

Технология зимнего бетонирования с помощью гибких нагревательных элементов

А.К.Сысоев

При строительстве различных зданий и сооружений, при изготовлении бетонных и железобетонных конструкций широко применяют бетоны и растворы на минеральных вяжущих. Применение этих материалов предполагает строгое поддержание температурных режимов при твердении, особенно в зимнее время. Известными методами зимнего бетонирования в строительстве являются: применение метода термоса, использование обычных нагревателей, электропрогрев, введение с водой затворения противоморозных добавок комплексного типа, применения разогрева заполнителей и др. [1–3]. В настоящее время зимой в строительстве в больших объемах применяют гибкие поверхностные нагревательные элементы. Поверхностные нагреватели могут применяться не только в зимний, но и весенне-летний период времени для ускорения твердения [4]. Сравнительная эффективность применения некоторых способов зимнего бетонирования представлена на рис.1. Однако при использовании термоматов следует учитывать влияние прогрева на следующие свойства получаемого бетона: пересушивание, усадку, трещиностойкость, прочность, водонепроницаемость и шелушение.

В Ростовском ГУП РНИИАКХ им. К.Д. Памфилова и РГСУ работы по разработке бетонирования с применением нагревательных элементов активно проводились с середины 1960 – х годов [4,5] по настоящее время. Применение гибких нагревательных элементов и технологии изготовления железобетонных изделий с их использованием прошло несколько этапов развития.

Первый этап – создание гибких нагревательных элементов на основе влагозащитной оболочки и нихромовой проволоки [4]. На этом этапе сформулирована основная рабочая гипотеза теории прогрева железобетонных конструкций с помощью нагревательных элементов и проведен комплекс ла-

бораторных и производственных испытаний. Электротерморегулируемый способ получил наибольшее распространение в период с 1960 – 1985 г. при бетонировании любых конструкций (особенно с модулем поверхностей более $5 \text{ м}^2/\text{м}^3$) и выполнении других строительных работ.

Второй этап – разработка и внедрение гибких нагревательных элементов на основе углеродной ткани в резиноканевой оболочке и разработка их совместного применения с термоактивной опалубкой [5].

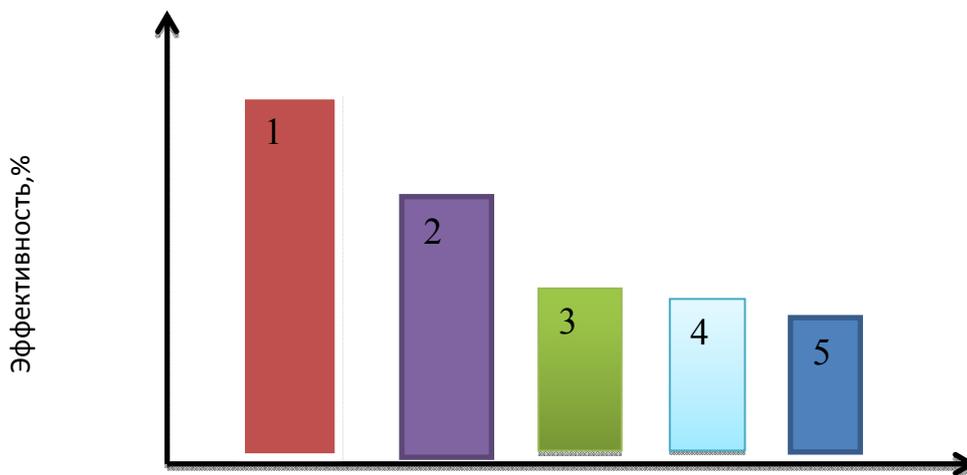


Рис.1 Эффективность различных способов зимнего бетонирования: 1 – при применении комбинированных методов; 2 – при применении электроматов; 3 – электродный способ; 4 – при применении противоморозных добавок; 5 – при применении теплоизоляционных матов

Второй этап – разработка и внедрение гибких нагревательных элементов на основе углеродной ткани в резиноканевой оболочке и разработка их совместного применения с термоактивной опалубкой [5]. Так совместное использование греющей опалубки и тэмов при одностороннем и двухстороннем прогреве по рациональным режимам монолитных железобетонных перекрытий обеспечивает набор 70% – проектной прочности в течение 18–24 ч изотермического выдерживания при температуре $60 - 70^{\circ}\text{C}$. Рациональные режимы по данной технологии при прогреве монолитных конструкций предусматривают предварительное выдерживание при температуре $6 - 20^{\circ}\text{C}$ в течение 5 – 7 час, разогрев его со скоростью $10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$, изотермическое выдерживание при температуре $60 - 70^{\circ}\text{C}$ и остывание со скоростью $5 - 10^{\circ}\text{C}/\text{ч}$.

Третий этап – применение нагревательных элементов совместно с другими способами зимнего бетонирования. На этом этапе полностью сформулирована теоретическая гипотеза прогрева бетона с помощью тэмов (термоэлектрические маты) и дано обоснование целесообразности применения комплексных химических добавок совместно с прогревом тэмами, проведены необходимые лабораторные испытания. При этом особое внимание обращено на процессы при формировании поверхностного слоя в зимних условиях. Гибкие нагревательные элементы были разработаны в РГСУ, РНИИ АКХ им. К.Д. Памфилова при участии сотрудников РГПИ и МО–10 [6–9]. Некоторые параметры греющих элементов приведены в табл. 1.

Таблица 1

Характеристики гибких нагревательных элементов

Размеры нагревательного элемента от и до		Материал нагревателей	Материал для оболочки	Материал нагревателя, кг
Ширина, мм	Длина, мм	Нагревательные ткани, полотна, провода	Термостойкие материалы (резина, полимерные и другие)	5–15
600–1000	1500–3000			5–30
600	1000–6000			
По спецзаказу		Нагревательные ткани	Термостойкие материалы	До 50–60
Кратно 600	12000			

Очевидными преимуществами способа применения бетонирования с применением тэмов является возможность регулировки режимов тепловлажностной обработки. Недостатками являются относительно длительное время термообработки. Так, например, по технологии [4] прочность при сжатии до 25% проектной прочности можно получить через сутки, 50% – через 2–3 суток, а через 3–5 суток – 70%. Применение комбинированного метода, т.е. с применением комплексных добавок (С-3+кремниорганические жидкости + подобранные ускорители или иные добавки) позволяют резко сократить режим обработки. В результате экспериментальных исследований, нами кроме различных по мощности нагревательных элементов и используемых при этом

высокоэффективных материалов, для дальнейшего изучения в производственных условиях рекомендован способ для одновременной защиты бетонных поверхностей от высыхания в процессе тепловой обработки бетонных конструкций с одновременным сокращением времени тепловой обработки.

Преимуществами бетонирования с помощью гибких нагревательных элементов совместно с химическими добавками являются – снижение затрат при термообработке, устранение недостатков предшествующих решений и значительный прорыв в технологической части: улучшение физико-механических свойств поверхностного слоя бетона и материала в целом.

При использовании высококачественных материалов, соблюдения технологии производства и режимов термообработки с помощью нагревательных элементов совместно с различными комплексными добавками возможно получать высококачественные бетоны типа High Performance concrete – НРС.

Исходя из гетерогенного характера строения бетона установлено, что наиболее значительную роль в синтезе морозо- и коррозионной стойкости материала, подвергнутого обработке с помощью гибких нагревательных элементов играет микроструктура цементного камня наружного поверхностного слоя бетона, определяемая особенностями капиллярно-пористой структуры.

Разработана современная методика расчета температурных напряжений на поверхности покрытия и в глубине бетонной конструкции при различных температурных воздействиях с учетом многих факторов, что позволяет обеспечить надежную защиту от развития трещинообразования. При этом в расчетах учтены различные мощности гибких нагревательных элементов и применения различных технологических операций: своевременной нарезкой пазов контрольных швов в затвердевшем или свежееуложенном бетоне, корректным назначением температурного режима твердения бетона и использования различных технологических операций. Коренное улучшение деформативности бетонов может достигнуто применением специальных добавок, образующих внутри объёмную конгломератную молекулярно-подвижную и гибкую структуру на ранних стадиях созревания бетона, связывающих из-

лишки воды, что позволяет получить прочность и водонепроницаемость цементных бетонов и растворов значительно выше, чем у обычных.

Результаты проведенных исследований и обследование изготовленных изделий, выполненные РГСУ и РНИИ АКХ подтверждают, что при соблюдении всех вышеизложенных требований в течение срока службы в бетоне отсутствуют признаки морозного разрушения (шелушение, снижение прочности, сколы и др.), следовательно, применение гибких нагревательных систем значительно улучшает свойства бетона [10], подвергнувшегося обработке по разработанной технологии.

Литература:

1. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования / С.А. Миронов, 3-е изд. – М.: Стройиздат, 1975. – 700 с.
2. Ronin V., Jonasson J. E. Investigation of the effective winter concreting with the usage of energetically modified cement (EMC)-material science aspects //Report 1994. – 1994. – Т. 3. – 24 pp.
3. Justnes H. et al. Microstructure and performance of energetically modified cement (EMC) with high filler content //Cement and Concrete Composites. – 2007. – Т. 29. – №. 7. – P. 533-541.
4. Осипов А.М. Бетонирование при низких температурах [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №4 (часть 2). – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n4p2y2012/1306> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.
5. Аханов В.С. Электротермия в технологии бетона [Текст] / В.С. Аханов. - Махачкала: Дагестанское книжное издательство, 1971 г. – 252 с.
6. В.С. Аханов и А.А. Федоров «Способ электропрогрева бетона в зимних условиях» Авторское свидетельство СССР № 282107 .
7. А.А. Федоров Исследование режимов термообработки конструкций монолитных железобетонных перекрытий. Труды АКХ им. К. Д. Памфилова №170, М., 1979. – 25 с.

8. Сысоев А.К., Сысоева Н.А., Какурин П.Л. «Термоэлектрический мат» Патент РФ №2304368 .

9. Сысоев А.К., Какурин П.Л. «Термоэлектрический мат» Патент РФ на полезную модель №51059.

10. Виноградова Е.В. Проблемы управления качеством бетонных работ [Электронный ресурс] // «Инженерный вестник Дона», 2012, №3. – Режим доступа: <http://www.ivdon.ru/magazine/archive/n3y2012/1001> (доступ свободный) – Загл. с экрана. – Яз. рус.