

МЕТОДИКА РАСЧЕТА ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ МЕТОДА «ТЕРМОСА», ОБЕСПЕЧИВАЮЩАЯ ГАРАНТИРОВАННЫЙ НАБОР ПРОЧНОСТИ БЕТОНА

С.В. Никоноров, А.Х. Байбурин, Н.В. Кнутарева

В статье представлена методика расчета технологических параметров метода «термоса», основанная на вероятностно-статистическом подходе, учитывающая изменения температуры наружного воздуха и скорости ветра, позволяющая обеспечить гарантированный набор прочности бетона. Представлены алгоритм и результаты расчета по предлагаемой методике, а также статистический анализ среднесуточных температур наружного воздуха и скорости ветра зимнего периода в г. Челябинске.

Методы зимнего бетонирования классифицируются на две основные группы: методы «активной» термообработки и методы «пассивной» термообработки. Методы «активной» термообработки обеспечивают набор требуемой прочности бетона при изменении внешних факторов (снижении температуры наружного воздуха, увеличении скорости ветра) за счет изменения параметров термообработки. «Пассивные» методы термообработки (например, метод «термоса») являются нерегулируемыми, так как изменение внешних факторов невозможно компенсировать изменением технологических параметров термообработки бетона. Поэтому для метода «термоса» расчет технологических параметров должен учитывать отклонения внешних факторов от установленных значений.

Для решения поставленной задачи предлагается методика расчета, обеспечивающая гарантированный набор прочности бетона, в которой применяется вероятностно-статистический метод проектирования. Эта методика предусматривает определение расчетного запаса прочности бетона, который зависит от стандартного отклонения прочности бетона к моменту замораживания, и выражается через индекс надежности Z [1]:

$$Z = \frac{R_{\text{сп}} - R_{\text{тп}}}{S}, \quad (1)$$

где $R_{\text{тп}}$ - требуемая прочность бетона к моменту замораживания (гарантированная прочность), МПа; $R_{\text{сп}}$ - средняя прочность бетона к моменту замораживания, которая определяется по методике [2], МПа; S - стандартное отклонение средней прочности бетона к моменту замораживания, МПа.

Стандартное отклонение средней прочности бетона зависит от стандартных отклонений параметров, определяющих прочность бетона к моменту замораживания. К ним относятся температура наружного воздуха и скорость ветра. Стандартное отклонение прочности бетона будет равно [3]:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (k_i \cdot S_i)^2}, \quad (2)$$

где n - количество параметров; k_i - коэффициент влияния i -го параметра на прочность бетона, который равен:

$$k_i = \frac{\partial R}{\partial x_i} \approx \frac{\Delta R}{\Delta x_i} = \frac{R_{\text{сп}} - R_i}{x_i - (x_i - S_i)} = \frac{R_{\text{сп}} - R_i}{S_i}, \quad (3)$$

где R_i - прочность бетона, определяемая с i -м параметром, уменьшенным на его стандартное отклонение $(x_i - S_i)$; x_i - установленное значение i -го параметра; S_i - стандартное отклонение i -го параметра.

Подставляя выражение (3) в выражение (2), стандартное отклонение средней прочности бетона выразится:

$$S = \sqrt{\sum_{i=1}^n (R_{\text{сп}} - R_i)^2}. \quad (4)$$

Исходя из формулы (1) требованием обеспечения заданной прочности бетона является выражение:

$$R_{\text{тп}} \leq R_{\text{сп}} - Z \cdot S. \quad (5)$$

В связи с вышеизложенным предлагается следующий алгоритм расчета:

- задается требуемая прочность бетона к моменту замораживания;
- задается индекс надежности в соответствии с требуемым уровнем бездефектности;
- принимаются значения технологических параметров и внешних факторов и их стандартные отклонения;
- вычисляется средняя прочность бетона к моменту замораживания по принятым значениям технологических параметров и внешних факторов;
- вычисляется стандартное отклонение средней прочности бетона по формуле (4);

- проверяется условие (5), если оно выполняется, расчет заканчивается, если нет, то изменяются технологические параметры и расчет производится сначала.

Для определения средних значений и стандартных отклонений температуры наружного воздуха и скорости ветра в зимний период проведен статистический анализ среднесуточных температур и скоростей ветра зимних периодов (ноябрь - декабрь) 1993-2004 гг. в г. Челябинске по данным Челябинского гидрометеоцентра. Результаты анализа представлены в табл. 1.

В табл. 2 приведены результаты расчета технологических параметров метода «термоса», обеспечивающие гарантированный набор прочности бетона, с требуемой прочностью 40 % от R_{28} и ин-

дексом надежности равным 1,65, что соответствует бездефектности равной 0,95.

Использование предлагаемой методики расчета снижает риск недобора требуемой прочности бетона к моменту замораживания конструкций, выдерживаемых методом «термоса».

Литература

1. Райзер В.Д. Теория надежности в строительном проектировании. — М: Изд-во АСВ, 1998. — 304 с.
2. Головнев С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов. - Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. - 156 с.
3. Айвазян С.А., Мхитарян В.С. Прикладная статистика и основы эконометрики. Учебник для вузов. - М.: Юнити, 1998 - 1022 с.

Таблица 1

Средние значения и стандартные отклонения температуры наружного воздуха и скорости ветра в зимний период в г. Челябинске

	Температура наружного воздуха, °C					Скорость ветра в зимний период, м/с
	ноябрь	декабрь	январь	февраль	март	
Среднее значение	-6,8	-11,9	-13,0	-11,7	-5,3	1,5
Стандартное отклонение	7,3	7,2	6,5	7,6	5,4	1,6

Таблица 2

Результаты расчета гарантированной прочности бетона

$M_{п}$, м ⁻¹	$R_{оп}$, м ² ·°C/Вт	$T_{нв}$, °C	S_T , °C	$V_{в}$, м/с	S_V , м/с	$R_{ср}$, %	S , %	$(R_{ср}-Z·S)$, %
2	0,70	-6,8	7,3	1,5	1,6	70,0	15,5	44,4
2	0,70	-11,7	7,6	1,5	1,6	58,8	11,7	39,4
2	0,70	-13,0	6,5	1,5	1,6	56,4	9,6	40,6
6	1,25	-6,8	7,3	1,5	1,6	68,9	15,2	43,9
6	1,25	-11,7	7,6	1,5	1,6	58,0	11,5	39,0
6	1,25	-13,0	6,5	1,5	1,6	55,6	9,4	40,1

Примечания:

1. $M_{п}$ - модуль поверхности конструкции; $T_{нв}$, S_T - среднее значение и стандартное отклонение температуры наружного воздуха; $V_{в}$, S_V - среднее значение и стандартное отклонение скорости ветра; $T_{бс}$ - температура бетонной смеси; $R_{оп}$ - термическое сопротивление опалубки; $R_{ср}$ - средняя прочность бетона к моменту замораживания, S - стандартное отклонение средней прочности, $(R_{ср}-Z·S)$ - гарантированная прочность бетона.

2. Бетон класса В25, начальная температура бетонной смеси +30 °C, дальность транспортирования бетонной смеси 10 км.