
WINTER CONCRETING IN CIVIL ENGINEERING

V.V Bystrov

Peter the Great St. Petersburg Polytechnic University,
29 Politechnicheskaya Str., St. Petersburg, 195251, Russia
basil.spb@gmail.com

Article info

Article history:

Received 25 March 2018

Revised 5 April 2018

Accepted 12 June 2018

Available online 5 July
2018

Keywords:

monolithic housing
construction; winter
concreting; concrete
heating; electric
power; technological
processes; anti-frost
additives

Abstract

The construction industry is developing very dynamically. The erection of buildings and structures from concrete is increasingly found in projects of buildings and structures. The purpose of this article is to show the level of domestic technologies of winter concreting. The article contains an overview of the methods of producing concrete works for the construction of buildings and structures in winter at medium negative temperatures. The analysis of winter concreting methods is carried out, their application fields, disadvantages and advantages of each method are described. The estimation of efficiency of application of each of methods of winter concreting and maintenance of a concrete mix in the conditions of average negative temperatures of an environment is given. A technical and economic comparison is presented, based on the intensity of energy inputs and the laboriousness of the work performed. Based on these comparisons, a conclusion was made about the best method of winter concreting.

ЗИМНЕЕ БЕТОНИРОВАНИЕ В ГРАЖДАНСКОМ СТРОИТЕЛЬСТВЕ

Быстров Василий Витальевич

Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого,
195251, Россия, г. Санкт-Петербург, Политехническая ул., 29

АННОТАЦИЯ

Строительная отрасль очень динамично развивается. Возведение зданий и сооружений из бетона все чаще встречается в проектах зданий и сооружений. Целью данной статьи является показать уровень отечественных технологий зимнего бетонирования. Статья содержит обзор методов производства бетонных работ по строительству зданий и сооружений в зимнее время при средне отрицательных температурах. Проведен анализ способов зимнего бетонирования, описаны их области применения, недостатки и преимущества каждого из способов. Дана оценка эффективности применения каждого из способов зимнего бетонирования и выдерживания бетонной смеси в условиях средних отрицательных температур окружающей среды. Представлено технико-экономическое сравнение, основанное на интенсивности энергозатрат и трудоемкости выполняемых работ. На основании этих сравнений сделан вывод о лучшем методе зимнего бетонирования.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: монолитное домостроительство; зимнее бетонирование; прогрев бетона; электроэнергия; технологические процессы; противоморозные добавки

Введение

Проблема выбора заключается в необходимости экономического подхода в выборе технологии зимнего бетонирования. Особенно это относится к возведению зданий из монолитного бетона. Рациональный выбор технологии зимнего бетонирования повышает эффективность строительства, появляется возможность разнообразия архитектурной выразительности и объемно-планировочных решений, при минимальных расходах ресурсов. Это положение является особенно важным для большинства регионов России и Казахстана, где зимний период длится более 6 месяцев в году.

Многовековая строительная практика, основанная на применении различных материалов, выработала ряд специальных технологий, которые соответствующим образом отвечают на изменения окружающей среды.

Методы зимнего бетонирования обеспечивают твердение бетонов в условиях отрицательных температур наружного воздуха, при которых без специальных мероприятий замедляется или полностью прекращается процесс твердения бе-

тона. Бетон - универсальный строительный материал, стоимость производства бетонных работ по стоимости приближается к 40% от общей стоимости строительных работ. Процесс изготовления сборных железобетонных изделий и бетонирования монолитных конструкций - это длительный, трудоемкий и дорогой процесс. Наиболее длительным процессом является выдерживание отформованных конструкций, продолжительность набора прочности при нормальных условиях составляет от 7 до 28 суток. В связи с существующими темпами строительства сокращение сроков набора прочности конструкций стало одной из приоритетных задач. Стоит учитывать, что при выполнении работ в зимнее время стоимость 1 м³ бетона становится дороже на 40-50% по сравнению с выполнением таких же работ в летнее время.

Переход к зимнему бетонированию обычно осуществляется при среднесуточной температуре наружного воздуха ниже +5°C и минимальной ниже 0°C. Это позволяет с определенным запасом предохранить свежееуложенный бетон от замораживания и обеспечить выполнение

проектных требований к бетону по прочности, морозостойкости и водонепроницаемости [1].

Окончательный выбор метода производства бетонных работ в зимнее время должен быть подкреплён экономическими показателями [3].

Исследованием вопросов зимнего бетонирования в разное время занимались такие ученые, как К.М. Мозгалева, Л.А. Беркович, А.Б. Тринкер, Ю.А. Корытов, С.В. Никоноров, А.С. Побежимова и другие.

Сейчас существует множество методов зимнего бетонирования, как в России, так и за рубежом. В этой статье рассмотрены самые распространенные отечественные способы работы с бетоном в зимнее время года, такие как метод «термоса», бетонирование с химдобавками, электрообогрев, инфракрасный прогрев и индукционный обогрев.

Материалы и методы

Для нашей страны бетонирование в условиях отрицательных температур неизбежно, т.к. здания и сооружения возводятся круглогодично, а в некоторых регионах и вовсе столбик термометра редко поднимается выше значения 0°C.

От условий бетонирования зависит прочность и качество возводимой конструкции, а также быстрота ее возведения. Очевидно, что в 21 веке строительство не должно полностью зависеть от условий окружающей среды, поэтому на строительной площадке, при необходимости, создаются особые условия бетонирования, которые позволяют существенно ускорить темп возведения зданий и улучшить их эксплуатационные характеристики, но при этом стоимость строительства возрастает.

Подбор способа осуществления «зимних» бетонных работ обусловлено некоторыми факторами:

- назначение конструкции;
- размеры;
- способ укладки;

- температура окружающего воздуха;
- время на набор прочности;
- трудозатраты;
- сроки производства работ;
- затраты на оборудование и материалы.

В зимних условиях бетонные работы проводят с использованием смесей, содержащих противоморозные добавки, утепляют свежеложенный бетон с помощью пара, горячего воздуха или электроэнергии [5].

В России наибольшее использование нашли метод «термоса», метод бетонирования с химическими добавками и электропрогрев. Выбор того или иного способа обуславливается рядом факторов:

1. «Термос» - громоздкостью конструкции, низкой температурой воздуха, простой работ, а также существенным временем набора прочности;
2. Бетонирование с химдобавками - отсутствием энергии, значительным временем набора прочности и небольшой отрицательной температурой;
3. Электропрогрев - размерами, потребностью быстрого набора прочности.

Итоговый выбор способа зимнего бетонирования должен быть обоснован экономическими параметрами [6].

Результаты и обсуждения

Метод «термоса».

В соответствии с СП 70.13330.2012 «Несущие и ограждающие конструкции» преимущество по экономичности возведения методом термоса имеют массивные монолитные фундаменты, блоки, плиты, стены, колонны, рамные конструкции при использовании быстротвердеющих портландцементов.

Технология этого метода заключается в том, что нагретую до 25...45°C с помощью электродов бетонную смесь привозят на площадку и укладывают в опалубку. После окончания бетонных работ строительная форма укрывается теплоизоляционным материалом, потому что при высо-

кой температуре бетон во время доставки загустевает (рис. 1). Закрытый от холодного воздуха бетон начинает затвердевать под действием тепла, внесенного в бетонную смесь при подогреве, а также от тепла, выделяемого экзотермическими реакциями, происходящими в процессе твердения цемента.

Правильно рассчитав толщину теплоизоляции и технологию укладки бетона блоками, можно производить бетонные работы практически при любой отрицательной температуре наружного воздуха. «Метод термоса» не требует значительных дополнительных затрат электроэнергии и топлива [7].

Способ «термоса» не следует применять при среднесуточной температуре воздуха меньше $+5^{\circ}\text{C}$ и минимальной температуре меньше 0°C . Требуется утеп-

лять части конструкции, остывающие быстрее основной части (углы, выступы, закладные детали, ребра), образуя тем самым одинаковое охлаждение [6].

Продолжительность остывания изделий, выдерживающихся методом «термоса», влияет несколько факторов: размеры и формы конструкции, теплофизические характеристики бетона, температура наружного воздуха, скорость ветра и т.д.

Достоинства:

- низкая стоимость;
- простота изготовления;

Недостатки:

- малая эффективность при особо низких температурах;
- не подходит для сложных изделий;
- маленькая площадь охлаждения.

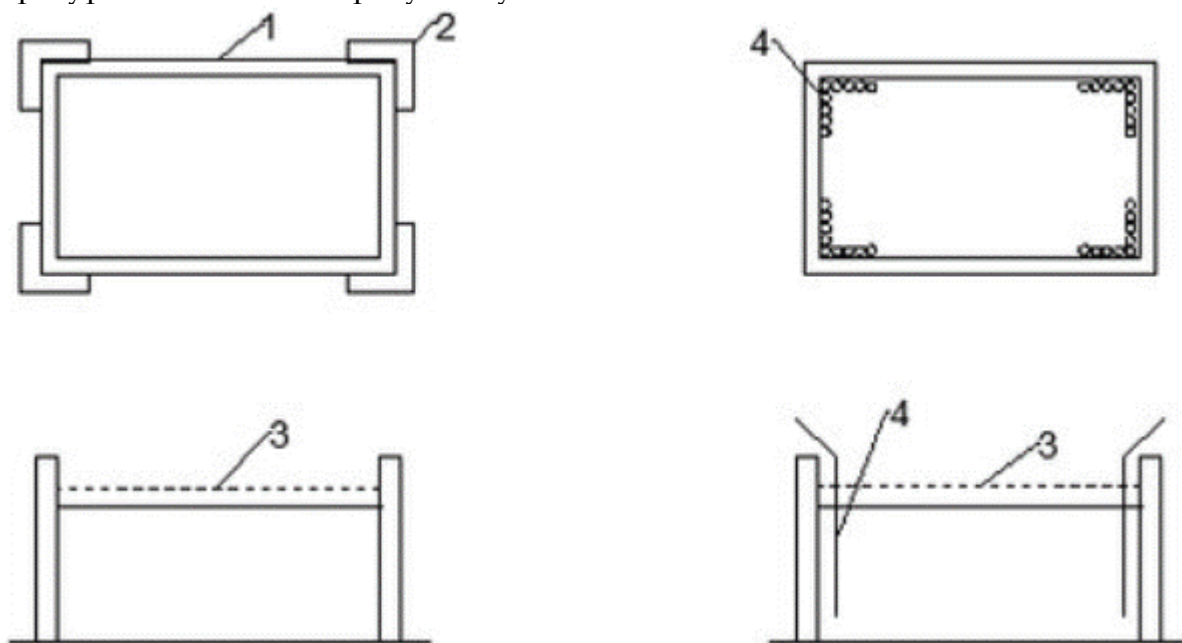


Рис. 1. Дополнительные мероприятия по утеплению блоков методом «термоса», а - планы; б - разрезы. 1 - теплая опалубка; 2 - утепление углов; 3 - укрытие; 4 - электрообогрев углов.

Плюсы данной технологии:

- Высокая эффективность для массивных конструкций;
- Качество бетона сопоставимо с качеством бетона при нормальном твердении;
- Нет необходимости предусматривать на объекте дополнительное оборудование;

Минусы:

- Не в каждом городе завод готов предоставить услугу предварительного разогрева бетонных смесей;
 - Дополнительные расходы;
 - Выдерживание бетона в тепляках.
- Данный способ актуален в зимнее время при отрицательных температурах окружающей среды. Основная идея со-

стоит в ограждении бетонизируемой конструкции от негативного влияния отрицательной температуры и ветра, а также создании в тепляке положительной температуры на время выдерживания бетона до набора заданной прочности.

Для поддержания требуемой температуры воздуха в тепляках рекомендуется использовать воздухоподогреватели, работающие на жидком топливе.

При въезде внутрь объемного тепляка автомашины и работе в нем строительных механизмов с двигателями внутреннего сгорания кратность воздухообмена должна соответствовать требованиям действующих санитарных норм.

Для поддержания в тепляках требуемой температуры возможно применение пара или электроэнергии.

Плюсы данной технологии:

- Многооборотчиваемость;
- Простота монтажа конструкций;
- Качество бетона сопоставимо с качеством бетона при нормальном твердении;

Минусы:

- Необходимо предусмотреть дополнительное оборудование для нагнетания воздуха, а также теплогенератор;
- Дополнительные расходы на электроэнергию или топливо;

Метод использования противоморозных добавок.

При низких температурах вода в бетонной смеси начинает кристаллизоваться, как следствие, бетон становится рыхлыми и не достигает нужной прочности. Противоморозные добавки понижают температуру замерзания воды в смеси и ускоряют твердение бетона [2].

Бетону с противоморозными добавками необходимо меньше количества воды, чем обычным бетонам. Это объясняет повышенную прочность и морозостойкость бетона с добавками из солей, следовательно, и водоцементное соотношение у таких бетонов меньше, чем у эталонного, изготовленного из равных смесей.

Объем и разновидность примеси устанавливается в зависимости от окружающей среды, назначения бетонной смеси и учитывая конструктивные и эксплуатационные особенности бетонизируемого объекта. Оптимальное количество добавки имеет важное значение. Недостаток примеси может привести к преждевременному замерзанию, что ведет к разрушению конструкции. В свою очередь превышение нормативной концентрации модификатора приводит к замедлению твердения.

Плюсы данной технологии:

- Бетонная смесь не замораживается при отрицательных температурах;
- Нет необходимости предусматривать на объекте дополнительное оборудование;

Минусы:

- Введение добавок вносит изменения в структуру бетона, что может отрицательно сказаться на качестве;
- Дополнительные расходы;

Методы искусственного электрообогрева

Смысл метода искусственного прогрева в том, чтобы прогреть уложенный бетон до максимальной температуры и поддерживать эту температуру в течение некоторого времени. В это время бетон достигает требуемой прочности. Искусственный прогрев -совокупность методов, сформированных на принципе использования электрической энергии от источника и перевода ее в тепловую.

Из многочисленных методов рассмотрим следующие:

1. Электродный прогрев;
2. Электромагнитный нагрев;
3. Инфракрасный обогрев.

Электродный прогрев

Электродный прогрев (рис. 2) предполагает введение в бетон или расположение на его поверхности электродов, подключаемых к трансформатору [8]. В итоге электрическое поле обогревает бетон.

Вязущие и заполнители в сухом состоянии обладают высоким сопротивлением, вода является хорошим проводником, вследствие чего свежееуложенный бетон хорошо проводит электрический ток.

Плюсы данной технологии:

- Возможность прогрева конструкций вне зависимости от степени их армирования;
- Трудоемкость работ меньше, чем при других способах электронного прогрева;

Минусы:

- Дополнительные расходы на электроэнергию и оборудование;
- Щиты термоактивной опалубки имеют определенные размеры и форму;
- Малая эффективность для массивных конструкций;
- Негативное влияние разогрева твердеющего бетона на качество;

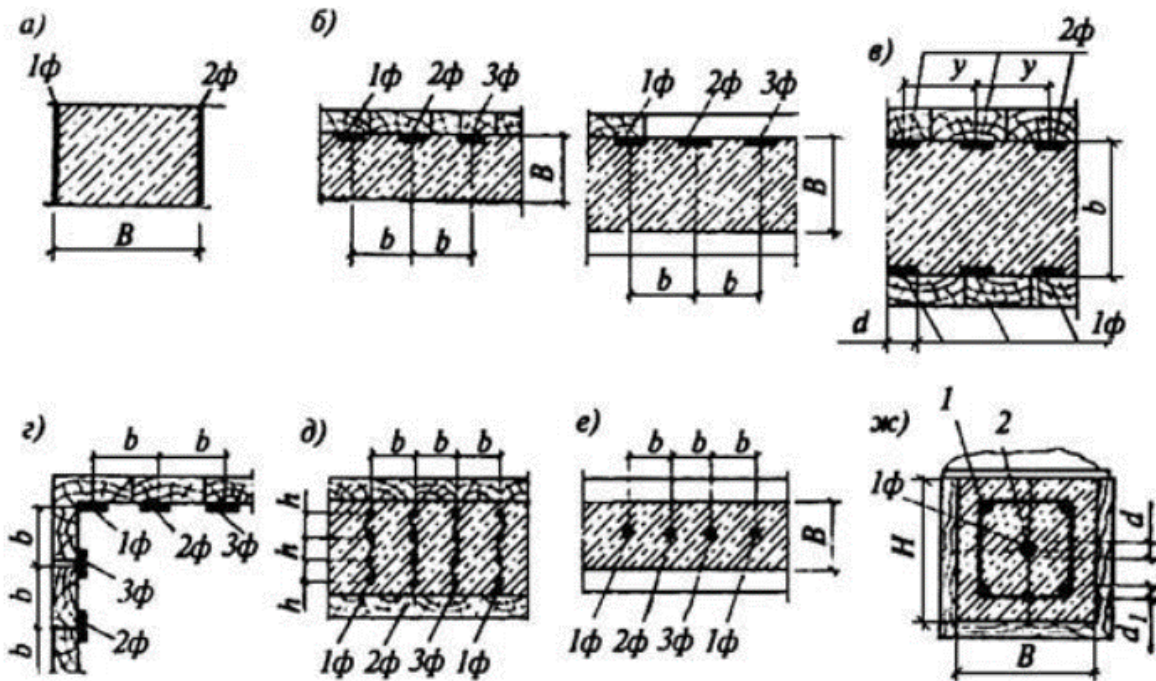


Рис. 2. Схемы размещения электродов

а) пластинчатых; б) при периферийном прогреве; в) при двухстороннем сквозном прогреве; г) при периферийном прогреве массивных конструкций полосовыми электродами и; д) при прогреве при помощи плоских групп стержневых электродов; е) при прогреве стержневыми электродами; ж) при прогреве струнными электродами; 1φ, 2φ, 3φ - фазы понижающего трансформатора; 1 - арматура; 2 - струны.

Нагрев в электромагнитном поле

Способ индукционного нагрева применяется в основном для длинномерных конструкций, таких как колонны, сваи, ЛЭП и другие, характеризующиеся

малой площадью поперечного сечения, содержащих внутри себя армирование.

Метод основан на магнитной индукции. Вокруг залитой железобетонной конструкции располагают петлями кабель, служащий катушкой (индуктором) переменного тока, а армирование - сердечником.

Расчет состоит в вычислении витков индуктора, число которых требуется для обеспечения необходимого напряжения магнитного поля для нагрева конструкции.

Достоинства:

- малая стоимость;
- равномерность прогрева;

– отсутствие дополнительного оборудования.

Недостатки:

- сложные расчеты;
- ограничение по размерам конструкций.

Инфракрасный обогрев

Одним из способов обогрева бетона в зимнее время является использование инфракрасного излучения, которое имеет свойство поглощаться телами и превращаться в тепловую энергию. Инфракрасные лучи являются частью спектра электромагнитных волн, скорость их распространения в вакууме равно 2,988108 м/с.

Суть метода заключается в расположении инфракрасных обогревателей непосредственно рядом с конструкцией (рис. 3). Тепло от источника передается мгновенно, а далее тело прогревается за счет своей теплопроводности [8]. В этом случае вода в бетоне не будет кристаллизоваться.

Для обогрева монолитных конструкций чаще всего используют ТЭНы серого

цвета с мощностью до сотен кВт и температурой излучающей поверхности от 600 до 2500 К. Опалубку покрывают черным цветом для повышения эффективности прогрева за счет поглощающих свойств. В России нашли популярность три вида излучателей: металлические ТЭНы, кварцевые и карборундовые стержневые.

Однако данный метод не работает при толщине бетона больше 70 см, только при использовании дополнительно других методов.

Достоинства:

- малые энергозатраты;
- отсутствие дополнительного оборудования;
- большая тепловая эффективность.

Недостатки:

- малая рабочая площадь и высота прогрева;
- необходимость дополнительного пространства.

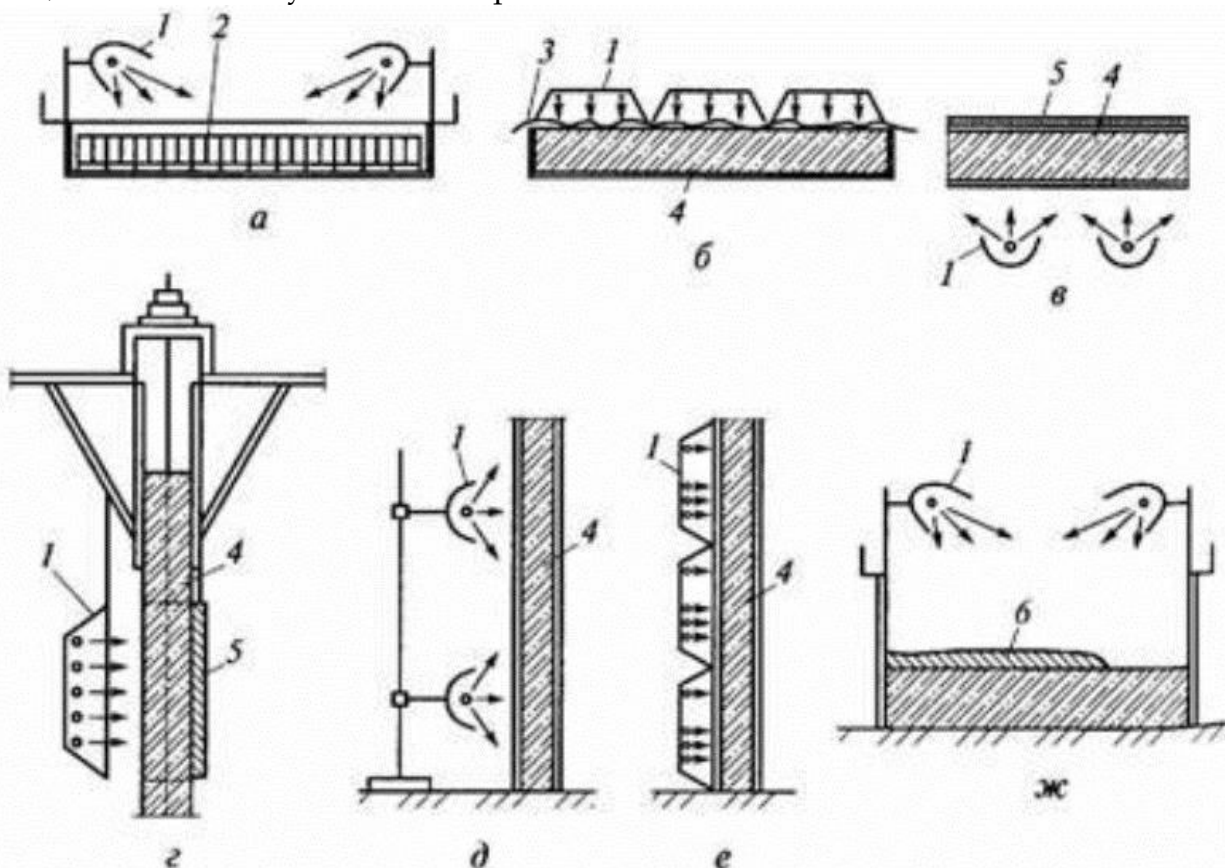


Рис. 3. Схемы инфракрасного нагрева

а - обогрев арматуры плиты; б, в - термообработка бетона плиты (сверху и снизу); г - локальная термообработка бетона при возведении высотных сооружений в скользящей опалубке; д, е - термообработка бетона стен; ж - тепловая защита укладываемой бетонной смеси. 1 - инфракрасная установка; 2 - арматура плиты; 3 - синтетическая пленка; 4 - термообрабатываемый бетон; 5 -

теплоизолирующий мат; 6 - укладываемая бетонная смесь.

Результаты

Окончательный выбор эффективного способа зимнего бетонирования осуществляется сопоставлением технико-экономических показателей, а именно приводится сравнение по показателям трудозатрат (чел. час) и расхода электроэнергии (кВт в час) на 1м³ бетона (табл. 1).

Таблица 1 - Сравнение технико-экономических показателей методов зимнего бетонирования

Название метода	Затраты	Расход электроэнергии
	труда чел/ч	гии (кВт х ч)/м ³
Метод «термоса»	0,9	54 (50-80)
Противоморозные добавки	0,13	-
Электродный прогрев	3,03	76,5 (80-120)
Индукционный прогрев	22,5	263(120-180)
Инфракрасный обогрев	5,25	228,2(120-200)

Данные в таблице 1 приняты согласно комплекту технологических карт, на производство монолитных бетонных работ при отрицательных температурах воздуха, введенных Распоряжением Управления развития Генплана №6 от 07.04.98 [9-13]. Значения в скобках даны на основе более современной литературы [6].

Исходя из технико-экономических показателей можно сделать вывод, что самым оптимальным является способ «термоса», имеющий наиболее простую технологию и экономию использования. В районах без критически низких темпера-

тур это метод рассчитывается в первую очередь. В районах крайнего севера используют альтернативные варианты, либо комбинированный метод «термоса» с введением противоморозных добавок, так как это второй по экономичности способ [7].

На основе изученной литературы и сравнения технико-экономических показателей, можно выделить наиболее прогрессивные комбинированные методы зимнего бетонирования в зависимости от минимальной температуры воздуха и вида возводимых конструкций (табл. 2).

Таблица 2 - Область применения методов зимнего бетонирования

Вид возводимых конструкций при отрицательных температурах	Минимальная температура воздуха, °С	Методы зимнего бетонирования
Массивные железобетонные и бетонные фундаменты, плиты и блоки с М _п до 3	До -5	Термос
	До-20	Термос + ускорители твердения бетона
	До-25	Термос + противоморозные добавки

Фундаменты (под конструкции зданий/оборудование/массивные стены) с $M_{п}$ от 3 до 6	До -15	Термос, в т.ч. с использованием противоморозных добавок/ускорителей твердения
	До-25	Предварительный и инфракрасный разогрев бетонной смеси
	До -35	Периферийный электропрогрев
Балки, колонны, элементы рамных конструкций, прогоны, свайные ростверки, перекрытия и стены с $M_{п}$ от 6 до 10	До -15	Термос + противоморозные добавки; Инфракрасный обогрев; Индукционный нагрев.
	До-20	Электродный прогрев в сочетании с термоактивными гибкими покрытиями + противоморозные добавки
Полы, плиты перекрытий, перегородки, тонкостенные конструкции с $M_{п}$ от 10 до 20	До -35	То же; Инфракрасный обогрев.

Заключение

В нашей стране развитие зимнего бетонирования является залогом повышения эффективности монолитных работ в холодное время года. Основное условия применения рассмотренных методов - равномерный медленный прогрев бетона. Однако за счет только лишь прогрева специальными устройствами не всегда удается достичь требуемых результатов, особенно учитывая стоимость электроэнергии в современном мире. Поэтому в современном домостроении практически не применяются бетоны без добавок [14], которые способствуют понижению температуры замерзания воды в бетонной смеси и обеспечивают бетонные работы даже при минусовых температурах.

Таким образом, в результате проведенного исследования, на сегодняшний день в России используется множество методов монолитных работ зимой, даже при температурах до -35°C . Технико-экономическое сравнение показало наиболее эффективность метода «термоса», но исходя из плюсов и минусов каждой технологии, наиболее оптимальным являются комбинированные методы с добавлением противоморозных добавок.

Список литературы

1. Молодин В.В. Технология зимнего бетонирования строительных конструкций с управлением термообработкой бетона путём моделирования температурных режимов: Автореф. дис. на соиск. уч. степ. докт. техн. наук – Новосибирск, 2012. – с. 15.
2. Агзамов Ф.А., Ломакина Л.Н., Гафурова Э.А., Бикмеева Н.Б. Исследование процессов структурообразования бетона в условиях зимнего бетонирования - Электронный научный журнал № 6 «Нефтегазовое дело», 2013. с. 387.
3. Колчеданцев А.Л. Совершенствование технологии бетонирования монолитных конструкций с предварительным разогревом бетонных смесей: дисс. на соиск. уч. степ. канд. техн. наук – СанктПетербург, 2006. – с. 157.
4. Колчеданцев Л.М. Технологические основы монолитного бетона. Зимнее бетонирование / Л.М. Колчеданцев, А.П. Васин, И.Г. Осипенкова, О.Г. Ступакова – Лань, 2016. – С. 83-84.
5. Тринкер А.Б. Зимнее бетонирование и работы в условиях вечной мерзлоты // Технологии бетонов. 2013. №2. С. 42-44.
6. Садович, М. А. Методы зимнего бетонирования в условиях севера / М. А. Садович. – Братск, 2009.
7. Ушмаров, Ю. К. Методы производства бетонных работ в зимний период с использованием электропрогрева : учеб. пособие / Ю. К. Ушмаров, В. Ю. Гробов, Т. С. Пучнина. – Хабаровск : Изд-во ДВГУПС, 2008.
8. ТР 80-98. Технические рекомендации по технологии бетонирования безобогревным спосо-

бом монолитных конструкций с применением термоса и ускоренного термоса. М. : Стройиздат, 1998.

9. Пиотрович, А. А. Исследование эффективности контроля качества сооружения теплоограждающих конструкций заказчиком [Текст] / А. А. Пиотрович, А. А. Сульдин // Научнотехническое и экономическое сотрудничество стран АТР в XXI в. : тр. Всерос. конф. Т. 2. – Хабаровск : Издво ДВГУПС, 2011. – С. 275–283.

10. Бржанов Р. Т. Проблемы выбора методов зимнего бетонирования / Р. Т. Бржанов // Вестн. ПГУ. – 2009. – № 2.

11. Технологическая карта на электродный прогрев конструкций из монолитного бетона. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998.

12. Технологическая карта на индукционный прогрев монолитных конструкций. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998.

13. Технологическая карта по инфракрасному обогреву монолитных конструкций. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998.

14. Головнев С.Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития // Вестник ВолгГАСУ. Серия «Строительство и архитектура». 2013. № 31(50) ч. 2. С. 529- 534.

15. Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г., Нохрина Е.Н. Исследование теплового режима обогрева бетонных конструкций при зимнем бетонировании // Естественные науки и техносферная безопасность. Сборник статей по материалам 72-й Всероссийской научно-технической конференции. 2015. С. 171-177.

16. Никоноров С. В., Байбурин А. Х., Кнутаева Н.В. Методика расчета технологических параметров метода «термоса», обеспечивающая гарантированный набор прочности бетона // Вестник южно-уральского государственного университета. 2005. № 13(53). С. 79-80.

17. R. S. Ghosh, J. N. Mustard Winter concreting in Canada // Canadian journal of civil engineering. 2011. №10(3). 510-526 p.

18. T. Kowatari, H. Ishikawa, T. Tanno, K. Madokoro Construction of Mass Concrete and Winter Concreting on Foundation of Bridge // Concrete Journal. 1988. № 26(12). 22-29 p.

19. S. Papatzani Effect of nanosilica and montmorillonite nanoclay particles on cement hydration and microstructure // Materials Science and Technology. 2016.

20. T. Foley, C. Schexnayder Placing Winter Concrete: Pearl Harbor Memorial Bridge // Practice periodical on structural design and construction. 2014. № 20(3).

21. L. A. Barna, P.M. Seman, C.J. Corhonen Cold Weather Admixture Systems Demonstration at Fort Wainwright, Alaska // ERDC/CRREL TR-10-6. 2010.

22. B. M. Erakhtin Theoretical basis of designing concrete dams with consideration of construction operations // Hydrotechnical construction. 1998. № 32(2). 82-88 p.

23. Galina Fedorova, Vladimir Mestnikov, Olga Matveeva, Evgenye Nikolayev. Features of High-Strength Concrete Creation for Concreting of Monolithic Constructions in the Far North Conditions. // Procedia Engineering №57. 2013. Pp.264-269;

24. Essam A. Kishar, Doaa A. Ahmed, Maha R. Mohammed, Rehab Noury. Effect of calcium chloride on the hydration characteristics of ground clay bricks cement pastes // Beni - suef university journal of basic and applied sciences. 2013. №2. Pp. 20- 30;

25. Jiří Zach, Martin Sedlmajer, Jitka Hroudova, Aleš Nevařil. Technology of Concrete with Low Generation of Hydration Heat // Procedia Engineering №65. 2013. Pp. 296 – 301;

26. L. Kivekäs, M. Leivo Research and use of antifreeze admixtures in Finland // Third International RILEM Symposium on Winter Concreting. 1985. 208 – 222 p.

27. M.Taniguchi, O. Katsura, Y. Hama A proposal of temperature-time function on the strength development of concrete under sub-zero temperature // Journal of structural and construction engineering. 2009. №74(640). 995-1003 p.

28. Peter Paulik. The Effect of Curing Conditions (In Situ vs. Laboratory) on Compressive Strength Development of High Strength Concrete // Procedia Engineering № 65, 2013, Pp. 113 – 119;

29. Zhu, Bofang Thermal stresses and temperature control of mass concrete // Kidlington, Oxford : ButterworthHeinemann. 2014.

References

1. Molodin V.V. Tekhnologiya zimnego betonirovaniya stroitelnykh konstruksiy s upravleniyem termoobrabotkoy betona putem modelirovaniya temperaturnykh rezhimov: Avtoref. dis. na soisk. uch. step. dokt. tekhn. nauk – Novosibirsk, 2012. – s. 15.

2. Agzamov F.A., Lomakina L.N., Gafurova E.A., Bikmeyeva N.B. Issledovaniye protsessov strukturoobrazovaniya betona v usloviyakh zimnego betonirovaniya - Elektronnyy nauchnyy zhurnal № 6 «Neftegazovoye delo», 2013. s. 387.

3. Kolchedantsev A.L. Sovershenstvovaniye tekhnologii betonirovaniya monolitnykh konstruksiy s predvaritelnyim

razogrevom betonnykh smesey: diss. na soisk. uch. step. kand. tekhn. nauk – SanktPeterburg, 2006. – s. 157.

4. Kolchedantsev L.M. Tekhnologicheskiye osnovy monolitnogo betona. Zimneye betonirovaniye / L.M. Kolchedantsev, A.P. Vasin, I.G. Osipenkova, O.G. Stupakova – Lan, 2016. – S. 83-84.

5. Trinker A.B. Zimneye betonirovaniye i raboty v usloviyakh vechnoy merzloty // Tekhnologii betonov. 2013. №2. S. 42-44.

6. Sadovich, M. A. *Metody zimnego betonirovaniya v usloviyakh severa* / M. A. Sadovich. – Bratsk, 2009.
7. Ushmarov, Yu. K. *Metody proizvodstva betonnykh rabot v zimniy period s ispolzovaniyem elektroprogreva* : ucheb. posobiye / Yu. K. Ushmarov, V. Yu. Grobov, T. S. Puchnina. – Khabarovsk : Izd-vo DVGUPS, 2008.
8. TR 80-98. *Tekhnicheskkiye rekomendatsii po tekhnologii betonirovaniya bezobogrevnym sposobom monolitnykh konstruksiy s primeneniym termosy i uskorennoy termosy*. M. : Stroyizdat, 1998.
9. Piotrovich, A. A. *Issledovaniye effektivnosti kontrolya kachestva sooruzheniya teploograzhdayushchikh konstruksiy zakazchikom* [Tekst] / A. A. Piotrovich, A. A. Suldin // *Nauchnotekhnicheskoye i ekonomicheskoye sotrudnichestvo stran ATR v KhKhI v* : tr. Vseros. konf. T. 2. – Khabarovsk : Izd-vo DVGUPS, 2011. – S. 275–283.
10. Brzhanov R. T. *Problemy vybora metodov zimnego betonirovaniya* / R. T. Brzhanov // *Vestn. PGU*. – 2009. – № 2.
11. *Tekhnologicheskaya karta na elektrodnyy progrev konstruksiy iz monolitnogo betona*. M.: OAO PKTIpromstroy, 1998.
12. *Tekhnologicheskaya karta na induktsionnyy progrev monolitnykh konstruksiy*. M.: OAO PKTIpromstroy, 1998.
13. *Tekhnologicheskaya karta po infrakrasnomu obogrevu monolitnykh konstruksiy*. M.: OAO PKTIpromstroy, 1998.
14. Golovnev S.G. *Zimneye betonirovaniye: etapy stanovleniya i razvitiya* // *Vestnik VolgGASU. Seriya «Stroitelstvo i arkhitektura»*. 2013. № 31(50) ch. 2. S. 529- 534.
15. Vytchikov Yu.S., Belyakov I.G., Nokhrina Ye.N. *Issledovaniye teplovogo rezhima obogreva betonnykh konstruksiy pri zimnem betonirovanii* // *Yestestvennyye nauki i tekhnosfernaya bezopasnost. Sbornik statey po materialam 72-y Vserossiyskoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii*. 2015. S. 171-177.
16. Nikonorov S. V., Bayburin A. Kh., Knutareva N.V. *Metodika rascheta tekhnologicheskikh parametrov metoda «termosa», obespechivayushchaya garantirovanny nabor prochnosti betona* // *Vestnik yuzhno-uralskogo gosudarstvennogo universiteta*. 2005. № 13(53). S. 79-80.
17. R. S. Ghosh, J. N. *Mustard Winter concreting in Canada* // *Canadian journal of civil engineering*. 2011. №10(3). 510-526 p.
18. T. Kowatari, H. Ishikawa, T. Tanno, K. Madokoro *Construction of Mass Concrete and Winter Concreting on Foundation of Bridge* // *Concrete Journal*. 1988. № 26(12). 22-29 p.
19. S. Papatzani *Effect of nanosilica and montmorillonite nanoclay particles on cement hydration and microstructure* // *Materials Science and Technology*. 2016.
20. T. Foley, C. Schexnayder *Placing Winter Concrete: Pearl Harbor Memorial Bridge* // *Practice periodical on structural design and construction*. 2014. № 20(3).
21. L. A. Barna, P.M. Seman, C.J. Corhonen *Cold Weather Admixture Systems Demonstration at Fort Wainwright, Alaska* // *ERDC/CRREL TR-10-6*. 2010.
22. B. M. Erakhtin *Theoretical basis of designing concrete dams with consideration of construction operations* // *Hydrotechnical construction*. 1998. № 32(2). 82-88 p.
23. Galina Fedorova, Vladimir Mestnikov, Olga Matveeva, Evgenye Nikolayev. *Features of High-Strength Concrete Creation for Concreting of Monolithic Constructions in the Far North Conditions*. // *Procedia Engineering №57*. 2013. Pp.264-269;
24. Essam A. Kishar, Doaa A. Ahmed, Maha R. Mohammed, Rehab Noury. *Effect of calcium chloride on the hydration characteristics of ground clay bricks cement pastes* // *Beni - suief university journal of basic and applied sciences*. 2013. №2. Pp. 20- 30;
25. Jiří Zach, Martin Sedlmajer, Jitka Hroudová, Aleš Nevařil. *Technology of Concrete with Low Generation of Hydration Heat* // *Procedia Engineering №65*. 2013. Pp. 296 – 301;
26. L. Kivekäs, M. Leivo *Research and use of antifreeze admixtures in Finland* // *Third International RILEM Symposium on Winter Concreting*. 1985. 208 – 222 p.
27. M.Taniguchi, O. Katsura, Y. Hama *A proposal of temperature-time function on the strength development of concrete under sub-zero temperature* // *Journal of structural and construction engineering*. 2009. №74(640). 995-1003 p.
28. Peter Paulik. *The Effect of Curing Conditions (In Situ vs. Laboratory) on Compressive Strength Development of High Strength Concrete* // *Procedia Engineering № 65*, 2013, Pp. 113 – 119;
29. Zhu, Bofang *Thermal stresses and temperature control of mass concrete* // *Kidlington, Oxford : ButterworthHeinemann*. 2014.