

Совершенствование технологии зимнего бетонирования монолитных конструкций в Афганистане

В статье рассматриваются вопросы качественного выполнения работ с использованием бетона и железобетона при отрицательной температуре в Афганистане. Зимний сезон является проблемным для монолитного строительства, так как в некоторых частях Афганистана температура достигает -30°C . Нами рассмотрено несколько методов зимнего бетонирования (с обогревом и без обогрева), обеспечивающих хорошее качество работ. В результате автором предлагается комбинированный метод бетонирования при отрицательной температуре, учитывающий условия Афганистана.

Ключевые слова: монолитное домостроение, зимний период, зимнее бетонирование, методы бетонирования, прогрев бетона, Афганистан, монолитные конструкции.

ALEM WARDAK M.

IMPROVING THE TECHNOLOGY OF WINTER CONCRETING OF MONOLITHIC STRUCTURES IN AFGHANISTAN

The article deals with the issues of high-quality performance of works using concrete and reinforced concrete at a negative temperature in Afghanistan. The winter season is problematic for monolithic construction, as in some parts of Afghanistan the temperature reaches -30°C . We have considered several methods of winter concreting (with and without heating) that ensure good quality of work. As a result, the author proposes a combined method of concreting at a negative temperature, taking into account the conditions of the process.

Keywords: monolithic housing construction, winter season, concreting in winter, concreting methods, concrete heating, Afghanistan, monolithic construction.



**Алем
Вардак
Мохаммад**

аспирант (Афганистан)
Уральский федеральный
университет, Российская
Федерация

e-mail:
Alem.wardak.kpu@gmail.com

Введение

Афганистан — это слабо развитая страна, расположенная в Центральной Азии, в которой наиболее широкое распространение получило монолитное домостроение. В настоящее время оно составляет порядка 36% от общего объема строительства. Климат страны разнообразен — длинная зима в центре и на севере страны со средней температурой -4°C , зимний период в центральной и северной частях страны, продолжающийся около 6 месяцев. Монолитные строительные работы трудновыполнимы при отрицательных температурах, но текущие объемы строительства в стране таковы, что требуют непрерывных и всесезонных строительных работ.

С учетом климатических условий и географического расположения Афганистана монолитное домостроение имеет следующие преимущества:

1) во время проектирования и возведения монолитных строительных конструкций есть возможность уменьшения толщины монолит-

ного перекрытия и ограждающих конструкций, что является экономически эффективным и одновременно уменьшает нагрузку на фундамент;

2) все технологические и организационные работы по созданию монолитных конструкций выполняются на открытых строительных площадках; это облегчает доставку необходимых материалов, а также дает возможность изменить размер конструкции и срок ее возведения;

3) отсутствие швов и узлов сопряжений позволяет улучшить показатели тепло- и звуко- непроницаемости зданий;

4) есть возможность уменьшения расхода стали на 7–20%, бетона до 12%;

5) при возведении монолитных зданий не нужны тяжелые конструкции (сборная плита перекрытия, стеновые панели), поэтому при выполнении строительных работ энергоёмкость снижается на 25–30%.

Технология возведения зданий и сооружений и вид строительных материалов, применяемых в них в Афганистане, представлены на графике (Иллюстрация 1) [2].

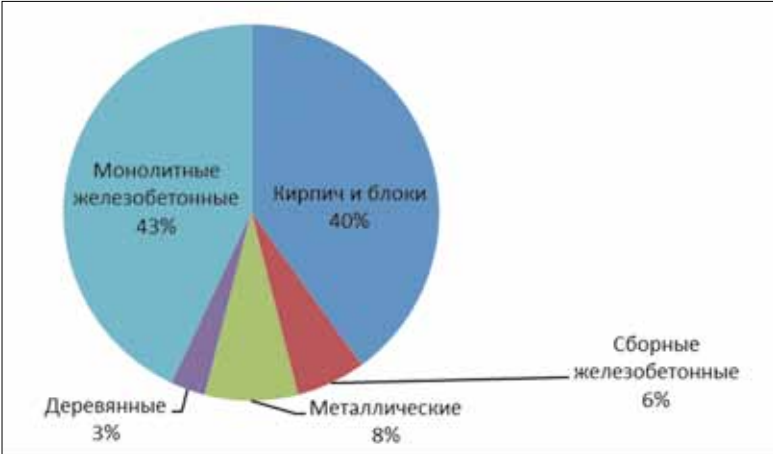


Иллюстрация 1. Применение технологий возведения зданий и сооружений и вид строительных материалов, используемых в современном Афганистане



Иллюстрация 2. Методы зимнего бетонирования, применяемые в настоящее время в Афганистане. Классификация Мохаммад Алем Вардак

Таблица 1. Противоморозные добавки в бетон и максимальная отрицательная температура их действия

Растворы этилового спирта (C ₂ H ₆ O) до -100 °C	Хлористого кальция (CaCl ₂) до -55 °C	Углекислого калия (K ₂ CO ₃) до -36 °C	Хлористого натрия (NaCl) до -21 °C	Нитрита натрия (NaNO ₂) до -19 °C
--	---	---	------------------------------------	---

Оговорим, что понятие «зимние условия» в технологии монолитного бетона и железобетона несколько отличается от календарных сроков. Зимние условия начинаются, когда среднесуточная температура наружного воздуха снижается до +5 °C, а в течение суток перепад температур составляет 0 °C. В таких случаях необходимо применять специальные методы бетонирования монолитных строительных конструкций [4].

В настоящее время для бетонирования строительных конструкций в зимний период в Афганистане применяют несколько методов (Иллюстрация 2). Ниже проводится их краткий анализ с целью показать достоинства и недостатки каждого из них.

Известно, что **безобогревные методы бетонирования** являются самыми простыми, так как для возведения монолитных железобетонных конструкций в зимний период не требуется дополнительный обогрев бето-

на. К безобогревным методам бетонирования относятся метод «термоса» и метод использования химических незамерзающих добавок [3].

Бетонирование монолитных железобетонных конструкций в зимний период с помощью метода «термоса» — передача бетонной смеси необходимого количества тепла от +40 до +45 °C, выделяемого в бетон вследствие гидратации цемента, во время укладки и остывания, а также утепление опалубки.

Бетонирование монолитных строительных конструкций в зимнем периоде с помощью метода химических противоморозных добавок — добавление химических противоморозных добавок в виде водного раствора во время приготовления бетонной смеси. Следующие химические противоморозные добавки (Таблица 1) не замерзают до указанной отрицательной температуры [5].

Если во время изготовления бетонной смеси добавить вышепере-

численные водные растворы, бетон может набрать нужную прочность в отрицательной температуре [3].

Сегодня в Афганистане, как и в других странах с холодной зимой, в качестве противоморозных добавок во время бетонирования строительных конструкций используются растворы этилового спирта (C₂H₆O), хлористого натрия (NaCl), нитрита натрия (NaNO₂), хлористого кальция (CaCl₂), углекислого калия (K₂CO₃) и других растворов [5].

Можно указать следующие **преимущества** зимнего бетонирования с помощью противоморозных добавок:

- низкая стоимость работ;
- при применении данного метода не нужно специальное высокотехнологичное оборудование;
- метод не является трудоемким.

Недостатки зимнего бетонирования с помощью противоморозных добавок связаны с тем, что:

- для того чтобы бетон набрал расчетную прочность, требуется много времени;
- химические противоморозные добавки (хлоридные) понижают коррозионность арматуры;
- некоторые виды конструкций (например, предварительно напряженные конструкции, армированные термически упрочненной сталью) несовместимы с бетонированием с помощью противоморозных добавок [7].

Обогревные методы бетонирования монолитных строительных конструкций в зимних условиях выполняются разными способами. Суть этих методов заключается в том, что за счет электроэнергии уложенный бетон сохраняют в благоприятных условиях до тех пор, пока он не наберет нужной прочности.

Обогрев бетона происходит разными методами. Коротко представим их, характеризуя достоинства и недостатки [6].

Обогрев бетона с помощью закрытого пространства вокруг уложенного бетона (обогрев в тепляках). Этот метод предполагает создание закрытого термосного пространства для возведения конструкции, а также удержание положительной температуры в процессе набора прочности бетоном.

К числу **преимуществ** бетонирования в тепляках можно отнести:

- простоту метода;
- доступность материалов и техники;
- низкую стоимость материала и оборудования.

Недостатки бетонирования в тепляках — это:

- низкий КПД (коэффициент полезного действия);
- трудность контроля режима прогрева.

Следующий рассматриваемый нами метод — *обогрев бетона с помощью электрода*. Он предполагает размещение до укладки бетонной смеси в опалубке электродов на расстояние, которое зависит от температуры: если температура выше -17°C , расстояние между электродами не должно превышать 30 см, а если температура ниже -17°C , допускается расстояние до 50–60 см. Электроды подключаются к трансформатору, происходит электрическая реакция, за счет которой бетон нагревается и набирает прочность.

Преимущества зимнего бетонирования с помощью электрода:

- бетонирование с помощью электрода имеет высокую теплоэффективность;
- метод очень прост и надежен;
- с помощью этого метода можно бетонировать любую конструкцию любой толщины.

Недостатки метода зимнего бетонирования с помощью электрода:

- высокая трудоемкость;
- высокая энергоемкость (1000 Кв — для 4 м^3 бетона).

Кроме того, метод зимнего бетонирования с помощью электрода требует наличия высоких технологий и квалифицированных рабочих.

Метод бетонирования с помощью греющих проводов предполагает размещение до бетонирования в конструкции кабеля (проводов), которые соединяются с источником тока. Уложенный бетон нагревается с помощью кабеля до тех пор, пока не наберет необходимой прочности. Этот метод широко применяется во время возведения многоэтажных домов, фундаментных плит, колонн, перекрытий [4].

Преимущества зимнего бетонирования с помощью греющих проводов связаны, прежде всего, с тем, что данный метод имеет высокую тепловую эффективность.

Недостатки метода зимнего бетонирования с помощью греющих проводов обусловлены тем, что:

- все провода являются одноразовыми, их невозможно повторно использовать;
- метод очень трудоемкий;
- высокая потребность в дополнительном оборудовании.

Нагрев бетона с помощью электромагнитных полей (индукционный метод) представляет собой укладку бе-

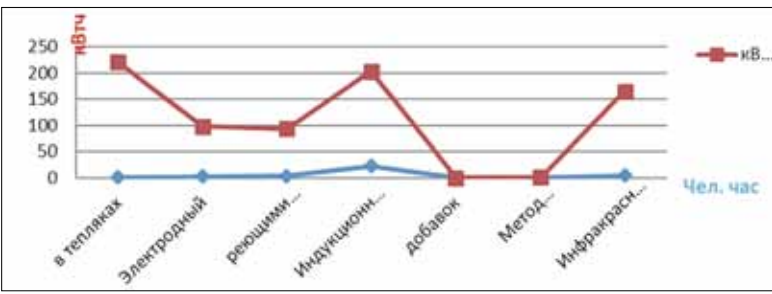


Иллюстрация 3. Сравнение технико-экономических показателей различных методов зимнего бетонирования. Автор Мохаммад Алем Вардак

Таблица 2. Энергозатраты при реализации методов зимнего бетонирования и максимальная отрицательная температура их использования

Название метода	Чел./ч	кВт/ч
«В тепляках»	0.8	220
Электродный	3	95
Греющими проводами	4	90
Индукционный метод	23	180
Метод добавок	0.128	0
Метод «термоса»	0.88	0
Инфракрасный обогрев	5	160

тона с помощью петель; размещение изолированных проводов (кабеля), которые выполняют роль катушки. Внутри монтируемой конструкции возникает электромагнитное поле, нагревающее внутренние арматуры и передающее тепло на бетон. Этот метод считается эффективным для плотноармированных конструкций (густоармируемых), имеющих сердечник (любые строительные конструкции, в которых количество арматур более чем 70 кг/м^3 , называются густоармируемыми конструкциями).

Преимущества зимнего бетонирования с помощью электромагнитного поля состоят в том, что:

- реализация метода не требует больших затрат;
- строительные конструкции сердечника равномерно прогреваются;
- не нужно дополнительное оборудование.

Недостатки метода зимнего бетонирования с помощью электромагнитного поля таковы:

- применение метода ограничено для определенных видов конструкций (густоармированная конструкция);
- необходимы сложные расчеты.

Далее обозначим *метод зимнего бетонирования с помощью отопительного прибора, отдающего тепло в окружающую среду (инфракрасного обогрева бетона)*. Он требует установки отопительного прибора ря-

дом с монтируемыми конструкция-ми, за счет чего происходит передача тепла и бетон набирает прочность.

Преимущества зимнего бетонирования с помощью инфракрасного метода:

- энергозатратность данного метода очень мала;
- не нужно дополнительное оборудование;
- тепловая эффективность высокая.

Недостатки метода состоят в том, что:

- для реализации метода нужна большая рабочая площадь;
 - во время бетонирования нужно дополнительное пространство.
- При *нагреве бетона контактным способом* бетонирование происходит следующим образом: проводник, который соединен с источником тока, соединяется непосредственно с термоактивной опалубкой, вследствие чего тепло распространяется по всему бетону [2].

Преимущества зимнего бетонирования контактным способом — это:

- отсутствие каких-либо специальных требований к составу бетона;
- диапазон работ: при одностороннем обогреве возможно бетонировать конструкции толщиной до 20 см, при двухстороннем обогреве — до 40 см.

Недостатки метода зимнего бетонирования контактным способом связаны с тем, что:

- метод является трудоемким и энергоемким;

- для его реализации нужны высококвалифицированные рабочие.

Выбор оптимального и рационального варианта бетонирования зависит от экономической эффективности, энергоемкости (кв/ч) и трудоемкости (чел/ч). Сравнение и выбор рационального метода зимнего бетонирования можно выполнить с помощью графика (Иллюстрация 3).

Представленные результаты (Таблица 2, Иллюстрация 3) разработаны согласно технологической карте монолитных работ при отрицательных температурах и технических показателях для 1 м³ бетона.

Согласно Таблице 2, самым оптимальным и эффективным методом зимнего бетонирования для климатических условий Афганистана является применение противоморозных добавок. Применение данного метода имеет высокую технологичность, но его использование ограничено в силу нестабильности результатов. На втором месте по эффективности стоит «термосный» метод, но он ограничен возможным объемом конструкции.

По результатам исследования можно сказать, что во время бетонирования при отрицательных температурах эффективным является комбинирование методов, например, одновременное использование термосного обогревного метода или метода химического против морозных добавок и обогревного метода.

Заключение

- 1 В настоящее время с помощью эффективных методов и хорошей технологии можно выполнять бетонные работы в зимних условиях (до -30 °C).
- 2 Для условий Афганистана рациональным методом бетонирования является применение противоморозных добавок, которые не требуют использования электроэнергии; но из-за нестабильности конечного результата область применения этого метода ограничена.
- 3 Бетонирование с помощью метода «термоса» оптимально, потому что не требует электроэнергии, при этом затраты труда невысоки; однако объем строительных конструкций ограничивает область применения данного метода.
- 4 Обогревный метод бетонирования в Афганистане малоэффективен, поскольку требует большого количества электроэнергии, которой не хватает в стране.
- 5 Комбинированные методы (обогревный метод — без обогревного метода) являются самыми эффективными методами зимнего бетонирования для зимних условий Афганистана.

Список использованной литературы

- 1 Волкова А. А., Бурмистров А. А., Фомина Н. Н., Павлова И. Л. Исследование эффективности комплексной добавки для цементных бетонов // Устойчивое развитие науки и образования. — 2017. — № 6. — С. 213–217.
- 2 Гнам П. А., Кивихарью Р. К. Технологии зимнего бетонирования в России // Строительство уникальных зданий и сооружений. — 2016. — № 6. — С. 2–5.
- 3 Головченко И. В. Сокращение сроков и энергоемкости зимнего бетонирования за счет комбинированного использования электропрогрева и химической добавки MC RAPID 025 // Вестн. науки и образования Северо-Запада России. — 2016. — Т. 2. — № 3. — С. 1–5.
- 4 Золотухин С. Н., Горюшкин А. Н. Бетонирование при отрицательных температурах // Научный вестник ВГАСУ: материалы 15-й межрегион. науч.-практ. конф. «Высокие технологии. Экология». — 2013. — С. 81–85.
- 5 Мавлюбердинов А. Р., Сунгатулина Г. А. Изучение процессов твердения бетонной смеси в термоактивной

опалубке // Вестн. технol. ун-та. — 2015. — Т. 18. — № 7. — С. 3–10.

- 6 Тимохин Д. К., Тучин М. А., Воробьев А. Ю. Применение суперпластификаторов поликарбонатного типа для цементных бетонов в условиях малопрогревной технологии // Научное обозрение. — 2016. — № 6. — С. 79–83.
- 7 Трембичкий С. М. Технические и организационные основы зимнего бетонирования монолитных железобетонных конструкций с прогревом бетона // Бетон и железобетон. — 2007. — № 6. — С. 314.

References

- 1 Volkova A. A., Burmistrov A. A., Fomina N. N., Pavlova I. L. Issledovanie effektivnosti kompleksnoj dobavki dlya cementnyh betonov // Ustojchivoe razvitie nauki i obrazovaniya. — 2017. — № 6. — S. 213–217.
- 2 Gnam P. A., Kivihar'yū R. K. Tekhnologii zimnego betonirovaniya v Rossii // Stroitel'stvo unikal'nyh zdaniy i sooruzhenij. — 2016. — № 6. — S. 2–5.
- 3 Golovchenko I. V. Sokrashchenie srokov i energoemkosti zimnego betonirovaniya za schet kombinirovannogo ispol'zovaniya elektroprogreva i himicheskoy dobavki MS RAPID 025 // Vestn. nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii. — 2016. — T. 2. — № 3. — S. 1–5.
- 4 Zolotuhin S. N., Goryushkin A. N. Betonirovanie pri otricatel'nyh temperaturah // Nauchnyj vestnik VGASU: materialy 15-j mezhregion. nauch.-prakt. konf. «Vysokie tekhnologii. Ekologiya». — 2013. — S. 81–85.
- 5 Mavlyuberdinov A. R., Sungatulina G. A. Izuchenie processov tverdeniya betonnoj smesi v termoaktivnoj opalubke // Vestn. tekhnol. un-ta. — 2015. — T. 18. — № 7. — S. 3–10.
- 6 Timohin D. K., Tuchin M. A., Vorob'ev A. Yu. Primenenie superplastifikatorov polikarboksilatnogo tipa dlya cementnyh betonov v usloviyah maloprogrevnoj tekhnologii // Nauchnoe obozrenie. — 2016. — № 6. — S. 79–83.
- 7 Trembickij S. M. Tekhnicheskie i organizacionnye osnovy zimnego betonirovaniya monolitnyh zhelezobetonnyh konstrukcij s progrevom betona // Beton i zhelezobeton. — 2007. — № 6. — S. 314.

Mohammad Alem Wardak

Postgraduate (Afghanistan), Ural Federal University,
Russian Federation
e-mail: Alem.wardak.kpu@gmail.com

Статья поступила в редакцию в декабре 2019 г.
Опубликована в марте 2020 г.