

РАСЧЕТ ТЕМПЕРАТУРНОГО РЕЖИМА ТВЕРДЕНИЯ БЕТОНА МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

ЗЕЛЕНКОВСКАЯ Ж.Л., БАБИЦКИЙ В.В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

В процессе бетонирования монолитных конструкций в любой период года стоит основная задача – вне зависимости от погодных условий получить в заданный срок требуемые прочностные характеристики бетона. Для реализации этой задачи инженеры располагают достаточно широкой гаммой влияющих факторов: целенаправленный подбор состава бетона, выбор теплоизоляции опалубки, применение внешнего источника тепла и др. На практике все сводится к расчету времени остывания массива или прогнозированию ориентировочного температурного режима твердения бетона в массиве. А оценить прочность бетона можно лишь с большим приближением по причине отсутствия надежного математического инструмента для расчетов.

Для восполнения этого пробела нами получена многофакторная математическая модель процесса гидратации цемента и показано, что степень его гидратации прямо связана с величиной тепловыделения, прочностью и иными характеристиками бетона.

Модель достаточно сложна и мало приемлема для ручного счета, поэтому для ее практической реализации разработана программа «ВКТ-Монолит» (часть вычислительного комплекса «Технолог»), расчеты в соответствии с которой реализуются в последовательности:

- вводят размеры бетонируемой конструкции (на данном этапе реализуется простейшая конфигурация бетонируемого массива – он приводится к прямоугольному параллелепипеду);
- вводят характеристики опалубки;
- вводят основные свойства компонентов бетонной смеси;
- подбирают состав бетона (в том числе с добавками ускорителей твердения и пластифицирующими добавками);

- вводят начальную усредненную температуру бетонной смеси;
- вводят скорость ветра и прогноз погоды на предстоящий период твердения бетона массива;
- получают конечные результаты в виде графиков изменения температуры и прочности бетона (интегрированно по всему массиву).

Далее можно направленно изменить состав бетона, конструкцию опалубки, выбрать удельную мощность и периоды работы внешних источников тепла с целью оптимизации теплотехнических, прочностных и стоимостных характеристик бетонизируемого массива.

Сопоставим рассчитываемые характеристики с некоторыми имеющимися в литературе данными, причем такими, описание которых позволяет хотя бы ориентировочно ввести исходную информацию в программу. На ниже приведенных графиках не показаны расчетные кривые нарастания прочности бетона, поскольку они отсутствуют в первоисточниках и не могут быть сопоставлены.

К.Э. Деев проанализировал и сопоставил разнообразные методы расчета температуры остывающего бетона на примере бетонного массива размерами $1,0 \times 1,0 \times 1,0$ м. Опалубка массива изготавливалась из досок толщиной 30 мм. Верх и низ бетонного массива утеплялись минеральной ватой, поэтому теплопотери осуществлялись в основном через боковые поверхности. Массив изготавливался из бетона марки М200 на шлакопортландцементе марки М400 (расход 372 кг) при водоцементном отношении 0,65. Конструкция твердела на воздухе при средней температуре -8 °С и скорости ветра до 10 м/с. Начальная температура уложенной в опалубку бетонной смеси составляла $+32$ °С. На рис. 1 представлены экспериментальные данные и результаты расчета температуры массива. Кроме того (на рис.1 не приведено), расчетное время остывания бетона до 0 °С составило 87 ч по методу Б.Г. Скрамтаева, В.Н. Сизова, Е.В. Шнипка и 83 ч по методу В.И. Мулина.

Анализируя данные на рис.1, можно констатировать, что расчетная температура бетона в массиве практически на всем протяжении контролируемого периода лежит между экспериментально полученными кривыми, соответствующими температуре на поверхности и в глубине массива, чем выгодно отличается от кривых, построенных по иным методикам.

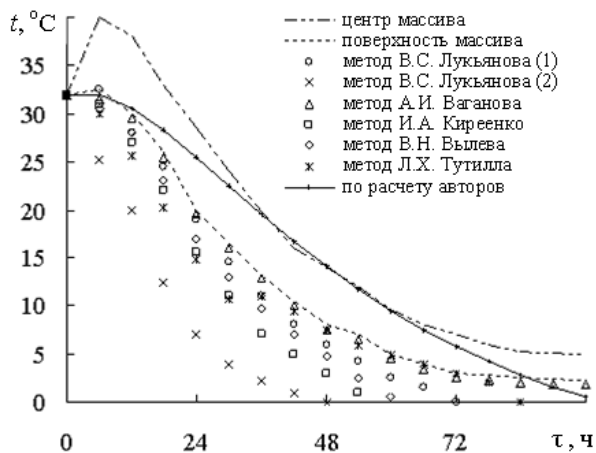


Рис. 1. Изменение температуры в бетонном массиве.
 (1) – метод В.С. Лукьянова без учета массивности,
 (2) – метод В.С. Лукьянова с учетом массивности.

В октябре и ноябре 1942 г в г. Челябинске были сооружены два фундамента под доменные печи. Каждый фундамент (рис. 2) имел объем бетона 1855 м^3 . Расход цемента марки 400 (реальная 250) составлял $250\text{-}270 \text{ кг/м}^3$. Осадка конуса бетонной смеси изменялась от 3-5 до 6-8 см. Водоцементное отношение бетонной смеси составляло 0,74. Поскольку бетонирование производили при отрицательной температуре, то воду и песок перед приготовлением бетонную смесь подогревали. Бетонная смесь укладывалась в опалубку, выполненную из досок толщиной 40 мм. Сверху открытые поверхности бетона закрывались матами из древесной шерсти толщиной до 80 мм. Контроль температуры осуществлялся в специально устроенных скважинах на глубине от 0,3 до 1,1 м в разных точках бетонного массива.

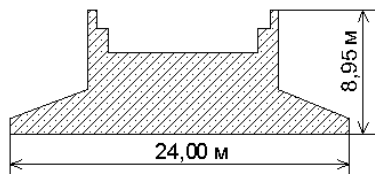


Рис. 2. Схема фундамента

На рис. 3 представлены полученные С.А. Мироновым графики изменения температуры бетона и воздуха, на которые наложены рассчитанные по модели авторов значения для начальной температуры бетона +10 °С и +25 °С.

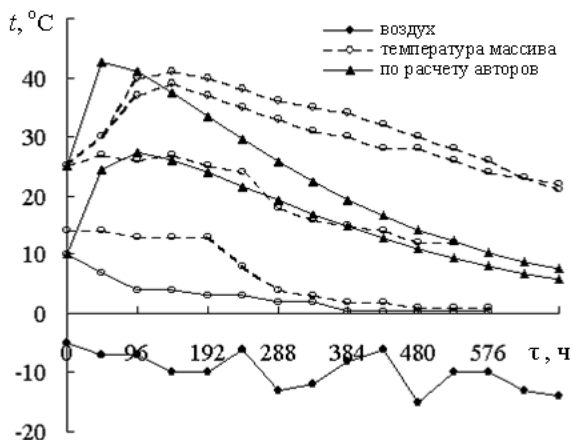


Рис. 3. Изменение температуры в бетонном массиве.

Анализ приведенных графиков показывает, что расчеты по предлагаемой модели твердения бетонного массива вполне удовлетворительно коррелируются с другими методами и могут быть рекомендованы для широкой апробации.

УДК 504.054

СУЛЬФАТНАЯ АКТИВАЦИЯ ЭЛЕКТРОСТАЛЕПЛАВИЛЬНЫХ ШЛАКОВ

КАЛЫСКА А. О., БУСЕЛ А. В.

Белорусский национальный технический университет
Минск, Беларусь

Известно, что электросталеплавильные шлаки в составе бетонов по ряду причин используются менее активно чем, например, доменные. Основные причины этому следующие: низкая гидравлическая