

УДК 691.327

А. С. ВОЛКОВ, С. Н. МАШТАЛЕР, К. В. ПОЛЯНСКИЙ

Донбасская национальная академия строительства и архитектуры

**ВЛИЯНИЕ ВОЗРАСТА ВЫСОКОПРОЧНОГО МОДИФИЦИРОВАННОГО
БЕТОНА НА ЕГО ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ПРИ ОСЕВОМ
СЖАТИИ**

Представлены результаты экспериментально-теоретических исследований влияния возраста высокопрочного модифицированного бетона на его физико-механические свойства при осевом сжатии.

высокопрочный модифицированный бетон, старение бетона, прочность, деформации

В последние десятилетия довольно интенсивно развивается высотное строительство из железобетона с применением современных высокопрочных бетонов, которые обладают высокими характеристиками прочностных свойств, морозостойкости и водонепроницаемости, что обеспечивает высокую долговечность конструкций. При этом прочность таких бетонов может достигать 80÷150 МПа, а нормы проектирования в Украине и Европе для конструкций из таких бетонов находятся в стадии разработки. Процессы усадки и ползучести, а также закономерности изменения физико-механических свойств с учетом возраста бетона к настоящему времени изучены недостаточно, что затрудняет расчет железобетонных конструкций из таких бетонов и является сдерживающим фактором для более широкого их применения в современном строительстве. Наряду с этим как для сборных железобетонных конструкций, так и для зданий из монолитного железобетона от изготовления до монтажа либо ввода в эксплуатацию может пройти длительное время, при этом характеристики физико-механических свойств высокопрочного бетона изменяются, что требует проведения комплекса экспериментально-теоретических исследований.

Влияние возраста высокопрочного бетона, модифицированного органоминеральной добавкой (ОМД) [1], на физико-механические свойства исследовались на бетонных образцах кубах с ребром 100 мм и призмах размерами 150×150×600 мм при нормальной температуре по стандартным методикам. ОМД представлена в виде сухой смеси, содержащей в долях от удельного веса: микрокремнезем (20 %); тонкомолотую золошлаковую смесь Углегорской ТЭС (30 %); золу-унос Зуевской ТЭС (48 %). Материалы: цемент М500, песок крупнозернистый ($M_{кр} = 2,0 \div 2,5$ мм), щебень гранитный фракции 5÷20 мм и модификатор Sica Viscocrete 5-600, при этом их соотношение составляло Ц:П:Щ = 1:1,1:2,2 при В/Ц = 0,28 и В/В = 0,21, а ОК = 22 см.

Прессовые испытания проводились в условиях лабораторного корпуса ДонНАСА в возрасте 7, 14, 28, 60, 120, 200 дн и 4,5 г.

Средние значения кубиковой прочности f_c бетона в возрасте 28 сут. составили в среднем 62÷67 МПа; что соответствует классу бетона на осевое сжатие С60÷С70. В возрасте 60 сут. прирост прочности составил 3÷4 %, в возрасте 120 сут. – 5÷9 %, а в возрасте 4,5 года – 9÷13 % по отношению к прочности в возрасте 28 суток. Коэффициент призмной прочности не зависел от возраста и находился в диапазоне $K_{зм} = f_c / f_{кр} = 0,84 \div 0,89$. Опытные данные свидетельствуют о наиболее интенсивном наборе прочности высокопрочного модифицированного бетона до 70 % в первые 7 суток и до 90 % в возрасте 28 суток, а также о существенном снижении темпа роста после 28-суточного возраста (рис. 1), что достаточно хорошо соотносится с результатами исследований других авторов [2, 5].

Значение начального модуля упругости в возрасте 28 сут., в среднем, составляет $43,6 \cdot 10^3$ МПа, а для образцов в возрасте 4,5 года – $44,93 \cdot 10^3$ МПа (рис. 2), что свидетельствует о том, что старение

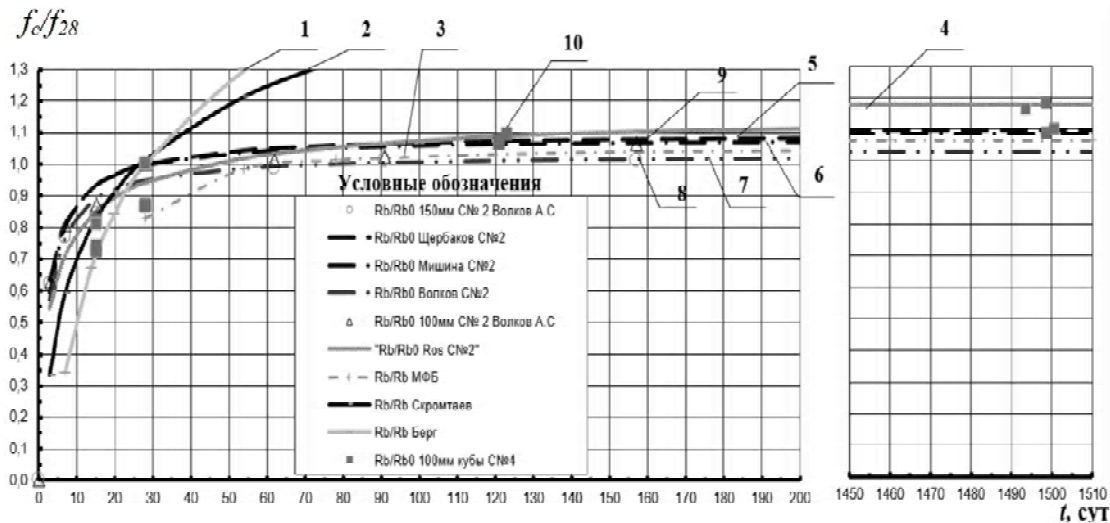


Рисунок 1 – Влияние возраста высокопрочного бетона на относительную прочность: 1 – расчет по Бергу О. Я., 2 – расчет по Скромтаеву, 3 – расчет по МФБ, 4 – расчет по Рошу (4), 5 – расчет по Щербакову Е. Н., 6 – по Мишина А. В., 7 – по Волкову, 8, 9, 10 – экспериментальные данные.

бетона приводит к увеличению E_b в среднем на 3 % в возрасте 4,5 года при макс. увеличении на 13 % по сравнению со значениями в возрасте 28 сут. (рис. 2).

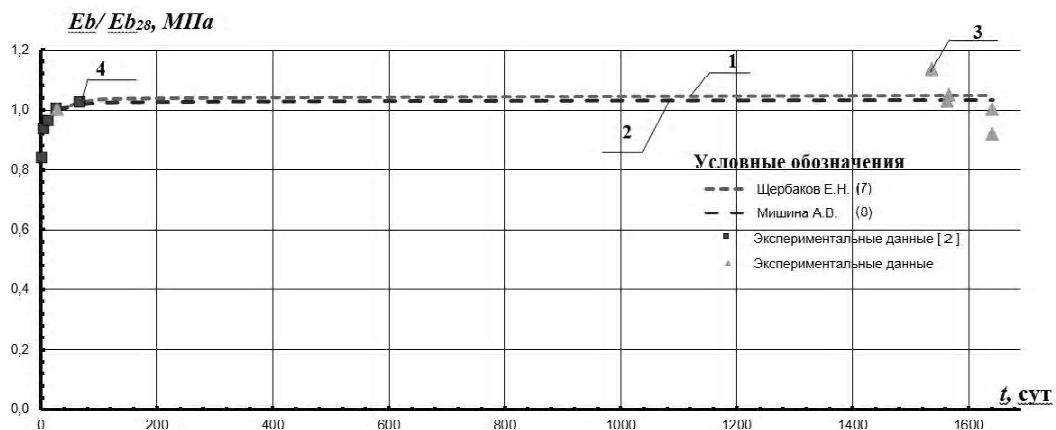


Рисунок 2 – Влияние возраста высокопрочного бетона на начальный модуль упругости при нормальной температуре +20 °С: 1, 2 – по формулам (7) и (8), 3 – экспериментальные данные, 4 – то же Ромкина Д. С.

Предельные деформации сжимаемости при осевом сжатии в возрасте 4,5 года составили $2,05 \cdot 10^{-3}$, что на 3 % ниже, чем для образцов в возрасте 28 сут. Уровни нагружения, соответствующие практически упругому деформированию бетона, не зависят от возраста бетона и находятся в диапазоне $0,7 \pm 0,8 f_{cp}$. Процесс упругого уменьшения объема высокопрочного бетона сменялся дилатацией при уровнях нагружения выше $0,9 f_{cp}$. Уровни трещинообразования оказались на том же уровне, что и для образцов в возрасте 28 сут. [1].

Выполнено теоретическое описание изменения прочности и начального модуля упругости во времени по методикам разных авторов (табл.) [2, 3, 4, 5, 6]. По результатам сопоставления экспериментальных и теоретических данных выявлено, что логарифмические выражения (1) и (2) некорректно описывают рост прочности для высокопрочного модифицированного бетона, а предложенные выражения по остальным методикам (3–6) достаточно хорошо описывают результаты исследований со средним отклонением около 7–9 %. Для методик [5] и формулы (4) были выведены постоянные, зависящие от качеств бетона и условий твердения.

Таблица – Описание изменения во времени физико-механических свойств высокопрочного бетона

Автор	Выражение
Скрамтаев Б. Г. [6]	$R_t = R \cdot \frac{\lg t}{\lg 28} = 0,7 \cdot R \cdot \lg t, \quad (1)$ <p>где R_t – временное сопротивление сжатию бетонного куба в возрасте t, дн.; R – то же, в возрасте 28 дн.</p>
Берг О. Я. [3]	$\frac{R_t}{R} = 1 - \frac{1000 - \tau}{5 \cdot (100 + R)} \cdot \frac{\lg 28}{\tau}, \quad (2)$ <p>где R_t – кубиковая прочность бетона в возрасте $3 \leq \tau \leq 180$ суток; R – кубиковая прочность бетона в 28-суточном возрасте.</p>
МФБ[4]	$f_{cm(\tau)} = \beta_{cc(\tau)} \cdot f_{cm}, \quad (3)$ <p>где f_{cm} – средняя прочность бетона в возрасте 28 суток; $\beta_{cc(\tau)}$ – функция для оценки развития прочности бетона на сжатие во времени;</p>
Pr. Ros	$R = R_{28} \cdot \frac{a^{\frac{2}{3}}}{b + t^{\frac{2}{3}}}, \quad (4)$ <p>где t – возраст бетона в днях, a и b – постоянные, зависящие от качеств бетона и условий его твердения.</p>
Щербаков Е. Н. [5]	$R_b(t) = R_b(28) \cdot \left[1 + \frac{28}{55 + B} \cdot \left(\frac{t - 28}{t + 5} \right) \right], \quad (5)$ $E_b(t) = E_b(28) \cdot \left[1 + \frac{28}{55 + B} \cdot \left(\frac{t - 28}{t + 5} \right) \right]^{0,3}, \quad (7)$ <p>где $R_b(t)$ и $E_b(t)$ – призмная прочность и начальный модуль упругости бетона на сжатие в возрасте t, МПа; $R_b(28)$ и $E_b(28)$ – призмная прочность и начальный модуль упругости бетона на сжатие в возрасте 28 суток, МПа; B – класс бетона по прочности на сжатие, МПа; t – возраст бетона к моменту испытания, сутки.</p>
Мишина А. В. [5]	$R_b(t) = R_b(28) \cdot \frac{t}{2,3 + 0,92 \cdot t}, \quad (6)$ $E_b(t) = E_b(28) \cdot \left(\frac{t}{2,3 + 0,92 \cdot t} \right)^{0,4}, \quad (8)$ <p>где $R_b(t)$ и $E_b(t)$ – призмная прочность и начальный модуль упругости бетона на сжатие в возрасте t, МПа; $R_b(28)$ и $E_b(28)$ – призмная прочность и начальный модуль упругости бетона на сжатие в возрасте 28 суток, МПа; B – класс бетона по прочности на сжатие, МПа; t – возраст бетона к моменту испытания, сутки.</p>

ОСНОВНЫЕ ВЫВОДЫ

1. Выполнены экспериментальные исследования влияния возраста высокопрочного модифицированного бетона при нормальной температуре +20 °С на его физико-механические свойства.
2. Экспериментально установлена четкая зависимость прочности и начального модуля упругости от возраста высокопрочного бетона: старение бетона привело к приросту прочности в возрасте 4,5 года, в среднем, на 9÷13 %, а модуля упругости на 3–6 % по сравнению с соответствующими значениями в возрасте 28 дней.
3. Выполнено теоретическое описание изменения прочности и начального модуля упругости во времени по методикам [2, 3, 5, 6] и формулам (4) и (5) (табл.).
4. Влияние возраста на характеристики высокопрочного бетона необходимо учитывать для более точной оценки НДС железобетонных конструкций к моменту начала их эксплуатации, что позволит повысить надежность проектирования и получить существенный экономический эффект при возведении высотных зданий и сооружений.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корсун, В. И. Механические и реологические свойства высокопрочных модифицированных бетонов при осевом сжатии [Текст] / В. И. Корсун, А. С. Волков // Научно-технический сборник Харьковской национальной академии городского хозяйства. – 2009. – Выпуск 86. – С. 130–140.
2. Карпенко, Н. И. Результаты исследования физико-механических и реологических характеристик высокопрочного бетона [Текст] / Н. И. Карпенко, С. С. Каприелов, Д. С. Ромкин // Известия ОрелГТУ. – Орел, 2009. – Выпуск № 1/21. – С. 130–140.
3. Берг, О. Я. Высокопрочный бетон [Текст] / О. Я. Берг, Е. Н. Щербаков, Г. Н. Писанко. – М. : Стройиздат, 1971. – 208 с.
4. Блещик, Н. П. Кинетика набора прочности модифицированного бетона в различных температурных условиях [Текст] / Н. П. Блещик, А. Н. Рак // Проблемы современного бетона и железобетона / Институт БелНИИС. – Минск, 2011. – Выпуск № 9. – С. 122–150.
5. Мишина, А. В. Физико-технические свойства сверхвысокопрочного сталефибробетона [Текст] / А. В. Мишина, И. А. Чилин, А. А. Андрианов // Вестник МГСУ. – Москва, 2011. – № 3, Т. 2. – С. 159–165.
6. Скрамтаев, Б. Г. Испытание прочности бетона в образцах, изделиях и сооружениях [Текст] / Б. Г. Скрамтаев, М. Ю. Лещинский. – М. : Стройиздат, 1964. – 272 с.

Получено 21.05.2014

А. С. ВОЛКОВ, С. М. МАШТАЛЕР, К. В. ПОЛЯНСЬКИЙ
ВПЛИВ ВІКУ ВИСОКОМІЦНОГО МОДИФІКОВАНОГО БЕТОНУ НА ЙОГО
ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ПРИ ОСЬОВОМУ СТИСКУВАННІ
Донбаська національна академія будівництва і архітектури

Представлено результати експериментально-теоретичних досліджень впливу віку високоміцного модифікованого бетону на його фізико-механічні властивості при осьовому стискуванні.
високоміцний модифікований бетон, старіння бетону, міцність, деформації

ANDREY VOLKOV, SERGEY MASHTALER, KONSTANTIN POLIANSKI
INFLUENCE OF AGE OF HIGH-STRENGTH MODIFIED CONCRETE ON
PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES UNDER AXIAL COMPRESSION
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture The results of experimental and theoretical studies of the effect of age of high-strength modified concrete on physic-mechanical properties under axial compression have been presented.
high-strength modified concrete, hardening of concrete, strength, deformation