

Л и т е р а т у р а

1. М и р о н о в С.А., М а л и н и н а Л.А. Ускорение твердения бетона. — М., 1964. — 347 с. 2. М о н ф р е д Ю.Б. Технология изготовления железобетонных изделий для жилищного строительства (кассетный способ). — М., 1963. — 190 с.

УДК 536.2.01

В.С. Батраченко, *мл. научн. сотр.*
(БПИ)

ДИНАМИКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ В ПРОЦЕССЕ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКИ В КАМЕРАХ С "СУХОЙ" СРЕДОЙ

В настоящей статье приводятся методика и результаты исследований изменения деформаций и прочности бетона в процессе тепловой обработки в электроиндукционных камерах с теплоизлучающими поверхностями.

Эксперименты проводились на лабораторной установке с регулируемой температурой и влажностью среды [1] на образцах толщиной 100, 150, 200 мм. Они обрабатывались в текстолитовых формах с металлическим дном и теплоизолированными боковыми поверхностями. Тепловая обработка продолжалась 5–6 ч. Максимальная температура среды в камере — 130°C, причем скорость подъема температуры среды (V_c) изменилась с 30 до 50°C/ч.

Для поддержания заданного температурного режима использовалась схема автоматического регулирования на двух встречно-параллельно включенных тиристорах. По принципу управления система непрерывна.

Для регулирования влажности паровоздушной среды в камеру впрыскивается вода, которая испаряется. Относительная влажность парогазовой среды камеры поддерживалась автоматически на заданном уровне (10,20,40%).

При исследовании применялся тяжелый бетон состава 1:2; 09:3,73 с В/Ц = 0,45 и 0,60. В качестве вяжущего использовался портландцемент М500 Волковического цементного завода в количестве 335 кг/м³ бетона. Заполнителями служили кварцевый песок с модулем крупности 2,65 и гравий с рабочей фракцией 5–20 мм.

Деформации образцов измерялись с помощью индикатора часового типа ценой деления 0,001 мм, жестко закрепленного на массивном штативе, и кварцевого стержня, пропускаемого через переходную трубку в стенке камеры. Индикатор укреплялся в штативе, чтобы при установке кварцевого стержня на металлическую пластинку, располагаемую на поверхности образца, головка кремальеры индикатора имела контакт с верхним его концом. В этом положении записывался начальный отсчет.

В процессе тепловой обработки индикатор фиксировал изменение размеров образца. Отсчеты снимались через 20 мин.

Измерение деформаций в вертикальном направлении проводилось, исходя из следующих соображений: направление измерений совпадает с направлением равнодействующей объемных изменений бетона; условия тепловой обработки полностью соответствуют производственным; простота измерений.

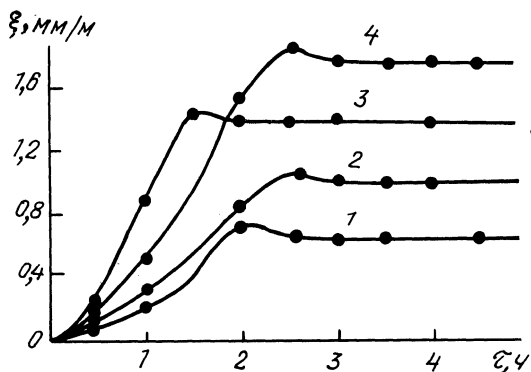
До начала испытаний система предварительно тарировалась при тепловой обработке на "холостом" ходу", т.е. без бетона. Для этого кварцевый стержень ставился на дно формы, температура среды в камере поднималась в соответствии с заданным режимом и по показаниям индикатора строилась тарировочная кривая. После полного охлаждения проверялось возвращение стрелки индикатора в начальное положение. Полученная тарировочная кривая использовалась для внесения поправок в измеренные деформации образца.

Абсолютные деформации образцов (в мм) в любой момент тепловой обработки определялись из выражения

$$\Delta L_i = \Pi_i - \Pi_H - \Pi_{\Pi}, \quad (1)$$

где Π_i , Π_H , Π_{Π} — показание индикатора в данный момент, начальное и поправка на показание индикатора по тарировочной кривой соответственно.

Рис. 1. Деформации образца толщиной 100 мм в процессе тепловой обработки в зависимости от В/Ц бетона, скорости подъема температуры в камере и влажности среды:
 1 — В/Ц=0,45, $b_c=30^\circ \text{C/ч}$, $\varphi=20\%$; 2 — В/Ц=0,60, $b_c=30^\circ \text{C/ч}$, $\varphi=20\%$; 3 — В/Ц=0,60, $b_c=50^\circ \text{C/ч}$, $\varphi=20\%$; 4 — В/Ц=0,60, $b_c=30^\circ \text{C/ч}$, $\varphi=40\%$.



Для динамики расширения бетонных образцов во время прогрева характерны два периода: роста и стабилизации величины деформаций. Первый период обуславливается температурным расширением твердой фазы бетона и внутренним избыточным давлением. Деформации расширения в первые 30–40 мин после начала тепловой обработки незначительны, а затем, по мере подъема температуры в бетоне, резко увеличиваются (рис. 1).

Анализ полученных данных показывает, что динамика величины деформаций в бетоне по характеру и времени совпадает с изменением внутреннего давления. Максимальное расширение образца по времени соответствует максимальному избыточному давлению. При дальнейшей тепловой обработке размеры образцов не изменяются, так как давление внутри бетона выравнивается, а некоторое увеличение за счет коэффициента линейного расширения скелета компенсируется усадочными деформациями при испарении влаги.

Расширение бетона зависит от В/Ц, скорости подъема температуры, влажности среды. С увеличением В/Ц максимальная величина деформаций возрастает и по времени наступает позднее, что связано с более медленным прогревом образца. При увеличении скорости подъема температуры среды длительность периода роста деформаций сокращается, а максимум их несколько выше. С ростом влажности среды в камере относительные деформации бетона увеличиваются. Но во всех случаях величина этих деформаций невелика: 0,08+1,4 мм/м.

Как отмечалось в [1], градиенты влагосодержаний по сечению изделий небольшие, что уменьшает опасность образования трещин в процессе тепловой обработки. Для оценки трещиностойкости образцов может быть использован один из основных критериев переноса влаги при прогреве – массообменный критерий Кирпичева:

$$K_{i_m} = 2 \cdot \frac{u_{ц} - u_{п}}{\bar{u}_0}, \quad (2)$$

где $u_{ц}$, $u_{п}$ и \bar{u}_0 – влагосодержание центра, поверхности и среднее начальное образца соответственно, кг/кг.

Изменение критерия Кирпичева в процессе тепловой обработки показано на рис. 2, из которого видно, что значения его с началом прогрева растут и достигают максимума в зависимости от В/Ц и толщины образца к 2–4 ч, после чего начинают падать. При этом в период подъема температуры среды они с увеличением толщины образца уменьшаются. С ростом В/Ц бетонной смеси максимальные значения K_{i_m} увеличиваются.

При параболическом распределении влагосодержания по сечению изделия критерий Кирпичева изменяется от 0 до 2. Предельная величина K_{i_m} , являющаяся показателем границы перехода к разрушению структуры бетона, равна 1,0+1,2. В нашем случае значения K_{i_m} намного ниже.

Анализ полученных данных показывает, что при тепловой обработке бетонных изделий в камерах с теплоизлучающими поверхностями опасность трещинообразования меньше, чем при паропрогреве.

Прочность бетона при сжатии определялась на образцах-кубах со стороной 100, 150, 200 мм. В камере одновременно обрабатывались три куба в металлической форме. Боковые поверхности формы изолировались слоем минеральной ваты. Испытания проводились через каждый час тепловой обработки. Для этого первая партия кубов прогревалась 1 ч, следующая – 2 ч и т.д. Кроме того, определялась прочность бетона после тепловой обработки в возрасте 3; 7; 28 и 90 сут (рис. 3). Из рис. 3 видно, что скорость подъема температуры среды в камере значительно влияет на прочность изделий после обработки. Наилучшие показатели наблюдаются при $\frac{dt_c}{dt} = 30^\circ\text{C/ч}$. В этом случае прочность образцов при сжатии составляет 70–73% от марочной. С увели-

чением скорости нагрева показатели ухудшаются: при $\frac{dt_c}{d\tau} = 50^\circ\text{C/ч}$ $R = (0,55-0,63) R_{28}$.

Поэтому при тепловой обработке изделий из тяжелого бетона в рассматриваемых установках предлагается применять режимы со скоростью подъема температуры в камере не выше 30°C/ч .

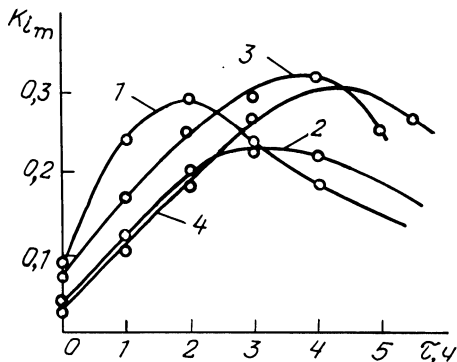


Рис. 2. Изменение критерия Кирпичева в процессе тепловой обработки различных бетонных образцов: 1 - $\delta = 100$ мм, В/Ц=0,45; 2 - соответственно 150, 0,45; 3 - 100, 0,60; 4 - 150, 0,60.

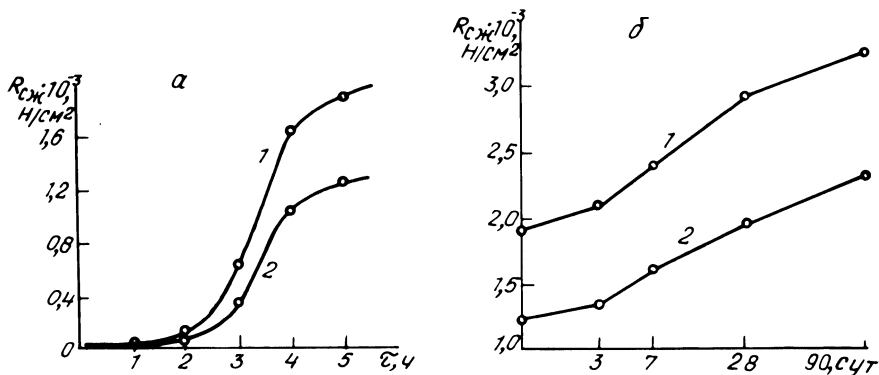


Рис. 3. Нарастание прочности бетонных образцов толщиной 100 мм: а - в процессе тепловой обработки при $b_c = 30^\circ\text{C/ч}$; б - при последующем хранении в нормальных условиях; 1 - В/Ц = 0,45; 2 - 0,60.

Анализ графиков нарастания прочности образцов толщиной 100 мм в процессе теплообработки по рекомендуемому режиму (при $\frac{dt_c}{d\tau} = 30^\circ\text{C/ч}$) показывает, что основной набор прочности бетона происходит в промежутке от 2,0 до 4,0-4,5 ч. К концу цикла тепловой обработки интенсивность роста $R_{сж}$ замедляется и, следовательно, нецелесообразно прогревать такие изделия свыше 5 ч. При нормальном хранении через 7 сут после

тепловой обработки образцы имели (85–87), через 28 – (102–105) и через 90 – (112–117%) от R_{28} .

Производственная проверка предлагаемого режима дала хорошие результаты.

В туннельной щелевой камере с теплоизлучающими поверхностями, построенной на КПД–3 г. Минска, обрабатывались доборные изделия из тяжелого бетона М 300–400. Средняя прочность бетона через сутки после прогрева составляла 75–85% от R_{28} , а в 14-суточном возрасте достигла марочной. Прочность контрольных кубиков через 4 ч после тепловой обработки была 56, через 1 сут – 72,5 и через 28 сут – 102% от марочной.

Таким образом, анализ результатов исследований температурных и влажностных полей, кинетики потерь влаги бетоном, прочности, деформативных изменений образцов показывает, что при данном способе тепловой обработки за 5–6 ч можно получить изделия с распалубочной прочностью не ниже $(0,65+0,70)R_{28}$, без дефектов и с допустимой остаточной влажностью.

Л и т е р а т у р а

1. Солдаткин М.Т., Артихович В.В. Массо- и теплоперенос при тепловой обработке изделий из тяжелого бетона в установке с теплоизлучающими поверхностями. – В сб.: Тепло- и массоперенос при новых способах теплового воздействия на твердеющий бетон. Киев, 1973, с. 107–113.

УДК 628.52

Э.В. Сенькевич, *канд. техн. наук*
(МКТЭИавтопром)
М.И. Курпан, *канд. техн. наук*
(БПИ)

ФАКТОРЫ ЭФФЕКТИВНОСТИ ОЧИСТКИ ГАЗОВЫХ ВЫБРОСОВ СУШИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ

В условиях промышленной эксплуатации испытано два способа очистки газовых выбросов – попутное термическое и каталитическое дожигание [1,2]. С точки зрения санитарно-гигиенической, т.е. обеспечения в газовых выбросах допустимой концентрации паров растворителя, указанные способы практически равноценны. Так, например, на Минском автозаводе в действующем сушильном оборудовании с очисткой газовых выбросов указанными способами концентрация паров растворителя в выбросах составляла $50-120 \text{ мг/м}^3$ при исходной концентрации $2000-5000 \text{ мг/м}^3$.

Основной критерий выбора способа очистки дожиганием – его экономичность. Известно, что для осуществления процесса дожигания горючих