

## Влияние белой сажи и метаксаолина на прочность и деформационные свойства цементного камня

Г.В. Несветаев, Та Ван Фан

РГСУ, Ростов-на-Дону

В последнее десятилетие в технологии бетона все шире применяются минеральные (ММ) и органические добавки, которые вводятся с целью придания особых свойств бетонной смеси и затвердевшему бетону. В частности, используются различные виды активного микрокремнезема, в т.ч. белая сажа (БС), образующаяся при сжигании рисовой соломы, метаксаолин (МК), а также суперпластификаторы (СП) на основе различных соединений (эфиры поликарбоксилатов, меламинаформальдегиды, нафталиноформальдегиды). Поскольку все указанные компоненты могут оказывать влияние на процесс гидратации цемента, в т.ч. на состав новообразований, а, следовательно, на пористость, прочность и деформации цементного камня [1,2], представляет практический интерес исследование влияния указанных компонентов на свойства цементного камня.

Изучено влияние некоторых ММ в сочетании с СП на прочность, модуль упругости и ползучесть цементного камня портландцемента (ПЦ) Себряковского завода. Использовались следующие СП с дозировкой от 0,2 до 0,5%: «Glenium» (g51, g30), «Melflux» (m2651, m5581), СП1ВП в сочетании с ММ: 10% от ПЦ – для БС и МК, 20% (10+10) - для БС + МК.

Анализ влияния модификаторов на свойства цементного камня выполнен по следующей схеме:

- поскольку предел прочности цементного камня

$$R = R_0 \exp(-kP), \quad (1)$$

зависит от его пористости  $P$  и прочности кристаллического сростка  $R_0$ , которая определяется количеством и прочностью контактов новообразований, то по полученным экспериментальным данным (рис. 1) определялись значения  $R_0$  (условная величина прочности кристаллического сростка) для каждого состава, при этом анализ влияния модификаторов производился сопоставлением величин  $R_0$  модифицированных составов с эталонным бездобавочным составом;

- для модуля упругости  $E_0$  и меры ползучести  $C_0$  в качестве генеральной зависимости принята функция  $f(x)$  зависимости указанных величин от прочности цементного камня  $R$

$$f(x) = aR^k, \quad (2)$$

и по полученным экспериментальным данным (рис.2, 3) определены соответствующие значения входящих в ф.(2) параметров  $a$  и  $k$  для каждого состава, при этом анализ влияния модификаторов производился сопоставлением величин  $a$  и  $k$  с эталонным бездобавочным составом. Такой подход [3] позволяет выявить влияние воздействующих факторов с учетом всех «сопутствующих» процессов и результатов, таких, например, как изменение величины В/Ц вследствие различной водопотребности составов с модификаторами, изменение общей пористости вследствие изменения степени гидратации и состава новообразований, изменения предела прочности цементного камня в результате проявления вышеуказанных процессов. Представленные в таблице результаты анализа свидетельствуют о весьма значительном влиянии ММ в сочетании с СП на свойства цементного камня. Так, условная величина прочности кристаллического сростка  $R_0$  в

модифицированных составах составила от 69 до 182% от эталона. Фактическое значение изменения прочности бетонов, изготовленных с указанными модификаторами, составило от 80 до 174%, при этом пористость изменялась в диапазоне от 86,5 до 103,5%. Модуль упругости составил от 89 до 137% от эталона, а мера ползучести от 36 до 542% (!).

Таблица

Значения параметров  $R_0$ ,  $a$ ,  $k$  в ф.(1) и ф.(2)

Параметры	Значения параметров для составов								
	ПЦ	ПЦ+БС	ПЦ+МК	ПЦ+БС +МК=М	М+G30	М+G51	М+m2651	М+m5581	М+СП1ВП
$R_0$	$\frac{179^1}{1,0}$	$\frac{123}{0,69}$	$\frac{224}{1,25}$	$\frac{164}{0,92}$	$\frac{326}{1,82}$	$\frac{161}{0,9}$	$\frac{208}{1,16}$	$\frac{157}{0,88}$	$\frac{172}{0,96}$
$R_{\phi}^2$	$\frac{50,8}{1,0}$	$\frac{40,5}{0,8}$	$\frac{72,1}{1,42}$	$\frac{55,1}{1,08}$	$\frac{88,3}{1,74}$	$\frac{58,4}{1,15}$	$\frac{71,7}{1,41}$	$\frac{59,8}{1,18}$	$\frac{54,8}{1,08}$
$\Pi^3$	1,0	0,88	0,89	0,865	1,035	0,8	0,767	0,767	0,907
$a, E_0$	$\frac{1511^1}{1,0}$	$\frac{2074}{1,37}$	$\frac{1421}{0,94}$	$\frac{1874}{1,24}$	$\frac{1350}{0,89}$	$\frac{2027}{1,34}$	$\frac{1444}{0,96}$	$\frac{1726}{1,14}$	$\frac{1592}{1,05}$
$k, E_0$	0,613								
$a \cdot 10^5, C_0$	$\frac{999^1}{1,0}$	$\frac{357}{0,36}$	$\frac{856}{0,86}$	$\frac{977}{0,98}$	$\frac{5419}{5,42}$	$\frac{1244}{1,25}$	$\frac{442}{0,44}$	$\frac{641}{0,64}$	$\frac{765}{0,77}$
$k, C_0$	1,04								

Примечания: 1 – в числителе – значение коэффициента, в знаменателе – относительно ПЦ; 2 – фактическое значение предела прочности бетона, МПа; 3 – относительная общая пористость

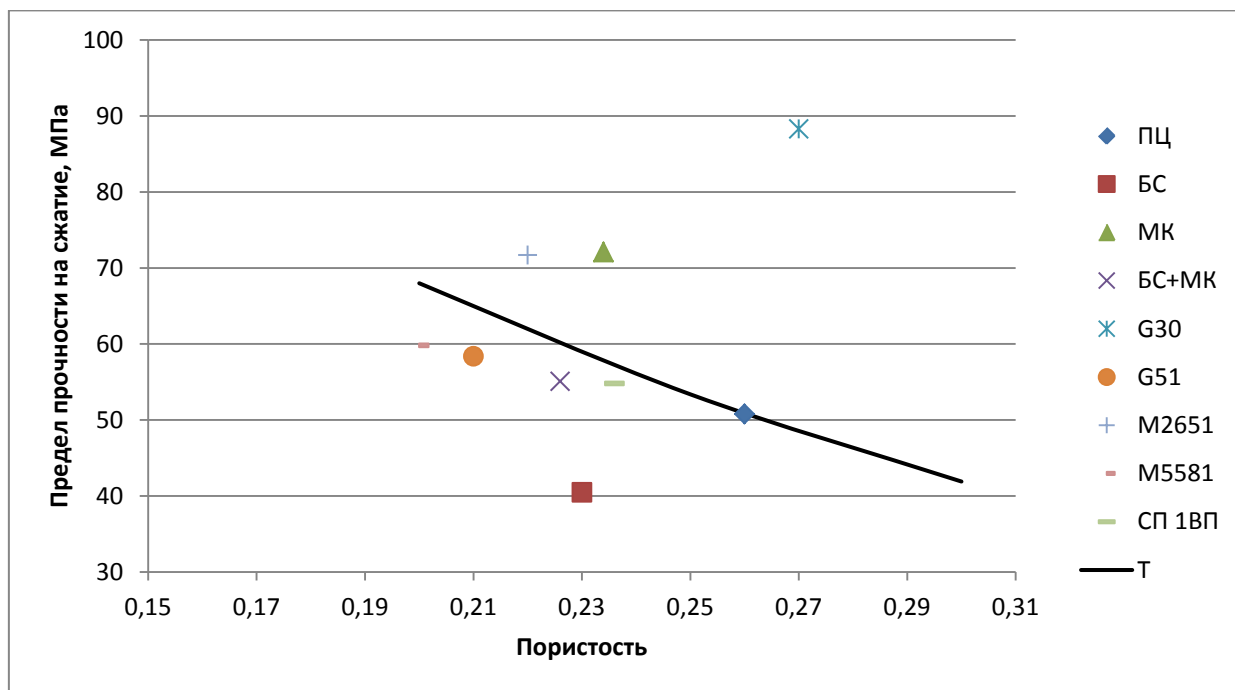


Рис. 1 Зависимость предела прочности цементного камня от его пористости

ПЦ – эталонный бездобавочный состав; БС: 90%ПЦ+10%БС; МК: 90%ПЦ+10%МК; БС+МК: 80%ПЦ+10%БС+10%МК; G30, G51, M2651, M5581, СП1ВП – соответственно 80%ПЦ+10%БС+10%МК с СП Glenium 30, Glenium 51, Melflux 2651, Melflux 5581, СП1ВП; Т – по ф.(1) при  $R_0 = 179$

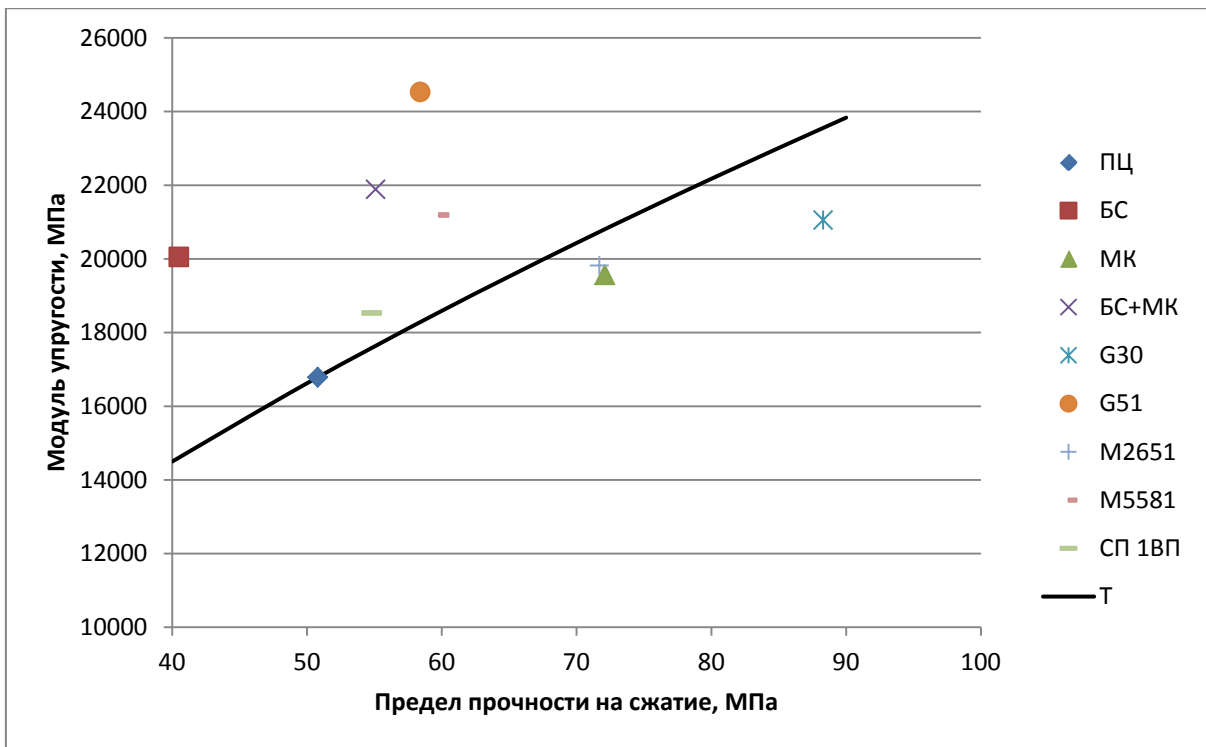


Рис. 2 Зависимость модуля упругости цементного камня от предела прочности

Т – по ф.(2) при  $E_0 = 1511$ ,  $k = 0,613$ ; остальные обозначения те же, что и к рис.1

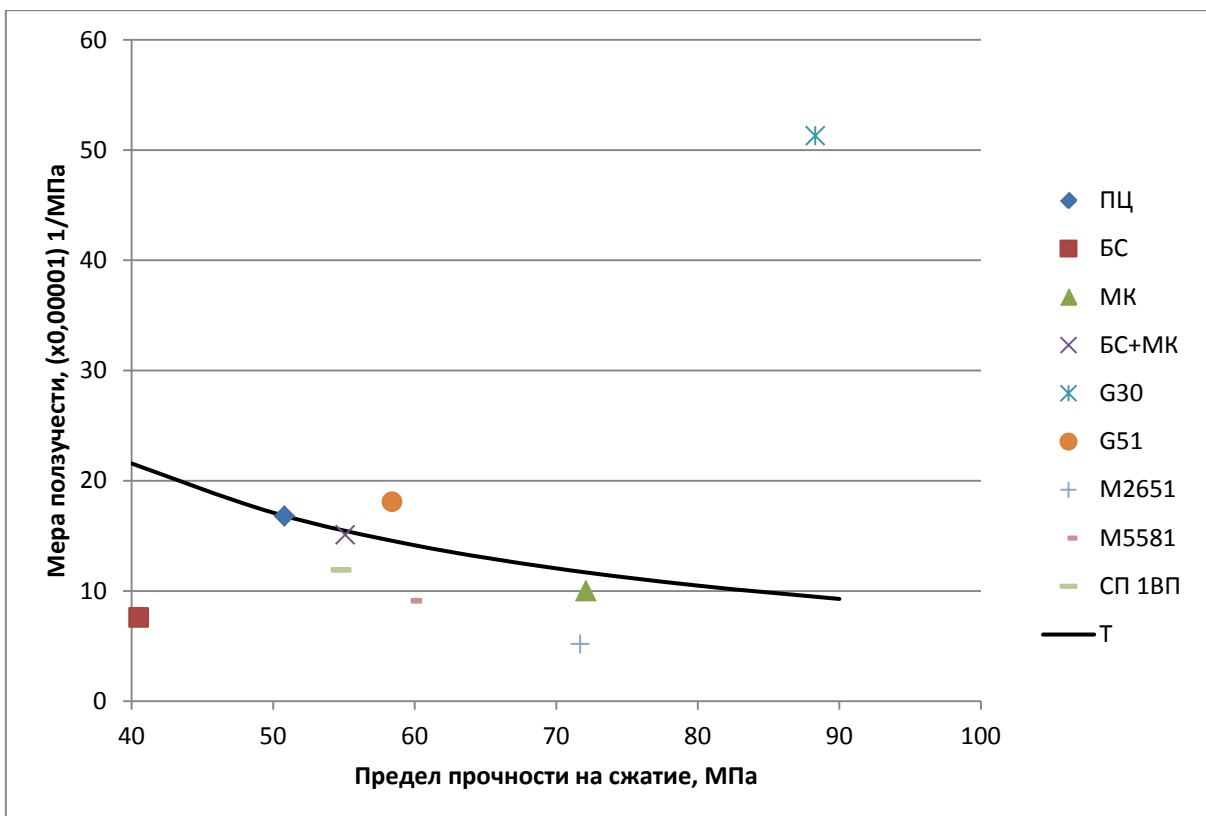


Рис. 3 Зависимость меры ползучести цементного камня от предела прочности

Т – по ф.(2) при  $a = 0,00999$ ,  $k = 1,04$ ; остальные обозначения те же, что и к рис.1

В соответствии с [4] изменение деформационных свойств бетонов классов В25 – В50, полученных из высокоподвижных бетонных смесей, наиболее широко применяемых в последнее десятилетие на строительных объектах, связано с изменением деформационных свойств цементного камня зависимостями

$$k_{SP} = k_{E,ЦК}^{0,5}, \quad (3)$$

$$k_{Co,Б} = k_{Co,ЦК}^{0,8}, \quad (4)$$

из которых следует, что в случае применения представленных в таблице модификаторов возможно изменение модуля упругости бетонов в пределах от 0,95 до 1,17. Изменением модуля упругости бетона в таком диапазоне, в принципе, в большинстве случаев в инженерной практике можно проигнорировать. Что касается меры ползучести, то ее изменение возможно в диапазоне от 0,44 до 3,9 относительно эталона. Очевидно, что изменением в таком диапазоне пренебрегать нельзя. В связи с этим при выборе модификаторов для бетона представляется целесообразным подбирать сочетание «цемент+ММ+СП» с учетом не только получения необходимых показателей по подвижности и сохраняемости бетонной смеси, кинетики и проектного значения прочности бетона, но и по условию обеспечения необходимых деформационных свойств. В отечественных нормах нормирование модуля упругости бетона осуществляется однозначно в зависимости от класса бетона, при нормировании ползучести дополнительно учитываются условия эксплуатации. Нормы, например, Беларуси, учитывают дополнительно еще и марку бетонной смеси по удобоукладываемости. Влияние ММ и СП нормы ни одной страны не отражают.

Таким образом, при добавлении к портландцементу БС и МК совместно с СП вследствие возможного воздействия модификаторов на формирование пористости и состав новообразований может происходить существенное изменение прочности и ползучести цементного камня, в связи с чем следует производить подбор компонентов системы «цемент+ММ+СП» с учетом не только подвижности смеси и предела прочности бетона, но и длительных деформаций под нагрузкой, т.е. ползучести. При этом не всегда лучшее сочетание компонентов для получения высокой прочности следует считать оптимальным. В настоящее время не представляется возможным дать какие-либо рекомендации по подбору СП, поскольку их влияние на свойства цементного камня носит индивидуальный характер с учетом особенностей химико-минералогического состава цемента и ММ и требует экспериментальной проверки.

#### Литература

1. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Влияние некоторых гиперпластификаторов на пористость, влажностные деформации и морозостойкость цементного камня//Строительные материалы. – 2010. - № . 1. – С. 44
2. Несветаев Г.В. Применение модификаторов с целью управления модулем упругости бетона/ Новые научные направления строительного материаловедения: Академические чтения РААСН. – Белгород, 2005. – ч.2. – С. 51-57
3. Несветаев Г.В. Закономерности деформирования и прогнозирование стойкости бетонов при силовых и температурных воздействиях (методология и принципы рецептурно-технологического регулирования): автореф. дисс. ... д-р техн. наук: РГСУ, Ростов н/Д, 1998. – 48 с.
4. Несветаев Г.В., Давидюк А.Н. Самоуплотняющиеся бетоны: модуль упругости и мера ползучести// Строительные материалы. – 2009. - № .6