

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 666.972

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-2-66-72>

Оригинальное эмпирическое исследование

Инновационная технология приготовления бетонных смесей

Е.А. Шляхова  

Донской государственный технический университет, г. Ростов-на-Дону, Российская Федерация

 shlyahovae@list.ru



EDN: SOAUYP

Аннотация

Введение. В статье на примере производства дорожного бетона в Ростовской области рассмотрены вопросы повышения эффективности технологии приготовления бетонных смесей, обеспечивающей нормативные показатели физико-механических свойств бетона без увеличения расхода цемента и дополнительных затрат на реконструкцию действующих предприятий строительной индустрии.

Цель проведенных исследований — разработка эффективных рецептурно-технологических мероприятий, обеспечивающих нормативные требования к прочностным показателям бетона, изготавливаемого на основе местной сырьевой базы без технического перевооружения действующих бетоносмесительных заводов.

Материалы и методы. Для достижения поставленной в работе цели при проведении экспериментальных исследований использована местная сырьевая база, доступная для широкого применения на предприятиях строительной индустрии. Исследования, направленные на разработку рецептурно-технологических мероприятий по повышению эффективности производства исследуемого дорожного бетона, выполнены с применением стандартных методик оценки нормируемых показателей свойств сходных материалов, бетонных смесей и затвердевшего бетона. Для оптимизации параметров разработанных рецептурно-технологических решений применены методы математического моделирования исследуемой стохастической системы на основе теории планирования эксперимента.

Результаты исследования. Разработанная инновационная технология приготовления бетонных смесей обеспечивает возможность на 15–20 % повысить прочностные показатели исследуемого бетона, либо на 10–12 % уменьшить расход цемента без снижения прочности получаемого материала.

Полученные результаты достигнуты за счет разработки комплекса рецептурно-технологических мероприятий, включающего введение в бетонную смесь предложенного карбонатного микронаполнителя и поликарбоксилатного суперпластификатора в сочетании с разработанным двухстадийным способом приготовления бетонной смеси.

Обсуждение и заключение. Инновационная новизна разработанной технологии приготовления бетонных смесей защищена патентом на изобретение. Полученные результаты достигнуты за счет совместного введения в бетонную смесь разработанного микронаполнителя на основе известняка-ракушечника и суперпластификатора ST 5.0 в сочетании с инновационной двухстадийной технологией приготовления бетонной смеси.

Исходя из общетеоретического представления о структурообразовании цементных бетонов и формировании их прочностных свойств, можно распространить результаты данных исследований на производство широкого круга монолитных и сборных изделий и конструкций, которые должны удовлетворять нормативным требованиям по прочности не только на сжатие, но и на растяжение. Естественно, в каждом конкретном случае потребуются дополнительные исследования с учетом специфики региональной сырьевой базы и специфики того или иного предприятия строительной индустрии и номенклатуры выпускаемой продукции.

Ключевые слова: дорожный бетон, технология приготовления бетонной смеси, карбонатный микронаполнитель, суперпластификатор

Для цитирования. Шляхова Е.А. Инновационная технология приготовления бетонных смесей. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2026;5(2):66–72. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-2-66-72>

Innovative Technology of Preparation of Concrete Mixtures

Elena A. Shlyakhova  

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russian Federation

 shlyahovae@list.ru

Abstract

Introduction. Using the example of the production of road concrete in the Rostov region, the article looks at the issues of increasing the efficiency of the technology for preparation of concrete mixtures to ensure the normative indicators of the physical and mechanical properties of concrete without increasing cement consumption and additional costs for reconstruction of existing enterprises in the construction industry.

The aim of the study is to develop a set of prescription and technological measures to ensure regulatory requirements for strength characteristics of concrete produced with the use of local raw materials with no technical re-equipment of existing concrete mixing plants.

Materials and Methods. To this end, while conducting the experimental research, a local raw material base was used that is widely available in the construction industry. The study aimed at developing prescription and technological measures for improving the production efficiency of the road concrete under study was performed using standard methods for assessing the normalized properties of similar materials, concrete mixtures and hardened concrete. In order to optimize the parameters of the developed formulation and technological solutions, mathematical modeling methods of the stochastic system under study based on the theory of experimental planning were applied.

Research Results. The developed innovative technology for preparing concrete mixtures enables an increase in the strength of the concrete under study by 15–20%, or reduce cement consumption by 10–12% without a reduction in the strength of the resulting material.

The results were achieved by means of developing a set of prescription and technological measures including introduction of the suggested carbonate micronutrient and polycarboxylate superplasticizer into the concrete mixture in combination with the developed two-stage method for preparing the concrete mixture.

Discussion and Conclusion. The novelty of the developed technology for preparing concrete mixtures is protected by an invention patent. The results were achieved by means of the combined introduction of the developed limestone-shell filler and superplasticizer ST 5.0 into the concrete mixture in combination with an innovative two-stage technology for preparing concrete mixtures.

Based on the general theoretical understanding of the structure formation of cement concretes as well as of their strength properties, it is possible to extend the results of these studies to production of a broad range of monolithic and prefabricated products as well as structures that are to comply with the regulatory requirements for not only compressive strength, but also for tensile strength. Naturally, in each specific case, additional research will be required that would take into consideration the specifics of the regional raw material base as well as the specifics of a particular enterprise in the construction industry and its product range.

Keywords: road cement concrete, technology of concrete mix preparation, carbonate microfiller, superplasticizer

For citation. Shlyakhova EA Innovative Technology of Preparation of Concrete Mixtures. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2026;5(2):66–72. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2026-5-2-66-72>

Введение. В статье применительно к условиям производства дорожного бетона рассмотрены актуальные вопросы повышения эффективности технологии приготовления бетонных смесей, обеспечивающей нормативные показатели физико-механических свойств бетона без увеличения расхода цемента и инвестиционных затрат на реновацию действующих предприятий стройиндустрии. Актуальность рассматриваемых вопросов обусловлена тем, что бетонные дорожные покрытия находят все более широкое применение в большинстве развитых стран мира. Эта тенденция обусловлена ежегодным увеличением количества автотранспортных средств на дорожном полотне, повышением их грузоподъемности и скоростного режима грузопотоков на автомагистралях.

С учетом изложенного вопросы качества исходных материалов для получения дорожного бетона с надлежащими физико-механическими свойствами приобретают особую остроту [1].

Вместе с тем во многих регионах преобладают месторождения мелких песков, использование которых в составе бетона обуславливает повышенный расход цемента. В результате многочисленных предшествующих исследований [2–5] разработаны способы снижения расхода цемента в бетонах на мелких песках за счет введения в бетонную смесь микронаполнителей, таких как тонкоизмельченный песок, молотые металлургические шлаки

и другие природные или техногенные минеральные компоненты. Однако процесс помола указанного сырья для получения микронаполнителя является весьма энергоемким, что удорожает в конечном счете стоимость бетона.

Известны также способы снижения расхода цемента за счет интенсификации процесса перемешивания бетонной смеси [6–9], однако эти способы требуют замены в большинстве случаев существующих бетоносмесителей на высокоскоростные, что требует больших инвестиционных затрат.

Целью данных исследований была поставлена разработка комплексных рецептурно-технологических решений, которые обеспечивают производство бетонных смесей для дорожного бетона на действующих предприятиях строительной индустрии без необходимости дополнительных инвестиций на их модернизацию и техническое перевооружение, а также без увеличения расхода цемента.

На основе анализа предшествующих исследований [10–15] была выдвинута рабочая гипотеза о том, что достижение поставленной цели возможно за счет использования в составе дорожного бетона добавки микронаполнителя в сочетании с оптимизацией способа приготовления бетонной смеси для дорожного бетона на действующих бетоносмесительных заводах. В этой связи при проведении исследований поэтапно решались задачи:

1. Выбор модифицирующих добавок отечественного производства в бетонную смесь.
2. Изыскание эффективного микронаполнителя на основе местной сырьевой базы.
3. Разработка инновационной технологии приготовления бетонных смесей без технического перевооружения действующих бетоносмесительных узлов.

Материалы и методы. В качестве объекта исследований был принят дорожный бетон проектного класса по прочности на сжатие В35 и на растяжение при изгибе В_{из} 4.0.

При проведении исследований использовали следующие материалы.

В качестве вяжущего применяли портландцемент производства АО «Себряковцемент» ЦЕМ I 42,5 Н с нормальной плотностью НГ равной 26,75 и фактической активностью в возрасте 2 суток 29,2 МПа, в возрасте 28 суток — 54,8 МПа.

В качестве крупного заполнителя для изготовления исследуемого дорожного бетона использовали щебень из песчаника с размерами фракции 5–20 мм производства ООО «Донской камень», соответствующий требованиям ГОСТ 26633-2015.

Нормативными документами для дорожного бетона рекомендуется использовать пески с модулем крупности $M_k = 1,5–3,0$. В Ростовской области песков с высоким модулем не производят. Доставка же таких песков из других регионов приводит к значительному удорожанию бетонных смесей. Наиболее подходящим по характеристикам из местных песков является песок Каяльского карьера с M_k равным 1,57, который и был использован в качестве мелкого заполнителя.

Для пластификации бетонной смеси на основе априорной информации был выбран суперпластификатор на поликарбоксилатной основе ST 5.0 производства ООО «БСР», г. Санкт-Петербург. По информации производителя, указанный суперпластификатор характеризуется данными, представленными в таблице 1.

Таблица 1

Характеристика добавки ST 5.0

Показатели, единицы измерения	Значения
Внешний вид	Жидкость коричневого цвета
Запах	Слабый
Общее содержание твердой фазы, %	25
Плотность раствора, г/см ³	1,070 ± 0,03
Значение pH (неразбавленный продукт)	9 ± 1,5

Разрабатываемый микронаполнитель для исследуемого дорожного бетона получали на основе понтического известняка-ракушечника Каменского месторождения Ростовской области, измельченного до порошкообразного состояния.

Исходный известняк-ракушечник представляет собой горную породу желто-бурого цвета, состоящую в основном из слабосцементированных обломков ракушек различной крупности. Содержание карбоната кальция в породе находится в пределах 87–97 %. Средняя плотность кусков породы — в диапазоне 1,5–2,2 т/м³ в зависимости от глубины залегания. Прочность при сжатии — до 25 МПа, пористость породы — 15–40 % по объему.

Методические исследования, направленные на достижение поставленной цели, проводили поэтапно в соответствии с рабочей гипотезой и выдвинутыми задачами исследования. При этом сочетали использование стандартных методов определения нормируемых свойств исходных материалов, характеристики получаемых бетонных смесей и прочностных показателей затвердевшего бетона с математическими методами теории планирования эксперимента, полиномиального моделирования и интерпретации получаемых функций отклика.



Рис. 1. Внешний вид известняка-ракушечника

На первом этапе экспериментальных исследований изучали влияние степени измельчения порошкообразного известняка-ракушечника и его содержания в смеси на прочностные свойства растворной части бетона. Опыты проводили на цементно-песчаных образцах — балочках размером $40 \times 40 \times 160$ мм, вещественные составы которых моделировали растворную часть исследуемого бетона.

После твердения образцов в нормальных условиях в возрасте 28 суток их подвергали прочностным испытаниям общепринятыми методами на изгиб и сжатие.

По результатам прочностных испытаний и соответствующей математической обработки опытных данных методами теории планирования эксперимента [16] получали полиномиальные модели, адекватно на 5 %-ном уровне значимости описывающие изучаемые зависимости, по которым были установлены рациональные диапазоны дозирования получаемого карбонатного микронаполнителя на основе измельченного известняка-ракушечника.

На втором этапе исследований, с учетом полученных на первом этапе результатов, для оптимизации технологических параметров приготовления бетонных смесей эксперименты проводили на бетонных образцах-призмах размером $100 \times 100 \times 400$ мм, которые в заданные сроки подвергали испытаниям стандартными методами определения прочности исследуемого бетона на сжатие и растяжение при изгибе.

Результаты исследования. На первом этапе исследования, проведенного на цементно-песчаном растворе при соотношении Ц:П = 1:1,7, соответствующем растворной части изучаемого дорожного бетона, с использованием методов теории планирования эксперимента получены квадратичные полиномиальные модели влияния степени измельчения карбонатного микронаполнителя и его количественного содержания в смеси на показатели прочности при изгибе и сжатии получаемого материала. В результате интерпретации полученных моделей установлено, что оптимальная дозировка изучаемого микронаполнителя находится в пределах $60-100 \text{ кг/м}^3$ при измельчении исходного известняка-ракушечника до удельной поверхности не ниже $2000 \text{ см}^2/\text{г}$.

В результате дальнейших исследований разработана инновационная двухстадийная технология приготовления бетонных смесей с микронаполнителем на основе известняка-ракушечника. Приоритетная новизна данной разработки защищена патентом РФ на изобретение [17].

Сущность разработанной двухстадийной технологии заключается в следующем. На первой стадии приготовления бетонной смеси в бетоносмеситель загружали мелкий и крупный заполнитель, а также микронаполнитель в заданных дозировках.

Указанные компоненты перемешивали в сухом состоянии до получения однородной сухой смеси.

На второй стадии к полученной сухой смеси добавляли портландцемент, воду, а также суперпластификатор, после чего перемешивали все компоненты до получения бетонной смеси требуемой удобоукладываемости.

В качестве исходного был принят состав бетонной смеси с расходом портландцемента 420 кг/м^3 при следующем соотношении между компонентами (по массе) Ц:П:Щ = 1:1,69:2,71.

Расход добавки суперпластификатора ST 5.0 (водный раствор 25 %-ной концентрации) составлял 1 % от массы портландцемента. Расход добавки микронаполнителя варьировали от 40 до 120 кг/м^3 и вводили в смесь за счет соответствующего сокращения расхода песка. Количество воды затворения в каждом случае подбирали из условия получения равноподвижных смесей марки П2 (5–9 см).

Составы бетонных смесей, способы их приготовления и результаты прочностных испытаний бетона в возрасте 28 суток нормального твердения представлены в таблице 2.

Таблица 2

Составы бетонных смесей, технология их приготовления и прочность бетона в возрасте 28 суток нормального твердения

№ опыта	Способ приготовления смеси	Расход материалов, кг/м ³						Прочность бетона, МПа	
		цемент	вода	щебень	песок	ST 5.0	микро-наполнитель	$R_{изг}$	$R_{сж}$
1	Одностадийный	420	168	1140	710	4,2	0	5,1	45,2
2	Двухстадийный	420	172	1140	650	4,2	60	6,0	51,8
3		420	174	1140	630	4,2	80	6,3	53,9
4		420	176	1140	610	4,2	100	5,8	49,7
5	Двухстадийный со сниженным расходом цемента	370	170	1140	680	3,7	80	5,2	45,6

В результате проведенных исследований установлено, что разработанная инновационная технология приготовления бетонных смесей повышает прочность бетона на 15–20 % (составы №№ 2, 3, 4) или позволяет на 12 % снизить расход цемента (состав № 5) по сравнению с одностадийной технологией (состав № 1) без ухудшения прочностных свойств дорожного бетона. Наглядно эти результаты представлены на рис. 2.

Способы приготовления бетонной смеси

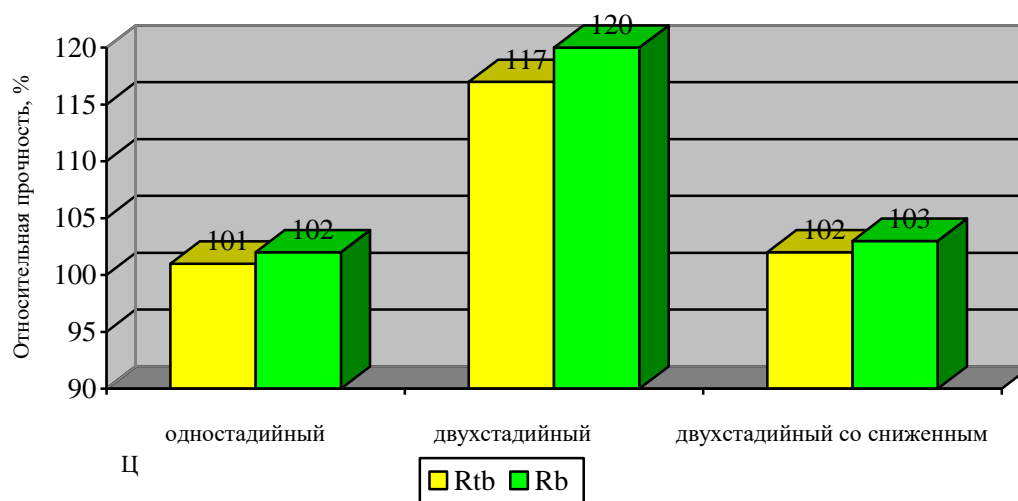


Рис. 2. Зависимость прочностных показателей бетона от технологии приготовления бетонной смеси

Обсуждение и заключение. Полученные результаты проведенных исследований обеспечивают получение бетонов для дорожных покрытий, отвечающих нормативным требованиям к их прочностным показателям, без дополнительных затрат на техническое перевооружение действующих бетоносмесительных узлов и на основе местной сырьевой базы.

Результаты достигнуты за счет совместного применения разработанного на основе измельченного известняка-ракушечника микронаполнителя и суперпластификатора ST 5.0 в сочетании с инновационной двухстадийной технологией приготовления бетонной смеси.

Разработанная в соответствии с поставленной целью исследований инновационная технология изготовления бетонных смесей для дорожного бетона позволяет на действующих предприятиях стройиндустрии без дополнительных затрат на реконструкцию и техническое перевооружение снизить расход цемента, уменьшить расход суперпластификатора без ухудшения качества продукции.

Предложенный комплекс рецептурно-технологических мероприятий повышения эффективности технологии производства бетонных смесей может быть распространен на массовое изготовление бетонных смесей общестроительного назначения. При этом для внедрения в производство требуется корректировка рецептурно-технологических решений с учетом требований к продукции, местной сырьевой базы и специфики действующего предприятия. Корректировка может выполняться силами и средствами заводской лаборатории.

Список литературы/References

1. Быков Д.Н., Хомкалов Г.В. Рынок строительных материалов в условиях конкуренции. *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2018;8(3):26–31. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2018-3-26-31>
Bykov DN, Khomkalov GV Building Materials Market under Competitive Conditions. *Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real Estate*. 2018;8(3):26–31. (In Russ.) <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2018-3-26-31>
2. Тольпина Н.М., Хахалева Е.Н., Данилов Д.Ю., Чашин Д.Ю. Влияние микронаполнителей на эффективность суперпластификаторов и прочность бетонов с низким содержанием цемента. *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*. 2023;8:8–15. <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2023-8-8-8-15>
Tolypina NM, Nahaleva EN, Danilov DYu, Chashin DYu The Effect of Micro-Fillers on the Effectiveness of Superplasticizers and the Strength of Low-Cement Concretes. *Bulletin of Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov*. 2023;8:8–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34031/2071-7318-2023-8-8-8-15>
3. Тараканов О.В., Фишер Х.Б. Принципы получения высокопрочных бетонов с использованием местных сырьевых ресурсов. *Эксперт: теория и практика*. 2024;3(26):112–117. https://doi.org/10.51608/26867818_2024_3_112
Tarakanov OV, Fischer HB Principles of Obtaining High-Strength Concrete Using Local Raw Materials. *Expert: Theory and Practice*. 2024;3(26):112–117. (In Russ.) https://doi.org/10.51608/26867818_2024_3_112
4. Тараканов О.В., Иващенко Ю.Г., Ерофеева И.В. Влияние карбонатных минеральных добавок на формирование микроструктуры и прочность минеральных вяжущих веществ. *Региональная архитектура и строительство*. 2024;1(58):47–58. https://doi.org/10.54734/20722958_2024_1_47
Tarakanov OV, Ivashchenko YuG, Erofeeva IV Influence of Carbonate Mineral Additives on the Formation of Microstructure and Strength of Mineral Binders. *Regional Architecture and Construction*. 2024;1(58):47–58. (In Russ.) https://doi.org/10.54734/20722958_2024_1_47
5. Саламанова М.Ш., Муртазаев С.А.Ю., Бисултанов Р.Г., Муртазаев И.С.А. Регулирование свойств строительных композитов различными минеральными наполнителями. *Вестник КНИИ РАН. Серия: Естественные и технические науки*. 2024;2(17):94–109. <https://doi.org/10.34824/VKNIIRAN.2024.17.2.007>
Salamanova MSh, Murtazaev SAYu, Bisultanov RG, Murtazaev ISA Regulation of the Properties of Building Composites by Various Mineral Fillers. *Bulletin of the KNIIRAS. Series: Natural and Technical Sciences*. 2024;2(17):94–109. (In Russ.) <https://doi.org/10.34824/VKNIIRAN.2024.17.2.007>
6. Erofeev V, Vatin N, Maksimova I, Tarakanov O, Sanyagina Y, Erofeeva I et al. Powder-Activated Concrete with a Granular Surface Texture. *International Journal for Computational Civil and Structural Engineering*. 2022;18(4):49–61. <https://doi.org/10.22337/2587-9618-2022-18-4-49-61>
7. Паймухин В.И., Копаница Н.О., Рылская К.А. Механическая активация компонентов бетонной смеси. В: *Сборник научных статей VII международной конференции «Современные строительные материалы и технологии — 2024»*. Санкт-Петербург: Балтийский федеральный университет им. И. Канта; 2025. С. 25–33.
Paimukhin VI, Kopanitsa NO, Rylskaya KA Mechanical Activation of Concrete Mix Components. *Modern Building Materials and Technologies: Collection of Scientific Articles of the 7th International Conference, Kaliningrad, May 22–24, 2024*. Saint Petersburg: Immanuel Kant Baltic Federal University; 2025. P. 25–33. (In Russ.)
8. Самченко С.В., Агафонова Н.З. Активация сырьевых компонентов бетона. В: *Сборник докладов V Национальной научной конференции «Актуальные проблемы строительной отрасли и образования — 2024»*. Москва: Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет; 2025. С. 101–104. URL: https://os.mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2025/Sbornik_Aktual-problemy-stroitelnoy-otrasli_2_2024.pdf (дата обращения: 03.04.2026).
Samchenko SV, Agafonova NZ Activation of Concrete Raw Materials. *Collection of Reports of the V National Scientific Conference "Actual Problems of the Construction Industry and Education — 2024"*. Moscow: National Research Moscow State University of Civil Engineering; 2025. P. 101–104. (In Russ.) URL: https://os.mgsu.ru/resources/izdatelskaya-deyatelnost/izdaniya/izdaniya-otkr-dostupa/2025/Sbornik_Aktual-problemy-stroitelnoy-otrasli_2_2024.pdf (accessed: 03.04.2026).
9. Лотов В.А., Сударев Е.А., Кутугин В.А. Предварительная активация цементно-песчаной смеси с целью повышения прочности бетона. *Химия и химическая технология*. 2022;65(8):94–101. <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20226508.6595>
Lotov VA, Sudarev EA, Kutugin VA Preliminary Activation of Cement-Sand Mixture in Order to Increase the Strength of Concrete. *Chemistry and Chemical Technology*. 2022;65(8):94–101. (In Russ.) <https://doi.org/10.6060/ivkkt.20226508.6595>
10. Сайрахмонов Р.Х., Рахматзода А.С., Назиров Я.Г. Тонкодисперсные минеральные материалы в комплексе с химическими добавками для дорожного бетона. *Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования*. 2024;1(65):229–238.

Sairakhmonov RKh, Rakhmatzoda AS, Nazirov YaG Fine-Grained Mineral Materials in Combination with Chemical Additives for Road Concrete. *Polytechnic Bulletin. Series: Engineering Research*. 2024;1(65):229–238. (In Russ.)

11. Леонтьев С.В., Талейко А.А. Перспективы использования техногенных горных пород и кристаллических затравок в технологии LC3 вяжущих. *Construction and Geotechnics*. 2024;15(2):31–48. <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2024.2.03>

11. Leontiev SV, Taleiko AA Prospects for the Use of Technogenic Rocks and Crystalline Seeding in LC3 Binder Technology. *Construction and Geotechnics*. 2024;15(2):31–48. (In Russ.) <https://doi.org/10.15593/2224-9826/2024.2.03>

12. Тараканов О.В., Ерофеева И.В., Белякова Е.А., Москвин Р.Н., Санягина Я.А., Кристофорова И.А. Моделирование процессов раннего структурообразования и твердения цементных материалов с органоминеральными добавками. *Нанотехнологии в строительстве*. 2024;16(6):510–524. <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2024-16-6-510-524>

Tarakanov OV, Erofeeva IV, Belyakova EA et al. Modeling the Processes of Early Structure Formation and Hardening of Cement Materials with Organomineral Additives. *Nanotechnology in Construction: Scientific Online Journal*. 2024;16(6):510–524. (In Russ.) <https://doi.org/10.15828/2075-8545-2024-16-6-510-524>

13. Артамонов П.А. Влияние суперпластификаторов на свойства мелкозернистого бетона с опал-кристобалит-тридимитовым микронаполнителем. В: *Сборник научных трудов национальной конференции «Актуальные вопросы техники, науки, технологии»*. Брянск: Брянский государственный инженерно-технологический университет; 2024. С. 465–468. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67310645> (дата обращения: 03.04.2026).

Artamonov PA Influence of Superplasticizers on the Properties of Fine-Grained Concrete with Opal-Cristobalite-Tridimite Microfillers. *Actual Issues of Engineering, Science, and Technology: Collection of Scientific Papers from the National Conference*. Bryansk: Bryansk State Engineering and Technology University; 2024. P. 465–468. (In Russ.) URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=67310645> (accessed: 03.04.2026).

14. Шляхова Е.А. Способ приготовления бетонной смеси. Патент РФ № RU2780905C1. 2022. 6 с.

14. Shlyakhova EA *Method of Preparation of Concrete Mix*. Patent RF № RU2780905C1. 2022. 6 p. (In Russ.)

15. Shlyakhova E., Egorochkina I. Complex Organomineral Admixture for Cement Saving. *Journal of Architectural and Engineering Research*. 2022;3:93–95. <https://doi.org/10.54338/27382656-2022.3.011>

16. Shlyakhova E., Serebryanaya I., Egorochkina I., Matrosov A., Odinets M., Knyazhichenko M. Repair compositions for restoration of operated reinforced concrete structures. *E3S Web of Conferences*. 2021;273:04017. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202127304017>

17. Шляхова Е.А., Чэнь Я. Способ приготовления бетонной смеси. Патент РФ № 2833755 Рос. Федерация : С04В 40/00 № 2008151532/02, заявл. 26.12.2008 ; опублик. 28.01.25, Бюл. № 4. 2025. 6 с.

17. Shlyakhova EA, Chen Ya *Method of Preparation of Concrete Mix*. Patent RF № 2833755 Russian Federation: S04V 40/00 № 2008151532/02, submitted on 26.12.2008; published on 28.01.25, Bulletin № 4. 2025. 6 p. (In Russ.)

Об авторе:

Шляхова Елена Альбертовна, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технологического инжиниринга и экспертизы в стройиндустрии Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, ул. Социалистическая, 162), [ScopusID](#), [ORCID](#), shlyahovae@list.ru

Конфликт интересов: автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.

About the Author:

Elena A. Shlyakhova, Cand.Sci. (Eng.), Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technological Engineering and Expertise in the Construction Industry at the Don State Technical University (162 Sotsialisticheskaya Str., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ScopusID](#), [ORCID](#), shlyahovae@list.ru

Conflict of interest statement: the author does not have any conflict of interest.

The author has read and approved the final version of manuscript.

Поступила в редакцию / Received 05.04.2026

Поступила после рецензирования / Reviewed 20.04.2026

Принята к публикации / Accepted 06.05.2026