

Технология и организация строительства Technology and organization of construction

Научная статья
УДК 666.97.031
DOI: 10.14529/build260105

РЕЗЕРВЫ УВЕЛИЧЕНИЯ ПРОИЗВОДСТВА БЕТОНА В ЗИМНИХ УСЛОВИЯХ

Г.А. Пикус✉

Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия

✉ pikusga@susu.ru

Аннотация. В статье приведен анализ развития во времени зимнего бетонирования с точки зрения ежегодных объемов потребления бетона. Вся работа базируется на классической теории S-образного развития технических систем. При этом исследование начинается с установления отправной точки развития теории зимнего бетонирования (1899 год) и изучения темпа роста научных исследований на их начальном этапе. Были выделены ключевые временные точки развития зимнего бетонирования, на которых происходят фундаментальные изменения такого развития (1929 и 1945 годы). Данные точки были получены в ходе изучения государственных и иных статистических данных по объемам бетона, уложенного в зимних условиях, и анализа интенсивности научного развития зимнего бетонирования. Результаты указывают на полное соответствие фактического развития зимнего бетонирования теории S-образного развития технических систем без их стагнации. С 1954 года и до настоящего времени предел потребления бетона в зимнее время оказался равен приблизительно 34 % от всего произведенного бетона за год, что показывает отсутствие решения проблемы сезонности бетонных работ.

На основании фактических данных месячного производства товарной бетонной смеси в нашей стране были определены резервы производства бетона в зимнее время, которые составили 18 % от годового объема. Далее были определены причины ежегодного спада производства в зимних условиях и предложены меры, реализация которых позволит воспользоваться имеющимися резервами производства бетона.

Ключевые слова: сезонность бетонных работ, зимнее бетонирование, эффективность производства бетона, объемы потребления бетона, теория развития технических систем

Для цитирования. Пикус Г.А. Резервы увеличения производства бетона в зимних условиях // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2026. Т. 26, № 1. С. 44–49. DOI: 10.14529/build260105

Original article
DOI: 10.14529/build260105

RESERVES FOR SCALING UP CONCRETE PRODUCTION IN WINTER CONDITIONS

G.A. Pikus✉

South Ural State University, Chelyabinsk, Russia

✉ pikusga@susu.ru

Abstract. The paper analyses the time-dependent development of winter concreting in terms of annual concrete consumption. The study is based on the classical theory of the S-curve technical system evolution. The study begins with setting the starting point in the development of the theory of winter concreting (1899) and investigating the growth rate of scientific research at its initial stage. Key temporal milestones in the development of winter concreting, associated with fundamental changes in this process (1929 and 1945), are identified. These milestones are obtained during the study of state and other statistical data on the volumes of concrete laid in winter conditions and analyzing the intensity of the intellectual development of winter concreting.

The results indicate that the actual development of winter concreting fully complies with the theory of the S-curve evolution of technical systems without stagnation. From 1954 to the present, the limit of concrete consumption in winter has been equal to approximately 34% of the total annual concrete production, indicating that the problem of seasonal prevalence in concrete works has not been resolved.

© Пикус Г.А., 2026.

Based on actual data on monthly production of commercial concrete mix in our country, the study has determined the reserves of concrete production in winter, which amounted to 18% of the annual volume. The causes of the annual decline in production in winter conditions have been identified, and measures to enable the application of the existing concrete production reserves have been proposed.

Keywords: seasonal prevalence of concrete works, winter concreting, concrete production efficiency, concrete consumption, theory of technical system evolution

For citation. Pikus G.A. Reserves for scaling up concrete production in winter conditions. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2026;26(1):44–49. (in Russ.). DOI: 10.14529/build260105

В истории монолитного бетона, насчитывающей уже много веков практики применения, очень долго нерешенной проблемой являлось прекращение производства бетонных работ с наступлением отрицательных температур окружающего воздуха [1]. Результаты научных исследований в области бетонирования при отрицательных температурах были впервые опубликованы русским инженером Николаем Ильичом Богдановым (1863 – после 1932) в 1899 году [2]. В дальнейшем, с 1910 года, исследования в области зимнего бетонирования медленно набирали темп, чему способствовала апробация работ в реальных условиях строительной площадки (пионером исследований в России по праву является профессор Иван Андреевич Кириенко (1879–1971)). Уже в 1912 году профессором Николаем Александровичем Житкевичем (1868 – ?) была издана первая книга [3], в которой был затронут вопрос о способах производства работ в зимних условиях (из 524 страниц книги вопросам зимнего производства работ было уделено немногим более 30 страниц, но это был первый системный труд по зимнему бетонированию), а в 1919 году была опубликована первая книга, целиком посвященная зимнему бетонированию [4].

В то же время появившиеся в начале XX века технологические решения, как, например, бетонирование в тепляках, не решали проблему сезонности бетонных работ, так как подобные технологии были трудозатратными, дорогими и, соответственно, неэффективными.

На государственном уровне, начиная с 1932 года, все силы нашей страны были брошены на устранение сезонности строительных работ в целом и бетонных работ в частности. Отправной точкой будем считать 1929 год, когда в I квартале (по сути квартале с сугубо зимними условиями строительства) строительно-монтажных работ выполнили лишь 6 % от годового плана, в то время как в III квартале (с летними условиями производства работ) – 43 % [5]. То есть разница составила 7 раз.

К сожалению, Госкомстат СССР, как и его предшественники, не вел статистический учет производства товарного бетона, а тем более объемов его применения в зимних условиях, сосредоточив свое внимание на объемах производства цемента и сборного железобетона. Поэтому эти

данные будем черпать из выпущенной в те годы научной и технической литературы.

Согласно [6] в 1955 году на объектах энергетической сферы было уложено 6,84 млн м³ бетона, из которых около трети – в зимних условиях. В [5] приведены данные о том, что в 1970 году в СССР всего было уложено 96 млн м³ монолитного бетона, из которых 30...40 % – в зимних условиях.

По данным [7] организациями Минтяжстроя СССР в 1975 году в зимних условиях было уложено 35,5 % всего объема бетона, или 3018 тыс. м³, а в 1978 году – 33,5 %, или 2905 тыс. м³. Причем это средние значения, а колебание по отдельным главам, например Уральского региона, составило от 24,6 до 49,8 %. Аналогичные данные приведены в [8], согласно которым к 1978 году в СССР в зимних условиях укладывалось в среднем около 35 % бетона.

Из [9, 10] следует, что в 1987 году в СССР было применено более 260 млн м³ бетона, из них сборного – 136 млн м³. Одновременно с этим в зимних условиях было уложено 40...45 млн м³ бетона, что составляет 32,3...36,3 % от всего товарного бетона.

Более полная статистика Росстата РФ показывает, что в 2009 году в России было произведено 18,84 млн м³ товарного бетона, из которых в зимних условиях (ноябрь – март) было уложено 6,35 млн м³ бетона, или 33,7 %. В 2020 году произведено 35,3 млн м³, из которых в зимних условиях уложено 11,12 млн м³, или 31,5 %.

Таким образом, если посмотреть на историю зимнего бетонирования через призму теории решения изобретательских задач, то можно увидеть, что она подчиняется классической S-образной теории развития технических систем (рис. 1). На первом этапе (с 1899 по 1929 год) система развивалась медленно. После достижения небольшого стабильного уровня произошел взрывной рост системы (второй этап – с 1929 по 1945¹ год). Далее скорость роста замедлилась и в конечном итоге остановилась (третий этап – с 1945 по настоящее время), хотя по классической теории возможна не

¹ Ввиду отсутствия точных статистических данных 1945 год выбран условно. Однако доля объективности в этом есть, так как, как было показано выше, период до 1945 года характеризуется революционным развитием в СССР технологий зимнего бетонирования.

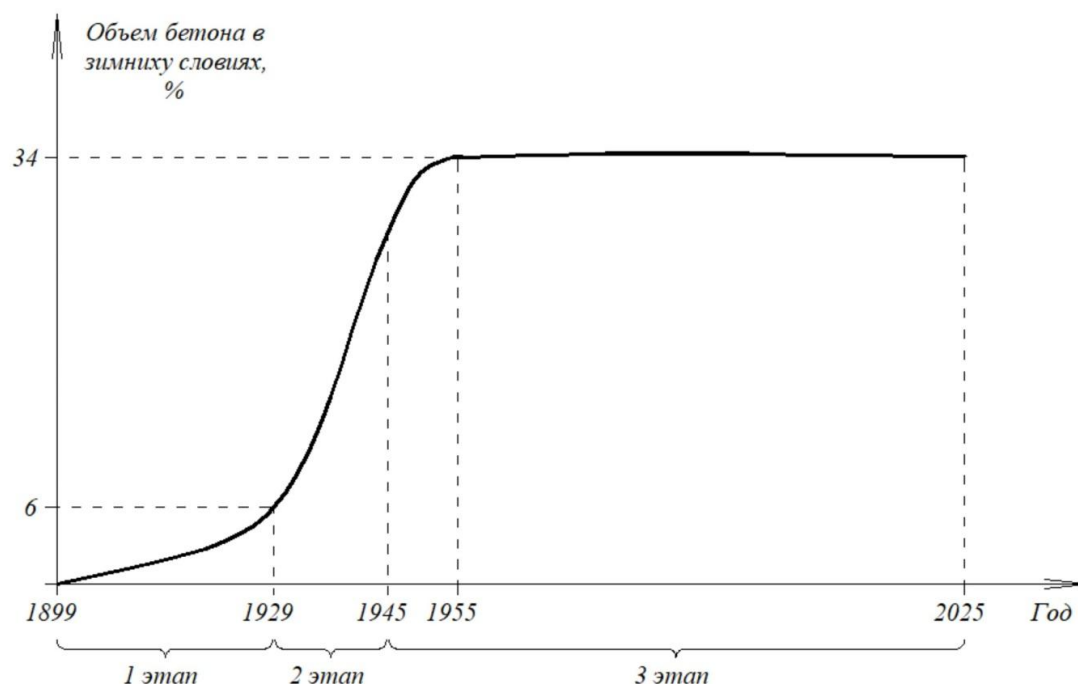


Рис. 1. S-образное развитие зимнего бетонирования

только стагнация системы, но и ее деградация [11, 12]. В нашем случае начиная с 1955 года развитие технологии зимнего бетонирования на этом этапе пошло по пути стагнации, удерживая на протяжении семи десятилетий приблизительно 34%-ную долю от всего объема монолитного бетона.

Из вышеприведенного видно, что за последние 70 лет средний объем бетона, ежегодно укладываемого в зимних условиях, стабильно составляет около 34 % от всего монолитного бетона. Таким образом, даже по прошествии почти века с момента появления директивы об «уничтожении сезонности» полностью искоренить эту проблему

в монолитном бетонировании не смогли. Это хорошо видно из рис. 2, где потребление монолитного бетона из года в год идет по кривой, напоминающей синусоиду.

Ежегодные спады в потребности бетона негативно сказываются на строительной отрасли в целом. Проблемы испытывают все участники рынка: бетонорастворные узлы, транспортные компании, владельцы грузоподъемных машин и бетононасосов, подрядные организации, а также иные организации, тесно связанные с бетонными работами (цементные заводы, владельцы опалубки, поставщики арматуры и т. д.). Систематическое сниже-

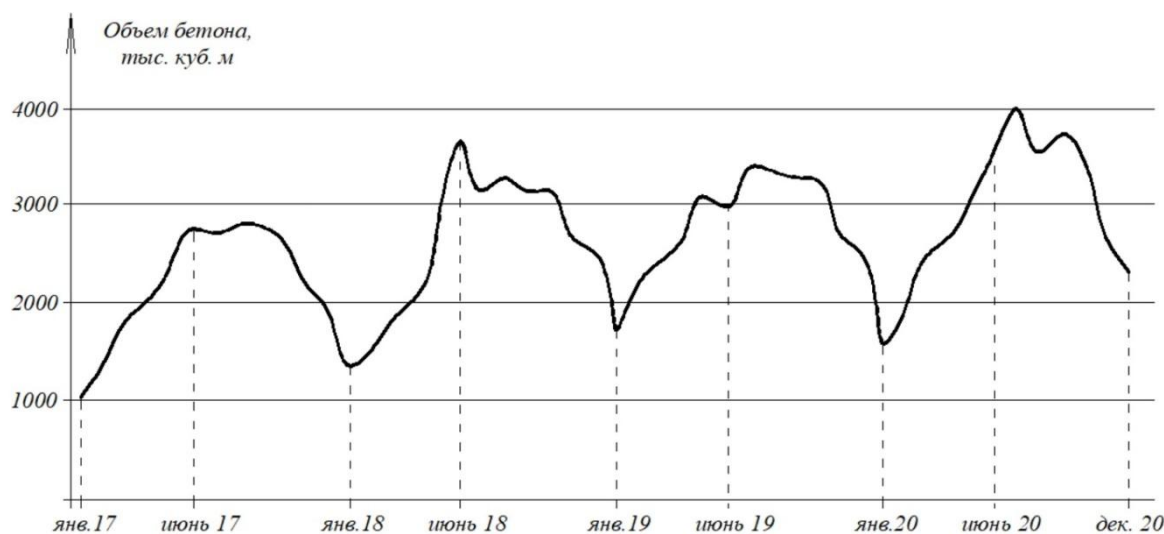


Рис. 2. Объем производства товарного бетона в 2017–2020 гг.

ние в зимнее время объемов выполняемых ими работ ведет к росту простоев производства, текучке кадров и, в конечном счете, к дисбалансу формируемой в летнее время эффективной организации производственных процессов. Решение такой проблемы можно найти в максимально полном использовании резервов, которые формируются такими спадами.

В данном случае резервом будет разница между потенциальными возможностями производства и фактически производимыми объемами продукции. При этом резервы, которые мы не используем, по сути являются упущенными возможностями роста эффективности производства. Построив линию тренда через вершины кривой объемов производства товарного бетона (рис. 3), получим области, определяющие резервы такого производства (на рис. 3 эти области заштрихованы). Сняв показания с графика, получим, что в зимних условиях средний резерв по производству бетона составляет 18 % от его годового объема (см. таблицу). Таким образом, например если в 2023 году в России было произведено 66574 тыс. м³ товарного бетона, то

резерв производства составляет порядка 11983 тыс. м³.

Есть несколько причин ежегодного спада производства в зимних условиях.

Во-первых, это естественное удорожание материалов и работ в таких условиях. Так, увеличивается стоимость бетонной смеси из-за необходимости нагрева ряда его компонентов и введения противоморозных добавок (увеличение стоимости доходит до 19 %). Кроме того, прогревные методы бетонирования требуют расхода электроэнергии (70...300 кВт/м³), расхода электродной стали или нагревательных проводов (стоимость бетона за счет нагревательных проводов может увеличиваться до 4 %), амортизации трансформаторных подстанций и утеплителя (может составлять от 10 % от стоимости трансформатора за зимний сезон). Одновременно с этим появляются дополнительные работы по термометрическому контролю, подключению и обслуживанию прогревочного электрооборудования. Также увеличивается продолжительность работ на всех стадиях монолитного бетонирования из-за скованности движений на морозе и естественной необходимости рабочих

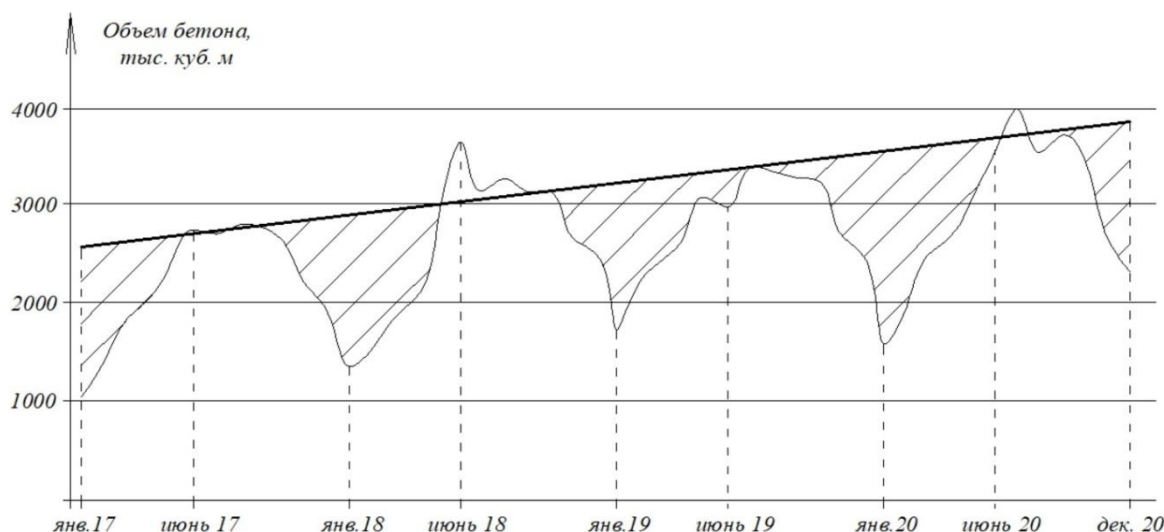


Рис. 3. Резервы производства товарного бетона в 2017–2020 гг.

Резервы производства товарного бетона в зимнее время

Месяц	Резервы, тыс. м ³ в календарном году*			
	2017 г. (26840)	2018 г. (31365)	2019 г. (33890)	2020 г. (35310)
Январь	1539	1549	1507	1966
Февраль	1239	1406	1056	1611
Март	807	1097	852	1109
Ноябрь	633	505	773	1142
Декабрь	932	682	1028	1540
Общий объем резерва за год, тыс. м ³ / % от года	5150 19,2	5239 16,7	5216 15,4	7368 20,9
Средний резерв, % от года	18,0			

* В скобках указан фактический объем производства товарного бетона за календарный год, тыс. м³.

систематически греться (согласно ЕНиР «Общая часть» в зависимости от региона и месяца производства работ трудозатраты на производство монолитных работ в зимних условиях увеличиваются на 5...25 % и выше).

Во-вторых, зачастую снижается качество монолитных конструкций, что обусловлено недостаточным уровнем развития науки в области оценки и управления температурными напряжениями в бетоне. Одновременно можно отметить недостаточную подготовку специалистов и рабочих в области зимнего бетонирования, хотя это и носит локальный, несистемный характер. То есть задачи обеспечения качества возводимых монолитных конструкций до сих пор не решены в полном объеме. Часто это вызывает нежелание строителей всех уровней осуществлять бетонные работы в зимних условиях.

Анализ вышеизложенного и практики строительства показывает, что воспользоваться имеющимися резервами производства можно путем реализации следующих мер:

- отгрузка с БРУ бетонных смесей с минимально необходимой температурой и минимальным количеством противоморозных добавок, необходимых для доставки бетонных смесей до стройплощадки и их укладки в конструкции без риска замораживания (экономия за счет снижения энергозатрат на подогрев компонентов бетонной смеси и расхода добавки);
- обеспечение эффективной логистики доставки бетонных смесей с учетом фактической загрузки автомобильных дорог (экономия на стоимости доставки и снижении начальной температуры бетонной смеси);
- повышение коэффициента использования трансформаторов прогрева за счет полного использования их мощности (экономия за счет снижения количества одновременно используемых трансформаторов и увеличения рентабельности вложенных в трансформаторы средств);

– точный расчет длин и шага нагревательных проводов, длин магистральных проводов и монтажных отводов с учетом грамотной расстановки прогревочного оборудования и минимизации потерь напряжения (экономия за счет снижения расходов на провода);

– уменьшение продолжительности цикла термообработки конструкций за счет повышения точности расчетов времени выдерживания с использованием метода конечных элементов (экономия электроэнергии, повышение оборачиваемости опалубки и утеплителя);

– внедрение автоматизации управления термообработкой бетона и дистанционного контроля за его температурой на строительной площадке (экономия за счет снижения трудозатрат);

– обеспечение качества бетонных конструкций за счет грамотной технологии выдерживания, направленной на снижение температурных напряжений (экономия за счет снижения рисков переделок уже возведенных конструкций).

Конечно, подобные меры не смогут полностью решить описанную проблему. Согласно теории развития технических систем на данном этапе необходимо коренное изменение материалов и технологий зимнего бетонирования. Однако из-за отсутствия конкуренции со стороны зарубежных стран ввиду их географического положения и снижения интереса к науке зимнего бетонирования со стороны отечественных ученых подобные изменения, видимо, откладываются на неопределенный срок.

Таким образом, неоспоримые выгоды от равномерной загрузки организаций на всех этапах строительства в зимних условиях (от горнопромышленных предприятий до строительных субподрядных организаций) ложатся на плечи самих организаций. Эта потенциальная выгода должна мотивировать их и привлекаемых ими ученых к поиску и внедрению решений по повышению экономической эффективности, а также качества зимнего бетонирования.

Список литературы

1. Пикус Г.А. Управление собственными температурными напряжениями бетона в зимних условиях: монография. Екатеринбург: Издательские решения, 2024. 126 с.
2. Богданов Н.И. О влиянии низкой температуры на цементные растворы. СПб.: Тип. Ю.Н. Эрлих, 1899. 5 с.
3. Житкевич Н.А. Бетон и бетонные работы. Санкт-Петербург: Типография АО Тип. Дела в СПб., 1912. 524 с.
4. Кириенко И.А. Бетонные работы на морозе. Киев: Украинский народный комиссариат земледелия, 1919. 124 с.
5. Миронов С.А. Теория и методы зимнего бетонирования. М.: Стройиздат, 1975. 700 с.
6. Логинов Ф.Г. Энергетическое строительство СССР – важнейшая база коммунистического строительства // Энергетическое строительство СССР за 40 лет (1917–1957 гг.). М.; Л.: Государственное энергетическое издательство, 1958. С. 3–6.
7. Головнев С.Г. Оптимизация методов зимнего бетонирования. Л.: Стройиздат, 1983. 235 с.
8. Топчий В.Д., Березовский Б.И., Гендин В.Я. Механизация работ при зимнем бетонировании // Рекомендации по производству бетонных работ в зимнее время. Новосибирское областное правление НТО стройиндустрии, 1979. С. 8–10.

9. Михайлов К.В. Перспективы развития бетона и железобетона // Бетон и железобетон. 1988. № 9. С. 3–4.
10. Лагойда А.В., Данилов Н.Н., Заседателев И.Б., Соловьянчик А.Р. Энергосберегающие методы выдерживания бетона при возведении монолитных конструкций // Бетон и железобетон. 1988. № 9. С. 45–47.
11. Злотин Б.Л., Зусман А.В. Законы развития и прогнозирования технических систем. Кишинев: Картя Молдовеняскэ, МНТЦ «Прогресс», 1989. 114 с.
12. Альтшуллер Г.С., Злотин Б.Л., Зусман А.В., Филатов В.И. Поиск новых идей: от озарения к технологии (Теория и практика решения изобретательских задач). Кишинев: Картя Молдовеняскэ, 1989. 381 с.

References

1. Pikus G.A. *Upravlenie sobstvennymi temperaturnymi naprjazhenijami betona v zimnih uslovijah: monografija* [Management of thermal stresses in concrete in winter conditions: monograph]. Yekaterinburg, Izdatel'skie resheniya, 2024. 126 p. (in Russ.)
2. Bogdanov N.I. *O vlijanii nizkoj temperatury na cementnye rastvory* [On the influence of low temperature on cement mortars]. Saint Petersburg, Tipografiya Yu.N. Erlikha, 1899. 5 p. (in Russ.)
3. Zhitkevich N.A. *Beton i betonnye raboty* [Concrete and concrete works]. Saint Petersburg, Tipografiya AO Tip. Dela in Saint Petersburg, 1912. 524 p. (in Russ.)
4. Kirienko I.A. *Betonnye raboty na moroze* [Concrete work in the cold]. Kiev, Ukrainskij narodnyj komissariat zemledelija, 1919. 124 p. (in Russ.)
5. Mironov S.A. *Teorija i metody zimnego betonirovanija* [Theory and methods of winter concreting]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1975. 700 p. (in Russ.)
6. Loginov F.G. *Energeticheskoe stroitel'stvo SSSR – vazhneyshaya baza kommunisticheskogo stroitel'stva* [Energy Construction of USSR – The Most Important Base of Communist Construction]. Energiya, Gosenergoizdat Publ., Moscow-Leningrad, 1958, pp. 3–6. (in Russ.)
7. Golovnev S.G. *Optimizacija metodov zimnego betonirovanija* [Optimization of winter concreting methods]. Leningrad, Stroyizdat Publ., 1983. 235 p. (in Russ.)
8. Topchij V.D., Berezovskij B.I., Gendin V.Ja. [Mechanization of works during winter concreting]. *Rekomendatsii po proizvodstvu betonnykh rabot v zimnee vremya* [Recommendations for production of concrete works in winter time], Novosibirskoye oblastnoye pravleniye NTO stroyindustrii Publ., 1979, pp. 8–10. (in Russ.)
9. Mihajlov K.V. [Prospects for the development of concrete and reinforced concrete]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 1988, no. 9, pp. 3–4. (in Russ.)
10. Lagojda A.V., Danilov I.B., Zasedatelev A.R., Solovyanchik A.R. [Energy-saving methods of curing concrete in the construction of monolithic structures]. *Beton i zhelezobeton* [Concrete and Reinforced Concrete], 1988, no. 9, pp. 45–47. (in Russ.)
11. Zlotin B.L., Zusman A.V. *Zakony razvitiya i prognozirovanija tehniceskikh sistem* [Laws of development and forecasting of technical systems]. Kisinev, Kartya Moldovenyaske; MNTTs “Progress”, 1989. 114 p. (in Russ.).
12. Al'tshuller G.S., Zlotyn B.L., Zusman A.B., Filatov V.I. *Poisk novykh idej: ot ozarenija k tehnologii (Teorija i praktika reshenija izobretatel'skih zadach)* [Search for new ideas: from inspiration to technology (Theory and practice of solving inventive problems)]. Kisinev, Kartya Moldovenyaske, 1989. 381 p. (in Russ.)

Сведения об авторе:

Пикус Григорий Александрович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Строительное производство и теория сооружений», Южно-Уральский государственный университет, Челябинск, Россия; pikusga@susu.ru

Information about the autor:

Grigory A. Pikus, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Production and Theory of Structures, South Ural State University, Chelyabinsk, Russia; pikusga@susu.ru

Статья поступила в редакцию 10.10.2025, принята к публикации 27.10.2025.

The article was submitted 10.10.2025, approved after reviewing 27.10.2025.