot 3,35}{2,8 \cdot 20,38} = 0,95.$$

Если коэффициент насыщения $KH = 1$, то извести в клинкере достаточно, чтобы весь SiO_2 превратился в C_3S . При $KH < 1$ в клинкере будут присутствовать C_3S и C_2S , а при $KH = 0,67$ силикаты представлены только C_2S . Практически $KH = 0,88 \dots 0,92$.

Силикатный (кремнеземный) модуль показывает отношение содержания в клинкере диоксида кремния к сумме оксидов алюминия и железа:

$$n = \frac{\% \text{SiO}_2}{\% \text{Al}_2\text{O}_3 + \% \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{20,38}{5,04 + 3,35} = 2,43.$$

Для обычного портландцемента $n = 1,9 \dots 2,6$. Высокий силикатный модуль показывает, что в клинкере относительно много силикатов кальция C_3S и C_2S , но мало алюминатных соединений.

Глиноземный (алюминатный) модуль характеризует отношение содержания в клинкере глинозема к оксиду железа

$$p = \frac{\% \text{Al}_2\text{O}_3}{\% \text{Fe}_2\text{O}_3} = \frac{5,04}{3,35} = 1,50.$$

Для обычных портландцементов $p = 0,9 \dots 1,6$. При высоком глиноземном модуле клинкер отличается повышенным содержанием C_3A и относительно малым количеством C_4AF . Если глиноземный модуль мал, значительная часть глинозема связана в виде C_4AF .

Результаты расчета минералогического состава представлены в таблице 6.

Таблица 6. – Расчет минералогического состава

	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	TiO_2	$\text{CaO}_{\text{св}}$	CaO	MgO	SO_3	п.п.п.	Na_2O	K_2O
ПЦ М500 Д20*	21,53	5,33	3,90		0,8	65,88	1,55	0,45			0,69

* – Цемент изготовителя ОАО «Белорусский цементный завод».

$$\text{C}_3\text{S} = 66,51; \quad \text{C}_2\text{S} = 15,0; \quad \text{C}_3\text{A} = 7,51; \quad \text{C}_4\text{AF} = 11,86.$$

Таким образом, расчет минералогического состава показал, что для данного цемента характерен более сбалансированный минералогический состав. Коэффициент насыщения $KH = 0,94$. Силикатный (кремнеземный) модуль $n = 2,33$. Глиноземный (алюминатный) модуль: $p = 1,37$.

1.4 Анализ номинальных составов бетона и режимов тепловлажностной обработки

Таблица 7. – Номинальные составы бетона (предоставлены лабораторией завода КПД)

Конструктивные элементы	Расход материалов на 1 м ³ бетонной смеси					В/Ц
	цемент, кг	песок, кг	щебень фр. 5...20, кг	вода, л	добавка (0,5%, 10% концентрации), кг	
Внутренние стеновые панели ВС, С12/15, отпускная прочность 85%	343	940 (W5%)	930	165	17,2	> 0,6*
Наружные стеновые панели НС, С25/30, отпускная прочность 90%	465	635	1150	160	25	0,39
Плиты перекрытий П, С12/15, отпускная прочность 85%	335	800	1160	155	2,2 (Хидетал ГП 9α)	0,46

* – В/Ц рассчитано с учетом воды, содержащейся во влажном песке и химической добавке.

Как видно из таблицы 7, рассмотренные составы бетона рациональны, но для внутренних стеновых панелей наблюдается повышенный расход воды.

Режимы тепловлажностной обработки

Внутренние стеновые панели ВС. Режим тепловой обработки: подъем 4 ч (70 °С); изотермическая выдержка 7 ч, выдержка 9 ч.

Наружные стеновые панели НС. Камера предварительной сушки: 1 ч 10 мин при 40...60 °С; камера тепловой обработки – 14 ч при 60 °С.

Плиты перекрытий П – камера предварительной сушки: при 40...60 °С – 1 ч 10 мин, камера тепловой обработки – при 60 °С 14 ч.

Режимы тепловой обработки подобраны с учетом снятия критических напряжений в твердеющей структуре и не являются причиной последующих «отстрелов».

Выводы и рекомендации

Анализ результатов комплексного исследования сырьевых материалов и бетонов на их основе для производства железобетонных изделий и конструкций завода крупнопанельного домостроения сделаны следующие обобщающие *выводы*:

1. Дефекты в виде локальных «отстрелов» и вздутий на поверхности железобетонных изделий могут быть отнесены к категории «косметических» дефектов, не влияющих на эксплуатационную надежность конструкции.

2. Испытания сырьевых материалов позволили выявить следующее:

- пробы цементов соответствуют показателям качества по ГОСТ 10178 (сроки схватывания и нормальная густота, ГОСТ 310.3; прочность на растяжение при изгибе и прочность на сжатие, ГОСТ 310.4), кроме активности ПЦ М500 Д20 (изг. ОАО «Красносельскстройматериалы») – прочность на сжатие в возрасте 28 суток для данной пробы ниже минимального нормативного значения. Кроме того, эта же проба демонстрирует сокращенные сроки схватывания (40 мин);

- введение пластифицирующих добавок I группы значимого эффекта на свойства цементной системы не оказывает, кроме некоторого сокращения сроков схватывания;

- исследование цементных вытяжек на содержание СаО и MgO показало, что максимальное количество вышеуказанных оксидов наблюдается в пробах негидратированного цемента, причем ПЦ производства Красносельскстройматериалы отличается повышенным содержанием MgO. Повышенное содержание MgO в виде пережженного остеклованного периклаза чревато поздним трещинообразованием вследствие медленного гашения, которое может растянуться на годы. Количество данных оксидов в бетоне с течением времени снижается, только проба бетона с комплексной добавкой «Универсал П4» показала несколько завышенное значение суммарного содержания оксидов СаО и MgO, что обусловлено применением цемента с определенным минералогическим составом. Химическая добавка влияния на изменение содержания оксидов СаО и MgO не оказывает. Анализ пробы из дефектного участка свидетельствует, что общее количество оксидов СаО и MgO не превышает значений для проб бетонов, отобранных на заводе;

- минералогический состав цемента производства ОАО «Красносельскстройматериалы» имеет повышенное содержание алита C_3S при несколько заниженном содержании белита C_2S , что при гидратации приведет к повышенному выделению гидроксида кальция как источника карбонатной коррозии. Цемент завода ОАО «БЦЗ» имеет более сбалансированный минералогический состав;

- исследование основных характеристик применяемого песка позволяет сделать вывод, что песок соответствует II классу, группе по крупности «средний». При этом в песке обнаружено значительное количество зёрен известняка (5...7%), которые за счет адсорбции воды из структуры бетона набухают и начинают расширяться, что может привести к дроблению частицы и к локальным приповерхностным отстрелам конусообразной формы;

- применяемые на производстве составы бетона рациональны по расходам вяжущего и инертных, однако следует откорректировать водоцементное отношение для бетона, применяемого для изготовления внутренних стеновых панелей;

- принятые режимы тепловлажностной обработки на выявленные дефекты в виде «отстрелов» не влияют.

Исходя из сказанного выше, можно сделать вывод, что основополагающей причиной «отстрелов» явилось наличие в песке зёрен известняка. При этом косвенное влияние может оказать также цемент с несбалансированным химико-минералогическим составом, особенно опасно наличие повышенного содержания MgO как источника «медленного гашения».

Для дальнейшей бездефектной эксплуатации необходим комплекс следующих мероприятий:

- рассмотреть возможность замены песка на другой с пониженным содержанием известковых и доломитизированных включений (не более 3% по массе);

- применять на производстве бетонные смеси с водоцементным отношением, не превышающим 0,45, что достижимо с учетом применения пластифицирующих добавок I группы;

- если не представляется возможным изменить сырьевой источник песка, следует рассмотреть возможность введения минимального количества воздухововлекающих добавок с целью перераспределения лишней воды и снижения концентрации напряжения от набухания заполнителя;
- предусмотреть технологические приемы по снижению количества воды в бетонной смеси, в частности применение низкоподвижных или жестких бетонных смесей;
- финишная отделка лицевого слоя изделий должна производиться без добавления воды;
- следует предохранять поверхность изделий от потери влаги во время твердения. Возможно, следует предусмотреть защиту поверхности изделий пленкообразующими паропроницаемыми («дышащими») составами.

ЛИТЕРАТУРА

1. Смеси бетонные. Технические условия : СТБ 1035-96. – Минск, 1997. – 12 с.
2. Здания и сооружения. Техническое состояние и обслуживание строительных конструкций и инженерных систем и оценка их пригодности к эксплуатации. Основные требования : ТКП 45-1.04-208-2010 (02250). – Минск, 2010. – 22 с.
3. Бетоны. Общие требования к методам определения плотности, влажности, водопоглощения, пористости и водонепроницаемости : ГОСТ 12730.0-78. – М. : Стройиздат, 1980. – 3 с.
4. Бетон : СТБ EN 206-1-2011. Ч. 1. Требования, показатели, изготовление и соответствие. – Минск, 2012. – 67 с.
5. Управление качеством продукции. Основные понятия. Термины и определения (с изменением № 1) : ГОСТ 15467-79. – М. : Стройиздат, 1979. – 12 с.
6. Лещинский, М.Ю. Испытание бетона / М.Ю. Лещинский // Справ. пособие. – М. : Стройиздат, 1980. – 360 с.

Поступила 21.12.2018

RESEARCH AND ASSESMENT CONCRETE PROPERTIES WITH DETECTION POSSIBLE REASON OF STRUCTURE POP-OUTS

I. PAULAVA

In article experiment researches results and theoretical assessment of possible reason local structure defects in steel concrete frames on the service life stage in the form of pop-outs are presented. For work goal achievement was determine next tasks: are defined main characteristics of primary goods (normal density, setting time and activity of used cements, including usage of superplasticizers; fineness modulus and voidage of sand); chemical analysis of free CaO and MgO in cement and concrete are accomplished; mineralogical composition for cement samples is identified; quantity of limestone grains in the sand are determinate; nominal concrete mix and heat treatment conditions are analyzed.

Keywords: reinforced concrete structure, local defects of the concrete mix, the plasticizing additives.