

МЕЖДУНАРОДНАЯ НАУЧНО-МЕТОДИЧЕСКАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ

**СОВРЕМЕННЫЕ ПРОБЛЕМЫ ВНЕДРЕНИЯ  
ЕВРОПЕЙСКИХ СТАНДАРТОВ  
В ОБЛАСТИ СТРОИТЕЛЬСТВА**

(г. Минск, БНТУ — 27-28.05.2014)

УДК 693.55.033.13

**МОДЕЛИРОВАНИЕ РАСХОДА ЭНЕРГОРЕСУРСОВ  
ПРИ ТЕПЛОЙ ОБРАБОТКЕ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА  
В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ**

*МИНЕЕВ Р.А., ПИКУС Д.М., БАРАНОВ С.П.*

Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь

Основные показатели качества монолитных бетонных и железобетонных конструкций в значительной степени зависят от свойств, приобретаемых в процессе структурообразования и твердения бетона. Эта зависимость в полной мере проявляется в процессе тепловой обработки монолитного бетона в зимних условиях. От режима тепловой обработки во многом зависят показатели, характеризующие прочность, пористость, долговечность, морозостойкость и другие свойства бетона. От выбранных параметров тепловой обработки зависит также величина затрат энергоресурсов. Выбор оптимального режима при наличии большого количества факторов, влияющих на процесс прогрева, является сложной задачей. Кроме того, рассматриваемая система является вероятностной, что часто требует изменения намеченного режима по ходу тепловой обработки. В этой связи все операции по выбору режимов и их возможной корректировке целесообразно отрабатывать на моделях. Обычно модель представляет собой физический или абстрактный объект, который в большей или меньшей степени отражает процессы, проис-

ходящие в реальной системе. Моделирование можно рассматривать как замещение одного объекта другим с целью получения информации о важнейших свойствах объекта-оригинала с помощью объекта-модели. Степень соответствия свойств и характеристик модели свойствам и характеристикам системы определяется её адекватностью. Адекватность модели, отражающей технологические особенности монолитного бетонирования в зимних условиях, зависит от многих условий и факторов, основными из которых являются:

- степень полноты и достоверности сведений об исследуемой системе;
- учёт воздействия элементов и связей модели на конечные результаты, определяемые целью системы;
- степень детализации модели.

Модели, отображающие процесс твердения бетона, в зависимости от представления системы и способа их реализации могут быть физическими и информационными, в т.ч. математическими.

Физические модели – это "материальные" модели, эквивалентные или подобные в той или иной степени системе. В общем случае физические модели – это модели, процесс функционирования которых такой же, как у оригинала, имеет ту же или подобную физическую природу. Математические модели – это "абстрактные" модели, представляющие собой формализованное описание изучаемой системы с помощью абстрактного языка, в частности, с помощью математических символов и соотношений (алгебраических, дифференциальных, логических и т.д.), отображающих процесс функционирования системы.

Для изучения системы, имитирующей процесс твердения монолитного бетона в зимних условиях, используются как математические, так и физические модели.

Удобство математического моделирования заключается в том, что модель в сжатом виде воспроизводит процесс функционирования системы во времени, причем модель имитирует все элементарные составляющие процесса с обязательным сохранением их взаимосвязанности и взаимообусловленности, логической структуры и последовательности протекания. Большим достоинством аналитического моделирования является возможность детального анализа характеристик системы в широком диапазоне изменения исходных и промежуточных данных. Однако характерные для аналитического

моделирования явные математические соотношения удаётся, как правило, получать только для сравнительно простых систем или ценой определенных предположений и допущений. Такие факторы, как постоянные изменения температуры окружающей среды, скорости движения воздуха, нестационарный тепловой режим и явления массопереноса в твердеющем бетоне могут способствовать уменьшению адекватности модели реальной системе приобретения свойств, характеризующих качество монолитного бетона при выполнении работ в зимних условиях. В связи с этим для проведения более детального исследования и проверки адекватности модели наряду с математическим целесообразно использовать физическое моделирование путём изготовления, тепловой обработки и испытания опытных образцов бетона по принятой методике. Для этой цели используются, в основном, методы, основанные на разрушении специально взятых образцов: бетонных кубиков, высверленных из конструкции цилиндров и т.д. Таким образом, определяются основные свойства бетона, характеризующие изменения его качественных показателей в зависимости от начального состояния и условий тепловой обработки.

Определение показателей качества бетона с применением разрушающих методов имеет ряд существенных недостатков, основными из которых являются:

- использование крупногабаритных элементов и оборудования, часто требующих применение транспортных средств, грузоподъемных механизмов и специальной оснастки;
- высокая стоимость работ по проведению испытаний;
- большая трудоёмкость работ;
- большая продолжительность проведения работ, например, при определении морозостойкости бетона требуется более трёх месяцев.
- значительные затраты энергоресурсов на проведение испытаний;
- наличие потерь материалов в виде отходов разрушенных в процессе испытаний образцов, бетонных и железобетонных конструкций;
- сложность, а часто вообще отсутствие возможности получения требуемых объективных и точных показателей качества бетона непосредственно в конструкциях.

Исследования показали, что сложившаяся традиционная система контроля прочностных показателей качества бетона монолитных конструкций, основанная на испытаниях образцов из используемого бетона, не обеспечивает необходимой достоверности. Основной причиной этого является отсутствие практической возможности обеспечить такие же условия твердения для бетона контрольных образцов, какие имеют место для бетона в конструкциях. Использование различных методов тепловой обработки бетона в условиях низких температур воздуха в ещё большей степени усиливает эти различия. Очевидно, что данные, получаемые испытанием образцов, твердевших в нормальных условиях лаборатории, могут рассматриваться лишь для оценки качества используемой бетонной смеси, но не бетона готовой конструкции.

Наряду с качественными характеристиками исходных материалов, подбором состава и принятой технологией приготовления, транспортировки, укладки и уплотнения бетонной смеси, большое влияние на структуру и эксплуатационные свойства монолитного бетона оказывают методы его тепловой обработки. Эта технологическая стадия характерна тем, что в процессе тепловой обработки наряду с химическими проходят сложные тепло-массообменные процессы, оказывающие большое влияние на структурообразование бетона. Интенсивность этих процессов зависит от принятого режима тепловой обработки. Она во многом предопределяет конечные физико-технические свойства бетона. Применение определенных режимов теплового воздействия на твердеющую систему позволяет оказывать воздействие на процесс структурообразования.

Создание эффективной, научно обоснованной технологии тепловой обработки монолитного бетона невозможно без соответствующего информационного обеспечения процесса ее адаптации к конкретным производственным условиям. Эти условия часто носят ярко выраженный вероятностный характер по сравнению с условиями, присущими при заводском изготовлении сборных железобетонных элементов. Учет факторов, приводящих к снижению показателей качества монолитного бетона, в ряде случаев затруднен по причинам технического, технологического и организационного характера.

Влияние указанных недостатков в значительной степени может быть ликвидировано или ослаблено за счёт использования неразру-

шающих методов контроля качества на разных стадиях созревания бетона. В настоящее время ведётся большая работа по созданию и внедрению методов и средств неразрушающего контроля качества бетона, отличительными чертами которых является экономичность и быстрота. Для определения различных физико-механических характеристик используются методы, основанные на явлениях поглощения ультразвука, использовании инфракрасных, рентгеновских и ионизирующих излучений, а также принципов магнитной дефектоскопии, лазерной техники и других достижений науки и техники.

Использование различных методов интенсификации твердения бетона при возведении монолитных конструкций зданий и сооружений требует проведения большого количества расчётов. Проведение расчётов, обеспечивающих оптимальный режим тепловой обработки, вызвана следующими причинами:

- необходимость получения бетона, соответствующего заданным характеристикам, в т.ч. имеющего требуемую механическую прочность и структуру;

- обеспечение набора бетоном прочности в обусловленные сроки;

- использование минимального количества энергоресурсов для тепловой обработки бетона и др.

Проведение комплекса расчётов является сложной трудоёмкой работой, поэтому для практических целей часто прибегают к упрощённым методам расчёта или к использованию различного рода таблиц и графиков. Такой подход в некоторой мере себя оправдывает. В то же время часто при таком подходе не полностью учитываются все факторы, влияющие на сложный процесс набора бетоном прочности и приобретение других характеристик, характеризующих его качественные показатели. Допускаемые при этом погрешности влекут ряд негативных явлений, в т.ч. снижение качественных характеристик монолитных бетонных конструкций и неоправданный дополнительный расход энергоресурсов.

В настоящее время практически все строительные организации имеют средства вычислительной техники, которые в основном используются для решения задач учёта и планирования для составления соответствующих отчётных документов. Процесс компьютеризации в сфере управления продолжает развиваться. Возникает необходимость наряду с решением задач учёта и отчётности осуществ-

лять более широкий переход к решению задач по оптимизации строительного производства. Одной из таких задач является задача оптимизации режима тепловой обработки монолитных бетонных конструкций. Эта задача может быть решена путём реализации математических моделей, разработанных на основе компьютерных технологий.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бетонные работы при отрицательных температурах воздуха. Правила производства (02250): ТКП 45-5.03-21-2006.
2. Лысов, В.П. Организационно-технологическое совершенствование возведения монолитных конструкций в зимний период, обеспечивающее сокращение сроков строительства и снижение затрат / В.П. Лысов, Н.М. Голубев [и др.] // Строительная наука и техника, №1, 2007. – с. 48-54.
3. Лысов, В.П., Голубев, Н.М., Пикус, Д.М., Кривицкая, Т.В. Организационно-технологическое совершенствование возведения монолитных конструкций в зимний период, обеспечивающее сокращение сроков строительства и снижение затрат // Строительная наука и техника, 2007. – №1. – с.48-54.
4. Руководство по прогреву бетона в монолитных конструкциях/Под редакцией Б.А. Крылова, С.А. Амбарцумяна [и др.] // – М.: РААСН, НИИЖБ, 2005. – 275 с.
5. Минеев Р.А., Пикус Д.М. Системный подход к проблеме затрат энергоресурсов при возведении монолитных конструкций в зимних условиях // Минск: БНТУ, 2013. Сборник научно - технических статей (материалы научно – методического семинара), 22 – 23 мая 2013 г. «Вопросы внедрения норм проектирования и стандартов Европейского Союза в области строительства». Часть 1. – с.240–249.