



**VII Международный научно-методический семинар
"ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ
И ПОДГОТОВКЕ ИНЖЕНЕРНЫХ КАДРОВ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ"**

Секция III

**ПРОБЛЕМЫ ТЕХНОЛОГИИ ПРОИЗВОДСТВА
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ, ИЗДЕЛИЙ, КОНСТРУКЦИЙ,
СТРОИТЕЛЬСТВА ЗДАНИЙ И СООРУЖЕНИЙ**

УДК 691.327:620.17

Айрапетов Г.А., Несветаев Г.В., Чмель Г.В.

**РАСШИРЯЮЩИЕСЯ И НАПРЯГАЮЩИЕ ЦЕМЕНТЫ
НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТИ И БЕТОНЫ НА ИХ ОСНОВЕ**

По представлениям В.В. Михайлова для получения самоупрочнения необходимо "задержать образование этtringита до достижения цементным камнем достаточной прочности", что может быть достигнуто, например, уменьшением величины V/C [1]. Ограничение величины V/C благоприятно отражается на кинетике твердения, позволяя избежать спадов прочности в ранние сроки даже при использовании цементов с высоким содержанием расширяющей добавки (РД) (рис. 1).

Кроме того, наличие РД в составе цемента практически полностью компенсирует химическую усадку в ранний период твердения [2], которая существенно возрастает в бетонах на портландцементе при пониженном значении величины V/C , вызывая раннее трещинообразование высокопрочных бетонов [3]. В связи с этим напрягающий цемент (НЦ), наряду с другими областями применения, целесообразно использовать именно в технологии высокопрочных бетонов. Однако в литературе очень мало данных о свойствах высокопрочных бетонов на НЦ. В связи с целесообразностью резкого уменьшения величины V/C в технологии бетонов на НЦ представляет интерес изучение свойств цементного камня, полученного на основе НЦНВ - напрягающего цемента низкой водопотребности.

Исследования проведены на образцах из цементного камня, полученного в результате затвердевания цементного теста нормальной густоты а также на бетонах с величиной В/Ц в пределах 0.32-0.5. Введение суперпластификатора осуществлялось по традиционной технологии (с водой затворения) и при помеле исходного цемента с добавкой (НЦНВ). Представленные в табл. 1 результаты показывают, что при снижении В/Ц происходит рост прочности цементного камня, но в меньшей степени, чем следовало ожидать для соответствующих значений В/Ц в соответствии с общей зависимостью предела прочности цементного камня от величины В/Ц $R_{ЦК} = 0.48 \times "R" \times (В/Ц)^{-1.38}$ [4]. Наряду с общеизвестным влиянием понижения В/Ц на степень гидратации одна из возможных причин указанной закономерности - торможение процесса гидратации при введении С-3. Негативное влияние С-3 на гидратацию портландцемента иногда упоминается в литературе [5]. Тем не менее, технология вяжущих низкой водопотребности даже при негативном влиянии суперпластификатора на гидратацию, позволяет повысить предел прочности цементного камня до 20 %. При отсутствии негативного влияния С-3 на гидратацию в соответствии с зависимостью $R_{ЦК} = f(В/Ц)$ в случае реализации технологии НЦНВ можно ожидать повышения предела прочности цементного камня до 80 % в сравнении с исходным портландцементом, т.е. возможно получение цементного камня с пределом прочности при сжатии порядка 140..150 МПа на основе рядовых портландцементов посредством введения расширяющих добавок и реализации технологии НЦНВ. В связи с этим одной из основных проблем является подбор соответствующих суперпластификаторов и поиск добавок, нивелирующих замедление гидратации при введении С-3, например, ускорителей. Использование комплексных добавок типа «суперпластификатор + ускоритель твердения + замедлитель схватывания» может быть весьма перспективным в технологии бетонов на НЦ, поскольку позволяет регулировать сроки схватывания, кинетику роста прочности и деформаций расширения, что позволяет на одних и тех же материалах получать цементы с очень широко изменяющимися свойствами (рис. 2), которые в принципе могут быть использованы в трех основных направлениях:

1. Высокопрочные бетоны;
2. Бетоны с повышенным самоупрежением при достаточно высоком уровне прочности;
3. Бетоны с высокими значениями деформаций в ранние сроки твердения для замоноличивания стыков, обеспечивающие в марочном возрасте достаточную прочность.

Таблица 1.

Предел прочности цементного камня,
полученного по различным технологиям

1. Цемент и технология	2. В/Ц	3. Степень гидратации в 5 сут.	4. %РД	5. Предел прочности при сжатии в 28 сут. $R_{ЦК}$, МПа	6. Приведенная прочность, МПа $"R" = 2.08 \cdot R_{ЦК} \cdot (В/Ц)^{1.38}$
Исходный ПЦ, традиционная	0.26	0.192	-	76.8 (1.0)	24.93 (1.0)
Исходный ПЦ + 0.8 % С-3, традиционная	0.195	0.162	-	86.4	18.86
Исходный ПЦ + 0.8 % С-3, ВНВ	0.19	0.19	-	83.3	17.54
Исходный ПЦ + РД, традиционная	0.275	0.17	13	74.5	26.13
	0.275	0.217	18	82.6	28.97 (1.16)
	0.288	0.22	23	73.7	27.55

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6
Исходный ПЦ + РД + 0.8 % С-3, традиционная.	0.21	0.198	13	69.2	16.73
	0.21	0.251	18	68.4	16.54
	0.213	0.167	23	60.8	14.99
Исходный ПЦ + РД + 0.8 % С-3, НЦНВ	0.19	0.188	13	93.3 (1.21)	19.65
	0.205	0.192	18	89.6	20.95
	0.205	0.203	23	81.3	19.01
Исходный ПЦ + РД + 0.8 % С-3, НЦНВ + 0.15 % НТФ	0.205		18	136.0 (1.77)	31.76 (1.27)
Исходный ПЦ + РД + 0.8 % С-3, НЦНВ + 2 % Д1	0.205		18	116.4	27.18
Исходный ПЦ + 2 % Д1 + 0.15 % НТФ	0.26			102.4 (1.33)	33.19 (1.33)
Исходный ПЦ + 1 % Д1 + 0.15 % НТФ	0.26			100.4	32.54
Исходный ПЦ + РД + 0.8 % Isola, НЦНВ	0.195		18	113.6	24.76

Примечание: Д1; – добавка – ускоритель твердения; Isola – суперпластификатор производства Германии.

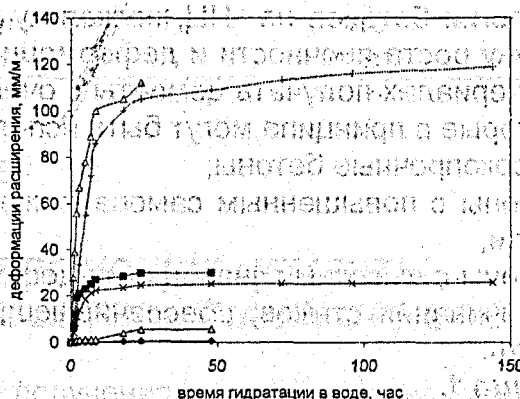
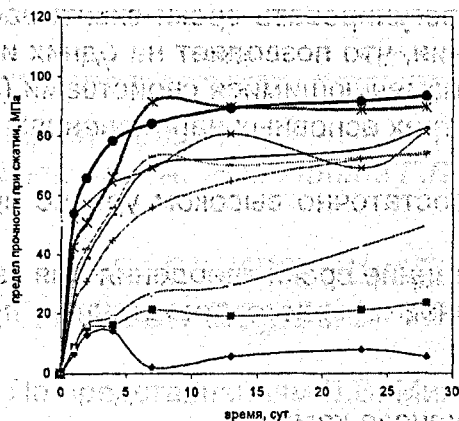


Рис. 2. Деформации расширения цементного камня НЦНВ (РД = 18%)

Рис. 1. Кинетика твердения цементного камня в «свободных» условиях
 1 – 3 В/Ц = 0.4; 4, 5 В/Ц = 0.205; 6 – В/Ц = 0.19; 7 – 9 В/Ц = 0.275;
 1, 4, 7 – РД = 23 %; 2, 5, 8 – РД = 18 %; 3, 6, 9 – РД = 13 %.

Деформации расширения цементного камня НЦНВ (РД = 18%)
 1 – без добавок; 2, 3 – + НТФ + Д3 (2 и 1 % соответственно);
 4 – + НТФ + Д4 (1%); 7 - + 3 + Д4; 12 - + НТФ; (Д3, Д4 – ускорители, 3 – замедлитель).

Модифицирование структуры цементного камня НЦНВ позволяет в очень широком диапазоне регулировать деформации расширения и предел прочности при сжатии, причем по этому показателю модифицированные цементы на основе рядовых ПЦ приближаются к лучшим зарубежным аналогам (рис. 3).

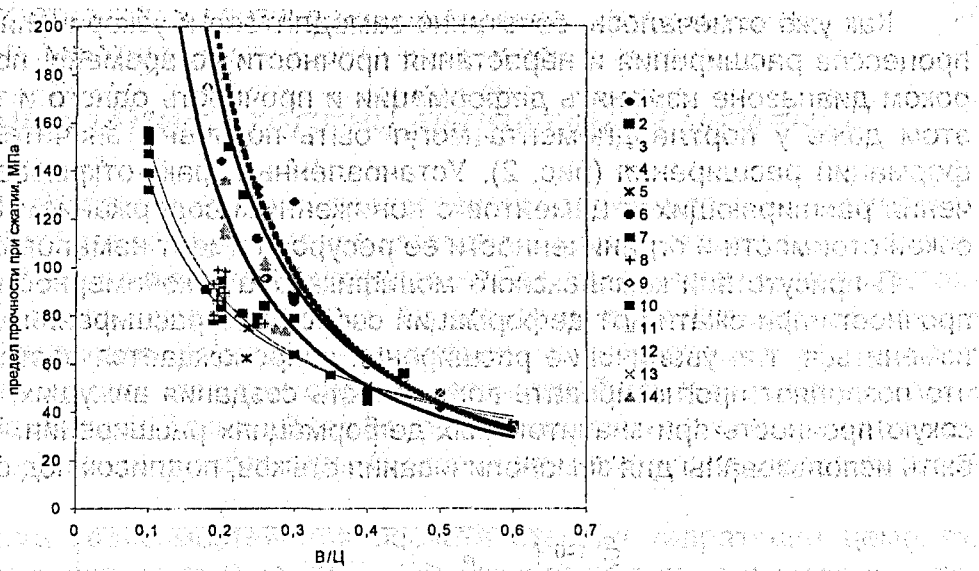


Рис. 3.
 Зависимость предела прочности цементного камня от величины В/Ц
 1-4, 6, 8-11 – экспериментальные данные Alfes С., Smerglass S., Ахвердова И.Н., Гордона С.С., Соломатова В.И., Баженова Ю.М., Свиридова Н.В.; 5 – по данным Бутта, 7 – по данным Несветаева Г.В., Тимонова С.А.; 12 – среднестатистические по 1, 2, 12; 13 – теоретическая зависимость $R = R_0 (1-\Pi)^X$, где $\Pi = f(V/C)$; 14 – данные авторов статьи.

Одним из факторов, способствующих увеличению предела прочности при сжатии в присутствии модификаторов является возрастание степени гидратации цемента в поздние сроки в присутствии НТФ (рис. 4). Оценка степени гидратации выполнена по величине общей контракции цемента, определенной по методике [6]. Метод позволяет достаточно оперативно оценивать влияние различных добавок на кинетику гидратации цементов.

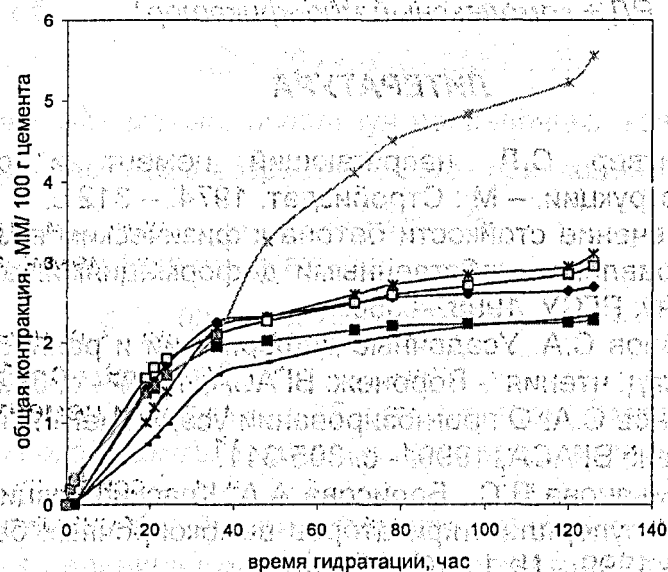


Рис. 4.
 Зависимость общей контракции от типа цемента
 1 - ПЦ; 2 - ПЦ+С-3; 5 - ПЦ+РД; 8 - ПЦ+РД+С-3; 11 - НЦНВ; 14 - НЦНВ+НТФ

Как уже отмечалось, сочетание замедлителя и ускорителя, регулируя развитие процессов расширения и нарастания прочности во времени, позволяет в очень широком диапазоне изменять деформации и прочность одного и того же цемента, при этом даже у портландцемента могут быть получены значительные величины деформаций расширения (рис. 2). Установленный факт открывает перспективы получения расширяющихся цементов с пониженным содержанием РД, что с учетом высокой стоимости и ограниченности ее ресурсов имеет немаловажное значение.

В присутствии комплексного модификатора закономерность изменения предела прочности при сжатии от деформаций свободного расширения может принципиально измениться, т.е. увеличение расширения сопровождается ростом прочности (рис. 5), что позволяет прогнозировать возможность создания вяжущих, обеспечивающих высокую прочность при значительных деформациях расширения. Такие цементы могут быть использованы для замоноличивания стыков, подливок под оборудование и т.п.

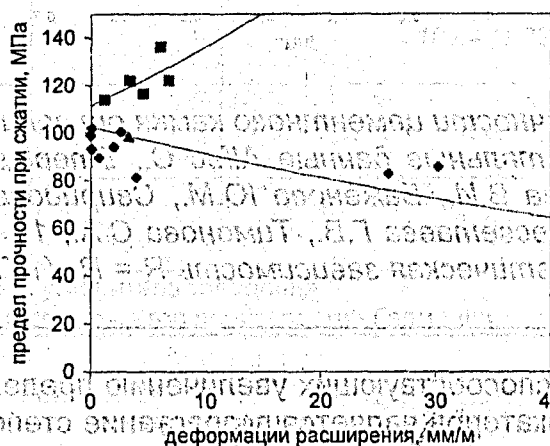


Рис. 5: Соотношение предела прочности и деформаций цементного камня
1, 3 – ПЦ + РД; 2 – ПЦ + РД + комплексный модификатор

ЛИТЕРАТУРА

1. Михайлов В.В., Литвер С.Л. напрягающий цемент и самонапряженные железобетонные конструкции. – М.: Стройиздат, 1974. – 312 с.
2. Панченко А.И. Обеспечение стойкости бетона к физическим воздействиям внешней среды путем управления собственными деформациями: автореф. Дисс. ... д.т.н. – Ростов-на-Дону: РГСУ, 1996. – 35с.
3. Несветаев Г.В., Тимонов С.А. Усадочные деформации и раннее трещинообразование бетона. - 5-е акад. чтения. - Воронеж: ВГАСА, 1999. - с. 312-316.
4. Несветаев Г.В., Тимонов С.А. О прогнозировании усадки цементных бетонов. - 5-е акад. чтения. - Воронеж: ВГАСА, 1999. - с. 305-311.
5. Калашников В.И., Демьянова В.С., Борисова А.А. Классификационная оценка цементов в присутствии суперпластификаторов высокопрочных бетонов // Изв. Вуз. Строительство. – 1999. - № 1. – С. 39– 43.
6. Некрасов В.В. Изменение объема системы при твердении гидравлических вяжущих // Изв. АН СССР, №6, 1945. – С.162 – 175.