

Г.Н. РЯЗАНОВА  
Д.М. ПОПОВА

## АНАЛИЗ СУЩЕСТВУЮЩИХ МЕТОДОВ ВОЗВЕДЕНИЯ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ МОНОЛИТНОГО БЕТОНА И ЖЕЛЕЗОБЕТОНА В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

### ANALYSIS OF EXISTING METHODS OF CONSTRUCTION FROM MONOLITHIC CONCRETE AND REINFORCED CONCRETE IN WINTER CONDITIONS

Рассмотрены преимущества монолитного бетона и железобетона по сравнению с традиционными технологиями. Дана оценка структуры строительных технологий. Приведен анализ основных методов зимнего бетонирования с разработкой структуры обогревного и безобогревного методов. Описаны основные методы выдерживания бетона и железобетона при отрицательных температурах окружающей среды. Разработан алгоритм оценки методов зимнего бетонирования по технико-экономическим показателям: затратам труда и расходу электроэнергии. Намечены перспективы разработки с учетом технико-экономической эффективности варианта комбинирования безобогревного и обогревного методов для дальнейшего исследования.

**Ключевые слова:** зимнее бетонирование, методы прогрева бетона, монолитный бетон, железобетон, метод «термоса», противоморозные добавки в бетон, прогрев в тепляках, инфракрасный обогрев, электродный прогрев

Возведение зданий и сооружений из монолитного бетона и железобетона прочно вошло в практику современного строительства, имея неоспоримые преимущества перед другими технологиями [1–6]:

- независимость возведения монолитных конструкций от стандартных шагов, что позволяет архитекторам и проектировщикам не привязываться к стандартным типоразмерам конструкций и быть свободными в принятии проектных решений;
- применение монолитных конструкций позволяет существенно уменьшить толщину стен и перекрытий и, как следствие этого, уменьшается нагрузка на фундаменты, что снижает стоимость их устройства. Учитывая, что их стоимость составляет более трети стоимости возведения объекта, – это немаловажный фактор;
- производство работ организовывается непосредственно на строительной площадке, что существенно облегчает логистику доставки материалов. При четко отработанной схеме доставки возведение конструкций выполняется в более короткие сроки по сравнению со сборным строительством;
- монолитное строительство позволяет устраивать практически бесшовную конструкцию, что ска-

*The advantages of monolithic concrete and reinforced concrete in comparison with traditional technologies are considered. The evaluation of the structure of construction technology is given. The analysis of the main methods of winter concreting with the development of the structure of heating and non-heating methods is given. The main methods of maintaining concrete and reinforced concrete at negative ambient temperatures are described. An algorithm for estimating the methods of winter concreting for technical and economic indicators is developed: labor costs and electricity consumption. Prospects for the development taking into account the technical and economic effectiveness of the option of combining non-heating and heating methods for further investigation are outlined.*

**Keywords:** winter concreting, concrete heating methods, monolithic concrete, reinforced concrete, thermos method, antifreeze additives to concrete, heating in hothouses, infrared heating, electrode heating

зывается на повышении показателей тепло- и звукопроницаемости, а также долговечности;

- расход цемента и арматуры в несущих конструкциях снижается в среднем на 20 %;
- энергоемкость производства работ снижается на 30 %;
- капитальные вложения в производственную базу уменьшаются на 50–60 % по сравнению со сборной и кирпичной технологиями;
- практика строительства показывает, что при применении монолитных конструкций по сравнению со сборными конструкциями из других материалов можно более широко использовать возможности объемно-планировочных решений, а также более эффективно организовать поточную систему работ с применением механизации строительных процессов, что в конечном итоге ведет к снижению стоимости строительства.

Строительные технологии возведения зданий и сооружений в России в настоящее время можно условно изобразить в виде диаграммы (рис. 1), которая отражает приоритет некоторых технологий. В частности, рост монолитного строительства занимает третью часть в структуре применяемых технологий.

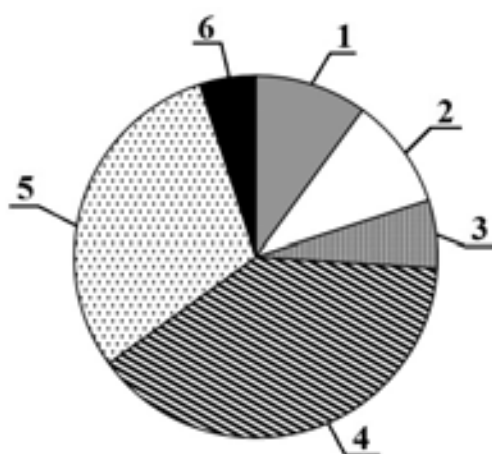


Рис. 1. Структура строительных технологий с применением различных материалов при возведении зданий в России:

- 1 – сборный железобетон 10 %;
- 2 – металлические конструкции 10 %;
- 3 – дерево и древесно-цементные композиционные материалы 6 %;
- 4 – монолитные бетон и железобетон 39 %;
- 5 – кирпич и теплоэффективные блоки 30 %;
- 6 – другое, в т.ч. пенополистирол 5 %

Климат на большей территории России характерен холодными и продолжительными зимами со среднегодовой температурой минус 5 °С, при этом

показатели ГОСП (градусо-сутки отопительного периода) в средней полосе России – 5000, тогда как в Германии – 3200, США – 2700, Швеции – 4000. Период с отрицательными температурами окружающей среды в отдельных регионах России составляет 6 и более месяцев, а температура достигает минус 40...минус 50 °С. При этом объемы строительства, реализуемые в стране, требуют непрерывного и всесезонного производства работ. Зная, что зимними условиями для возведения монолитных конструкций считаются периоды со среднесуточной температурой 0 °С и минимальной суточной минус 5 °С, необходимо использовать методы зимнего бетонирования. Использование таких методов позволяет круглогодичную организацию работ при возведении монолитных конструкций, поскольку нивелирует сложности, возникающие с отрицательным влиянием замораживания бетона на ранней стадии твердения. На сегодняшний день разработано и применяется достаточное количество способов зимнего бетонирования. Таким образом, мы имеем возможность подобрать для каждой конструкции в зависимости от ее габаритов и конфигурации, а также параметров окружающей среды наиболее подходящий вариант.

В настоящее время выделяют два основных метода зимнего бетонирования – безобогревный и обогревный, что представлено в структуре методов зимнего бетонирования на рис. 2.

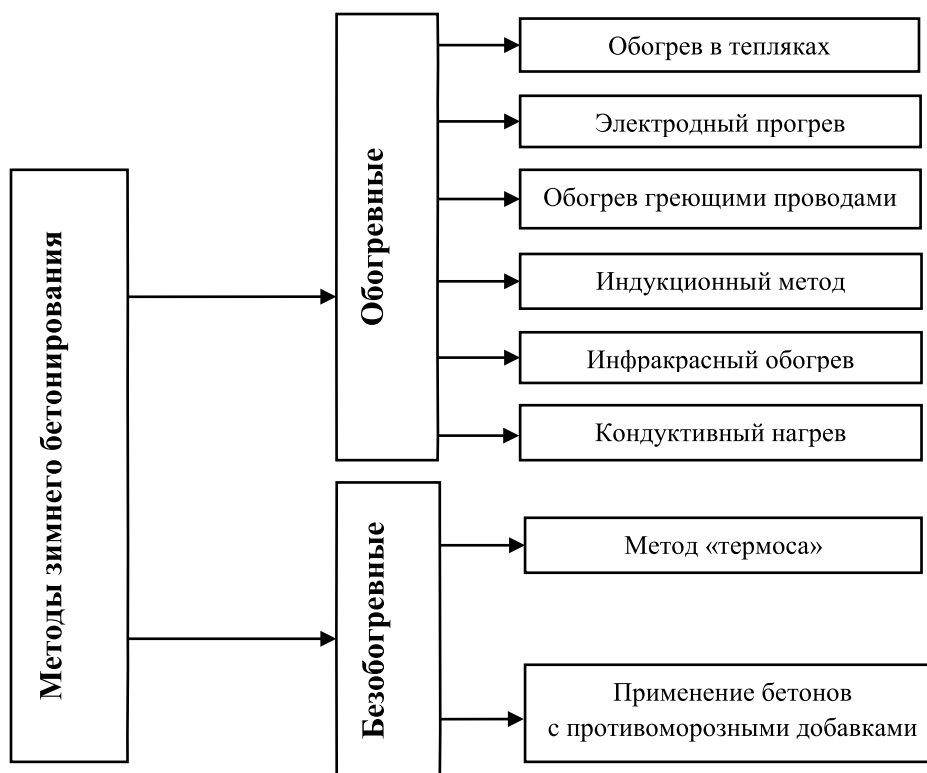


Рис. 2. Структура методов зимнего бетонирования

Безобогревный метод не предусматривает дополнительного внесения тепла в процесс выдерживания бетона, к нему относят метод «термоса» и технологию применения бетонов с противоморозными добавками. Обогревный метод основан на дополнительном подводе тепла к бетону в процессе его выдерживания до требуемой прочности.

**Метод «термоса»** относится к безобогревному методу зимнего бетонирования. Суть его заключается в создании для бетона благоприятных температурных условий, обеспечивающих достижение к моменту остывания поверхностных слоев конструкции до  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  как минимум «критической прочности». Достичь цели помогает тепло, внесенное в бетонную смесь, которая должна иметь температуру плюс  $45\text{ }^{\circ}\text{C}$  на выходе при ее изготовлении, тепло, выделенное в бетоне вследствие гидратации цемента за период остывания, а также утепленная опалубка.

К достоинствам метода «термоса» можно отнести: простоту, отсутствие необходимости применения специального оборудования и экономичность. Среди недостатков можно отметить: существенные потери при транспортировании; длительный промежуток времени набора требуемой прочности; ограниченность применения для тонкостенных конструкций.

Дополнительные мероприятия, необходимые для возведения опалубки, показаны на рис. 3.

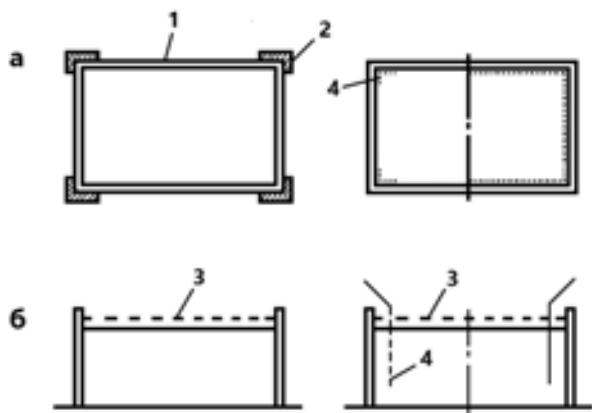


Рис. 3. Дополнительные мероприятия по утеплению блоков опалубки в методе «термоса»:

- а – планы; б – разрезы; 1 – утепленная опалубка;
- 2 – утепление углов; 3 – укрытие;
- 4 – электрообогрев углов [7]

Метод с использованием **противоморозных добавок** относится к безобогревному типу бетонирования и заключается во введении в бетонную смесь водных растворов противоморозных добавок. Этот метод был разработан в СССР в 1940-е гг. и применяется до сих пор. На данный момент в строительстве используются несколько сотен различных видов противоморозных добавок.

Известно много веществ, водные растворы которых не замерзают при  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ , как это происходит с водой. Например, концентрированные растворы этилового спирта ( $\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}$ ) замерзают при температуре минус  $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хлористого кальция ( $\text{CaCl}_2$ ) – при минус  $55\text{ }^{\circ}\text{C}$ , углекислого калия ( $\text{K}_2\text{CO}_3$ ) – при минус  $36\text{ }^{\circ}\text{C}$ , хлористого натрия ( $\text{NaCl}$ ) – при минус  $21\text{ }^{\circ}\text{C}$ , нитрита натрия ( $\text{NaNO}_2$ ) – при минус  $19\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Если бетонную смесь затворить водой с добавлением водного раствора такого вещества (их также называют антифризами), то бетон будет твердеть при отрицательных температурах окружающей среды. К антифризам предъявляются жесткие требования, они должны быть не ядовиты; не оказывать отрицательного влияния на структуру и свойства бетона, его долговечность; не вызывать коррозии арматуры; не являться дефицитными и дорогостоящими; должны обеспечивать твердение бетона при отрицательных температурах.

В настоящее время в нашей стране исследованы, проверены в производственных условиях и одобрены к применению для бетона следующие добавки: хлористый кальций, хлористый натрий, поташ, нитрит натрия, формиат натрия, Асол-К. Все перечисленные антифризы (кроме хлористых солей) могут применяться и в железобетонных конструкциях. Растворы хлористых солей не используются в качестве добавок, так как могут вызвать коррозию стальной арматуры.

Одним из основных недостатков метода применения бетонов с противоморозными добавками является длительный период отверждения бетона в опалубке (от 1 до 3 месяцев). Однако это не мешает с успехом применять его в наши дни для предохранения бетона от замерзания при транспортировке и укладке.

Суть **обогревных методов** заключается в повышении температуры уложенного бетона до максимальных показателей и последующем поддержании заданной температуры в течение времени, необходимого для набора требуемой прочности. Достигается это путем использования электрической энергии от определенного источника, с последующим преобразованием ее в тепловую, что дает возможность бетону, твердеющему при низких температурах, получить физико-механические свойства, не отличающие его от бетона, твердеющего в нормальных условиях. В состав обогревных методов входят: 1 – обогрев в тепляках; 2 – электродный прогрев; 3 – обогрев греющими проводами; 4 – индукционный прогрев; 5 – инфракрасный прогрев; 6 – кондуктивный нагрев.

**Обогрев в тепляках** заключается в создании вокруг возводимой конструкции термоизолированного пространства (шатра) (рис. 4). При помощи обогревателей или тепловых пушек внутри шатра удерживается необходимая для набора бетоном прочности температура. Шатер можно сделать из брезента или других воздухонепроницаемых материалов.

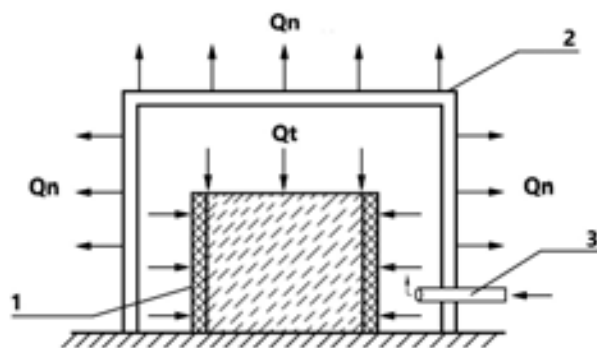


Рис. 4. Схема выдерживания бетона в тепляке:  
1 – опалубка с бетоном; 2 – тепляк (шатер);  
3 – прогретый воздух

Тепляком, как правило, укрывают лишь отдельную часть всей конструкции, которая устраивается в настоящий момент. Потом шатер перемещают к следующей части. При бетонировании с использованием скользящей опалубки тепляк перемещают вместе с опалубкой.

К преимуществам данного метода можно отнести: простоту технологического процесса, доступность материалов и техники, небольшую стоимость оборудования.

К недостаткам относятся: низкий КПД и трудность контроля режима прогрева.

Метод *электродного прогрева* заключается в размещении в теле бетонизируемой конструкции или на её поверхности стержневых, полосовых, струнных или пластинчатых электродов, которые впослед-

ствии подключаются к трансформатору. Образовавшееся электрическое поле и возникающая электрохимическая реакция с выделением тепла согревают бетон. Грамотный подбор и регулировка выходных параметров трансформатора помогают добиться необходимой температуры прогрева бетона. К преимуществам метода электродного прогрева можно отнести надежность и простоту монтажа, прогрева конструкций любой толщины и формы и его высокую тепловую эффективность. Ориентировочно схемы размещения электродов при различных способах прогрева могут быть организованы в соответствии со схемами размещения электродов (рис. 5). Однако данный метод обладает рядом недостатков. Он требует значительного времени для подготовки, проведения дополнительных электрохимических расчетов, использования дополнительного оборудования в виде трансформаторов и высоких энергозатрат (от 1000 кВт для 3–5 бетонной смеси).

Метод *обогрева греющими проводами* заключен в его названии. Внутри бетонизируемой конструкции размещается источник тепла (провод). После заливки бетона по проводу пускается электрический ток, который прогревает смесь изнутри. После набора бетоном необходимой прочности прогрев прекращается, но кабель не демонтируется, а остается внутри конструкции. Данный метод широко используется при возведении монолитных многоэтажных жилых зданий, с прогревом стен, перекрытий, колонн и фундамента. Нагревательный провод, являющийся источником тепла, должен соответствовать определенным нормам и иметь диаметр жилы от 1,2 до 3 мм («жила» – стальная проволока в пластиковой

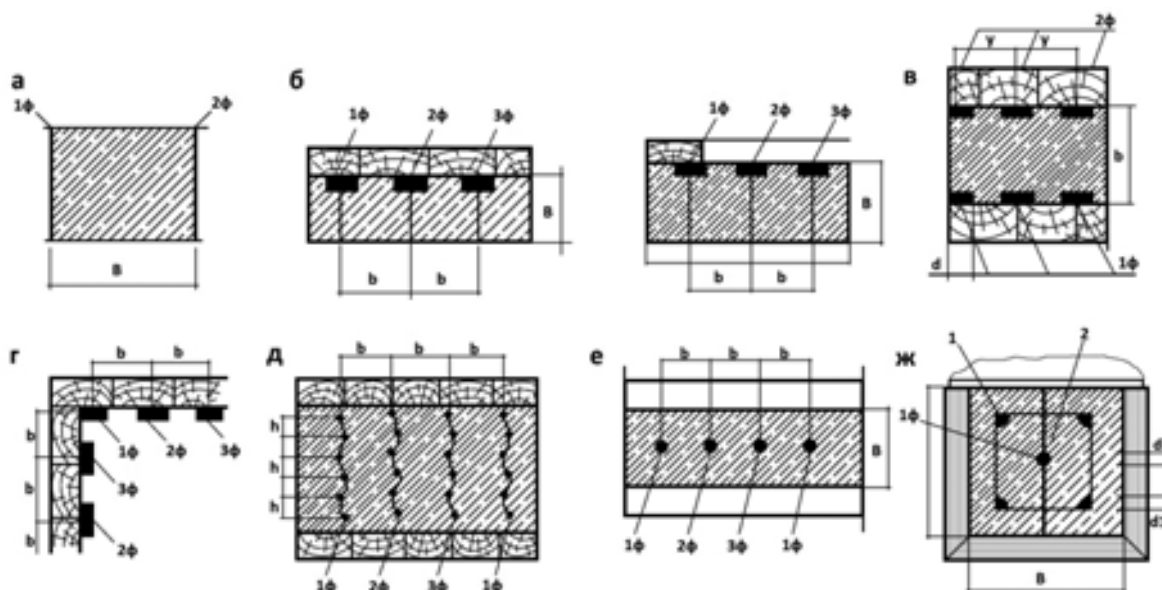


Рис. 5. Схемы размещения электродов: а – пластинчатых; б – при периферийном прогреве; в – при двухстороннем сквозном прогреве; г – при периферийном прогреве массивных конструкций полосовыми электродами; д – при прогреве при помощи плоских групп стержневых электродов; е – при прогреве стержневыми электродами; ж – при прогреве струнными электродами. 1ф, 2ф, 3ф – фазы понижающего трансформатора; 1 – арматура; 2 – струны [7]

изоляции) Примерная схема установки греющего провода в конструкции показана на рис. 6. Допустимо использование как металлических, так и неметаллических полимерных проводов.

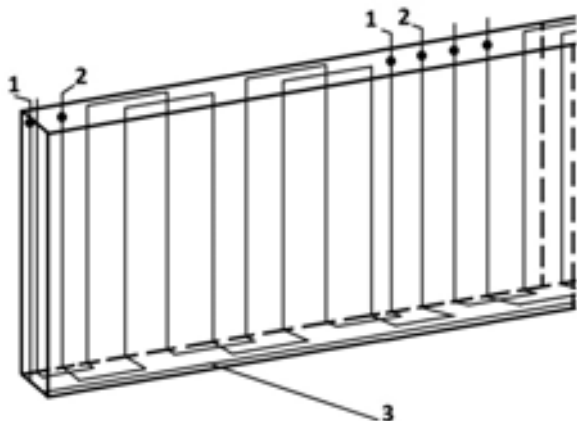


Рис. 6. Схема установки греющего провода в конструкции  
1, 2 – греющие провода; 3 – запасной провод [7]

Универсальность данного метода заключается в возможности применения его на любых бетонных конструкциях независимо от характера их армирования и конфигурации, так как провод или нарезают на отрезки определенной длины и подключают через понижающий трансформатор, или используют провода расчетной длины, работающие от сети 220 В.

К преимуществам метода обогрева проводами относятся низкая стоимость и высокая тепловая эффективность. К недостаткам – трудоемкость укладки, необходимость использования дополнительного оборудования (понижающий трансформатор, средства тепловой защиты, магистральные кабели и т.д.) и невозможность повторного применения провода.

В основу *индукционного метода* (нагрева в электромагнитном поле) положен принцип магнитной индукции. Применение его возможно лишь для густоармированных конструкций, имеющих сердечник (металлические элементы). Вокруг залитого бетонного элемента (колонна, труба, ЛЭП, свая и т.д.) петлями размещается изолированный кабель, выполняющий роль катушки-индуктора, включенного в цепь переменного электрического тока. В результате в конструкции возникает электромагнитное поле, тепловая энергия которого нагревает внутренние армирующие элементы, а тепло распространяется по всему бетону.

Данный метод требует проведения множества сложных расчетов для каждой конструкции, что является одним из его основных недостатков. Следует определить количество витков индуктора, требуемое для создания расчетного напряжения магнитного поля, обеспечивающего мощность, необходимую для прогрева бетона конструкций по заданному режиму. К недостаткам также можно отнести воз-

можность применения индукционного прогрева на ограниченном типе конструкций. Положительными качествами данного метода является то, что он не требует дополнительного оборудования, позволяет обеспечить равномерность прогрева бетона и имеет низкую стоимость.

Метод инфракрасного обогрева заключается в размещении в непосредственной близости к конструкции источников энергии (промышленных инфракрасных обогревателей). При этом тепло от обогревателя к возводимой конструкции передается мгновенно. Прогрев массива бетона при этом осуществляется за счет собственной теплопроводности. Для того чтобы добиться необходимой температуры бетона, важна правильная регулировка мощности обогревателей. В этом случае вода в составе бетона не будет кристаллизоваться. В случае неправильной регулировки инфракрасного обогревателя возможно разрушение всей конструкции. Организация схем инфракрасного обогрева показана на рис. 7.

К преимуществам данного метода относятся минимальные энергозатраты (инфракрасные обогреватели работают от сетей с небольшим напряжением), отсутствие необходимости применения дополнительного оборудования, высокая тепловая эффективность. К недостаткам относятся небольшая рабочая площадь и глубина прогрева одного инфракрасного обогревателя (данный метод не подходит для конструкций с толщиной бетона больше 50-70 см). При использовании данного метода необходимо дополнительное пространство для размещения инфракрасных установок.

При методе **кондуктивного** (контактного) **нагрева** используется тепло, выделяемое в проводнике при прохождении по нему электрического тока. Тепло от проводника контактным путем передается поверхностям конструкции. Передача тепла в бетоне происходит за счет собственной теплопроводности. Для кондуктивного нагрева применяются термоактивные (греющие) опалубки и термоактивные гибкие покрытия (термоэлектроматы).

Конструкция **греющей опалубки** (рис. 8) представляет собой щиты из влагостойкой фанеры, между которыми расположены электрические нагревательные элементы. В качестве нагревателей могут использоваться греющие провода и кабели, сетчатые или ленточные нагреватели. Для обеспечения равномерного теплового потока греющие элементы размещают на расстоянии 10–15 см. Внешняя часть конструкции имеет влагостойкое защитное покрытие. С тыльной стороны она покрыта теплоизоляцией.

К преимуществам греющей опалубки можно отнести равномерный прогрев, простоту монтажа, эффективность при температурах окружающей среды до минус 30 °С а также возможность многократного использования. К недостаткам относятся средний КПД, высокая стоимость и применимость лишь к типовым элементам.

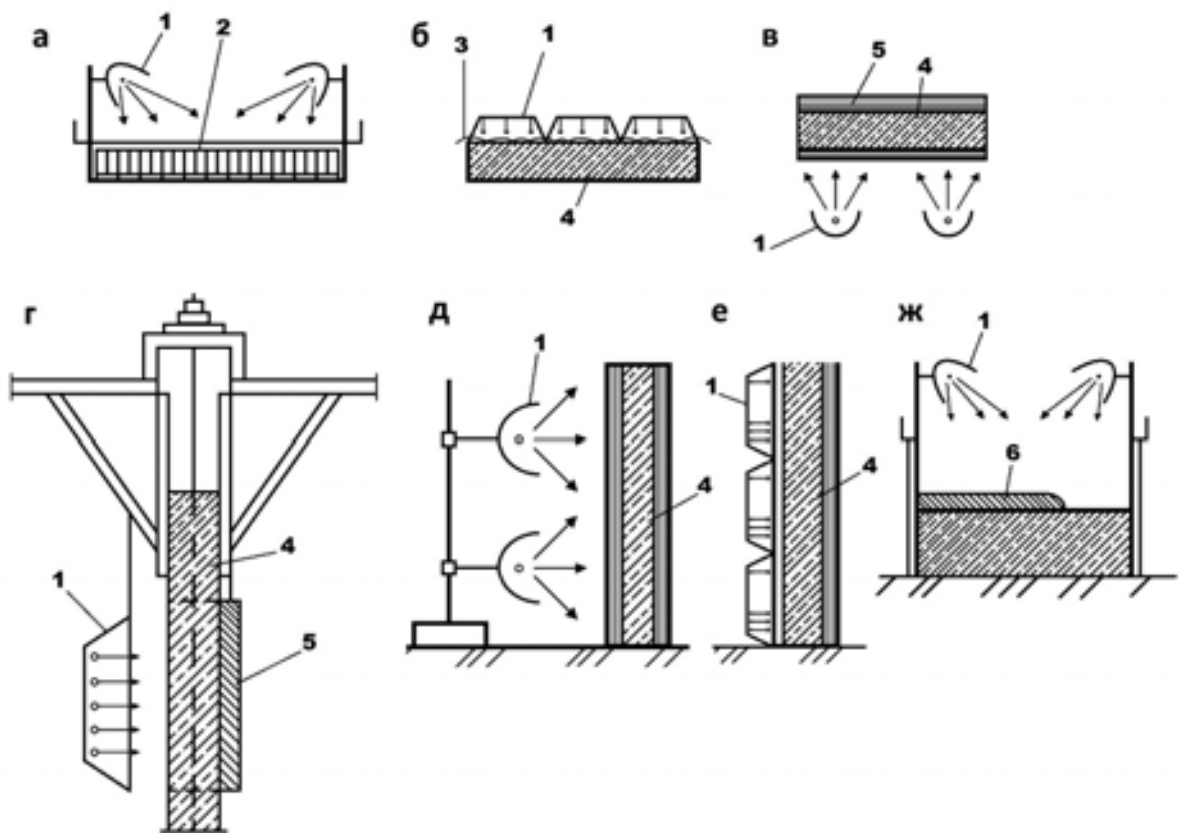


Рис. 7. Схемы инфракрасного обогрева:

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 [7]

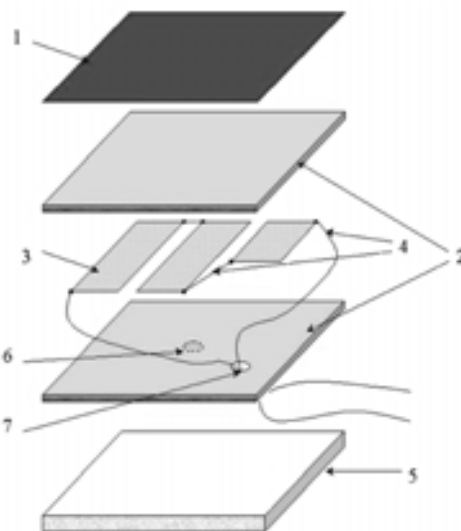


Рис. 8. Конструкция греющей опалубки: 1 – защитное, износостойкое, влагостойкое покрытие; 2 – влагостойкая фанера 9 мм; 3 – ленточный нагреватель; 4 – соединительные провода; 5 – теплоизолятор; 6 – выборка под установку термодатчика; 7 – выводное отверстие

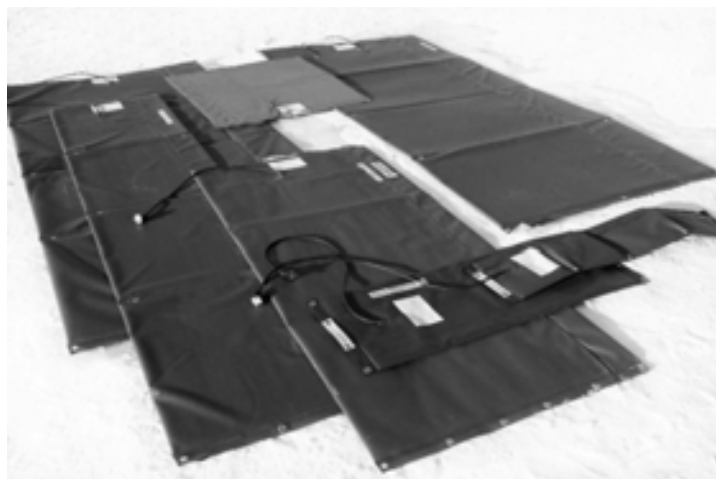


Рис. 9. Термоэлектроматы

**Термоэлектромат (ТЭМ)** представляет собой легкое, гибкое устройство со встроенными греющими проводами или ленточными нагревателями (рис. 9). Основой конструкции является стеклохолст. В качестве теплоизолятора применяют воздушнонаполненный полимер с экранированием (слоем алюминиевой фольги). Для гидроизоляции используют ПВХ-оболочку.

К преимуществам прогрева термоэлектроматами можно отнести: равномерность прогрева, небольшие энергозатраты (потребление на 20-25 % меньше, чем при прогреве проводами), многократно

использования, защита от перегрева, а также автоматическое поддержание нужной температуры и отсутствие необходимости применения дополнительного оборудования. К недостаткам относятся: низкий КПД, максимальная температура всего 70 °С, небольшая глубина прогрева и низкая применимость для вертикальных и сложных конструкций.

Сравнение методов зимнего бетонирования по трудозатратам (чел.-ч) и расходу электроэнергии (кВт-ч), определяющим энергоемкость метода, показано в таблице.

Технико-экономические показатели методов зимнего бетонирования

Название метода	Затраты труда, чел.-ч	Расход электроэнергии, кВт-ч
Метод «термоса»	0,9	-
Метод с использованием противоморозных добавок	0,13	-
Обогрев в тепляках	0,78	- (220)
Электродный прогрев	3,03	76,5 (80-120)
Обогрев греющими проводами	4,07	76 (80-110)
Индукционный метод	22,5	263 (120-180)
Инфракрасный обогрев	5,25	228,2 (120-200)

*Примечание.* Значения технико-экономических параметров на 1 бетона приняты согласно комплекту технологических карт на производство монолитных бетонных работ при отрицательных температурах воздуха [7–13]. Значения в скобках приведены согласно более современным источникам [1,6].

Анализ таблицы показывает, что самым эффективным является метод применения противоморозных добавок. Практическое применение этого метода показывает высокую технологичность, но область его использования ограничена в силу нестабильности конечных результатов. Следующим по эффективности и достаточно широко применяемым является метод «термоса», однако область его применения ограничена массивностью конструк-

ции. Методы электропрогрева и электрообогрева в силу высокого расхода электроэнергии являются дорогими, за счет чего снижается эффективность их применения.

Очевидно, что самым рациональным и технически обоснованным был бы вариант комбинирования безобогревного метода с обогревным. Например: метод «термоса» и обогревный метод; противоморозные добавки и обогревный метод.

В результате проведенного анализа можно сделать следующие **выводы**:

1. В настоящее время существует ряд эффективных методов «зимнего бетонирования» в условиях низких температур (до минус 35 °С).

2. Представлена классификация основных методов зимнего бетонирования с указанием преимуществ и недостатков каждого.

3. По результатам сравнения технико-экономических показателей ввиду отсутствия энергозатрат самым эффективным является метод применения противоморозных добавок. Однако область применения данного метода ограничена нестабильностью конечных результатов.

4. Метод «термоса» эффективен ввиду низких трудозатрат и отсутствия энергозатрат, однако массивность конструкции ограничивает область его применения.

5. Электропрогрев и электрообогрев бетона при отрицательных температурах требует высокого расхода электроэнергии, за счет чего снижается эффективность применения данных методов.

6. Комбинированное использование безобогревных и обогревных методов зимнего бетонирования в данном случае является самым рациональным и технико-экономически обоснованным.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Рязанова Г.Н., Камбур В.Г. Совершенствование технологии возведения ограждающих конструкций в несъемной опалубке: монография. Пенза: ПГУАС, 2010. 168 с.
2. Попов В.П. Неразрушающий оперативный метод контроля морозостойкости бетона гидротехнических сооружений // Вестник МГСУ. 2012. №8. С. 93–94.
3. Красовский П.С. Технология конструкционных материалов. Хабаровск: Изд-во ДВГУПС, 2012. 220 с.
4. Еришов М.Н., Липидус А.А., Теличенко В.И. Технологические процессы в строительстве. Кн. 5. Технологии монолитного бетона и железобетона. М.: Изд-во АСВ, 2016. 128 с.
5. Копылов В.Д. Устройство монолитных бетонных конструкций при отрицательных температурах среды М.: АСВ, 2014. 184 с.
6. Баженов Ю.М. Технология бетона. М.: АСВ, 2002. 500 с.
7. Технологическая карта на индукционный прогрев монолитных конструкций. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998. URL: <https://www.normacs.ru/Doclist/doc/17F1.html>
8. Технологическая карта на бетонирование монолитных конструкций с использованием противоморозных добавок. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293832/4293832765.html>
9. Технологическая карта на выдерживание бетона методом «термоса» и использование разогретых бетонных смесей. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293832/4293832764.html>
10. Технологическая карта на электродный прогрев конструкций из монолитного бетона. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294815/4294815166.html>
11. Технологическая карта по инфракрасному обогреву монолитных конструкций. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 1998. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4294815/4294815231.html>
12. Технологическая карта на электрообогрев нагревательными проводами монолитных конструкций. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 2003. URL: <http://meganorm.ru/Index2/1/4293842/4293842353.htm>
13. Технологическая карта на бетонирование и выдерживание бетона в тепляках. М.: ОАО ПКТИпромстрой, 2008. URL: <http://betonprogreiv.ru/technology/progreiv-v-teplyakah.html>

Об авторах:

#### РЯЗАНОВА Галина Николаевна

кандидат технических наук, доцент кафедры технологии и организации строительного производства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: ryzanovagn55@mail.ru

#### ПОПОВА Дарья Максимовна

магистрант факультета промышленного и гражданского строительства Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194 E-mail: dara.po@inbox.ru

#### RYAZANOVA Galina N.

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Technology and Construction Organization Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: ryzanovagn55@mail.ru

#### POPOVA Daria M.

Master's Degree Student of the Faculty of Industrial and Civil Engineering Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 194 E-mail: dara.po@inbox.ru

Для цитирования: Рязанова Г.Н., Попова Д.М. Анализ существующих методов возведения конструкций из монолитного бетона и железобетона в зимних условиях // Градостроительство и архитектура. 2018. Т.8, № 1. С. 16-23. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.3.

For citation: Ryzanov G.N., Popova D.M. Analysis of existing methods of construction from monolithic concrete and reinforced concrete in winter conditions // Urban construction and architecture. 2018. V.8, 1. Pp. 16-23. DOI: 10.17673/Vestnik.2018.01.3.