

наблюдается рост прочности цементного камня, снижается. Максимальную величину прироста прочности  $f_{max}/f_0$  имеют образцы из цементного теста с  $V/C=0,2$ . Скорость разрушения и величина значений  $f_n/f_0$  к определенному циклу замораживания и оттаивания определяются скоростью увеличения значений  $\lambda_n/\lambda_0$ . 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

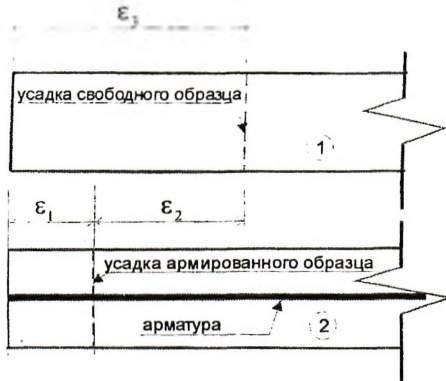


Рисунок 1 – К расчёту напряжений в бетоне при ограничивающем действии арматуры

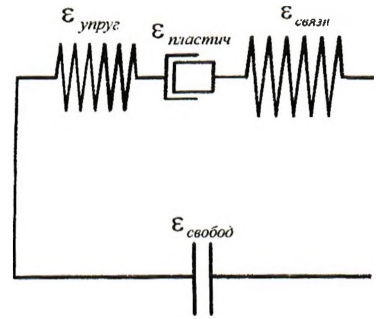


Рисунок 2 – Механическая модель развития деформаций в бетоне

где

$\epsilon_1 = \epsilon_{связи}$  – деформация в бетонном образце при наличии арматуры;

$\epsilon_2 = \epsilon_{\lambda}$  – разница деформации в образцах 2 и 3, та деформация, которую бетон армированного образца не реализует вследствие ограничения (недореализовавшаяся);

$\epsilon_3 = \epsilon_{свободное}$  – деформация в свободном образце, без арматуры.

Механизм учёта упругопластических деформаций можно представить в виде простой механической модели, см. рис. 2

Присутствие пластических деформаций в бетоне можно описать поршневой аналогией, (рис. 2). Представим деформацию  $\epsilon_2$ , как состоящую из упругой и пластической составляющей [2]

$$\epsilon_2 = \epsilon_{упруг} + \epsilon_{пластич} \quad (1.7)$$

Напряжения в бетоне будут определяться только упругой составляющей деформации. Для того, чтоб найти эту упругую составляющую, представим, что

$$\frac{\epsilon_{пластич}}{\epsilon_{упруг}} = \phi \quad (1.8)$$

тогда

$$\epsilon_{пластич} = \phi \cdot \epsilon_{упруг} \quad (1.9)$$

$$\text{формулу (1.7) можно записать, как: } \epsilon_2 = \epsilon_{упруг} (1 + \phi) \quad (1.10)$$

тогда с учётом (1.10), уравнение (1.7) перепишем в виде

$$\epsilon_{упруг} (1 + \phi) = \epsilon_{свобод} - \epsilon_{связи} \quad (1.11)$$

отсюда

$$\epsilon_{упруг} = \frac{\epsilon_{свобод} - \epsilon_{связи}}{1 + \phi} \quad (1.12)$$

так как

$$\sigma_b = \epsilon_{упруг} \cdot E_b, \quad (1.13)$$

Для каждого класса бетона были изготовлены и испытаны не менее пяти серий по три образца.

Основные образцы подвергали испытаниям в проектном (28 суток) возрасте. Для исследования влияния температуры и влажности бетона на косвенную характеристику применяли следующие режимы выдерживания образцов (таблица 2).

Образцы помещали в морозильную камеру, обеспечивающую достижение и поддержание температуры до минус  $(10 \pm 2)^{\circ}\text{C}$ . Образцы устанавливали в камере на сетчатый стеллаж таким образом, чтобы расстояние между ними, вышележащими стеллажами и стенками камеры было не менее 50 мм. Замораживание образцов, высушенных до постоянной массы, происходило в течение 24 часов.

Таблица 2 – Режимы выдерживания основных образцов

Режим	Условия
Температура	Замораживание бетона до минус $10^{\circ}\text{C}$ в сухом состоянии
Влажность	Насыщение бетона водой до полного водонасыщения
	Насыщение бетона водой до водонасыщения 50% от максимального
Температура и влажность	Замораживание бетона до минус $10^{\circ}\text{C}$ в полностью насыщенном водой состоянии
	Замораживание бетона до минус $10^{\circ}\text{C}$ при водонасыщении 50% от максимального

Влияние влажности определялось на образцах, насыщенных водой до полного водонасыщения и подсушенных до водонасыщения 50% от максимального.

Комплексное влияние температуры и влажности определяли на образцах, замороженных при полном водонасыщении и при водонасыщении 50% от максимального.

Прочность основных образцов прибором ИПС – МГ4 определяли по методике ГОСТ 22690-88[1]. При контроле прочности неразрушающим методом образцы устанавливались на пресс, где к ним прикладывалось предварительное усилие  $30 \pm 5$  кН. Число измерений на каждой грани образца составляло не менее пятнадцати. При вычислении среднего значения были исключены аномальные результаты.

Обработка результатов эксперимента. Поправочные коэффициенты определялись как отношение показателей основных образцов к контрольным по формуле:

$$K = \frac{f_n}{f_0}, \quad (1)$$

где  $f_n$  – среднее значение прочности основных образцов серии;

$f_0$  – среднее значение прочности контрольных образцов серии.

Математическая обработка полученных результатов с помощью ЭВМ позволила получить следующие зависимости:

– для определения коэффициента влияния температуры

$$K = 5 \cdot 10^{-4} f^2 - 5,4 \cdot 10^{-2} f + 2,29; \quad (2)$$

– для определения коэффициентов влияния влажности при полном водонасыщении и при водонасыщении 50% от максимального

$$1) K = -2 \cdot 10^{-3} f^2 - 1 \cdot 10^{-4} f + 1,05; \quad (3)$$

$$2) K = 2 \cdot 10^{-3} f^2 - 6,9 \cdot 10^{-1} f + 1,21; \quad (4)$$

– для определения коэффициентов влияния температуры и влажности при полном водонасыщении и при водонасыщении 50% от максимального

$$1) K = 7 \cdot 10^{-4} f^2 - 8 \cdot 10^{-2} f + 3,05; \quad (5)$$

$$2) K = 7 \cdot 10^{-4} f^2 - 7,5 \cdot 10^{-2} f + 2,89; \quad (6)$$

где  $f$  – среднее значение прочности, определенное с помощью прибора ИПС – МГ4.

**Результаты эксперимента. Результаты определения коэффициента влияния температуры представлены на рис. 1.**

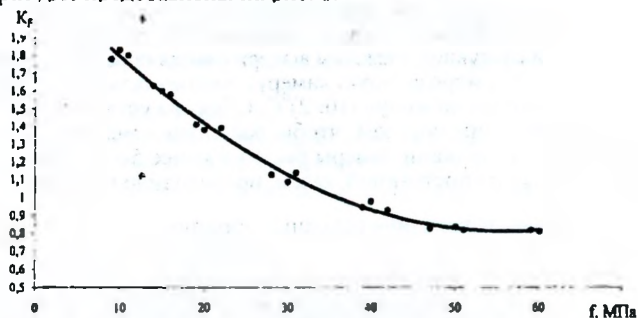


Рисунок 1 – Зависимость коэффициента влияния температуры на прочность бетона

**Результаты определения коэффициента влияния влажности при полном водонасыщении и при водонасыщении 50% от максимального представлены на рис. 2.**

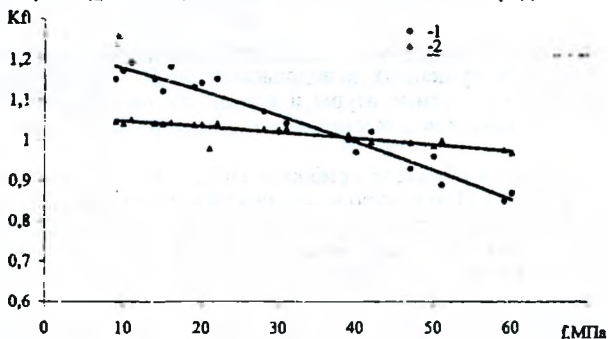


Рисунок 2 – Зависимость коэффициента влияния влажности на прочность бетона: 1 – при полном водонасыщении; 2 – при водонасыщении 50% от максимального

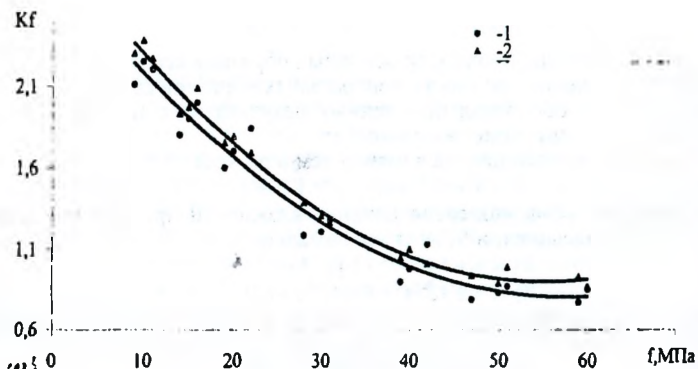


Рисунок 3 – Зависимость коэффициента комплексного влияния температуры и влажности на прочность бетона: 1 – при полном водонасыщении; 2 – при водонасыщении при 50% от максимального

Результаты определения коэффициента комплексного влияния влажности и температуры при полном водонасыщении и при водонасыщении 50% от максимального представлены на рисунке 3.

**Заключение.** Изучен характер влияния температуры и влажности на косвенную характеристику при оценке прочности бетона прибором ИПС – МГ4.

Исследовано одиночное и комплексное влияние данных условий на точность контроля прочности бетона. По экспериментальным данным построены графики.

Предложены расчетные зависимости для определения поправочных коэффициентов.

#### **Список цитированных источников**

1. Бетоны. Определение прочности механическими методами неразрушающего контроля: ГОСТ 22690-88. – Введ. 01.01.91. – Москва: Государственный строительный комитет СССР: Научно исследовательский институт бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР, 1988. – 25 с.

2. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180-90 – Введ. 01.01.91 – Москва: Государственный строительный комитет СССР: Научно-исследовательский проектно-конструкторский и технологический институт бетона и железобетона (НИИЖБ) Госстроя СССР, 1989. – 44 с