

Список цитированных источников

1. Марковский, М.Ф. Распределение давления бетонной смеси на вертикальную опалубку стен и колонн в процессе безвибрационной укладки // Статья в настоящем сборнике.
2. Jeremin W. Gerüste und Schalungen im Konstruktiven Ingenieurbau: Konstruktion und Bemessung. – Berlin: Springer – 2003. – 312 s.
3. Specht M. Der Frischbetondruck nach DIN 18218 – die Grundlagen und Wichtigsten Festlegungen // Bautechnik (58). – 1981. – № 8. – S. 215–291.
4. Eringshausen H. Über den Schalungsdruck von Frischbeton. – Hannover Technische Hochschule, 1965. – 98 s.
5. Röhling S. Der Frischbeton seitendruck auf lotrechte Wandschalungen // Wissenheftliche Zeitschrift der Hochschule für Bauwesen Leipzig – H2-1975. – S. 73–77.
6. Ovarlez G., Roussel N. A Physical Model for the Prediction of Lateral Stress Exerted by Self-Compacting Concrete on Formwork // RILEM Materials and Structures. – Vol. 39. – №2. – 2000 – P. 269–279.
7. Вавилов, А.Б. Совершенствование технологии уплотнения бетонной смеси глубинным вибрированием: дис. канд. техн. наук: 05.23.08 / А.Б. Вавилов. – СПб. Ленингр. инж.-стр. ин-т., 1992. – С. 191–196.
8. Гусев, В.С., Сафонов, В.Б. Боковое давление бетонной смеси на опалубку при бетонировании высоким слоем // Укладка и уход за бетоном при строительстве гидротехнических сооружений: Материалы конференций и совещаний по гидротехнике / ВНИИГ. – Л., 1979. – С. 126–129.
9. Карамзин, В.Е., Митник, Г.С. О давлении бетонной смеси на борта и поддон формы при вибрировании // Бетон и железобетон. – 1969. – № 9. – С. 42–46.
10. Афанасьев, А.А. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона. – М.: Стройиздат, 1990. – 387 с.

УДК 691.32:620192.42

ВЛИЯНИЕ ЦИКЛИЧЕСКОГО ЗАМОРАЖИВАНИЯ И ОТТАИВАНИЯ НА ИЗМЕНЕНИЕ СТЕПЕНИ ГИДРАТАЦИИ ЦЕМЕНТА И СТРУКТУРНО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ

Ковшар С.Н., Бабицкий В.В.

Введение. Основываясь на воззрениях Мощанского Н.А. [1], можно констатировать, что долговечность строительных материалов и, в частности, бетона и железобетона, определяется количественным соотношением двух процессов – созидательного (конструктивный) и разрушительного (деструктивный), графическая интерпретация чего представлена на рис. 1.

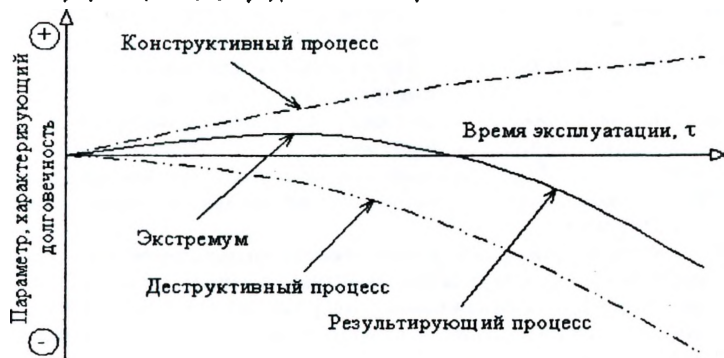


Рисунок 1 – Изменение характеристик материала в процессе эксплуатации

Результирующий процесс зависит от множества влияющих факторов, и его результатом зачастую является появление экстремума изменения какого-либо параметра, характеризующего долговечность материала (чаще всего прочности на сжатие). Это особенно ярко проявляется при испытаниях стойкости бетона к III виду коррозии (по классификации Москвина В.М.), а также на морозостойкость.

Применительно к оценке долговечности бетона к воздействию отрицательных температур можно рассмотреть представленную на рис. 1 модель, как зависимость кинетики изменения структурно-механических характеристик цементного камня от числа циклов замораживания-оттаивания (рис. 2).

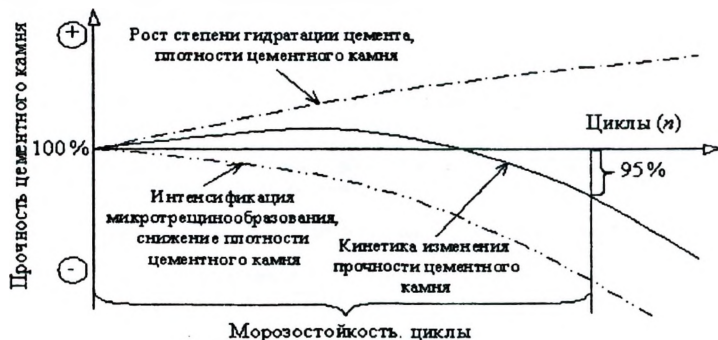


Рисунок 2 – Зависимость структурных и физико-механических характеристик цементного камня от количества циклов испытаний (n)

Интерес такого подхода представляется в возможности разработки системы прогнозирования морозостойкости бетона. На наш взгляд, если отдельно математически описать кинетику конструктивного и деструктивного процессов, то можно получить и модель результирующего процесса.

Рассмотрим проявления конструктивного и деструктивного процессов на примере изменения структурно-механических характеристик цементного камня.

Методика проведения исследований. Объектом исследований служил цементный камень, который получали из цементного теста с водоцементными отношениями 0,2; 0,25; 0,3; 0,35 и 0,4. Для проведения исследований использовали образцы цементного камня размером 20×20×20 мм. Количество серий составляло 5 при количестве образцов в каждой серии 33. Такое количество образцов в каждой серии было принято из условия получения не менее 10 экспериментальных точек при замораживании и оттаивании образцов, включая контрольные образцы. В каждой намеченной экспериментальной точке количество образцов, которые подвергали исследованию, составляло не менее 3. Промежутки времени для отбора образцов, выраженные в циклах замораживания и оттаивания, принимали на основании предварительного прогноза максимальной морозостойкости.

Цементное тесто в формах, в зависимости от пластичности, уплотняли на лабораторной виброплошадке и/или на встряхивающем столике. В качестве вяжущего использовали портландцемент ПЦ-500-Д0 ОАО «Красносельскстройматериалы», минералогический состав и основные характеристики которого приведены в таблице.

Таблица – Характеристики вяжущего

Минералогический состав, % по массе				ρ_u , кг/м ³	НГ, %	$S_{уд}$, м ² /кг	Предел прочности, МПа, на	
C ₃ S	C ₂ S	C ₃ A	C ₄ A F				изгиб	сжатие
56,2	20,5	3,8	17,5	3180	28,5	318,0	6,14	54,7

Твердение образцов проходило в нормально-влажностных условиях. Образцы подвергали испытанию на циклическое замораживание и оттаивание в возрасте 28 суток.

Степень гидратации определяли по соотношению количества химически связанной воды (w_x) на данном этапе испытаний цементного камня к количеству воды, которое связывается при полной гидратации вяжущего (w_0) [2]:

$$\alpha = \frac{w_x}{w_0} \cdot 100, \% \quad (1)$$

Количество воды, которое связывается при полной гидратации вяжущего (w_0), может быть принято равным приблизительно 23% от массы вяжущего [3, 4].

В качестве характеристики поровой структуры цементного камня использовали показатель среднего размера капиллярных пор, который определяли по методике [5]. Так как в предлагаемой методике [5] базовыми являются образцы размером 70×70×70 мм, предварительно был определен переходной коэффициент к образцам размером 20×20×20 мм. За критерий, способный оценить изменение механических характеристик цементного камня при циклических воздействиях была принята прочность образцов на сжатие. Прочность на сжатие является универсальным критерием, способным косвенно отражать процессы, происходящие в структуре материала при циклических воздействиях, а также является основной характеристикой материала, по изменению которой судят о морозостойкости. Прочность цементного камня определяли по методике [6]. При расчете значения прочности масштабный коэффициент не учитывали, поскольку сравнивали результаты испытаний образцов одного размера.

Для проведения исследований был принят стандартный режим циклических воздействий на цементный камень [7], который был уточнен исходя из размеров опытных образцов.

Экспериментальные исследования. Характер изменения степени гидратации (рис. 3,а) при циклическом замораживании и оттаивании происходит по определенному закону, а именно: с увеличением количества циклов (n) степень гидратации повышается, достигая максимального значения. Количественное значение предельного уровня (α_{max}) определяется начальным значением водоцементного отношения (В/Ц) и степени гидратации цемента (α_0). С повышением водоцементного отношения максимальное значение предельного уровня α_n/α_0 снижается. При прочих равных условиях максимальными значениями α_n/α_0 характеризуются образцы с В/Ц=0,2; минимальными – с В/Ц=0,4. Характер влияния начальной степени гидратации на значение α_n/α_0 аналогичен влиянию водоцементного отношения, т.е. с увеличением начальной степени гидратации значение α_n/α_0 при прочих равных условиях снижается.

Изменение показателя среднего размера капиллярных пор (рис. 3,б) при циклическом замораживании и оттаивании подтверждают ранее полученные результаты по изменению степени гидратации. Характер кривых свидетельствует о протекании как «конструктивного», так и «деструктивного» процесса

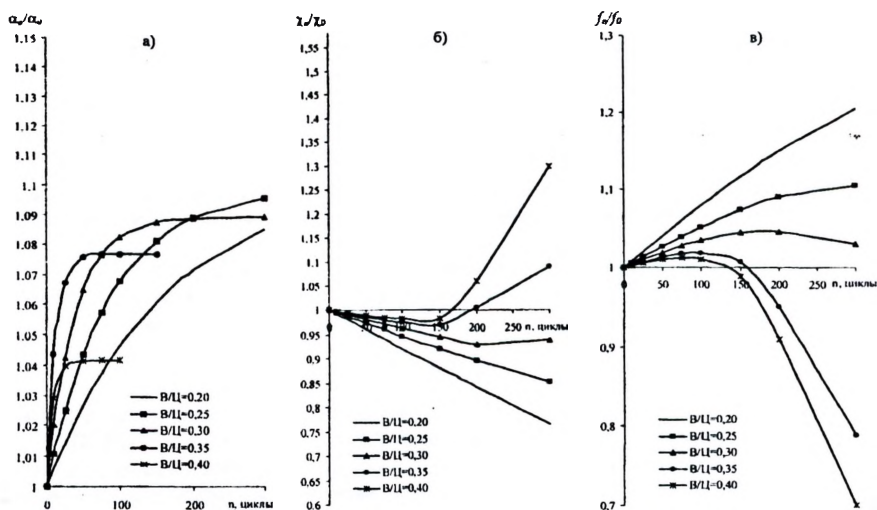


Рисунок 3 – Характер изменения степени гидратации (а), показателя среднего размера капиллярных пор (б) и прочности на сжатие цементного камня (в) при замораживании и оттаивании

при циклическом замораживании и оттаивании. Начиная с первых циклов, за счет продолжающейся гидратации вяжущего, происходит изменение структуры – значение отношения $\lambda_{п}/\lambda_0$ снижается, достигая минимального значения. Минимальное значение $\lambda_{мин}/\lambda_0$ зависит от значения предельного уровня степени гидратации α_{max}/α_0 : чем оно выше, тем ниже при прочих равных условиях значение $\lambda_{мин}/\lambda_0$. Характер изменения $\lambda_{п}/\lambda_0$ определяется теми же факторами, что и изменение степени гидратации при циклическом замораживании и оттаивании. Минимальными значениями $\lambda_{мин}/\lambda_0$ характеризуются образцы с $W/C=0,2$, максимальными – с $W/C=0,4$. При снижении начальной степени гидратации значение $\lambda_{мин}/\lambda_0$ уменьшается. Дальнейшее циклическое замораживание и оттаивание приводит к разрушению материала, о чем свидетельствует характер кривых (значение отношения $\lambda_{п}/\lambda_0$ увеличивается, стремясь к максимальным значениям).

Характер изменения прочности на сжатие образцов цементного камня (рис. 3,в) при циклическом замораживании и оттаивании согласуется с данными по изменению степени гидратации и показателя среднего размера открытых капиллярных пор. При снижении значений $\lambda_{п}/\lambda_0$ прочность на сжатие образцов закономерно увеличивается. Тенденции изменения прочности определяются характером изменения степени гидратации и показателя среднего размера капиллярных пор. Увеличение прочности цементного камня происходит параллельно с ростом степени гидратации и снижением показателя $\lambda_{п}/\lambda_0$. Количество циклов, когда достигается максимальное значение f_{max}/f_0 совпадает с количеством циклов, необходимых для достижения предельного уровня степени гидратации α_{max}/α_0 и минимального значения $\lambda_{мин}/\lambda_0$. Характер изменения прочности цементного камня при циклическом замораживании и оттаивании зависит от начального водоцементного отношения и начальной степени гидратации цемента. С повышением водоцементного отношения количество циклов, когда

наблюдается рост прочности цементного камня, снижается. Максимальную величину прироста прочности f_{max}/f_0 имеют образцы из цементного теста с В/Ц=0,2. Скорость разрушения и величина значений f_n/f_0 к определенному циклу замораживания и оттаивания определяются скоростью увеличения значений λ_n/λ_0 . Чем интенсивнее происходит нарушение структуры материала $\lambda_n/\lambda_0 \rightarrow \max$, тем быстрее происходит снижение прочности f_n/f_0 при циклическом замораживании и оттаивании.

Заключение. Из анализа полученных данных следует, что при циклическом замораживании и оттаивании параллельно протекают два процесса – «конструктивный» и «деструктивный». Оба процесса оказывают влияние на характер изменения структурно-механических характеристик цементного камня. Выявленные закономерности кинетики протекания «конструктивного» и «деструктивного» процессов и их влияние на структурно-механические характеристики цементного камня позволит разработать систему прогнозирования морозостойкости базирующуюся на модели результирующего процесса.

Список цитированных источников

1. Мощанский, Н.А. Плотность и стойкость бетонов. – М.: – Госстройиздат, 1951. – 175 с.
2. Методы исследования цементного камня и бетона / Под ред. З.М. Ларионовой – М.: Изд-во литературы по строительству, 1970.
3. Пауэрс, Т. Физические свойства цементного теста и камня // Четвертый Международный конгресс по химии цемента. – М.: Стройиздат, 1964. – С. 402–438.
4. Пауэрс, Т.К. Физическая структура портландцементного теста // Химия цемента / Под ред. Х.Ф.У. Тейлора. – М.: Стройиздат, 1969.
5. Бетоны. Методы определения показателей пористости. ГОСТ 12730.4-78.
6. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-90.
7. Бетоны. Базовый метод определения морозостойкости: ГОСТ 10060.1-95.

УДК 624.113.425

ПОПРАВочНЫЕ КОЭФФИЦИЕНТЫ ДЛЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ПРОЧНОСТИ БЕТОНА МЕТОДАМИ УПРУГОГО ОТСКОКА И УДАРНОГО ИМПУЛЬСА

Корсун А.М., Ковшар С.Н., Синькевич О.С., Попова Н.В.

Введение. Производственными и научными организациями накоплен большой опыт определения прочности бетона в конструкциях неразрушающими методами. Неразрушающие методы подразделяют на:

- метод упругого отскока;
- метод ударного импульса;
- метод пластических деформаций;
- метод отрыва со скалыванием.

Данные методы основываются на определении косвенных характеристик, которые во многом зависят от условий проведения испытаний, в частности, от температуры и влажности бетона конструкции, а также для каждого конкретного испытания могут варьироваться в зависимости от класса бетона, класса поверхности, вида конструкции, используемых приборов и т.д. Как правило, неразрушающие методы контроля применяются на строительных площадках, где