

УДК 693.547.3

Р.Т. Бржанов

Каспийский государственный университет технологий и инженеринга им. Ш. Есенова,
г. Актау

РАСЧЕТ ВРЕМЕНИ НАБОРА КРИТИЧЕСКОЙ ПРОЧНОСТИ БЕТОНОМ ПРИ ЗИМНЕМ БЕТОНИРОВАНИИ

Актуальность проблемы заключается в необходимости повышения долговечности материалов и изделий, образованных из многокомпонентных химических соединений. Бетон и железобетон – это, по сути, продукты химического превращения сухих сыпучих компонентов в твердый камень после большого количества взаимодействий друг с другом в присутствии воды. А по какому пути пойдет реакция между составляющими бетона и пойдет ли она зависит, кроме всего прочего, от внешних воздействий.

Особенно это относится к возведению зданий из монолитного бетона. Эта технология повышает эффективность строительства, появляется возможность разнообразия архитектурной выразительности и объемно-планировочных решений.

Однако эти и другие преимущества бетона полностью не реализованы, поскольку недостаточно исследовано своеобразие закономерностей взаимодействия составляющих этих систем с учетом деформативных, прочностных характеристик. Свойства материалов обуславливаются температурными, влажностными воздействиями, а также сроками взаимодействия продуктов гидратации между собой и с окружающей средой. Это положение является особенно важным для большинства регионов России и Казахстана, где зимний период длится более 6 месяцев в году. Кроме этого, значительное влияние на качественные и количественные показатели этих закономерностей оказывают всевозможные добавки и техногенные продукты (зола, шлак) [1].

Для зимнего бетонирования применяется ряд технологических методов, которые условно можно разделить на две большие группы: обогревные и безобогревные методы. Основными параметрами выбора технологии производства зимнего бетонирования являются: массивность бетонируемых конструкций; критическая прочность бетона; наличие развитой инфраструктуры по обеспечению строительства энергоресурсами и оборудованием. Модуль поверхности характеризует массивность конструкций и равен отношению поверхности охлаждения конструкции F (м^2) к ее объему V (м^3).

Таблица 1

*Выбор наиболее экономичного метода выдерживания бетона
при зимнем бетонировании*

Вид конструкции	Минимальная температура воздуха, °C, до	Способ бетонирования
Массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с $M_{\Pi} \leq 3$	-15	термос
	-20	ускоренный термос
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т.п. с $M_{\Pi} = 3 - 6$	-15	термос, ускоренный термос
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с $M_{\Pi} = 6 - 10$	-15	ускоренный термос, ускоренный термос с электропроприводом или электрообогревом

Экономически наиболее целесообразным является метод «Термоса» (табл. 1). При

применении любого метода зимнего бетонирования необходимо обеспечить так называемую критическую прочность, т.е. прочность к моменту полного замерзания бетона. В практике выдерживания конструкций методом термоса наиболее часто является необходимым определять время остывания бетона, а также величину набранной им за это время прочности. В зависимости от конкретных условий производства работ эта задача может быть решена расчетом по методу Б.Г. Скрамтаева или по методу В.С. Лукьянова. Кроме этих методов существуют различные методы расчета охлаждения бетонных и железобетонных конструкций – аналитические, члененного интегрирования, приближенных решений, аналогий (гидравлических и электрических), экспериментальные.

Наиболее простым и достаточно надежным для практических целей является расчет по методу Б.Г. Скрамтаева с изменениями в расчетной формуле, внесенными С.А. Мироновым. По этой методике остывание конструкции рассчитывается по формуле

$$\tau = \frac{c \cdot v(t_{\text{б.н.}} - t_{\text{б.к.}}) + \mathcal{E}I}{K \cdot M_n(t_{\text{б.ср.}} - t_e)}, \quad (1)$$

где τ – положительность остывания бетона, час; c – удельная теплоемкость бетона $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$; v – объемная масса бетона, $\text{кг}/\text{м}^3$; $t_{\text{б.н.}}$ – начальная температура бетонной смеси перед укладкой в конструкцию, $^\circ\text{C}$; $t_{\text{б.к.}}$ – конечная температура бетона, до которой рассчитывается продолжительность остывания бетона, $^\circ\text{C}$; \mathcal{E} – тепловыделение 1 кг цемента за время остывания, кДж ; I – расход цемента на 1 м^3 бетона, кг; K – коэффициент теплопередачи опалубки, $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$; M_n – модуль поверхности остываемой конструкции, м^{-1} ; $t_{\text{б.ср.}}$ – среднее значение температуры бетона за время остывания, $^\circ\text{C}$; t_e – температура наружного воздуха, $^\circ\text{C}$.

Ускоренный термос расширяет область применения термоса за счет введения в бетон противоморозных добавок. Такой бетон, набрав на морозе критическую прочность, после оттаивания и твердения (28 суток) при нормальных условиях приобретает прочность не менее 100 % от марочной. Для проведения расчета времени остывания бетона необходимы следующие данные: размеры конструкции, вид и марка бетона, расход и активность цемента, температура наружного воздуха, скорость ветра, расход стали на 1 м^3 бетона, начальная температура бетона, материал опалубки.

Последовательность расчета.

Определяем объем бетона в конструкции

$$V = hB. \quad (2)$$

Полная поверхность охлаждения конструкции

$$F = 2(hB + BL + hL), \quad (3)$$

где h , B , L – соответственно толщина, ширина, длина бетонируемой конструкции.

Модуль поверхности конструкции

$$M_n = \frac{F}{V}. \quad (4)$$

Начальная температура бетона с учетом нагрева арматуры

$$t'_{\text{б.н.}} = \frac{cyt_{\text{б.н.}} + C_1 P_1 t_E}{C_\gamma + C_1 P_1}, \quad (5)$$

где C_1 и C – удельная теплоемкость бетона и арматуры ($\text{кДж}/(\text{кг} \cdot ^\circ\text{C})$), P_1 – расход арматуры, $\text{кг}/\text{м}^3 \cdot \tau$.

По таблицам и справочникам [2] определяем среднюю температуру твердения бетона ($t_{\text{б.ср.}}$), при которой можно получить требуемую прочность за заданное время (τ). Для это-

го для конкретного материала и конструкции опалубки вычисляем коэффициент ее теплопередачи по формуле

$$K = \frac{C_f}{M_{\text{ш}} \cdot \tau} \left[1,5 - \sqrt{\frac{6(t_{\text{оп}} - t_b)}{t'_{\text{оп}} - t_b} - 3,75} \right]. \quad (6)$$

Область применимости этой формулы:

$$\frac{t_{\text{оп}} - t_b}{t'_{\text{оп}} - t_b} \geq 0,625. \quad (7)$$

Удельный тепловой поток через опалубку

$$g = K(t_{\text{бн}} - t_b). \quad (8)$$

Для выбранного типа опалубки уточняем температуру на ее наружной поверхности

$$t'_{\text{оп}} = t_b + q \frac{1}{\alpha_s + \alpha_x}. \quad (9)$$

Значение $t_{\text{оп}}^H$ должно удовлетворять условию:

$$\frac{t'_{\text{оп}} - t'_{\text{оп}}}{t'_{\text{оп}}} \times 100\% \leq \pm 2\%. \quad (10)$$

Определяем среднюю температуру нагрева опалубки в начале остывания:

$$t_p = \frac{t'_{\text{оп}} + t_b}{2}. \quad (11)$$

Вычисляем тепло, расходуемое на нагрев опалубки:

$$Q_{\text{наг}} = (t_p - t_b) \sum C_i F_i g_i \gamma_i, \quad (12)$$

где C_i , F_i , $g_i \gamma_i$ – соответственно удельная теплоемкость, площадь, толщина и объемная масса опалубки. Уточняем температуру бетона к началу остывания с учетом потерь тепла на нагрев арматуры и опалубки.

Значение коэффициента теплопередачи опалубки:

$$K' = \frac{C_f}{M_{\text{ш}} \cdot \tau} \left[1,5 - \sqrt{\frac{6(t_{\text{оп}} - t_b)}{t'_{\text{оп}} - t_b} - 3,75} \right]. \quad (13)$$

Если этот расчет не подтверждает необходимую теплозащиту опалубки, то необходимо ввести дополнительную теплоизоляцию опалубки и заново пересчитать коэффициент теплопередачи. Учитывая, что с повышением температуры теплопроводность материалов изменяется, то согласно эмпирической формуле О.В. Власова теплопроводность материалов опалубки λ_t вычисляют по формуле

$$\lambda_t = \lambda_o (1 + 0,0025 t_{\text{оп}}^p), \quad (14)$$

где λ_o – коэффициент теплопроводности материалов опалубки при 0 °C; $t_{\text{оп}}^p$ – температура нагрева материалов опалубки.

Толщину теплозащиты опалубки определяют по формуле

$$a_{\text{ш}} = \lambda_{\text{из}} \left[\frac{1}{K'} - \left(\frac{1}{\alpha_s + \alpha_x} + \sum \frac{\lambda_i}{\lambda} \right) \right], \quad (15)$$

где λ_i , $\lambda_{\text{из}}$ – коэффициенты теплопроводности соответственно теплоизоляции и составляющих материалов опалубки при $t_{\text{оп}}^p$.

Уточняем удельный тепловой поток через опалубку:

$$q^1 = K^1(t_{\text{бн}} - t_{\text{в}}) . \quad (16)$$

Окончательно температура наружной поверхности опалубки:

$$t_{\text{нар}} = t_{\text{в}} + \frac{q^1}{\alpha_{\text{в}} + \alpha_{\text{нар}}} . \quad (17)$$

Уточняем процент ошибки задаваемой $t_{\text{оп}}^1$ и расчетной температуры $t_{\text{оп}}^{\text{ок}}$ на наружной поверхности опалубки

$$\frac{t_{\text{оп}}^{\text{ок}} - t_{\text{оп}}^1}{t_{\text{оп}}^1} \times 100\% \leq +5\% . \quad (18)$$

Определяем температуру бетона к концу заданного срока остыния:

$$t_{\text{бн}}^* = (t_{\text{оп}}^* - t_{\text{в}}) e^{-\frac{kM_{\text{в}}}{\alpha_{\text{в}}}} + t_{\text{в}} . \quad (19)$$

Проверяем продолжительность остыния бетона до $t_{\text{бн}}^{\text{доп}}$

$$t = \frac{C_{\text{в}}(t_{\text{оп}}^* - t_{\text{в}})}{kM_{\text{в}}(t_{\text{оп}}^* - t_{\text{в}})} . \quad (20)$$

В данной формуле не учитывается тепло от экзотермии цемента, т.к. оно уже учтено при вычислении средней температуры твердения бетона, а также при расчете коэффициента теплопередачи опалубки [3].

По этим формулам можно посчитать время остыния бетонируемой конструкции для конкретных климатических и других условий, а также построить диаграммы остыния для этих условий, подобрать необходимую теплоизоляцию опалубки.

Список литературы

1. Бржанов Р.Т. Проблемы выбора методов зимнего бетонирования // Вестник ПГУ. - 2009. - № 2. - С. 14-33.
2. ТР 80-98. Технические рекомендации по технологии бетонирования безобогревным способом монолитных конструкций с применением термоса и ускоренного термоса. - М.: Стройиздат, 1998.
3. Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термос. - М., 1975.

Получено 05.08.10

УДК 666.91

Д.К. Галкина
ВКГТУ им. Д. Серикбаева, г. Усть-Каменогорск

РАЗРАБОТКА СПОСОБА ПОЛУЧЕНИЯ АНГИДРИТОВОГО ВЯЖУЩЕГО ИЗ ОТХОДОВ ПРОИЗВОДСТВА ПЛАВИКОВОЙ КИСЛОТЫ

Оценка состояния и уровня экологической безопасности в нашей стране привела к необходимости создания «Концепции экологической безопасности Республики Казахстан на 2004-2015 годы», утвержденной Указом Президента Республики Казахстан № 1241 от 3 декабря 2003 года, которая предусматривает разработку отраслевых и региональных программ по совершенствованию управления промышленными отходами. В концепции констатируется отсутствие государственной системы управления отходами: их мониторинга, хранения, обезвреживания, переработки и утилизации. В связи с этим ставится во-