

ется до 5 - 13%. Это позволяет утверждать, что особенности методик исследований модуля упругости керамзитобетона в процессе набора прочности при тепловой обработке не оказали значительного влияния на их результаты.

Резюме. Экспериментальным путем получены данные по изменению модуля упругости керамзитобетона в процессе тепловой обработки.

Ошибка при определении величин модуля упругости твердеющего керамзитобетона из-за влияния температурных и влажностных условий лежит в пределах 10%.

УДК 666.97

А.П. Лебедев (канд.техн.наук),
И.И. Станёцкая (канд.техн.наук)

О НЕКОТОРЫХ ПРИНЦИПАХ ЗАДАНИЯ РЕЖИМОВ ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Процесс нагрева свежесформованного бетона относится к нестационарным тепловым процессам, сопровождающимся возникновением температурного и влажностного градиентов по сечению тела. Наличие градиентов в теле изделия вызывает появление термических и влажностных напряжений, которые приводят к нарушению структуры твердеющего бетона. Согласно [1, 2], чем больше перепады температур и влагосодержаний по сечению тела, тем значительнее напряжения и тем большие нарушения целостности изделий.

При нагреве изделий влажным насыщенным паром процесс теплообмена описывается граничными условиями третьего рода. Для этих условий тепловой обработки в существующих нормативных документах режим нагрева бетона рекомендуется задавать главным образом изменением температуры среды в камере. Причем, одни авторы [3] задают режим нагрева бетона в виде скорости подъема температуры среды с учетом толщины изделий, другие [4,7] без учета ее. Некоторые считают [6], что скорость подъема температуры среды не имеет значения только для тонких изделий ($\delta = 50 - 150$ мм), тепловая же обработка толстых ($\delta = 400$ мм и выше) должна производиться при максимально замедленном подъеме температуры среды в камере. Э.Я. Эршлер [5] приходит к совершенно противоположному выводу: для толстых изделий допустимо бо-

лее быстрое нагревание при коротком изотермическом прогре- ве, чем для тонких.

При нагреве бетона в воздушно-сухой среде задается тем- пература среды и продолжительность тепловой обработки [8-10]. Такие режимы назначаются в основном из-за опасности обез- живания бетона, особенно его поверхностных слоев.

Большинство указаний и рекомендаций по режимам тепловой обработки бетона не учитывают интенсивности тепло- и массо- обменных процессов. Однако градиенты температуры и влаго- содержания, которые являются причиной возникновения де- структивных явлений в твердеющем бетоне, определяются глав- ным образом этими процессами и размером изделия в направ- лении потока тепла (массы).

Нагрев бетона в среде влажного насыщенного пара происход- ит при граничных условиях 3-го рода. В этом случае перепад температуры по сечению одномерного тела является функцией критериев $Fo = \frac{a\tau}{R^2}$ и $Bi = \frac{\alpha R}{\lambda}$:

$$\frac{\Delta t}{t_{cp} - t_0} = \Phi (Fo, Bi), \quad (1)$$

где a - коэффициент температуропроводности, м²/с; τ - вре- мя, с; R - определяющий размер тела; α - коэффициент теплоотдачи, Вт/м²·град; λ - коэффициент теплопроводности твер- деющего бетона, Вт/м·град.

Из выражения (1) следует, что перепад температуры в теле твердеющего бетона зависит не только от температуры среды t_{cp} , но и от коэффициента теплоотдачи α и определяющего размера R .

Критерий Био, входящий в выражение (1), представляет со- бой отношение внутреннего сопротивления теплопереносу к вне- шнему. Если внешнее сопротивление мало по сравнению с внут- ренним ($Bi > 50$), то по сечению изделий возникают большие перепады температур, которые способны привести к структур- ным нарушениям в бетоне и снижению его физико-механических свойств. Изделия в этом случае следует считать "массивными". И наоборот, при малой интенсивности теплообмена или малом значении определяющего размера ($Bi < 1$), когда возникающие температурные перепады незначительны, изделия будут "тонки- ми".

При тепловой обработке бетонных изделий толщиной более 150 мм в среде влажного насыщенного пара значения критерия

V_i значительно больше 50, а температура среды изменяется аналогично температуре поверхности бетона. Поэтому в существующих нормативных документах и исследовательских работах в этой области режимы тепловой обработки рекомендуются задавать по изменению температуры среды в камере независимо от толщины обрабатываемых изделий [3 - 7].

Режимы тепловой обработки бетона в воздушно-сухих условиях назначаются по температуре среды и продолжительности тепловой обработки. Как видно, скорость роста температуры среды, а значит, и нагрева изделий в данном случае не лимитируется. Это связано с тем, что при тепловой обработке бетона в среде влажного воздуха вследствие меньшего коэффициента теплоотдачи α температурные перепады по сечению изделия и вызываемые ими деструктивные явления в твердеющем бетоне значительно меньше, чем при пропаривании [8-10].

Основной причиной снижения прочностных характеристик бетона при тепловой обработке в "сухой" среде является возможное обезвоживание поверхности или объема изделия при чрезмерном испарении из него воды. Поэтому и рекомендуется строго регулировать продолжительность тепловой обработки. Кроме того, некоторые исследователи связывают режимы тепловой обработки с модулем открытой поверхности M_o , представляющим собой отношение массообменной поверхности изделия к его объему. Однако введение этих факторов недостаточно для учета количества испарившейся воды и интенсивности ее удаления. Это затрудняет выбор оптимальных режимов тепловой обработки бетона.

Для этой цели удобно пользоваться значениями массообменного критерия Кирпичева

$$Ki_m = \frac{q_m R_m}{a_m \rho_o \Delta U}, \quad (2)$$

где q_m - интенсивность испарения, $кг/м^2 \cdot ч$; R_m - определяющий размер изделия в направлении потока массы, м; a_m - коэффициент диффузии, $м^2/ч$; ρ_o - плотность бетона, $кг/м^3$; ΔU - перепад влагосодержаний по сечению изделия, $кг/кг$.

Из условия сохранения сплошности водной фазы (одного из основных условий получения качественного бетона) видно, что независимо от толщины изделия и режима тепловой обработки предельное значение критерия Кирпичева равно 1. Пересечение кривой изменения действительного значения Ki_m в процессе

тепловой обработки с линией $Ki_m^{пр} = \text{const} = 1$ определяет область допустимых режимов тепловой обработки (рис.1).

Рассмотрим три возможных случая.

1. Кривая 1 изменения массообменного критерия Кирпичева в процессе тепловой обработки пересекается с линией предельных значений критерия $Ki_m^{пр} = \text{const} = 1$ в точке A_1 , которой соответствует время $\tau_1 < \tau_{min}$. Поскольку обезвоживание изделия начинается раньше минимального времени, необходимого для получения требуемой прочности бетона, то такой режим тепловой обработки недопустим.

2. Кривая 2 пересекается с линией $Ki_m^{пр} = \text{const} = 1$ в точке A_2 , которой соответствует время $\tau_2 = \tau_{min}$. Этот режим тепловой обработки является наиболее оптимальным, поскольку он позволяет за самое короткое время получить бетон заданных свойств.

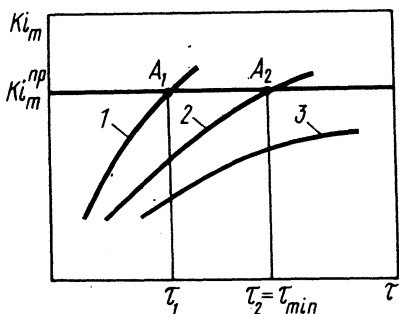


Рис.1. Изменение Ki_m в процессе тепловой обработки при разных режимах.

3. Все режимы тепловой обработки, при которых кривые изменения Ki [3] лежат ниже линии оптимального режима, являются допустимыми, а их продолжительность составляет $\tau_3 > \tau_{min}$. Однако такие режимы нежелательны, так как для получения требуемой распалубочной прочности необходимо увеличить продолжительность тепловой обработки.

Резюме. Доказано, что при выборе оптимального режима тепловой обработки бетона в сухой среде необходимо учитывать интенсивность массообмена, который характеризуется значением критерия Кирпичева. Для получения качественных изделий на протяжении всего цикла тепловой обработки должно соблюдаться условие $Ki_m \leq 1$.

Л и т е р а т у р а

1. Инструкция по пропариванию бетонных и железобетонных изделий на заводах и полигонах. М., 1965. 2. Инструкция по

тепловой обработке паром бетонных и железобетонных изделий на заводах и полигонах. М., 1969. 3. Миронов С.А., Малинина Л.А. Ускорение твердения бетона. М., 1964. 4. Кайсер Л.А., Марьямов Н.Б., Панфилова Л.И. Температурные градиенты в бетоне сборных конструкций, подвергаемых пропариванию, и их влияние на качество и долговечность бетонов. - "Труды РИЛЕМ". М., 1968. 5. Эршлер Э.Я. Влияние тепловыделения цемента на режимы пропаривания. - "Бетон и железобетон", 1962, № 2. 6. Таташвили А.З., Серингюлян В.В., Хаджашвили М.М. Тепловая обработка легких бетонов в вентилируемой сухой среде. - "Строительные материалы". 1969, № 5. 7. Чермянин И.Р., Вержбицкая М.Г., Загико В.М. Сравнительные исследования пропаривания и беспарового прогрева керамзитобетона. - "Строительные материалы, детали и изделия", вып. ХУІ. Киев, 1972. 8. Солдаткин М.Т., Будько С.К. Термообработка панелей наружных стен в электроиндукционной установке. М., 1968. 9. Пехович А.И., Жидких В.М. Расчеты теплового режима твердых тел. М., 1968. 10. Иванцов Г. П. Нагрев металла. М., 1948.

УДК 666.97

И.И. Станецкая (канд.техн.наук),
С.П. Баранов (канд.техн.наук)

РЕЗУЛЬТАТЫ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ ПРОЦЕССА ТЕПЛОВОЙ ОБРАБОТКИ МНОГОПУСТОТНЫХ ПАНЕЛЕЙ ПЕРЕКРЫТИЙ В ЭЛЕКТРОИНДУКЦИОННОЙ КАМЕРЕ С ТЕПЛОИЗЛУЧАЮЩИМИ ПОВЕРХНОСТЯМИ

В настоящей работе приводятся результаты экспериментальных исследований процесса тепловой обработки панелей перекрытий в электроиндукционной камере с теплоизлучающими поверхностями [1].

Опыты проводились на заводе сборного железобетона Минского ДСК-1. На серийных многопустотных панелях типа ПТК59-12 и ПТК63-12, изготовленных из бетонной смеси состава: песок - 850 кг, щебень - 1050 кг, цемент Волковысского цементного завода марки 500 - 370 кг, вода - 165 кг. Формование панелей производилось на стандартной виброплощадке грузоподъемностью 5 т.

Предварительная выдержка отформованных изделий составляла 1,5 - 2 ч.