

3. Замятин и др. Огнеупорные бетоны. - М.: Металлургия, 1982. - 190 с.
 4. Хорошавин Л.Б. Магнезиальные бетоны. - М.: Металлургия, 1990. - 168 с.
 5. Кузьменков М.И., Печковский В.В., Плышевский С.В. Химия и технология мета-фосфатов. - Минск: Университетское, 1985. - 192 с.

УДК 691.327: 620.17

Несветаев Г.В.

ПЕРСПЕКТИВЫ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОПРОЧНЫХ БЕТОНОВ.

Применение высокопрочных бетонов для производства несущих железобетонных конструкций является основной тенденцией в мировой строительной практике (табл. 1).

Таблица 1.

Применение высокопрочных бетонов в строительной практике

Максимальная прочность портландцементных бетонов							
В зарубежной практике							
Годы	Данные ЕКБ-ФИП*	Данные Ю.С. Волкова	Данные Р.Л. Серых	Данные автора		объект	лаборатория
				объект	лаборатория		
1	2	3	4	5	6	7	8
До 1970	52 / 41 (1,2)	52		51.7(1)	112.5 (7)	85	118.9
1971-75	62 / 79 (3)	62	90 (3)	62.1(1)	193	70	120
1976-80	76 / 79 (3)	75		75.9(1)		70	100.6
1981-85	97 / 62 (1)	96.6		96.6(1)	124 - 268.3 (1,2)		121
1986-90	115 / 65 (4)	133		83.9(5)	164.3 (5); 171 (3)		103
1991-93		140		133 (6)	168 (3)		150
1993-96					204 (4)	120	163

*В зданиях / в мостах; 1 - США; 2 - Канада; 3 - Япония; 4 - Франция; 5 - Норвегия; 6 - Германия; 7 - Великобритания.

В России и странах СНГ в последние годы объем производства высокопрочных бетонов незначителен, что, помимо состояния материальной базы стройиндустрии, связано еще с двумя моментами:

1. Нормы б. СССР включали СНиП, которым пользовались проектировщики, и ГОСТ, которым руководствовались производители изделий. В СНиП был предусмотрен максимальный класс бетона В60, в ГОСТ - В80. Но отсутствие в СНиП нормативной базы для бетонов класса В80 практически исключало его широкое применение в строительной практике;
2. Применение высокопрочных бетонов для железобетонных конструкций сдерживается проблемой раннего трещинообразования, обусловленного химической усад-

кой цемента. Этой проблеме в последние годы посвящены многочисленные международные конференции и семинары.

В [1] предложена система нормативных показателей назначения высокопрочных бетонов, основанная на статистических зависимостях, полученных при обработке многочисленных экспериментальных данных. Сравнение предложенного методологического подхода с известными предложениями (табл. 2) и нормами развитых стран (рис. 1) свидетельствуют о высокой степени обоснованности предлагаемой системы нормативных показателей назначения бетона.

Таблица 2.

Нормативные и расчетные сопротивления высокопрочных бетонов

Класс бетона	Значения R_{bn}/R_b МПа, по					
	СНиП 2.01.03-84	NS 3473-89	DIN 1045, 488, 1055	О.Я. Бергу	Н.В. Свиридову	Предложениям автора
1	2	3	4	5	6	7
B 60	43.0 / 33.0 (29.7)**	36.4 / 26.0	37.0 / -			36.0 / 28.0
B 80		47.6 / 34.0	47.5 / -	56.0 / 35.0		50.0 / 35.0
B 100		58.8 / 42.0	57.0 / -	70.0 / 44.0	78.0 / 60.0	63.0 / 44.0
B 115			64.0 / -		90.0 / 69.0	75.0 / 52.5
B 135					106.0 / 81.5	90.0 / 63.0

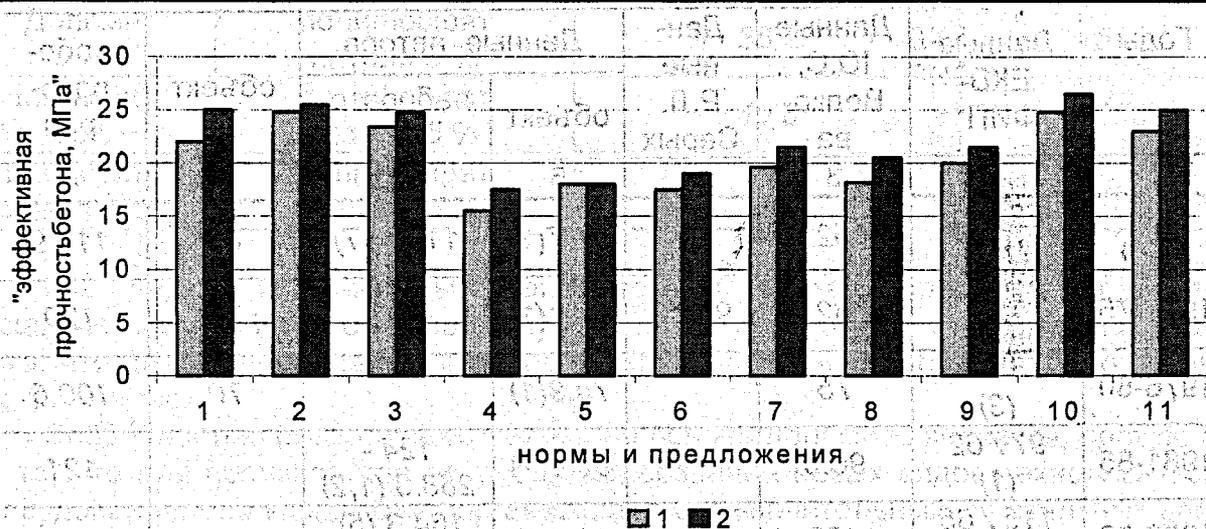


Рис. 1.

Сравнение расчетных сопротивлений бетона класса B50 («эффективная прочность» $R = (\gamma R_{bn} / K_b K_L)$, где: γ – коэффициент условий работы бетона; R_{bn} – нормативное сопротивление бетона; K_b – коэффициент безопасности по бетону; K_L – коэффициент перегрузки), используемых при проектировании конструкций.

1 – минимальное значение при неблагоприятном сочетании нагрузок;

2 – максимальное значение при благоприятном сочетании нагрузок.

Цифрами обозначены значения по нормам: 1 – Норвегии; 2 – Швеции; 3 – Дании; 4 – Финляндии; 5 – Германии; 6 – Великобритании; 7 – США; 8 – Канады; 9 – МС 90; 10 – СНиП 2.01.03-84; 11 – по предложениям автора.

В рассматриваемой системе ключевым отличием от СНиП является использование более обоснованного значения коэффициента γ_{b2} в зависимости от класса бетона и более обоснованного назначения призмной (нормативной) прочности бетона за счет прямой связи «призмная – кубиковая прочность» и отказа от нормиро-

вание через коэффициент призмной прочности (рис. 2), а также применения коэффициента γ_{b2} не к расчетному, а к нормативному значению сопротивления.

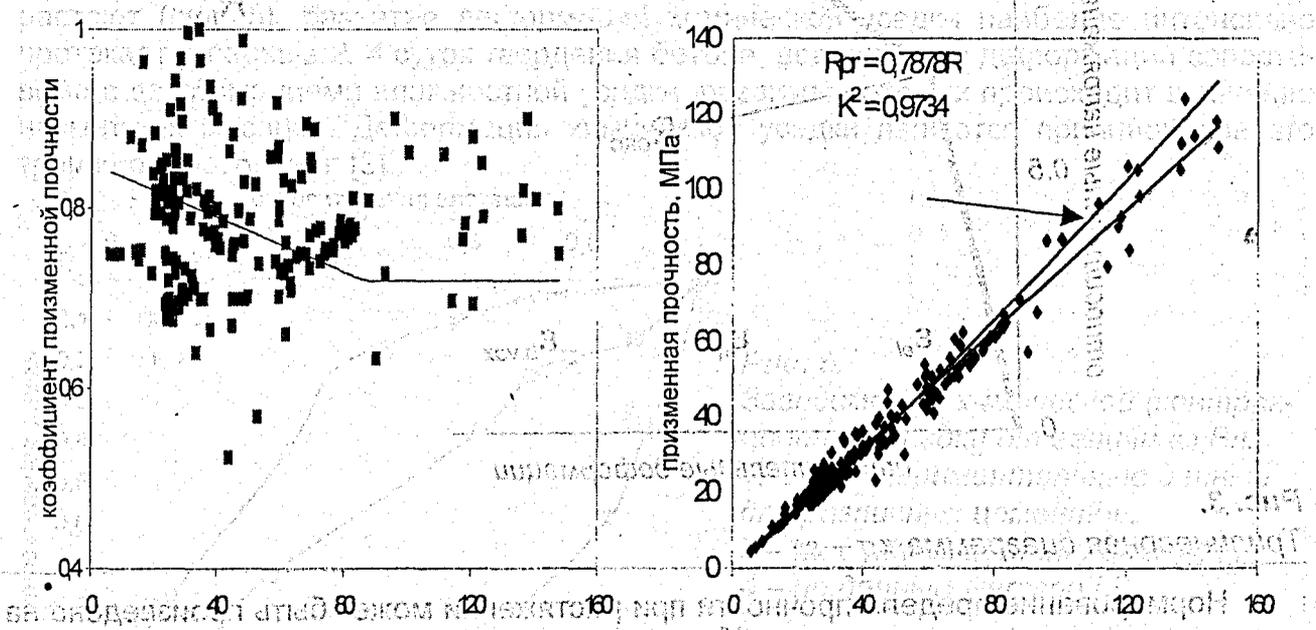


Рис. 2. Зависимость коэффициента призмной прочности по экспериментальным данным и СНиП и призмной прочности от кубиковой прочности бетона

На рис. 2 стрелкой обозначена зависимость прочности образцов – цилиндров от кубиковой прочности по зарубежным данным. Очевидно, незначительное различие между призмной и цилиндровой прочностью, что позволяет для гармонизации отечественных и зарубежных норм легко перейти к нормативной прочности бетона по результатам испытаний образцов – цилиндров, что сделано в новых нормах Беларуси.

В табл. 3 представлены параметры идеализированной диаграммы « $\sigma - \epsilon$ » и предлагаемой трилинейарной (рис.3).

Таблица 3.

Параметры « $\sigma - \epsilon$ » диаграммы

Показатели назначения	Нормы	Класс бетона			
		B 80	B 100	B 115	B 135
1	2	3	4	5	6
E_0 , ГПа	СЕВ-FIP	41.0	44.0	—	—
	Н.В. Свиридов	—	47.5	52.0	55.0
	Автор	42.0	45.0	47.0	49.0
$\epsilon_R \cdot 10^5$	СЕВ-FIP	215	225	—	—
	Н.В. Свиридов	—	215	220	235
	Автор	225	240	255	270
$\epsilon_{b,max} \cdot 10^5$	СЕВ-FIP	290	250	—	—
	Н.В. Свиридов	—	—	—	—
	Автор	330	340	345	350



Рис. 3.
Трипунктная диаграмма «σ – ε»

Нормирование предела прочности при растяжении может быть произведено на основании зависимости $R_t = 0.29 \cdot R^{0.6}$, полученной на основе статистической обработки нескольких сот значений в диапазоне прочности до 204 МПа. Значения R_{bt} и R_{btn} представлены в табл. 4.

Таблица 4. Нормативные значения R_{bt} и R_{btn} для высокопрочных бетонов

Показатели назначения	Класс бетона			
	B80	B100	B115	B135
R_{bt} , МПа	2.15	2.45	2.65	2.85
R_{btn} , МПа	3.25	3.7	4.0	4.25

Проблема раннего трещинообразования, обусловленного химической усадкой, наиболее интенсивно проявляющейся при низких значениях величины В/Ц (рис.4), характерной для высокопрочных бетонов, достаточно подробно рассмотрена в [2,3].

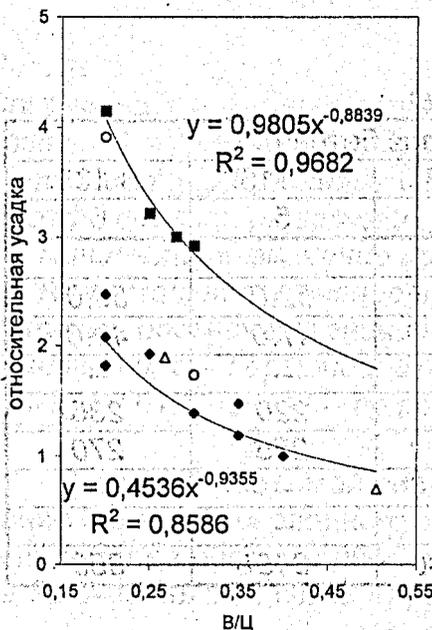


Рис. 4. Зависимость усадки цементного камня от влагопотерь
1, 2, 3, 5 – экспериментальные данные, соответственно В/Ц 0.4; 0.28; 0.2 (цемент 1 и 2);
4 – по данным З.Н. Цилосани, В/Ц = 0.4

Зависимость величины деформаций химической усадки от величины В/Ц имеет противоположную направленность в сравнении с деформациями усадки при высушивании, т.е. с уменьшением величины В/Ц деформации химической усадки резко возрастают (рис. 5). Развитие деформаций химической усадки наиболее интенсивно протекает в первые 2..4 суток твердения бетона, величина же деформаций сопоставима с деформациями влажностной усадки; развитие которых происходит в течение нескольких месяцев. Деформации химической усадки являются причиной раннего трещинообразования [3].

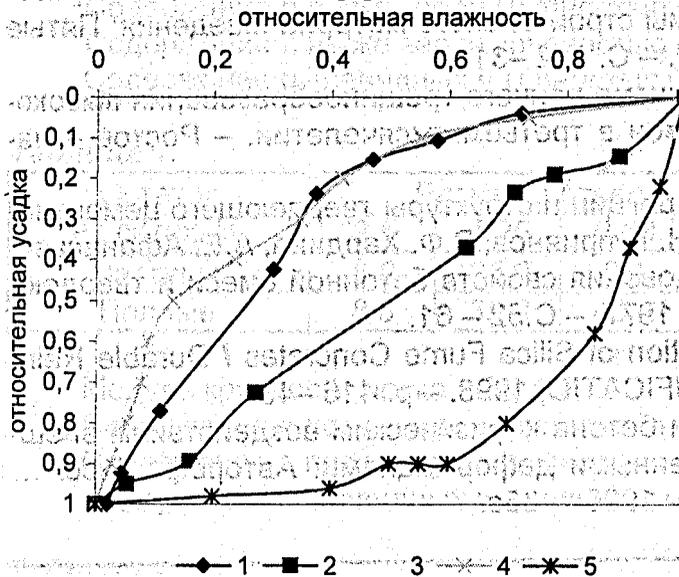


Рис. 5. Зависимость химической (контракционной) усадки от величины В/Ц
1, 2 – экспериментальные данные для различных цементов;
3 – по данным Малининой Л.А. [4];
4 – по данным Persson [5].

Для предотвращения раннего трещинообразования, обусловленного химической усадкой портландцемента, при производстве высокопрочных бетонов целесообразно использовать напрягающие цементы или расширяющие добавки к портландцементу [6], поскольку в этом случае деформации химической усадки могут быть практически сведены к нулю (рис. 6).

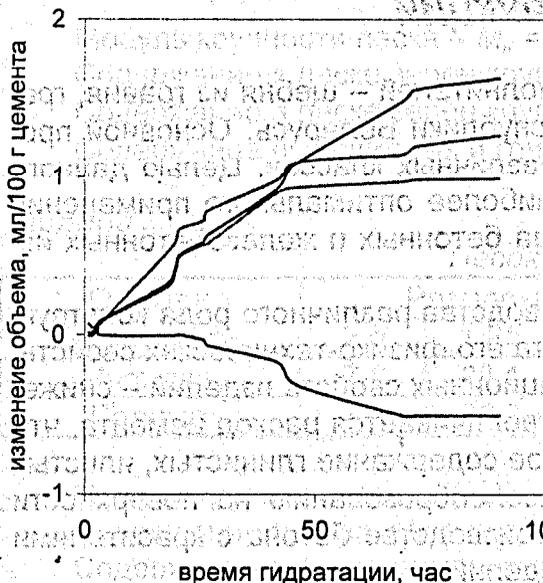


Рис. 6. Изменение объема цементного теста и камня в процессе гидратации
1, 3 – общее изменение объема (общая контракция);
2, 4 – внешнее изменение объема (химическая усадка), со знаком «минус» - расширение;
1, 2 – портландцемент; 3, 4 – портландцемент + 20% расширяющей добавки.

В настоящее время проводятся исследования, направленные на комплексную модификацию цементного камня, что позволит получать не только высокопрочные бетоны на основе рядового портландцемента, но и бетоны с управляемой деформацией в процессе твердения (см. статью Айрапетова Г.А., Несветаева Г.В., Чмель Г.В.).

в этом же сборнике). Особо следует отметить перспективу получения высокопрочных легких бетонов классов выше В 60 при средней плотности 1500–1600 кг/м³.

ЛИТЕРАТУРА

1. Несветаев Г.В. К обоснованию нормирования показателей назначения высокопрочных бетонов при сжатии // Известия РГСУ. – 1998. – № 2. – С. 94–102.
2. Несветаев Г.В., Тимонов С.А. Усадочные деформации и раннее трещинообразование бетона / Современные проблемы строительного материаловедения: Пятые акад. чтения. – Воронеж: ВГАСА, 1999. – С. 312–316.
3. Несветаев Г.В., Тимонов С.А. О механизме раннего трещинообразования высокопрочных бетонов / Бетон и железобетон в третьем тысячелетии. – Ростов – на-Дону: РГСУ, 2000. – С. 266–270.
4. Метод определения капиллярной контракции и структуры твердеющего цементного камня и бетона / Л.А. Малинина, Н.Н. Куприянов, В.Ф. Хардина, А.Е. Афанасьев, Д.М. Лебедев / Новые методы исследования свойств бетонной смеси и твердеющего бетона. – М.: НИИЖБ, Вып. 29. – 1977. – С. 52–61.
5. Persson B.S.M. Conditions for Carbonation of Silica Fume Concretes / Durable Reinforced Concrete Structures: Zurich: AEDIFICATIO, 1998. – p. 415–437.
6. Панченко А.И. Обеспечение стойкости бетона к физическим воздействиям внешней среды путем управления собственными деформациями: Автореф. Дисс. ... д.т.н.: 05.23.05: Ростов-на-Дону, РГСУ. – 1996. – 35с.

УДК 666.972

Р.Ф.Осос, Н.Л.Полейко, С.Н.Ковшар, В.А.Герасимович

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ВЫСОКОКАЧЕСТВЕННОГО МЕЛКОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ И КОНСТРУКЦИЙ

ОАО «Нерудпром» осуществляет выпуск заполнителей – щебня из гравия, гравия и песка для всей строительной отрасли Республики Беларусь. Основной продукцией является мелкий заполнитель – песок различных классов. Целью данного исследования стояла задача по определению наиболее оптимального применения различных классов песков в области производства бетонных и железобетонных изделий и конструкций.

Применение мелкого заполнителя для производства различного рода конструкций и изделий из бетона и железобетона, без учета его физико-технических свойств, ведет в первую очередь, к ухудшению эксплуатационных свойств изделий – снижение долговечности, во вторых – необоснованно увеличивается расход цемента, что ведет к удорожанию изделий и, в третьих – высокое содержание глинистых, илистых и пылевидных частиц ведет к повышенному высолообразованию на поверхности конструкций, увеличению расхода пигментов в производстве бетона с красителями и, как следствие, снижение эстетического вида изделий.

Рациональный подбор состава бетона с использованием мелкого заполнителя повышенного качества, позволяет снизить себестоимость продукции, увеличить эксплуатационные свойства и долговечность изделий.

В данной работе были проведены испытания по определению физико-технических свойств бетона на различных песках производства ОАО «Нерудпром».