Разработанная информационная система позволяет эффективно хранить документацию, затрачивая наименьшее время на ее оформление. Достоинства разработанной информационной системы:

- минимальные затраты времени на оформление документации;
- классификация всех видов дополнительных работ;
- расширяемость системы (возможность ее доработки в случае повышения требований к информационной системе);
- удобный пользовательский интерфейс.

Разработанное приложение может использоваться на предприятии, упрощая работу отдела кадров по распределению дополнительных работ.

1. Хасбиева А.Д., Шмидт А.Б. Документооборот в дипломном проектировании: методические рекомендации. СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2013. – 40 с.
2. Голицына, О.Л. Базы данных: учеб. Пособие./ О.Л. Голицына, Н.В. Максимов, И.И. Попов – М.: Форум: ИНФРА-М, 2007. – 400 с.
3. Избачков, В. Информационные системы 3-е издание./ В. Избачков, А. Петров, И. Васильев. – СПб.: Питер, 2010. – 544 с.

Харченко В.Ю., Иконников П.Е., Канавалов И.А.

Математическая модель твердения бетона в условия тепловой обработки

*Тамбовский государственный технический университет
(Россия, Тамбов)*

doi:10.18411/lj-05-2018-82

idsp: 000001:lj-05-2018-82

Сейчас, при бурно развивающемся строительстве, очень высок спрос на стройматериалы, которые удовлетворяют прочностным характеристикам при этом имеют не высокую рыночную стоимость. Поэтому основной является задача производства ЖБИ заданного качества с низкой себестоимостью. Достижение этих характеристик невозможно без глубоких исследований в области математической модели и управления процессом производства ЖБИ. Основными свойствами, характеризующими бетон в строительстве, являются прочность, долговечность и морозостойкость. Прочность бетона во многом зависит от структуры цементного камня, формирующегося в процессе твердения.

Скорость нарастания структурной прочности цементного камня, как и скорость любой химической реакции, может быть резко увеличена с повышением температуры среды. Поэтому для ускорения твердения бетона в производстве строительных материалов применяют тепловую обработку в специальных установках, которая значительно увеличивает оборачиваемость форм и увеличивает выпуск готовых бетонных и железобетонных изделий.

Одним из основных качественных показателей при решении задач моделирования процессом тепловлажностной обработки (ТВО) железобетонных изделий (ЖБИ) являются данные о влиянии основных факторов на формирование прочностных свойств бетона.

Свойства бетона зависят более чем от 50 факторов, о чем свидетельствуют результаты специальных исследований и производственный опыт, которые влияют на прочностные характеристики при сжатии. Создание математической модели с учетом всех прочностных свойств бетона не предоставляется возможным, было решено объединить их в отдельные группы, характеризующимися общими признаками и изучить влияние этих групп на прочность бетона, независимыми от других факторов.

Модель твердения бетона предоставлена в основном в виде эмпирических зависимостей [2,3] и неограм [4], но т.к. такие модели непригодны для расчетов в произвольном тепловом режиме существуют интегральные [5] зависимости прочности бетона. Однако в производстве получение таких зависимостей не предоставляется возможным, т.к. требуются длительные и сложные эксперименты для каждого состава бетона.

В производстве основное влияние на процесс твердения бетона оказывает водоцементное отношение, средняя температура и степень гидратации цемента. Остальные факторы являются стабилизируемыми или малоосуществимыми. Исходя из вышеперечисленного примем следующие допущения:

1. Температура бетона, степень гидратации и водоцементное отношение оказывают влияние на механизм твердения бетона;
2. Прочность бетона постоянна во всем объеме изделий;
3. Скорость изменения прочности бетона пропорциональна разности предельного значения прочности и прочности в текущий момент времени.

На основе принятых допущений прочность бетона в изделиях $\zeta_6^И$ будет определяться из следующего уравнения:

$$\frac{d\zeta_6^И}{d\tau} = K \left(\overline{\zeta_6^И} - \zeta_6^И \right), \tau > 0$$

которое необходимо дополнить начальным условием:

$$\zeta_6^И = \zeta_{60}^И, \tau = 0.$$

Здесь $\zeta_6^И$ - предел прочности бетона в изделии на одноосное сжатие, МПа; K - коэффициент пропорциональности; $\overline{\zeta_6^И}$ - предельное значение величины $\zeta_6^И$, МПа; $\zeta_{60}^И$ - начальное значение предела прочности бетона на сжатие, МПа [15,16].

Коэффициент K существенно зависит от средней температуры изделия [15,16]. Так как при увеличении температуры скорость формирования прочности бетона увеличивается, то отношение коэффициента K к температуре бетона можно принять в виде арениусовской зависимости:

$$K = a_{\zeta,1} \cdot \exp \left(\frac{-a_{\zeta,2}}{(\bar{t}^И + 273)} \right)$$

где $\bar{t}^И$ - средняя температура изделия, °C; $a_{\zeta,1}$, $a_{\zeta,2}$ - параметры учитывающие влияние других факторов.

Предельное значение прочности бетона $\overline{\zeta_6^И}$ является переменной величиной. Для заданного состава бетона $\overline{\zeta_6^И}$ зависит от степени гидратации цемента v [10] и начальной прочности бетона $\zeta_{60}^И$:

$$\overline{\zeta_6^И} = f_{\zeta}(v) + \zeta_{60}^И.$$

Здесь f_{ζ} - некоторая непрерывная функция твердения, вид и параметры которой необходимо получить по экспериментальным данным, полученным при твердении бетона заданного состава.

С учетом полученных выражений для K и величины $\overline{\zeta_6^{\text{и}}}$ уравнение, описывающее изменение предела прочности бетона в изделии, будет иметь следующий вид:

$$\frac{d\zeta_6^{\text{и}}}{d\tau} = a_{\zeta,1} \cdot \exp\left(\frac{-a_{\zeta,2}}{R \cdot (\overline{t_6^{\text{и}}} + 273)}\right) \cdot (f_{\zeta}(\nu) + \zeta_{60}^{\text{и}} - \zeta_6^{\text{и}}), \tau > 0,$$

$$\zeta_6^{\text{и}} = \zeta_6^{\text{и}^0},$$

Данное уравнение содержит неизвестные константы a_1, a_2 и неизвестную функцию f , которые будут определяться из задачи обратной данной, по экспериментальным данным, которые были получены при твердении бетона с одним из заданных видов цемента.

Таким образом, данная математическая модель процесса твердения бетона в условиях тепловлажностной обработки железобетонных изделий учитывает влияние наиболее существенных производственных факторов на кинетику твердения бетона и может быть использована при решении задач моделирования и управления технологическим процессом тепловлажностной обработки железобетонных изделий в пропарочных камерах ямного типа.

1. Михайлов. К.В. Производство сборных железобетонных изделий : справочник / К.В. Михайлов// Москва: Стройиздат. - 1989. – 447с.
2. Баженов Ю.М., Комар А.Г. Технология бетонных и железобетонных изделий. М., 1984. 672 с.
3. Пятков В.Д., Новый прибор для контроля за твердением бетона в процессе термообработки/// Бетон и железобетон 1993, №1 С. 25-26
4. Миронов С.А., Малынина Л.А., Ускорение твердения бетона М., 1991. 442с.
5. Гордон С.С., Никулин Л.И.Тихонов А.Ф. Автоматизация контроля качества изделий из бетона и железобетонна М., 1991. 388с