

EDN: RUNWIY

UDK 693.5; 693.547.3

**MAXIM VORONENKO, NIKOLAI ZAICHENKO, NINA MIKLASHEVICH**FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture»,  
Makeyevka, DPR, Russian Federation

## SELF-COMPACTING CONCRETE IN WINTER CONDITIONS

**Abstract.** The article presents scientific developments of scientists on application of self-compacting concrete mixtures for construction of buildings and structures under conditions of low and negative ambient temperatures. The analysis of existing methods of construction of monolithic buildings and structures in the cold season, on the basis of which effective compositions of self-compacting concrete mixtures are developed, is carried out. The most optimal method of obtaining high technological properties of concrete mixtures and physical-mechanical properties of concrete in winter concreting has been determined. Particularly, advantages of using of antifreeze additives allow to apply them most effectively at large volumes of monolithic construction in conditions of subzero temperatures providing necessary properties of concrete mixture and increasing durability of constructions at minimum expenses. The most popular types of antifreeze additives are given.

**Keywords:** self-compacting concrete mix, monolith, winter period, formulation, performance properties, antifreeze additives.

### WORK RELEVANCE

Today the technology of monolithic construction is more and more widely used in the construction of buildings and structures, is one of the main directions of development of civil and industrial construction. This is due to a number of advantages: high rate of construction; reliability and durability of construction objects; erection of buildings and structures of various geometric shapes [1]. To increase technical and economic efficiency of application of cast-in-situ concrete, as well as quick putting of capital construction objects into operation, necessity of all-the-year-round manufacture appears, including conditions of low temperatures of ambient air. On the other hand, with the obvious advantages of increasing the rate of construction monolithic house-building is associated with a number of problems, primarily the need to ensure the normal rate of curing of concrete in low ambient temperatures, as well as the required manufacturability of concrete mix [2].

There have been many studies of winter concreting by domestic and foreign researchers: A. S. Arbenyev, A. I. Gnyrey, I. A. Kireenko, B. M. Krasnovsky, B. A. Krylov, S. A. Mironov, B. G. Skramtaev, S. Arbenyev, S. A. Mironov, L. M. Kolchedantsev, I. B. Zasedatelev, A. V. Lagoyda, and foreign scientists A. M. Ginzburg, C. Bofan, P. Paulik [3–5]. It should be noted that foreign studies on this topic are less extensive. The priority of domestic scientists in the development of winter concreting technology is fixed by numerous publications and technical solutions and also laid a methodological basis for development of organizational and technological solutions for works in conditions of negative temperatures [6, 7].

During the winter period, concrete work must be carried out in such a way that the required (critical) strength should be achieved, since higher energy costs are required to achieve the design strength. It is important to prevent the concrete mix from freezing during the strength development process, since when the concrete starts to freeze before reaching the minimum required strength, it cannot reach the required final strength once the concrete has thawed. The reason for this is that the freshly placed concrete mix contains unbound water from the Portland cement hydration process, which expands in the case of freezing and breaks the bonds between the aggregate and the weakly hardened cement stone. In addition, the early freezing reduces the adhesion of the concrete to the reinforcement [8].

Of particular interest are self-compacting concrete, which has been successfully used on construction sites in developed foreign countries for more than ten years. Self-compacting concrete is concrete mixtures which



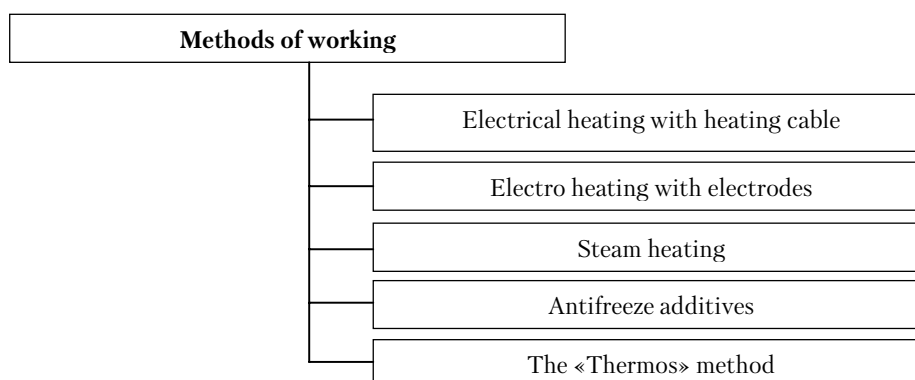
are able to disperse under their own weight without additional external energy, to maintain homogeneity, and ensure full compaction, form-filling and encapsulation of reinforcement bars and embedded parts [11].

**Purpose of work:** is a theoretical justification of the feasibility of choosing the best method for obtaining high technological properties of concrete mixes and physical and mechanical properties of concrete in winter concreting conditions.

### BASIC MATERIAL

An important aspect when carrying out concrete works with SCC in winter is to ensure that the concrete should have a critical strength. Once reached, freezing has no irreversible effect on the concrete structure and the frozen concrete develops its design strength after thawing. This is ensured by increasing the density and reduction of capillary porosity by careful selection of concrete composition. As the result of this the use of self-compacting concrete in winter conditions in the construction of monolithic buildings can significantly reduce the time of heat treatment, contribute to saving material, labor, energy and financial resources. The use of chemical antifreeze additives can make it possible to refuse external energy influences, but this requires a considerable amount of testing before implementation [9].

Modern concreting technology in conditions of low and sub-zero temperatures offers methods of working (figure 1) [10]. Electrical heating with heating cables is recommended for thin-walled structures with a large surface area. Heating with heating wires takes place from the inside of the structure – conductively. After the concrete mix has been poured and compacted, an electric current of certain parameters is passed through the wire to heat the mix from the inside. The number of heating elements to be placed in the structure depends on the amount of concrete to be heated and the electrical power required for this. The cable does not need to be dismantled and remains in the structure permanently. Each structure has its own technical data sheet. The heating and holding times of the concrete are determined on the basis of the concrete temperature and the current intensity of the heating elements.



**Figure 1** – Working methods for winter concreting.

This is a big advantage of the heating cable method, because the heat is transferred to the structure from the outside and heats it from the surface, in contrast to all other similar methods where the source of heat is led up to the structure from the outside and all heat is transferred to the concrete using the heating cable. The implementation of this method is complicated by selection of optimal values of heating cable length and diameter, taking into account the possible unevenness of its electrical resistance, the choice of supply voltage and the risk of wire breakage during installation and concreting. It is impossible to reuse the wire, the need for a large amount of additional equipment and labour-intensive laying [9] must be also taken into account. The method of electric heating with electrodes is based on heat generation by a conductor with high resistance when electric current is flowing through it. A wire WHSB is used as a heating element [12]. This method involves introducing electrodes (bars, strips, strings, plates) into the concrete or placing them on its surface, which are then connected to a transformer. The result is an electric field that warms up the concrete rather than the surrounding environment. By selecting and adjusting the output parameters of the transformer, the desired concrete heating temperature can be achieved [9]. Advantages of heating with electrodes are the following: high thermal efficiency of the method; reliability and ease of installation; heating of structures of any thickness and any shape. Disadvantages of heating with electrodes include considerable time for preparation; additional equipment; high power consumption (from 1 000 kW for 3...5 m<sup>3</sup> of concrete mixture) and the need for qualified personnel.

Steam heating is a construction method that uses steam to create favourable heat and humidity conditions to accelerate the hardening of the concrete. Around the concreted structure there is a «jacket» made of roofing felt, wooden or steel panels, under which steam is injected.

«The jacket» ensures the required heating of the structure and provides the required humidity. Low pressure steam of 0.5...0.7 atm. is used, with a temperature of 80...90 °C. Approximate mode of steam preheating: the rate of rise (gradient) temperature of not more than 5-10 deg./h; isothermal heating at the temperature of 80° C for concrete on general Portland cement and 95 °C – on Portland slag cement and pozzolanic cement. The cooling rate (gradient) of the concrete must be 10 g/h.

Antifreeze additives are also widely used. The main reason for curing concrete mixes when exposed to high temperatures is the freezing of water in them (figure 2) [13]. Concrete with frost protection additives requires less water per unit volume than conventional concrete. This explains the higher strength and frost resistance of concrete with salt additives compared to the strength of concrete. The choice of additives and their optimum amount depends on the type of concreted structure, the degree of its reinforcement, the presence of aggressive media and stray currents, ambient temperature, etc. The disadvantage is considered to be the increase in time of achieving the design strength of the concrete; reduction of corrosion resistance of reinforcement (for chloride additives) [14].

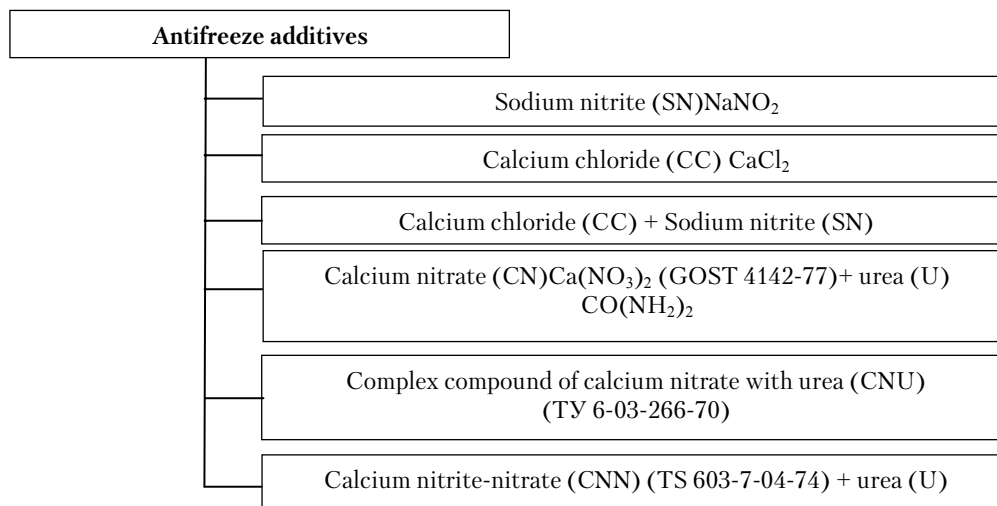


Figure 2 – Types of antifreeze additives.

At the same time, the thermos method should not be used when concreting structures in ambient conditions with an average daily outdoor temperature below +5 °C and a minimum temperature below 0 °C. Although the temperature limits of this method can be extended by a number of additional measures (increasing the initial temperature of the concrete mixture, introduction of chemical additives), in general it increases the economic costs of the works. In some cases, it is advisable to combine the temperature control method with electric heating of the perimeter of the structure. It is also necessary to additionally insulate structural elements that cool down faster than the main part (corners, protrusions, embedded parts, ribs), thus creating the same cooling conditions for the entire structure [9].

## CONCLUSIONS

The problem of winter application of self-compacting concrete has been extensively studied, but there are a number of shortcomings which have prompted the search for new solutions in this area. The winter application of self-compacting concrete is accompanied by a large number of problems, the solution of which will enable the use of self-compacting concrete in the most efficient way, both economically and practically.

Based on a comparative analysis, the most effective way of using self-compacting concrete is to use frost protection additives which reduce the cost of concrete. Also a carefully selected SSC composition provides acceptable resistance to daily variations in raw material quality and moisture content, reducing the frequency of laboratory inspections and facilitating production control.

## REFERENCES

1. Крылов, Б. А. Монолитное строительство, его состояние и перспективы совершенствования / Б. А. Крылов. – Текст : электронный // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2012. – № 4 (159). – С. 35–38. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20330880\\_41605965.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20330880_41605965.pdf) (дата обращения 15.04.2023). – EDN: RCXKRF.
2. Головнев, С. Г. Зимнее бетонирование: этапы становления и развития / С. Г. Головнев. – Текст : электронный // Вестник волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: строительство и архитектура. – 2013. – № 31-2 (50). – С. 529–534. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20281017\\_56313912.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20281017_56313912.pdf) (дата обращения 15.03.2023). – EDN: RBVBBD.
3. Куракова, О. А. Применение новых технологий зимнего бетонирования в современном строительстве / О. А. Куракова, М. У. Галаев. – Текст : электронный // Экономика и предпринимательство. – 2012. – № 6 (95). – С. 1073–1075. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20330880\\_41605965.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20330880_41605965.pdf) (дата обращения 15.03.2023). – EDN: XPUGQP.
4. Золотухин, С. Н. Бетонирование при отрицательных температурах / С. Н. Золотухин, А. Н. Горюшкин. – Текст : электронный // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2012. – № 1. – С. 81–85. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20281017\\_56313912.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20281017_56313912.pdf) (дата обращения 16.03.2023).
5. Paulik, Peter. The Effect of Curing Conditions (In Situ vs. Laboratory) on Compressive Strength Development of High Strength Concrete / Peter Paulik // Procedia Engineering. – 2013. – № 34 (156). – P. 113–119. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/259167998\\_The\\_Effect\\_of\\_Curing\\_Conditions\\_In\\_Situ\\_vs\\_Laboratory\\_on\\_Compressive\\_Strength\\_Development\\_of\\_High-Strength\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/259167998_The_Effect_of_Curing_Conditions_In_Situ_vs_Laboratory_on_Compressive_Strength_Development_of_High-Strength_Concrete) (дата обращения 15.04.2023).
6. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования = Engineering-physical principles of the winter concreting methods / Б. М. Красновский ; Государственная академия профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы Министерства образования и науки РФ (ГАСИС-Москва). – Москва : Изд-во ГАСИС, 2004. – 467 с. – (Серия «Избранные монографии ученых ГАСИС»). – ISBN 5-9504-0009-7. – Текст : непосредственный.
7. Золотухин, С. Н. Бетонирование при отрицательных температурах / С. Н. Золотухин, А. Н. Горюшкин. – Текст : электронный // Научный вестник ВГАСУ. Серия: Высокие технологии. Экология. – 2012. – № 1. – С. 81–85. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_18907371\\_10194680.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_18907371_10194680.pdf) (дата обращения 16.03.2023)
8. Головнев, С. Г. Технология зимнего бетонирования. Оптимизация параметров и выбор методов / С. Г. Головнев. – Челябинск : Изд-во ЮУрГУ, 1999. – 156 с. – ISBN 5-6960-1147-0. – Текст : непосредственный.
9. Баженов, Ю. М. Технология бетона : [учебник] / Ю. М. Баженов. – Москва : Изд-во АСВ, 2003 – 503 с. – ISBN 5-93093-138-0. – URL: <https://studylib.ru/doc/2607312/tehnologiya-betona> (дата обращения 15.03.2023). – Текст : электронный.
10. Мозгалёв, К. М. Эффективность применения самоуплотняющихся бетонов при возведении монолитных зданий в зимних условиях / К. М. Мозгалёв, С. Г. Головнев, Д. А. Мозгалёва. – Текст : электронный // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2014. – Том 14, № 1. – С. 34–37. – URL: <https://pdfslide.net/documents/-5750a9811a28abcf0cd0b5e6.html?page=1> (дата обращения 17.03.2023).
11. Система монолитного домостроения. Конструктивно-технологические решения / А. Н. Белоконов, В. А. Коссаковский, В. М. Рудой [и др.]. – Москва : ЦНИИЭП жилища, 1988. – 198 с. – Текст : непосредственный.
12. Возведение зданий и сооружений из монолитного железобетона : учебное пособие для студентов, обучающихся по специальности 290300 «Промышленное и гражданское строительство» направления 653500 «Строительство» / [С. А. Молодых и др.]. – Саранск : Изд-во Мордовского университета, 2002. – 138 с. – ISBN 5-7103-0826-9. – Текст : непосредственный.
13. Красновский, Б. М. Инженерно-физические основы методов зимнего бетонирования = Engineering-physical principles of the winter concreting methods / Б. М. Красновский ; Государственная академия профессиональной переподготовки и повышения квалификации руководящих работников и специалистов инвестиционной сферы Министерства образования и науки РФ (ГАСИС-Москва). – Москва : Изд-во ГАСИС, 2004. – 467 с. – (Серия «Избранные монографии ученых ГАСИС»). – ISBN 5-9504-0009-7. – Текст : непосредственный.
14. Круглый стол. Зимнее бетонирование: современный рынок противоморозных добавок – состояние и перспективы // Технологии бетонов. – 2011. – № 11–12. – С. 10–20. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_20330880\\_41605965.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_20330880_41605965.pdf) (дата обращения 18.03.2023). – Текст : электронный. – EDN: TKANKR.

Получена 04.04.2023

Принята 23.05.2023

М. Э. ВОРОНЕНКО, Н. М. ЗАЙЧЕНКО, Н. В. МИКЛАШЕВИЧ  
САМОУПЛОТНЯЮЩИЙСЯ БЕТОН В ЗИМНИЙ ПЕРИОД  
ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»,  
г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация

**Аннотация.** Представлены научные разработки ученых по применению самоуплотняющихся бетонных смесей при строительстве зданий и сооружений в условиях низких и отрицательных температур окружающей среды. Проведен анализ существующих методов возведения монолитных зданий и сооружений в холодное время года, на основе которых разрабатываются эффективные составы самоуплотняющихся бетонных смесей. Определен наиболее оптимальный способ для получения высоких технологических свойств бетонных смесей и физико-механических свойств бетона в условиях зимнего бетонирования. В частности преимуществами применения противоморозных добавок является наиболее эффективное использование их при больших объемах монолитного строительства в условиях отрицательных температур, обеспечивая необходимые свойства бетонной смеси, а также повышение долговечности конструкций при минимальных затратах. Приведены наиболее популярные виды противоморозных добавок.

**Ключевые слова:** самоуплотняющаяся бетонная смесь, монолит, зимний период, разработка составов, эксплуатационные свойства, противоморозные добавки.

М. Е. ВОРОНЕНКО, М. М. ЗАЙЧЕНКО, Н. В. МИКЛАШЕВИЧ  
САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНИЙ БЕТОН У ЗИМОВИЙ ПЕРІОД  
ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»,  
м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація

**Анотація.** Представлено наукові розробки науковців щодо застосування самоущільнювальних бетонних сумішей під час будівництва будівель і споруд в умовах низьких і від'ємних температур навколишнього середовища. Проведено аналіз наявних методів зведення монолітних будівель і споруд у холодну пору року, на основі яких розробляються ефективні склади самоущільнювальних бетонних сумішей. Визначено найбільш оптимальний спосіб для отримання високих технологічних властивостей бетонних сумішей і фізико-механічних властивостей бетону в умовах зимового бетонування. Зокрема переваги застосування протиморозних добавок дають змогу найбільш ефективно використовувати їх за великих обсягів монолітного будівництва в умовах від'ємних температур, забезпечуючи необхідні властивості бетонної суміші, а також підвищують довговічність конструкцій за мінімальних витрат. Наведено найбільш популярні види протиморозних добавок.

**Ключові слова:** самоущільнювальна бетонна суміш, моноліт, зимовий період, розробка складів, експлуатаційні властивості, протиморозні добавки.

**Вороненко Максим Эдуардович** – аспирант кафедры технологии строительных конструкций, изделий и материалов ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: самоуплотняющиеся бетоны с высокими эксплуатационными свойствами.

**Зайченко Николай Михайлович** – доктор технических наук, профессор; ректор ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: технология и свойства модифицированных высокопрочных бетонов.

**Миклашевич Нина Васильевна** – кандидат педагогических наук, доцент; заведующая кафедрой иностранных языков и педагогики высшей школы ФГБОУ ВО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры», г. Макеевка, ДНР, Российская Федерация. Научные интересы: педагогика высшей школы.

**Вороненко Максим Эдуардович** – аспирант кафедри технології будівельних конструкцій, виробів і матеріалів ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: самоущільнювальні бетони з високими експлуатаційними властивостями.

**Зайченко Микола Михайлович** – доктор технічних наук, професор; ректор ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: технологія і властивості модифікованих високоміцних бетонів.

**Міклашевич Ніна Василівна** – кандидат педагогічних наук, доцент; завідувач кафедри іноземних мов та педагогіки вищої школи ФДБОУ ВО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури», м. Макіївка, ДНР, Російська Федерація. Наукові інтереси: педагогіка вищої школи.

**Voronenko Maxim** – post-graduate student, Technologies of Building Structures, Products and Materials Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: self-compacting concrete with high performance properties.

**Zaichenko Nikolai** – D. Sc. (Eng.), Professor; rector FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: technology and properties of modified high-strength concrete.

**Miklashevich Nina** – Ph. D. (Pedagogical Sciences), Associate Professor, Foreign Language and Higher School Pedagogy Department, FSBEI HE «Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture», Makeyevka, DPR, Russian Federation. Scientific interests: pedagogy of Higher School.