

МЕЖДУНАРОДНЫЙ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКИЙ СЕМИНАР

**ВОПРОСЫ ВНЕДРЕНИЯ НОРМ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И  
СТАНДАРТОВ ЕВРОПЕЙСКОГО СОЮЗА  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 22–23.05.2013)

УДК 666.972

**ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ПРОЕКТИРОВАНИЯ СОСТАВОВ  
МОРОЗОСТОЙКИХ БЕТОНОВ С УЧЕТОМ ВНЕДРЕНИЯ  
ЕВРОПЕЙСКИХ НОРМ**

*КОВШАР С.Н.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

В настоящее время Государственная стратегия обеспечения долговечности бетона в конструкциях и сооружения претерпевает существенное изменение в связи с активным внедрением Евроном. Кратко данную стратегию можно сформулировать следующим образом: обеспечение требуемой долговечности бетона на стадии проектирования и изготовления конструкций. Следует отметить, что данная идея не нова, аналогичной точки зрения еще в середине прошлого века придерживались известные исследователи морозостойкости бетона академик П.А. Ребиндер и профессор С.В. Шестоперов. Огромный объем проведенных во всем мире научно-исследовательских работ по получению морозостойкого бетона, лабораторные и натурные эксперименты, практика строительства и эксплуатации различного рода сооружений свидетельствует том, что проблема получения долговечного бетона достаточно успешно может быть решена известными технологическими приемами с высокой надежностью. Вариант такого решения предлагается в европейских нормах, в частности в EN 206 [1] и действующих в

настоящее время ТНПА на проектирование и изготовление бетонных и железобетонных конструкций [2,3]. Например, согласно [2,3] к технологическим параметрам, обеспечивающим получение бетона заданной морозостойкости относятся: максимально допустимое значение водоцементного отношения, минимально допустимый расход цемента, минимальный класс бетона по прочности на сжатие, а также вид и качество крупного заполнителя (табл.1).

Поскольку в ТНПА действующих на территории Республики Беларусь отсутствует привязка классов по условиям эксплуатации XF к маркам бетона по морозостойкости, можем воспользоваться данными А.М. Подвального [4,5], который предлагает следующую привязку морозостойкости к классам по условиям эксплуатации (табл. 2).

**Таблица 1. Предельные значения параметров, определяющих долговечность бетона для классов по условиям эксплуатации XF**

Параметры бетонной смеси	Классы бетона по условиям эксплуатации			
	XF1	XF2	XF3	XF4
Максимальное В/Ц	0,60	0,55	0,50	0,45
Минимальный класс по прочности на сжатие	C25/30	C25/30	C25/30	C30/37
Минимальный расход цемента, кг/м <sup>3</sup>	280	300	300	320
Прочие требования	Морозостойкий заполнитель			

**Таблица 2. Соотношение между классами по условиям эксплуатации и морозостойкостью бетона [4,5]**

Соответствующий классу параметр бетона	Классы бетона по условиям эксплуатации			
	XF1	XF2	XF3	XF4
Марка бетона по морозостойкости	F25-F50	F100-F150	F200-F300	F400- F600

На первый взгляд, данные приведенные в таблице 1 выглядят логично. Однако, если внимательно посмотреть они вызывают некоторую настороженность. Так ужесточение условий эксплуатации (переход от XF1 к XF3) не влечет за собой и соответствующее повышение класса бетона по прочности на сжатие, что было бы вполне логично. Также вызывает сомнение соотношение между

максимальным водоцементным отношением и классом бетона по прочности на сжатие. Продемонстрируем это на следующем примере. Имея значение максимально допустимого водоцементного отношения по известной формуле Боломея-Скрамтаева [6] легко вычислить значение средней прочности бетона по зависимости (табл. 3):

$$f_0 = A \cdot f_u \cdot \left( \frac{Ц}{В} - 0,5 \right) \quad (1)$$

где  $A$  – коэффициент, зависящий от качества применяемых материалов;  
 $f_u$  – активность цемента, МПа  
 $Ц/В$  – величина обратная водоцементному отношению

**Таблица 3. Расчетное значение средней прочности бетона и соответствующий класс бетона при коэффициенте вариации 13,5 %.**

Параметры бетона	Классы бетона по условиям эксплуатации			
	XF1	XF2	XF3	XF4
Максимальное В/Ц	0,60	0,55	0,50	0,45
Расчетное значение средней прочности бетона, МПа*	35,0	39,5	45,0	51,6
Класс бетона С (при V= 13,5 %)	С 20/25	С 25/30	С 30/37	С 32/40

Примечание: При расчете средней прочности бетона активность цемента была принята 50,0 МПа, коэффициент  $A=0,6$ .

Из данных таблицы 3 следует, что с уменьшением водоцементного отношения класс бетона на сжатие закономерно увеличивается.

Согласно выполненным расчетам значение класса бетона по прочности на сжатие совпало с нормируемым значением для класса по условиям эксплуатации XF2. Для остальных классов по условиям эксплуатации класс бетона по прочности на сжатие либо ниже нормируемого значения (класс XF1), либо выше нормируемого значения (классы XF3 и XF4).

Аналогичные результаты были получены автором при расчете класса бетона по прочности на сжатие при использовании модели для оценки морозостойкости тяжелого бетона [7]. Для оценки морозостойкости тяжелых бетонов была предложена расчетная модель, которая включает такой параметр, как прочность бетона  $f_0$  к моменту воздействия замораживания и оттаивания. Преобразовав её соот-

ветствующим образом, получили зависимость определения средней прочности бетона:

$$f_0 \geq \frac{F_6 \cdot k_D}{2 \cdot \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_0} \cdot \left(1 - \frac{W_0}{100}\right) \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_B \cdot k_{C_3A}}, \text{ МПа} \quad (2)$$

где  $F_6$  – морозостойкость бетона, циклы;  
 $k_D$  – коэффициент, учитывающий влияние структуры цементного камня на скорость разрушения при циклических воздействиях;

$\frac{\alpha_{\max}}{\alpha_0}$  – отношение максимально возможной степени гидратации цемента к фактическому значению;

$W_0$  – водопоглощение бетона по объему, %;

$k_{\text{пр}}$  – коэффициент, учитывающий влияние загрязненности заполнителей;

$k_B$  – коэффициент, учитывающий влияние воздухововлекающих или газообразующих добавок;

$k_{C_3A}$  – коэффициент, учитывающий влияние минералогического состава цемента.

Если принять, что:

$$A = \frac{\alpha_{\max}}{\alpha_0} \cdot \left(1 - \frac{W_0}{100}\right) \cdot k_{\text{пр}} \cdot k_B \cdot k_{C_3A}, \quad (3)$$

где  $A$  – структурный параметр,  
 то тогда средняя прочность бетона на сжатие можно определить как:

$$f_0 \geq \frac{F_6 \cdot k_D}{2 \cdot A} = \frac{1}{2} \cdot F_6 \cdot \frac{k_D}{A}, \text{ МПа}. \quad (4)$$

Из (4) следует, что средняя прочность бетона определяет долговечность материала  $F_6$  в принятых условиях эксплуатации  $k_D$  и зависит от структурных характеристик материала  $A$ . По зависимости (4) можно рассчитать минимальное значение средней прочности бетона, которая обеспечивает требуемую морозостойкость. По значению же средней прочности, задаваясь значением коэффициента вариации, можно перейти к классу бетона по прочности на сжатие.

Используя данные таблиц 1 и 2, по зависимости (4), было определено значение средней прочности бетона (табл. 4)

**Таблица 4. Расчетные значения средней прочности и класса бетона для различных классов по условиям эксплуатации**

Класс бетона по условиям эксплуатации	Класс бетона по прочности на сжатие							
	Значение величин в (4)				f0min,	f0max,	Cmin	Cmax
	nmin	nmax	kD	A	МПа	МПа		
XF1	25	50	0,68	1,27	7,1	14,3	B7,5	C8/10
XF2	100	150	0,37	1,21	15,3	23,0	C8/10	C12/15
XF3	200	300	0,27	1,14	23,5	35,3	C12/15	C20/25
XF4	400	600	0,24	1,09	43,6	65,4	C25/30	C40/50

Анализ данных таблицы 4 и сравнение рассчитанных значений средней прочности бетона (класса бетона) с нормируемыми значениями, принятыми в ТНПА показывает, что и в данном случае расчетные данные не вполне соответствуют принятым в ТНПА значениям. Так для классов по условиям эксплуатации XF1 и XF2 имеет место значительное расхождение расчетных и нормированных значений, меньше для XF3 и практически полное совпадение для XF4. Если руководствоваться значениями классов бетона по прочности на сжатие полученных расчетом (табл. 4), то для классов по условиям эксплуатации XF1-XF3 возможна существенная экономия цемента без опасности снижения долговечности бетонных и железобетонных конструкций.

Выполненные двумя способами теоретические расчеты требуемой прочности бетона для обеспечения его долговечности свидетельствуют о том, что принятые в настоящее время положения в ТНПА по обеспечению требуемой долговечности бетона при замораживании и оттаивании требуют корректировки.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Бетон. Часть 1. Технические требования, эксплуатационные характеристики, производство и соответствие требованиям: NF EN 206-1-2004 – Введ. 01.04.2004 – 95 с.
2. Бетонные и железобетонные конструкции. Нормы проектирования: СНБ 5.03.01-02 – Введ. 01.07.2003- Минск: Министерство строительства и архитектуры Республики Беларусь, 2002 – 144 с.

3. Бетоны конструкционные. Технические условия: СТБ 1544-2005 – Введ. 01.07.2005 – Минск: Министерство архитектуры и строительства РБ, 2005 – 20 с.
4. Подвальный А.М. Об оценке результатов коррозионных испытаний и марках бетона по морозостойкости/ А.М. Подвальный// Бетон и железобетон, 2002. - № 5. - С. 27-29.
5. Подвальный А.М. О концепции обеспечения морозостойкости бетона в конструкциях зданий и сооружений/ А.М. Подвальный//Строительные материалы, 2004. - №6. – С. 4-6.
6. Френкель И.М. О расчете прочности бетона по формулам / И.М. Френкель // Бетон и железобетон. – 1974. - № 9. – С. 8-9
7. Ковшар С.Н. Система прогнозирования морозостойкости цементного камня и тяжелого бетона/ С.Н.Ковшар, М.С.Бибик, В.В.Бабицкий//Строительная наука и техника, 2009. - № 6(27). – С. 29-33.