

## **НОВЫЙ СПОСОБ ВОЗВЕДЕНИЯ МОНОЛИТНЫХ ЗДАНИЙ В ЗИМНЕЕ ВРЕМЯ**

*С.Г. Головнев, А.Х. Байбурин, Л.А. Беркович*

## **A NEW METHOD OF MONOLITHIC CONSTRUCTIONS BUILDING IN WINTERTIME**

*S.G. Golovnev, A.H. Baiburin, L.A. Berkovich*

Изложена новая технология возведения многоэтажных зданий при отрицательных температурах, защищенная патентом. Показана последовательность теплового воздействия и выдерживания бетона на отдельных этажах зданий, ограничения по допустимым температурным перепадам между поверхностью конструкций и окружающей средой.

*Ключевые слова: многоэтажные здания, технология возведения, зимнее бетонирование.*

A novel patented technology of building of multistoreyed buildings in the sub-zero temperature is given in the article. The heat impact order and concrete curing in certain building floors limited by the acceptable temperature difference between the constructions surface and environment is shown.

*Keywords: multistoreyed buildings, building technology, cold-weather concreting.*

Современная технология располагает значительным количеством способов изготовления монолитных железобетонных конструкций в зимнее время, приоритет в разработке которых принадлежит российским и советским инженерам и ученым [1, 2].

Обоснованные в этих и других публикациях принципы зимнего бетонирования, отраженные в нормативных документах, во многом справедливы и сегодня. Однако в большинстве выполненных ранее исследований были предложены способы в основном для массивных конструкций - фундаменты под колонны и оборудование, тоннели и т. п., но почти нет рекомендаций по возведению зданий и сооружений в целом как систем, состоящих из отдельных конструкций. Тем более что за последнее двадцатилетие изменились конструктивные решения зданий из монолитного железобетона, появились новые опалубочные системы, эффективные утеплители и т. п. Вместе с этим в монолитном строительстве отмечаются и негативные факторы, приводящие к снижению качества конструкций, повышению трудоемкости и увеличению сроков производства работ. В конструкциях, возведенных зимой, наблюдаются дефекты в виде трещин, раковин, вызванных отклонениями от требований норм и руководств, прежде всего в части температурных режимов выдерживания.

Как показали длительные наблюдения за сроками возведения современных многоэтажных монолитных зданий, демонтаж опалубок колонн и особенно влияющих на сроки строительства опа-

лубок перекрытий и последующее загрузку конструкций в зимнее время происходит через 100 часов и более после укладки. Это, естественно, приводит к замедлению сроков окончания работ, уменьшает оборачиваемость дорогостоящих опалубочных систем, снижает качественные показатели.

В связи с изложенным, были проведены комплексные исследования [3, 4], целью которых было получение данных по темпам набора прочности тяжелых бетонов современных составов не только при положительных и отрицательных температурах, но и в условиях раннего нагружения. Отличительной особенностью экспериментальных исследований являлось то, что процесс приготовления бетонной смеси имитировал реальные условия и был двухстадийным. Он состоял из стадии дозирования, загрузки и перемешивания компонентов в стационарном смесителе, а затем дополнительном перемешивании в автобетоносмесителе в процессе транспортирования и перед подачей бетонной смеси.

Полученные данные по прочности бетона существенно отличаются от величин, приведенных в справочниках и пособиях. Это и вполне объяснимо, так как последние были опубликованы более 30 лет назад и до последнего времени не уточнялись. Также были установлены возможности термообработки бетонов, подвергшихся замораживанию в раннем возрасте. Раннее нагружение бетонов классов В30-В60 оказывает положительное влияние на физико-механические свойства в зависимости от начальной прочности и температуры

замораживания, времени последующего твердения при положительных температурах.

Выполненный комплекс исследований дал основания для разработки нового способа возведения монолитных зданий в зимнее время [5].

Сущность способа заключается в том, что термообработку и выдерживание монолитных конструкций осуществляют в несколько стадий. На первой стадии, в зависимости от конструктивной схемы здания и типа опалубочной системы, тепловое воздействие осуществляют путем прогрева бетона перекрытий и других конструкций нагревательными устройствами, расположенными либо внутри конструкции, либо внутри опалубочной системы. Термообработка ведется до набора бетоном частичной прочности, после чего опалубка извлекается, и на последующих стадиях продолжают тепловую обработку уже без опалубки, обеспечивая требуемый температурный режим твердения и постепенное снижение температур в конструкциях.

Предварительно осуществляется разбивка на горизонтальные и вертикальные захватки. Если количество горизонтальных захваток обусловлено, в основном, возможностями строительной организации, то вертикальные захватки обеспечивают постепенное снижение температур и соблюдение нормативных требований по скорости охлаждения и допустимым перепадам (рис. 1).

Другой особенностью новой технологии является поярусность выдерживания бетона. Суть ее заключается в следующем. Если на каком-либо этапе, обозначенном символом  $N$ , термообработка выполняется двумя способами - греющий провод в перекрытии или калориферы, то на следующем ярусе (на этаже  $N-1$ ) тепло подается в забетонированную ячейку монолитного здания только при помощи калориферов. На еще более низком ярусе (этаж  $N-2$ ) осуществляется дозированное охлаждение бетона (либо за счет регулирования потерь тепла, либо за счет дозированных тепловых импульсов - в зависимости от температуры наружного воздуха). Ярусом ниже (этаж  $N-3$ ) тепло либо не подается, либо подается, в зависимости от климатических условий и условий выполнения других работ.

В разработанном стандарте «Правила выполнения бетонных работ при возведении многоэтаж-

ных монолитных гражданских зданий в зимнее время» (ООО «Массив») представлена такая технологическая последовательность. После укладки бетонной смеси в опалубку тепловую обработку ведут до получения бетоном минимальной распалубочной прочности. Эта величина назначается с учетом рекомендаций, изложенных в [3, 4]. Затем прогрев приостанавливают, осуществляют демонтаж опалубочных щитов или объемно-переставной опалубки, сохраняя тепло. Далее продолжают тепловое воздействие уже внутри объема ранее выполненных конструкций. На последних стадиях выдерживания осуществляется постепенное остывание конструкций, зачастую без теплового воздействия на бетон.

Таким образом, эффект достигается за счет поярусной тепловой обработки, а также использования фактора времени. При этом применяются математические зависимости, полученные в виде аналитических выражений, либо графиков или таблиц.

Отличием предлагаемой технологии является и то, что на второй и последующих стадиях выдерживания для уменьшения температурных напряжений применяют мягкие температурные режимы обогрева. Такие режимы хотя и увеличивают время выдерживания, но не влияют на сроки строительства, так как в это время опалубка уже снята и используется на следующей горизонтальной захватке.

Немаловажным преимуществом применения мягких температурных режимов является возможность снижения мощности нагревательных устройств, так как основной расход энергии связан с подъемом температуры. При этом снижаются температурные градиенты в бетоне, и тем самым уменьшается вероятность появления опасных термонапряжений и трещин.

Новый способ по сравнению с известными обладает такими достоинствами:

- тепловая обработка осуществляется до приобретения бетона значительно меньшей распалубочной прочности, что позволяет увеличить оборачиваемость опалубки, сократить сроки строительства;
- применяются мягкие температурные режимы, обеспечивающие снижение установленной мощности и улучшение качества бетона;

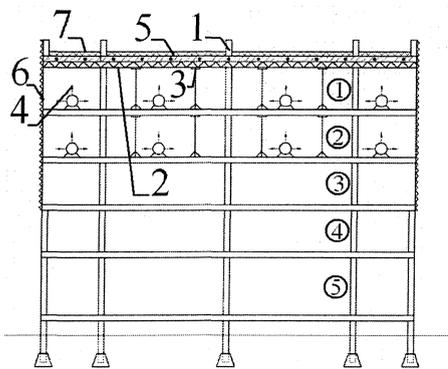


Рис. 1. Поярусная термообработка и выдерживание бетона в конструкциях многоэтажных зданий: 1 – монолитные конструкции; 2 – опалубочная система; 3 – стойки; 4 – калориферы; 5 – греющий провод; 6 – утепленные шторы; 7 – утеплитель; ①...⑤ – ярусы (захватки) термообработки и выдерживания бетона: 1 – зона активной термообработки ( $t = 40-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $R_b > R_{кр}$ ); 2 – зона выдерживания с обогревом ( $t = 20-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $R_b = 60-70\text{ \%}$ ); 3 – зона регулируемого остывания ( $t = 20-0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $\Delta t_{ост}$  и  $V_{ост}$  по СНиП 3.03.01-87); 4 – зона остывания ( $t = 0...-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ); 5 – зона готовых конструкций

-тепловая обработка осуществляется в несколько стадий поярусно, что позволяет регулировать температурные режимы и требуемую прочность бетона на каждом ярусе в зависимости от темпов возведения здания, температуры наружного воздуха, имеющихся мощностей для прогрева.

Предложенная технология в определенной степени развивает способ раннего нагружения различных конструкций в зимнее время [3]. Сущность которого заключается во взаимосвязи возрастающих технологических нагрузок и темпа изменения прочности бетона на различных этапах возведения здания.

Технология раннего нагружения позволяет частично нагружать конструкции фундаментов, колонн, стен, при достижении бетоном прочности 20-50 %, перекрытий - 40-70 % от проектной. При этом сокращается продолжительность строительства за счет совмещения процессов выдерживания и загрузки, уменьшения времени тепловой обработки бетона. Ранняя распалубка и нагружение значительно повышают эффективность строительства, так как бетонные работы находятся на критическом пути технологического процесса возведения монолитных зданий, а интенсивность работы связана с количеством комплектов и темпом оборачиваемости опалубки. Нагрузка определенной величины, приложенная в раннем возрасте, приводит к уплотнению цементного камня, благоприятному изменению форм и размеров капилляров и микропустот. Как результат перечисленных процессов ускоряется рост прочности бетона, улучшаются его физико-механические характеристики.

Разработанные рекомендации реализованы на объектах города Челябинска и в несколько упрощенном варианте в Казахстане. Так в 2007-2008 годах возводился сборно-монолитный 16-этажный жилой дом в объемно-переставной опалубке. Внутренние монолитные стены и перекрытия изготавливались в едином цикле. Выдерживание монолитных конструкций осуществлялось с помощью греющих проводов, калориферов и теплозащитных штор. В соответствии с ранее полученными рекомендациями, после укладки бетонной смеси класса В30 тепловую обработку вели до приобретения

40% проектной прочности (критической при замерзании). Затем прогрев приостанавливали, снимали несущую опалубку, устанавливали временные стойки и продолжали термообработку до получения прочности 70 % от  $R_{28}$ . При этом комплект опалубки высвобождается не через 72 часа (если бы была достигнута прочность 70 %), а через 36 часов.

При низких температурах наружного воздуха (ниже  $-25^{\circ}\text{C}$ ) для выполнения условий СНиП 3.03.01-87 по ограничению скорости остывания и разности температур бетона наружного воздуха при распалубке следует оставлять утепление на ранее возведенных этажах, как это показано на рис. 1.

При организации четырех захваток на этаже и использовании одного комплекта опалубки (площадь на захватку) общее сокращение сроков строительства составит  $(3-1,5) \cdot 4\text{T}6=96$  суток. При нормативной продолжительности строительства монолитных 16-этажных зданий 12-16 месяцев сокращение сроков строительства составит 20-26 %.

#### **Литература**

1. Вавилов, М.В. Зимние строительные работы / М.В. Вавилов, И.Г. Советов. - М.: Стройиздат, 1932.-205 с.
2. Крылов, Б.А. Вопросы теории и производственного применения электрической энергии для тепловой обработки бетона в различных температурных условиях: автореф. дис. ... д-ра техн. наук / Б.А. Крылов. - М., 1970. -32 с.
3. Головнев, С.Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С.Г. Головнев. — Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 1999. - 78 с.
4. Головнев, С.Г. Технология ускоренного возведения многоэтажных зданий из монолитного бетона / С.Г. Головнев, Л.А. Беркович // Академ. вестник УралНИИПроект РААСН. - 2009. - № 1. - С. 75-77.
5. Пат. 2364690 Российская федерация. Способ возведения монолитных зданий в зимнее время / С.Г. Головнев, А.Х. Байбурун, Л.А. Беркович. - Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений Российской Федерации 20 августа 2009 г.

**Поступила в редакцию 1 марта 2010 г.**