

УДК 69.693

С. В. Семенова, кандидат экономических наук, доцент

О. Н. Шабалина, магистрант

Ижевский государственный технический университет имени М. Т. Калашникова

## ПРОБЛЕМЫ БЕТОНИРОВАНИЯ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПРИ НИЗКИХ ТЕМПЕРАТУРАХ

*В статье рассмотрены основные проблемы бетонирования монолитных конструкций при низких температурах. Приведены характеристики основных методов зимнего бетонирования, используемых для получения качественных монолитных конструкций. Проанализированы последствия промерзания бетона и описаны основные методы контроля качества монолитных конструкций.*

**Ключевые слова:** монолитное строительство; технология бетонирования; монолитный бетон; качество бетона; противоморозные добавки.

### Введение

Инновационный подход к вопросам монолитного строительства, выбор и обоснование методов технологии и организации работ стали необходимы не только для развития строительной отрасли, качественного обеспечения зданий и сооружений различного функционального назначения, но и для стратегического прорыва к совершенствованию новых опалубочных систем, научного подхода к их выбору и обоснованию. Архитектурная выразительность, индивидуальность, повышенное качество, долговечность, надежность зданий и сооружений, наименьшие материальные, трудовые, энергетические затраты на их возведение сделали монолитное строительство самым высокотехнологичным видом строительства во всем мире [1].

Высока доля применения монолитного бетона и железобетона в различных странах мира, например, в Израиле, Турции, США и Японии она составляет 95; 89,4; 72,6 и 71,9 % соответственно. Доля использования монолитного бетона в России составляет 60 % от общего объема бетонных конструкций при том, что продолжительность периода с низкими (ниже +5 °С) температурами составляет в центральной части страны около 200 суток.

### Проблемы бетонирования при низких температурах

Монолитные здания обладают рядом преимуществ. К ним относятся возведение зданий в стесненных условиях, устойчивость к влиянию техногенных и неблагоприятных факторов окружающей среды, высокая сейсмостойчивость, которая обеспечивается жесткостью и особой прочностью конструкции. Технология монолитного домостроения позволяет создавать любые криволинейные формы, проектировать и возводить уникальные по своей архитектуре здания со свободными планировками, получать трансформируемое внутреннее пространство с большими пролетами и требуемой высотой потолка. Монолитное строительство позволяет избавиться от стыков, которые являются «слабыми» местами в сборных зданиях, и снизить транспортные расходы [2].

Монолитные здания занимают первые позиции в практике современного жилищного строительства, обладая хорошим качеством, легкостью конструкции, долговечностью и огнестойкостью [3].

Из монолитного бетона возводятся колонны прямоугольного или круглого сечения, пилоны, плиты перекрытия. Усовершенствованные технологии бетонирования позволяют возводить в настоящее время здания из монолитного бетона круглый год. Однако существует ряд трудностей при работе с монолитным бетоном.

Одним из основных недостатков данного строительства является сложность производства работ в зимнее время. Главным недостатком зимнего бетонирования является снижение скорости набора прочности монолитных конструкций. Замерзание бетона до завершения процесса твердения приводит к разрушению формирующихся структурных связей, снижению конечной прочности конструкции, разрушению поверхностного слоя, оголению арматуры, возможно и разрушению всей конструкции. Причиной возникновения данной проблемы является недостаточный контроль температуры в процессе твердения бетона. Это приводит к следующим последствиям [4]:

- недостаточному набору прочности в проектном возрасте;
- изменению технологии прогрева бетона в монолитных конструкциях, вследствие чего возникает недобор прочности; замедление процесса гидратации цемента;
- полному замерзанию воды в бетоне, что способствует полной остановке процесса твердения.

Каким же образом данные факторы действуют на поведение бетона?

Как известно, при повышенных температурах бетон в кратчайшие сроки набирает марочную прочность, поэтому при изготовлении железобетонных изделий на заводах используют пропарочные камеры. В них бетон выдерживают при температуре 70–80 °С и повышенной влажности. Вследствие этого бетон набирает 70 % марочной прочности за 8–12 часов.

При низкой положительной температуре наружного воздуха процесс схватывания и набора прочности замедляется, а при отрицательной температуре может вовсе прекратиться. При вымерзании воды процесс гидратации цемента прекращается, из-за чего не происходит образования цементного камня. Таким обра-

зом, процесс твердения в зимних условиях увеличивается во времени или вовсе прекращается.

Процесс набора прочности бетона при отрицательных температурах возможен за счет использования противоморозных, пластифицирующих (уменьшение количества воды затворения) добавок и дополнительного электрообогрева [5].

Все противоморозные добавки обеспечивают набор прочности бетона до определенной отрицательной температуры. Добавки обладают пластифицирующими и водоредуцирующими свойствами, что позволяет снизить водоцементное отношение. Таким образом, бетонная смесь становится более пластичной и удобоукладываемой, количество химически связанной воды уменьшается, и не происходит образование льда. Также противоморозные добавки, работая в комплексе, превращают воду в электролит, тем самым снижая температуру замерзания [6–9].

Однако введение добавок в бетонную смесь увеличивает общее время набора прочности бетона. Проектную прочность монолитная конструкция при отрицательной температуре наберет через 2–3 месяца. В возрасте 28 суток бетон будет иметь прочность, равную 30 % от марочной [10–13].

В зимних условиях бетон монолитных конструкций должен подвергаться дополнительному тепловому воздействию для набора проектной прочности. На основании исследования [14–18] было установлено, что метод электрообогрева греющими проводами позволяет создать оптимальные температурно-влажностные условия для твердения бетона. Сущность данного метода заключается в передаче тепла в бетон от проводов контактным путем.

Широко применяют технологию электродного прогрева. Она основана на явлении преобразования электрической энергии в тепловую. В данном процессе электроды погружаются в свежесложенный бетон и подключаются в сеть переменного тока. Измеряется удельное сопротивление бетона, которое является одним из главных его параметров [19–23].

Нельзя не сказать о методе «термоса». Укрытие бетона пленкой ПВХ, утеплителем или ТЭМом является наиболее подходящим методом зимнего бетонирования. Такой способ используют для сохранения выделяемого бетоном тепла [24, 25].

В таблице представлены основные методы бетонирования при отрицательных температурах.

#### Методы бетонирования при отрицательных температурах

№ п/п	Метод бетонирования	Результат
1	Противоморозные и пластифицирующие добавки (ПМД)	Снижение водоцементного отношения; уменьшение количества химически несвязанной воды; отсутствие образования льда; снижение температуры замерзания бетонной смеси
2	Электропрогрев с помощью нагревательных проводов	Осуществляется сразу после укладки смеси; производится контроль температуры бетона; набор марочной прочности конструкции за несколько дней
3	Электродный прогрев	Равномерное схватывание смеси; ненарушение целостности конструкции; быстрый набор марочной прочности
4	Метод «термоса»	Сохранение выделяемого тепла бетоном; оттаивание вследствие замерзания конструкции

В процессе замерзания бетона влага мигрирует из тонких капилляров к образовавшимся ледяным включениям, которые увеличиваются в объеме. После оттаивания бетона в местах ледяных включений остаются каверны, которые нарушают монолитность конструкции, снижая тем самым прочность и увеличивая проницаемость [26]. Также изменяются параметры плотности, морозостойкости, водонепроницаемости, происходит коррозия бетона.

Для решения данных проблем необходимо производить контроль качества показателей на строительной площадке. Это касается как входного контроля качества смеси, так и прочностных характеристик бетонной конструкции [27].

Приемочный контроль на площадке заключается в контроле опалубки и арматурных работ, проверке готовности к бетонированию, контроле прочности бетона, приемке бетона по показателям качества и инспекционному контролю [28]. Контроль прочности бетона проводится при производстве бетона, на строительной площадке во время возведения здания и при приемке конструкции. Определение прочности бетона проводится неразрушающими методами контроля.

При производстве работ в различных точках бетонированных конструкций осуществляется измерение температур бетона, а также ведется лабораторный контроль. Качественное бетонирование в зимний период обеспечивается также опытом и уровнем квалификации бригады, производящей бетонные работы, возможностью скорректировать применяемые методы в зависимости от поведения бетона и изменения температурных условий, как внутренних, так и внешних.

#### Выводы

Таким образом, основной проблемой монолитного строительства является сложность работ при отрицательных температурах, которая главным образом сказывается на прочности готовой конструкции. Для решения данной проблемы целесообразно в комплексе применять противоморозные добавки и методы прогрева бетонной смеси. Это способствует снижению температуры замерзания воды в бетоне, тем самым обеспечивая проведение бетонных работ в зимнее время и набору марочной прочности бетона в короткие сроки. Необходимо производить контроль качества монолитной конструкции на строительной площадке в процессе всего строительства.

**Библиографические ссылки**

1. Развитие монолитного строительства и современные опалубочные системы / С. Г. Абрамян [и др.] // Вестн. Волгоград. гос. архитектурно-строительного ун-та. Сер. «Строительство и архитектура». – 2014. – № 36 (55). – С. 231–239.
2. *Адамцевич А. О., Пустовгар А. П.* Оптимизация организации производственных процессов монолитного строительства // Вестн. МГСУ. – 2013. – № 11. – С. 242–248.
3. Там же.
4. *Осипов Алексей Михайлович.* Бетонирование при низких температурах // Инженерный вестник Дона. – 2012. Т. 23. – № 4-2. – С. 161.
5. *Гныря А. И., Коробков С. В.* Технология бетонных работ в зимних условиях : учеб. пособие. – Томск : Изд-во Томск. гос. архитектурно-строительного ун-та, 2011. – С. 412.
6. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures / Fatma Karagöl [et al.] // Cold Regions Science and Technology. – 2013. – № 89. – Pp. 30–35.
7. *Кузьмин И. Б.* Синергобетонирование монолитных конструкций пароразогретыми в автобетоносмесителях смесями : моногр. – Владимир : Владимир. гос. ун-т, 2011. – С. 248.
8. *Миронов С. А.* Теория и методы зимнего бетонирования. – 2-е изд, доп. и перераб. – М. : Гос. издат. лит. по строит. и архитект., 1956. – С. 405.
9. *Дудин М. О.* Организация и технология зимнего бетонирования тонкостенных монолитных конструкций с применением греющего провода. – СПб., 2015. – С. 80.
10. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures / Fatma Karagöl [et al.].
11. *Кузьмин И. Б.* Указ. соч.
12. *Миронов С. А.* Указ. соч.
13. *Дудин М. О.* Указ. соч.
14. *Гныря А. И., Коробков С. В.* Указ. соч.
15. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures / Fatma Karagöl [et al.].
16. *Кузьмин И. Б.* Указ. соч.
17. *Миронов С. А.* Указ. соч.
18. *Дудин М. О.* Указ. соч.
19. *Гныря А. И., Коробков С. В.* Указ. соч.
20. The influence of calcium nitrate as antifreeze admixture on the compressive strength of concrete exposed to low temperatures / Fatma Karagöl [et al.].
21. *Кузьмин И. Б.* Указ. соч.
22. *Миронов С. А.* Указ. соч.
23. *Дудин М. О.* Указ. соч.
24. *Осипов Алексей Михайлович.* Указ. соч.
25. *Гныря А. И., Коробков С. В.* Указ. соч.
26. *Миронов С. А.* Указ. соч.
27. *Адамцевич А. О., Пашкевич С. А. и Пустовгар А. П.* Применение ит-технологий при контроле качества бетонных работ // Вестник МГСУ. – 2011. – № 3-2. – С. 213–217.
28. Там же.

*S. V. Semenova*, PhD in Economics, Associate Professor  
*O. N. Shabalina*, Master's Degree Student  
 Kalashnikov Izhevsk State Technical University

**PROBLEMS OF CONCRETING MONOLITHIC STRUCTURES AT LOW TEMPERATURES**

*The article deals with the main problems of concreting monolithic structures at low temperatures. The characteristics of the main methods of winter concreting, used to obtain high-quality monolithic structures. Analyzed the consequences of freezing of concrete and describes the basic methods of quality control of monolithic structures.*

**Keywords:** monolithic construction; technology of concrete; monolithic concrete; quality of concrete; anti-frost additives.