

УДК 691.32

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СОВМЕСТНОГО ВЛИЯНИЯ НА БЕТОН ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ-ОТТАИВАНИЯ И КАРБОНИЗАЦИИ

Троян Вячеслав Васильевич

канд. тех. наук

Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Киев
(Украина)

author@apriori-journal.ru

Аннотация. На основании анализа параметров пористости и развития микротрещин в бетоне спрогнозировано совместное влияние на бетон циклического замораживания-оттаивания и карбонизации.

Ключевые слова: бетон; морозостойкость; карбонизация; прогнозирование.

PREDICTION OF JOINT INFLUENCE ON CONCRETE CYCLIC OF FREEZING-THAWING AND CARBONIZATION

Troyan Vyacheslav Vasilievich

candidate of technical sciences

Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv (Ukraine)

Abstract. Based on the analysis of the parameters of porosity and microcracks in concrete joint influence cyclic of freezing-thawing and carbonation on concrete predicted.

Key words: concrete; frost resistance; carbonization; prediction.

Введение

Для адекватной оценки совместного влияния на бетон циклического замораживания-оттаивания и карбонизации наряду с параметрами микропористости целесообразно учитывать наличие и развитие микротрещин. Исследования А.Я. Берга [1], В.М. Москвина [2], А.А. Гончарова, Ф.М. Иванова [3] свидетельствуют о существенном ускорении интенсивности разрушения вследствие циклического замораживания и оттаивания бетона имеющего микротрещины. При этом допускается, что в условиях воздействия CO_2 трещины с шириной раскрытия 0,15-0,3 мм не уменьшают проектных сроков службы конструкции [4], однако учитывая, что проницаемость трещин для CO_2 намного выше чем бетона без трещин, в зоне контакта трещины и арматуры возможна депассивация стали.

Известно, что повышение морозостойкости бетона достигается с помощью воздухововлекающих добавок, путем обеспечения наличия в бетоне 4-5 % равномерно распределенных сферических воздушных пор диаметром < 300 мкм [5]. В то же время, использование воздухововлекающих добавок, а также несовместимость цемента с добавками-пластификаторами может привести к увеличению объема воздушных пор [6; 7], вызвать увеличение глубины карбонизации бетона [8] и привести к частичной депассивации поверхности арматуры вследствие отсутствия щелочной среды в зоне контакта воздушных пор и стали.

Таким образом, целью исследования было прогнозирование совместного влияния на бетон циклического замораживания-оттаивания и карбонизации на основании анализа параметров пористости и развития микротрещин в бетоне.

Исследование влияния пористости и микротрещин на морозостойкость и карбонизацию бетона

Анализ морозостойкости бетона производили по объему открытых капиллярных пор, в которых замерзает лед при замораживании бетона, далее этот показатель предлагается называть «эффективная пористость» – общий объем льда, который замерзает при температуре -20°C . Анализ, эффективной пористости осуществляли на основании данных полученных методом дифференциальной сканирующей колориметрии [9].

При анализе совместного влияния на бетон циклического замораживания-оттаивания и карбонизации в условиях экспозиционных классов XF3 и XC4 по классификации EN 206 рассматривали бетон класса C32/40 (EN 206) с расходом 400 кг/м^3 ПЦ I-500 (В/Ц-0,40) и вовлечением 4,2 % воздуха, и бетон класса C40/50 без воздухововлекающей добавки при расходе 440 кг/м^3 ПЦ II А/Ш-500 (В/Ц-0,37).

Как видно из рис. 1 уже после 100 циклов замораживания-оттаивания бетон без воздухововлекающей добавки характеризуется увеличением до 15 г/дм^3 количества льда замерзающего при -20°C , вследствие увеличения объема микротрещин внутри и на поверхности бетонных образцов. После 200 циклов замораживания-оттаивания количество льда увеличивается до 55 г/дм^3 . Бетон с вовлечением 4,2 % воздуха, на протяжении 200 циклов замораживания-оттаивания характеризуется относительно стабильным количеством льда, замерзающего при -20°C , с поступательным приближением температуры замерзания к 0°C .

По результатам ускоренного исследования карбонизации бетона класса C40/50, прогнозируемая глубина карбонизации через 100 лет в условиях экспозиционного класса XC4 при расчетном коэффициенте диффузии CO_2 $D = 1,9 \cdot 10^{-6} \text{ см}^2/\text{с}$ составляет 0,2 см. Для бетона класса C32/40 с воздухововлекающей добавкой прогнозируемая глубина карбонизации через 100 лет в условиях экспозиционного класса XC4 составляет 0,4 см при расчетном коэффициенте диффузии CO_2 $D = 2,0 \cdot 10^{-5} \text{ см}^2/\text{с}$.

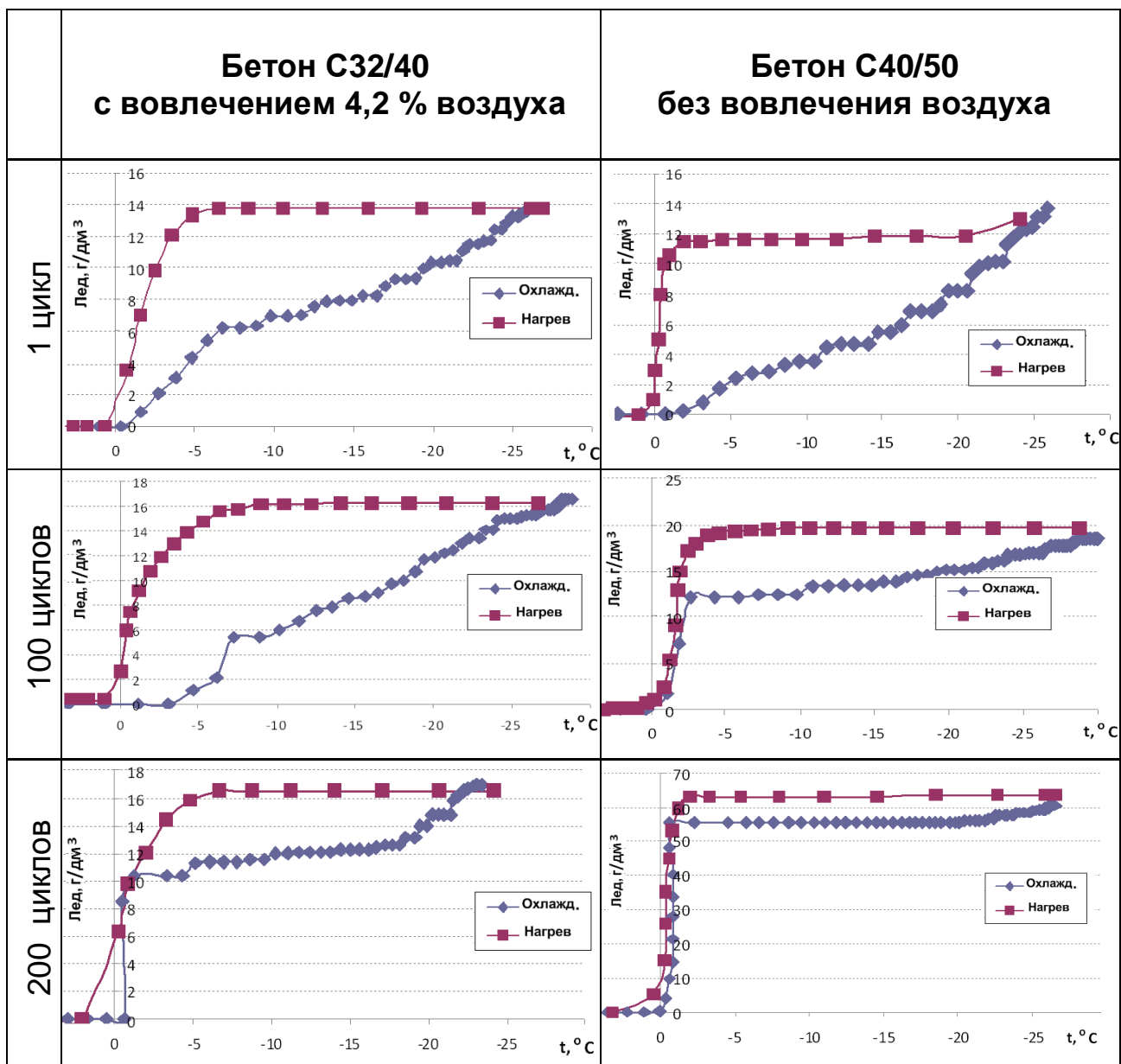


Рис. 1. Образование льда в образцах бетонов в зависимости от температуры и количества циклов замораживания-оттаивания

Повышенная воздушная пористость бетона класса С32/40 с воздухововлекающей добавкой закономерно повышает коэффициент диффузии CO_2 и глубину карбонизации бетона, при этом совместное действие циклического замораживания-оттаивания и карбонизации на бетон можно считать несущественным ввиду относительной стабильности показателя эффективной пористости (рис. 2).

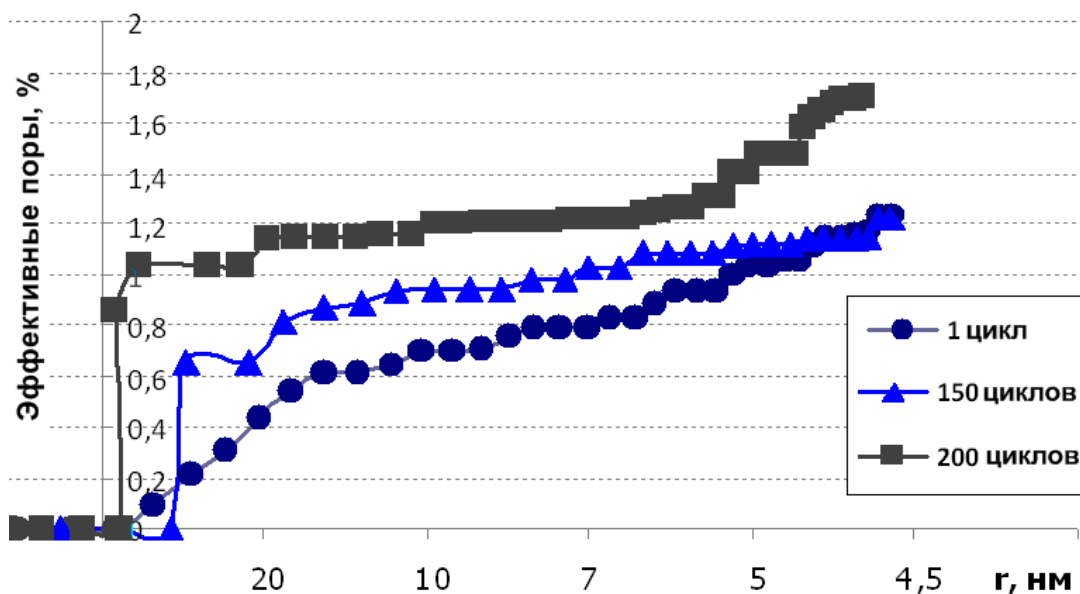


Рис. 2. Эффективная пористость бетона класса С32/40 с 4,2 % воздушных пор в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания

Показатель эффективной пористости бетона без воздухововлекающей добавки после 150 циклов замораживания-оттаивания вследствие образования микротрещин увеличивается более чем в 2 раза, а после 200 циклов – в 5 раз (рис.3), что может привести к увеличению глубины карбонизации более чем в два раза с последующим ее увеличением.

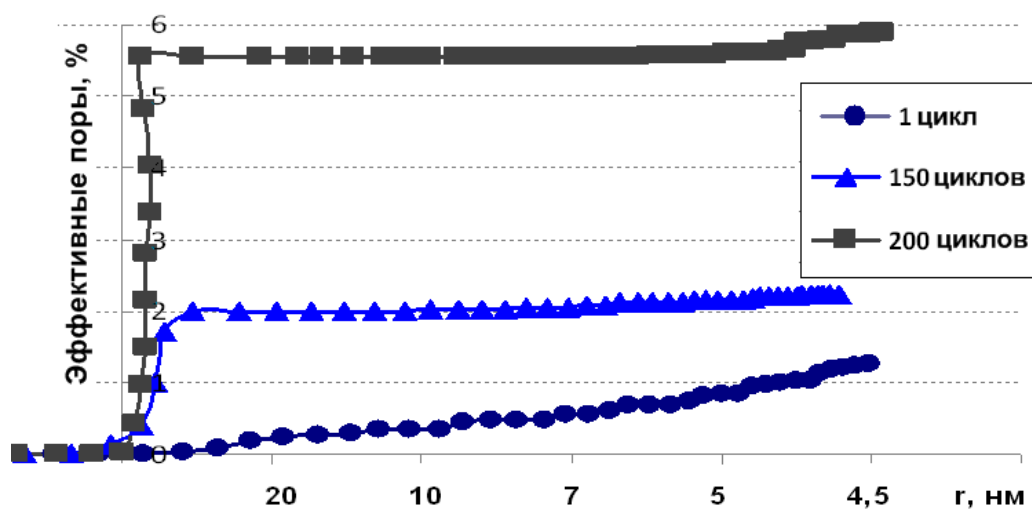


Рис. 3. Эффективная пористость бетона класса С40/50 в зависимости от количества циклов замораживания-оттаивания

Таким образом, совместное действие циклического замораживания-оттаивания и карбонизации на бетон в этом случае является существенным, что может быть спрогнозировано путем имитационного моделирования методом конечных элементов.

Поскольку вследствие образования микротрещин изменяются граничные условия, и нарастает скорость проникновения агрессивной среды вглубь бетона, для адекватного описания процесса карбонизации при имитационном моделировании методом конечных элементов формулировался ряд линейных задач с различными граничными условиями, отражающими динамику процесса.

В результате расчетов по модели совместного влияния циклического замораживания-оттаивания и карбонизации в условиях экспозиционных классов XF3 и XC4 было спрогнозировано увеличение глубины карбонизации (значение pH меньше 10) защитного слоя бетона после 100 лет эксплуатации с 0,2 см до 3 см (рис. 4).

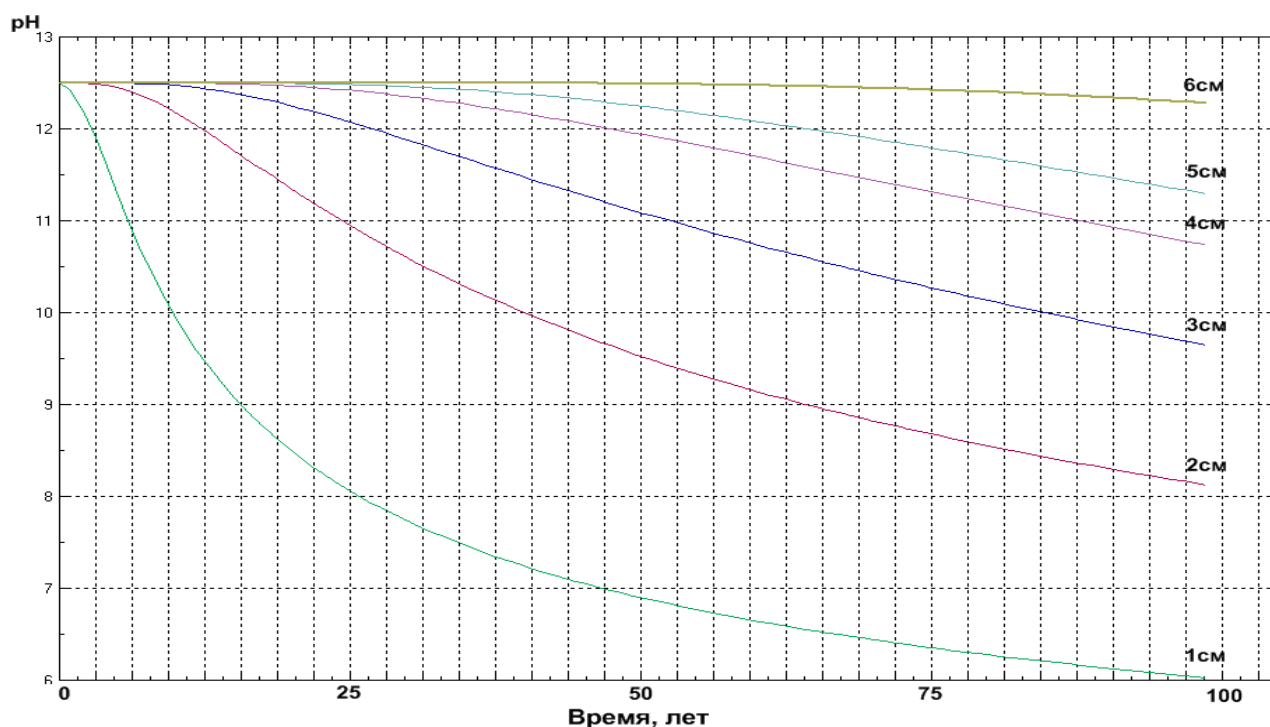


Рис. 4. Прогноз изменения pH защитного слоя бетона нормальной проницаемости после 100 лет эксплуатации

Выводы

Таким образом, по результатам имитационного моделирования эксплуатации бетона в условиях экспозиционных классов XF3 и XC4 на протяжении 100 лет установлено, что при недостаточной морозостойкости бетона увеличение объема микротрещин вследствие воздействия циклического замораживания-оттаивания может привести к существенному росту глубины карбонизации защитного слоя бетона. В тоже время, хотя использование воздухововлекающих добавок несколько повышает глубину карбонизации защитного слоя бетона, совместное действие циклического замораживания-оттаивания и карбонизации на бетон в этом случае можно считать несущественным.

Список использованных источников

1. Берг О.Я., Щербаков Е.Н., Писанко Г.Н. Высокопрочный бетон. М.: Стройиздат, 1971. 208 с.
2. Москвин В.М., Капкин М.М., Подвальный А.М. Стойкость бетона и железобетона при отрицательной температуре М.: Стройиздат, 1967. 132 с.
3. Гончаров А.А., Иванов Ф.М. Морозостойкость бетонов различной прочности, нагруженных сжатием // Гидротехническое строительство. 1969. № 6.
4. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шиссель П. Долговечность бетона и агрессивных сред. М.: Стройиздат. 1990. 320 с.
5. Штарк Й., Вихт Б. Долговечность бетона. Киев: «Оранта», 2004. 293 с.
6. Добавки в бетон. Справ. Пособие / под ред. В.С. Рамачандрана. М.: Стройиздат, 1988. 575 с.
7. Вовк А.И. О некоторых особенностях применения гиперпластификаторов // Будівельні виробництва та санітарна техніка. 2007. № 26. С. 9-13.
8. Алексеев С.Н., Иванов Ф.М., Модры С., Шиссель П. Долговечность бетона и агрессивных сред. М.: Стройиздат, 1990. 320 с.
9. Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона. Х.: Факт, 2002. 183 с.