

Разработанный программный продукт не является универсальным, т.к. не позволяет рассмотреть все виды наружных стен, расчёт пола – бетонной стяжки и т.п. Однако использование его в учебных заведениях позволяет упростить и ускорить изучение теплотехнического расчёта, сформировать у пользователей навыки исследователя путём варьирования различными параметрами. Будущие специалисты получают более сформированные навыки проектировщиков, т.к. большинство программ, применяемых в проектных организациях, построены по аналогичному признаку.

В дальнейшем возможно расширение функциональных возможностей программы, включением в неё расчёта других видов наружных ограждений.

Бахтина И.А. – к.т.н., доцент кафедры «Теплотехника, гидравлика и водоснабжение и водоотведение» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: bia-altai@mail.ru.

Соколова В.В. – к.т.н., доцент кафедры «Строительные конструкции» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: vvsok@rambler.ru.

УДК 693.547.3

АНАЛИЗ МЕТОДОВ УСТРОЙСТВА МОНОЛИТНЫХ БЕТОННЫХ И ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ ВОЗДУХА

О. В. Буйко

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

В условиях современного строительного рынка часто требуется возведение объектов гражданского и транспортного строительства в сжатые сроки, несмотря на неблагоприятные погодные условия. Опыт ведения бетонных работ в условиях отрицательных температур был накоплен еще в советские годы. Однако вопросы интенсификации процессов твердения бетона путем применения противоморозных и комплексных модификаторов, как самостоятельно, так и совместно с различными методами тепловой обработки, остаются актуальными.

Ключевые слова: *теплый бетон, холодный бетон, бетонная смесь, реология, прочность, прогрев, противоморозные добавки, отрицательные температуры.*

На применении химических добавок с эффектом антифриза базируются методы безобогревной укладки в зимних условиях бетона на рядовом портландцементе. Благодаря этому при отрицательных температурах в бетонной смеси сохраняется жидкая фаза и минералы портландцемента могут гидратировать, обеспечивая этим твердение бетона на морозе.

В соответствии с ГОСТ 24211-2008 «Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия» противоморозные добавки разделяются на модификаторы для «холодного» и «теплого» бетона:

— «холодный» бетон: изготовленный из бетонной смеси с противоморозной добавкой, постоянно твердеющий при отрицательной температуре. Противоморозные добавки для «холодного» бетона должны обеспечить набор прочности бетонами в возрасте 28 суток

30% и более контрольного состава нормального твердения

— «теплый» бетон: изготовленный из бетонной смеси с противоморозной добавкой, обеспечивающей незамерзание смеси при отрицательной температуре на время от ее изготовления до начала обогрева забетонированной конструкции. Противоморозные добавки для «теплого» бетона должны обеспечить набор прочности бетонами в возрасте 28 суток 95% и более контрольного состава нормального твердения.

Ввиду особенностей вещественного состава активных компонентов, обеспечивающего основной эффект действия, при выборе противоморозных добавок необходимо обеспечить соблюдение следующих требований ГОСТ 31384 «Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования»:

— общее количество химических добавок, при их применении для приготовления бетона или раствора, не должно составлять более 5% от массы цемента;

— максимально допустимое содержание хлоридов в бетоне, выраженное в процентах хлорид-ионов к массе цемента, в зависимости от вида армирования, не должно превышать значений:

неармированные конструкции – 1,0%,
ненапрягаемая арматура – 0,4%,
предварительно напряженная арматура – 0,1%;

— в состав бетона не допускается введение хлористых солей при изготовлении следующих железобетонных изделий и конструкций: с напрягаемой арматурой, с ненапрягаемой проволочной арматурой класса В-I диаметром 5 мм и менее, эксплуатируемых в условиях влажного или мокрого режима, с автоклавной обработкой, подвергающихся электрокоррозии;

— не допускается введение хлористых солей в состав бетонов и растворов для инъектирования каналов предварительно напряженных конструкций, а также для замоноличивания швов и стыков сборных и сборно-монолитных железобетонных конструкций;

— при наличии в заполнителях потенциально реакционноспособных пород не допускается введение в бетон солей натрия и калия.

Современные производители строительной химии предлагают сегодня широкий ассортимент противоморозных добавок, разработанных с учетом актуальных требований. Такие добавки производятся на высокотехнологичном оборудовании, с применением компонентов практически или полностью не содержащих хлорид-ионов, провоцирующих коррозию стальной арматуры. Кроме того, подбор компонентов таких добавок часто рассчитан на получение комплексного эффекта на бетон.

Применение современных противоморозных добавок возможно во всех случаях, предусмотренных СП 70.13330.2012.

Так, например, международный концерн MC-Bauchemie выпускает противоморозные добавки в бетон серии MC-Rapid; Sika Group – предлагает модификаторы Sika Antifreeze; «Штайнберг Хеми» выпускает противоморозные добавки FROST и ANTIFRIZ; «ГК ПОЛИПЛАСТ» – серию добавок Криопласт и Nord; концерн BASF выпускает противоморозные комплексы с пластифицирующим эффектом.

Значительный положительный опыт накоплен при применении таких противоморозных добавок как нитрит натрия, формиат натрия и кальция и др.

Такие противоморозные модификаторы предназначены для производства бетонов при пониженных (от -10 до -25⁰С) температурах как по «теплой», так и по «холодной» технологии.

Для этих продуктов достаточно легко найти баланс между живучестью бетонной смеси и кинетикой твердения бетона, благодаря возможности фиксирования дозировок, исходя из необходимой реологии бетонной смеси.

В реальных условиях методом «холодного бетона» при производстве строительных работ в зимний период времени пользуются достаточно редко, в основном, в малоэтажном частном строительстве.

На строительных площадках большего масштаба применение «холодного бетона» просто неоправданно из-за значительного увеличения сроков строительства. Зачастую нагружение конструкции допустимо после достижения бетоном в ней 70-100% от проектной прочности.

При использовании подобного метода бетонирования возведение последующих конструкций, в лучшем случае, будет возможно не ранее чем через 2-4 месяца после укладки бетона.

В современных условиях строительного рынка объекты транспортного и гражданского строительства ведутся по «ударной» технологии в сжатые сроки. Поэтому выдержка бетона до 28 суток в конструкции с достижением лишь 30% от проектной прочности неэффективна.

Таким образом, при необходимости возведения монолитных железобетонных конструкций в условиях низких температур окружающего воздуха, целесообразно применять противоморозные добавки, сочетающие в себе свойства антифриза и регулятора кинетики твердения для «теплого» бетона, совместно с тепловой обработкой бетонной смеси для ускорения набора бетоном критической прочности.

Из наиболее известных способов зимнего бетонирования можно выделить способ термоса, предварительный электронагрев бетонной смеси, электронагрев бетона, обогрев бетона в термоактивной опалубке, индукционный нагрев, инфракрасный обогрев, обогрев с помощью греющих проводов, бетонирование в тепляках, паробогрев бе-

тона. В настоящее время самым распространенным методом является электродный прогрев или комбинированный, т.е. применение бетона с противоморозными добавками с последующим обогревом с помощью электродов, греющих проводов, реже в тепляках, где теплоносителем является горячий воздух.

При зимнем бетонировании монолитных конструкций в условиях строительной площадки в зависимости от массивности конструкции и температуры наружного воздуха в северных регионах используют следующие способы:

- а) термоса – с применением ускорителей твердения;
- б) экзотермический – в тепляке с обогревом с применением противоморозных добавок,
- в) электрообогрев («толчок») греющим проводом до 50% от проектной прочности – с применением противоморозных химических добавок и дальнейшее выдерживание бетона методом термоса или в тепляке.

Преимуществом электропрогрева по сравнению с другими способами электротермообработки является выделение тепла непосредственно в бетоне, что обуславливает более равномерное температурное поле в бетонной конструкции и более высокий коэффициент использования электроэнергии. При электропрогреве электрический ток пропускают через бетон как через омическое сопротивление, при этом в бетоне выделяется тепло. Напряжение к бетону подводят с помощью стальных электродов. Замерзший бетон без добавок практически не проводит электрического тока и не может быть подвергнут электропрогреву.

Электропрогрев бетона может быть сквозным, когда электрический ток проходит через все сечение конструкции и тепло выделяется в объеме всей конструкции, или периферийным, при котором электрический ток проходит через периферийные слои бетона, нагревая их, а остальная часть бетона нагревается за счет теплопередачи от периферийных слоев.

При прочих равных условиях сквозной прогрев обеспечивает более равномерное температурное поле в конструкции, что позволяет поднимать температуру с большей скоростью и осуществлять изотермический прогрев меньшей продолжительности для достижения заданной прочности в наименее нагретых зонах бетона.

Электродный прогрев бетона хотя и является одним из наиболее часто применяе-

мых методов прогрева бетона при зимнем бетонировании, но имеет ряд ограничений.

В соответствии с п 5.11.10 СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. (Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87) при электродном прогреве бетона запрещается использовать в качестве электродов арматуру бетонируемой конструкции.

Электродный прогрев следует производить до приобретения бетоном не более 50% расчетной прочности. Если требуемая прочность бетона превышает эту величину, то дальнейшее выдерживание бетона следует обеспечивать методом термоса.

Рациональными областями применения электродного прогрева бетона в монолитных конструкциях при зимнем бетонировании по СП 70.13330.2012 являются:

1) сквозной электродный прогрев - при прогреве монолитных бетонных конструкций и малоармированных железобетонных конструкций путем пропускания тока через всю толщину бетона (для ленточных фундаментов, а также колонн, стен и перегородок толщиной до 50 см, стен подвалов);

2) периферийный электродный прогрев - при прогреве периферийных зон бетона массивных и средней массивности бетонных и железобетонных монолитных конструкций; при одностороннем прогреве конструкций, имеющих толщину не более 20 см и двухстороннего прогрева при толщине конструкции более 20 см (ленточные фундаменты, бетонные подготовки и полы, плоские перекрытия и доборные элементы, стены, перегородки и т.д.).

«Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера» НИИЖБ от 1982 года допускает использовать арматуру железобетонных конструкций в качестве электродов лишь в тех случаях, когда применение электродов представляется сложным или невозможным.

Во избежание возможного пересушивания приэлектродных слоев из-за высокой температуры бетона вблизи электродов и соответствующего уменьшения сцепления арматуры с бетоном скорость подъема температуры в наиболее нагреваемых зонах не должна превышать 8°C в час, а для обеспечения большей равномерности температурного поля в бетоне рекомендуется применять по возможности сетки с малыми размерами ячеек.

Таблица 1 – Рекомендуемые методы выдерживания бетона при отрицательных температурах

Вид конструкций	Минимальная температура воздуха, °С, до	Способ бетонирования
Массивные бетонные и железобетонные фундаменты, блоки и плиты с модулем поверхности до 3	-15	Термос
	-20	Термос с применением ускорителей твердения и противоморозными добавками
Фундаменты под конструкции зданий и оборудование, массивные стены и т.п. с модулем поверхности 3-6	-15	Термос, включая с применением противоморозных* добавок и ускорителей твердения
	-25	Электротермообработка
	-40	То же
Колонны, балки, прогоны, элементы рамных конструкций, свайные ростверки, стены, перекрытия с модулем поверхности 6-10	-15	Термос с химдобавками, электротермообработка
	-40	Электротермообработка
Полы, перегородки, плиты перекрытий, тонкостенные конструкции с модулем поверхности 10-20	-40	То же

Примечание: * Противоморозные добавки СП 70.13330.2012 рекомендует применять в комплексе с пластифицирующими.

Расчетное обоснование технологических параметров и энергозатрат при зимнем бетонировании представляет сложную задачу, в которой совмещены тепловой расчет и проблема формирования структуры бетона, твердеющего в сложных температурных условиях.

В соответствии с СП 70.13330.2012 Несущие и ограждающие конструкции. (Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87) предлагается следующий выбор наиболее экономичного метода выдерживания бетона при зимнем бетонировании монолитных конструкций (таблица 1).

Способ выдержки бетона при зимнем бетонировании устанавливается на основании технико-экономического сопоставления способов для конкретных условий.

Первоочередная задача при зимнем бетонировании с применением наиболее экономичного метода – это набор критической прочности бетона монолитных конструкций в течение 3-5 суток, что в свою очередь зависит:

- а) от класса бетона;
- б) от температуры бетонной смеси, которая должна быть рассчитана в зависимости от метода выдержки бетона;
- в) от нагрузки на этот бетон после его выдержки;
- г) от массивности конструкции.

ВЫВОД:

Выбор того или иного способа интенсификации твердения бетона в условиях отрицательных температур окружающего воздуха зависит от требований конкретного проекта и существующих, в том числе экономических, возможностей строительства.

Но в общем случае, наиболее эффективным способом изготовления монолитных железобетонных конструкций, представляется применение «теплого» бетона совместно с электропрогревом на начальном этапе твердения конструкции и методом термоса в дальнейшем.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. ГОСТ 24211-2008. Добавки для бетонов и строительных растворов. Общие технические условия. – Введ. 2011-01-01. – М.: Стандартинформ, 2010. – 15 с.
2. ГОСТ 31384. Защита бетонных и железобетонных конструкций от коррозии. Общие технические требования. – Введ. 2010-03-01. – М.: Стандартинформ, 2009. – 52 с.
3. СП 70.13330.2012. Несущие и ограждающие конструкции. (Актуализированная редакция СНиП 3.03.01-87). – Введ. 2013-07-01. – М.: Госстрой, ФАУ «ФЦС», 2013. – 205 с.
4. Руководство по производству бетонных работ в зимних условиях, районах Дальнего Востока, Сибири и Крайнего Севера / ЦНИИОМТП Госстроя СССР. – М.: Стройиздат, 1982. – 213 с.

5. MC-Bauchemie компания [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mc-bauchemie.ru/products/товарный-бетон.546/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 30.05.2016).

6. Каталог продукции BASF [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.nt-stroy.ru/pdfdoc/buklet/basf-katalog-produkcii.pdf>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 30.05.2016).

7. Sika Russia [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://rus.sika.com/ru/solutions_products/stroy/proizvodstvo_betona/02a001sa99/02a001sa99100/02a001sa99105.html. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 29.05.2016).

8. Штайнберг Хеми. Новейшие химические добавки в технологии бетонов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://shtainberg.ru/>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 29.05.2016).

9. Полипласт. Химические добавки. Смеси сухие строительные. Клеевые материалы [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.polyplast-un.ru/products/stroitelnyaya-otrasl/dobavki-dlya-betonov/protivomoroznyie-dobavki.html>. – Заглавие с экрана. – (Дата обращения: 30.05.2016).

Буйко О.В. – к.т.н., доцент кафедры «Строительные материалы» ФГБОУ ВО АлтГТУ им. И.И. Ползунова, E-mail: olparis@mail.ru.

УДК 691.32

ОБЕСПЕЧЕНИЕ СОХРАНЯЕМОСТИ УДОБОУКЛАДЫВАЕМОСТИ БЕТОННЫХ СМЕСЕЙ С ПОВЫШЕННЫМ СОДЕРЖАНИЕМ БУРОУГОЛЬНЫХ ЗОЛ-УНОСА

О. В. Буйко, Е. И. Кириченко, А. К. Логинова

Алтайский государственный технический университет
им. И.И. Ползунова, г. Барнаул

Смешанные цементно-зольные вяжущие при высоком содержании в них буроугольной высококальцевой золы привлекательны для производства бетонных и железобетонных изделий с экономической точки зрения, но имеют ряд технологических недостатков. Одной из проблем являются короткие сроки сохранения удобоукладываемости бетонных смесей на подобных вяжущих. Возможный путь решения задачи – применение замедляющих схватывание добавок. В статье приведены данные исследований по определению влияния на изменение во времени подвижности смешанных вяжущих и бетонных смесей с содержанием зол-уноса более пятидесяти процентов.

Ключевые слова: портландцемент, буроугольная высококальцевая зола (ВКЗ), смешанное вяжущее, органические кислоты, бетонная смесь, сроки схватывания, удобоукладываемость, бетон, прочность.

В настоящее время сложно представить процесс производства бетонных смесей без использования химических и минеральных добавок. Применение химических добавок при производстве бетона позволяет значительно снизить расход цемента, изменить удобоукладываемость бетонной смеси, повысить прочностные и эксплуатационные характеристики. Кроме того, для современного строительства является актуальной разработка и внедрение ресурсосберегающих технологий, например, применение промышленных отходов в качестве сырья для производства строительных материалов. Но такие материалы имеют ряд особенностей, которые снижают их популярность среди производителей ЖБИ.

Золы-уноса ТЭЦ получили наибольшее распространение в качестве техногенных активных минеральных добавок в бетон или портландцемент. Применение в портландцементных бетонах высококальцевых зол (ВКЗ) от сжигания буроугольных зол ТЭЦ целесообразно с экономической точки зрения, однако приводит к ряду технологических проблем. В первую очередь это связано с нестабильностью химического состава ВКЗ. Второй момент – это свободный оксид кальция, который при введении золы в бетонную смесь оказывает существенное влияние на её реологические характеристики.

Для получения смешанных вяжущих в работе применялся рядовой ЦЕМ II/A-Ш 32,5Н ГОСТ 31108-2003 (ПЦ400Д20), а также