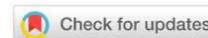


# СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ И ИЗДЕЛИЯ

## BUILDING MATERIALS AND PRODUCTS



УДК 691.326

Оригинальное эмпирическое исследование

<https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-33-39>

### Практически важные условия для получения высококачественных пенобетонов

Л.В. Моргун  

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

 [konst-lvm@yandex.ru](mailto:konst-lvm@yandex.ru)



EDN: OBPBXN

#### Аннотация

**Введение.** Перечислены важнейшие причины актуальности поиска практических приемов снижения материалоемкости в строительстве. Отмечены приоритеты РФ в технологии пенобетонов. Выполнена краткая оценка меры достоверности ресурсов сети «Интернет», отражающих свойства дисперсно армированных пенобетонов. Цель исследования — установление связей между индивидуальными свойствами фибры, ее количеством по отношению к массе цемента и важнейшими эксплуатационными свойствами пенобетона, изготавливаемого по одностадийной технологии.

**Материалы и методы.** Перечислены виды и свойства сырья, использованного при проведении экспериментальных исследований, методы контроля свойств смесей и затвердевших пенобетонов.

**Результаты исследования.** Дано краткое теоретическое обоснование взаимосвязи между скоростью фазового перехода вязкопластических свойств пенобетонных смесей в упругие и возможностью формирования качественной структуры затвердевшего пенобетона. Перечислены физические причины, влияющие на направление и скорость формирования кластеров из дисперсных частиц сырья в структуре межпоровых перегородок пенобетонных смесей, учет которых практически важен для получения прочных пенобетонов. Установлены особенности влияния вещественной природы фибры в зависимости от ее концентрации в составе бетонной смеси на скорость фазового перехода из вязкого состояния в упругое. Доказано, что синергетический эффект дисперсного армирования возникает при концентрации фибры, обеспечивающей существенное ускорение фазового перехода. Получены новые экспериментальные данные о влиянии индивидуальных свойств фибры на реологические и физико-механические свойства пенобетона марки D500.

**Обсуждение и заключения.** Дано научное обоснование причин возникновения электретного эффекта на поверхности синтетической фибры. Отмечено, что зафиксированный эффект обусловлен особенностями приготовления пенобетонных смесей по одностадийной технологии. Перечислены важнейшие практические условия, соблюдение которых позволяет получать высокопрочные пенобетоны.

**Ключевые слова:** пенобетонная смесь, фибра, пластическая прочность, механическая прочность, электретный эффект

**Для цитирования.** Моргун Л.В. Практически важные условия для получения высококачественных пенобетонов. *Современные тенденции в строительстве, градостроительстве и планировке территорий.* 2024;3(3):33–39. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-33-39>

## Important Practical Conditions for Getting the High-Quality Foam Concretes

Lubov V. Morgun  

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

 [konst-lvm@yandex.ru](mailto:konst-lvm@yandex.ru)

### Abstract

**Introduction.** The most important reasons justifying the relevance of the research on the practical methods of reducing the consumption of materials in construction industry have been distinguished. The priorities of the Russian Federation referring to the foam concrete technology have been outlined. The level of reliability of the Internet resources describing properties of the dispersedly reinforced foam concretes has been briefly evaluated. The aim of the study is to establish the relationships between the individual properties of fiber, its quantity to the mass of cement ratio, and the most important operational properties of foam concrete manufactured using a single-stage technology.

**Materials and methods.** The types and properties of raw materials used in the experimental research, the methods for controlling the properties of mixes and hardened foam concretes have been defined.

**Results.** The relationship between the speed of phase transition of the viscoplastic properties of the foam concrete mixes into the elastic ones and the possibility of getting a high-quality structure of the hardened foam concrete have been briefly theoretically justified. The physical reasons influencing the direction and speed of forming the raw material dispersed particle clusters in the structure of the interpore partitions of foam concrete mixes have been revealed, which are the important factors to be considered in practice to get the high-strength foam concretes. Depending on the fiber concentration in the concrete mixture composition, the specifics of the fiber physical nature influence on the speed of phase transition from viscoplastic to elastic state have been established. It has been proved that the synergetic effect of dispersed reinforcement is achieved when fiber concentration is enough to provide the significant acceleration of the phase transition. New experimental data on the influence of the individual properties of fiber on the rheological and physico-mechanical properties of D500 foam concrete has been obtained.

**Discussion and Conclusion.** The scientific explanation of the reasons for emergence of the electret effect on the surface of synthetic fiber has been given. It has been revealed that the discovered effect is induced by the specifics of the foam concrete mixture preparation using a single-stage technology. The most important practical conditions due to be met to get the high-strength foam concrete have been determined.

**Keywords:** foam concrete mixture, fiber, plastic strength, mechanical strength, electret effect

**For Citation.** Morgun LV. Important Practical Conditions for Getting the High-Quality Foam Concrete. *Modern Trends in Construction, Urban and Territorial Planning*. 2024;3(3):33–39. <https://doi.org/10.23947/2949-1835-2024-3-3-33-39>

**Введение.** Проблема снижения материалоемкости в строительстве, возникшая на рубеже XIX и XX веков, продолжает усугубляться не только потому, что население планеты увеличивается [1], но и потому, что объем минеральных ресурсов, пригодных для производства строительных материалов, системно сокращается. Одним из успехов прошлого века, направленных на решение проблем материалоемкости в строительстве, было изобретение пенобетона [2].

Стройиндустрия производит, а строительный комплекс РФ использует пенобетоны на практике более 120 лет. Начало практического применения отмечено производством изделий из материалов марок D1000...1200, которые использовались преимущественно в промышленном строительстве. Незрелость теоретических основ технологии пенобетонов, обусловленная зависимостью этой прикладной науки от успехов физической химии в области поверхностно-активных веществ (ПАВ), не позволила данному виду газонаполненного бетона занять в XX веке достойное место среди эффективных строительных материалов.

Тем не менее потребность в пожаробезопасных, экономичных по затратам ресурсов и трещиностойких материалах продолжает оставаться актуальной. 14 мая 1981 г. Государственным комитетом по делам изобретений и открытий было зарегистрировано авторское свидетельство на изобретение (патент) № 863545 «Сырьевая смесь для изготовления ячеистых бетонов» с приоритетом от 23.11.1979 г., в котором впервые в мире была отражена рецептура ячеистого бетона, дисперсно армированного синтетическими волокнами.

Вузовские эксперименты показали перспективность этого материала [3, 4], и в настоящее время малыми частными предприятиями стройиндустрии частично освоена технология изготовления мелкоштучных изделий из фибропенобетона [4, 5]. Сеть «Интернет» изобилует рекламными роликами, восхваляющими целесообразность приме-

нения этого материала в строительстве. Но, учитывая меру либеральности Федерального закона № 384 «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», потребителям изделий из фибропенобетона важно учитывать, что доверять рекламе опасно. Причиной опасности является отсутствие в рекламных роликах достоверной информации о ряде важных свойств реализуемых материалов, обусловленных научно обоснованным пониманием взаимосвязей между рецептурой и технологией. Например, в рекламе фибропенобетонов приводится информация о составах пенобетонных смесей без сведений о свойствах сырья, важных для получения материалов с уровнем свойств, обеспечивающим их эксплуатационную надежность. Поэтому в настоящей публикации будут приведены результаты экспериментальных исследований и научные обобщения, отражающие важнейшие рецептурно-технологические условия, соблюдение которых необходимо для получения пенобетонов с гарантированно улучшенными эксплуатационными свойствами. Целью настоящего исследования является установление связей между индивидуальными свойствами фибры, ее количеством по отношению к массе цемента и важнейшими эксплуатационными свойствами пенобетона, изготавливаемого по одностадийной технологии.

**Материалы и методы.** В качестве сырьевых материалов были использованы:

- минеральное вяжущее — портландцемент типа ЦЕМ I 32,5;
- заполнители: песок речной фракции мельче 0,315 мм и 2 вида синтетической фибры длиной 18 мм (полипропиленовая и полиамидная);
- пенообразователь «LumoroI-1510»;
- вода водопроводная.

Соотношение между расходом минерального вяжущего (Ц) и заполнителей (З) составляло Ц:З = 1:1. Фибра из синтетических волокон вводилась в рецептуру взамен соответствующей части песка в процентах по массе. В период преобладания вязких связей между компонентами сырья с помощью конического идентора в течение 3-х часов после приготовления пенобетонных смесей в турбулентном смесителе контролировалась пластическая прочность пенобетонных смесей. После завершения их фазового перехода «из вязкого в упругое» контролировалась механическая прочность образцов, твердевших в нормальных условиях, в возрасте 7 и 28 суток.

**Результаты исследования.** В настоящее время известно, что любой дисперсно армированный бетон может обладать меньшей усадочной деформативностью и большей трещиностойкостью [5–8] в связи с тем, что равномерно распределенная по цементному камню фибра за счет сил сцепления включает в работу сопротивления приложенной нагрузке дополнительные объемы каменного материала, а не только те, которые располагаются перед острием трещин, возникающих в нем. Поэтому чрезвычайно важно осознавать размер минимально необходимого уровня и параметров дисперсного армирования, при которых в пенобетоне может проявляться синергетический эффект от введения фибры.

До обретения свойств камня любой вид пенобетона является пенобетонной смесью. В пенобетонных смесях продолжительность периода преобладания вязких связей между компонентами сырья является важнейшим фактором, который управляет макроструктурной однородностью и механическими свойствами затвердевших бетонов. Указанное явление фиксируется потому [8], что вода, физически слабо связанная в пенных пленках и с поверхностью твердых частиц, всегда стремится к перемещению в направлении сил гравитации.

В том случае, когда скорость связывания относительно свободной воды при адсорбционной и химической диспергации клинкерных минералов цемента незначительно уступает ее перемещению под действием гравитационных сил, на практике наблюдают расслоение дисперсных газовых включений по высоте уложенного слоя. Если указанные противоположно направленные явления массопереноса различаются существенно, то наблюдается процесс поверхностного «вскипания», в результате которого часть ранее вовлеченной дисперсной газовой фазы покидает пенобетонную смесь. Итогом любого из отмеченных процессов становится неоднородность макроструктуры затвердевшего пенобетона и, как следствие, ухудшение его механических свойств.

Ранее установлено [8], что в начальный период твердения отбор слабо связанной воды из объема пенобетонных смесей осуществляют клинкерные минералы вяжущего [9] и, таким образом, за счет их химической и адсорбционной диспергации происходит повышение ее вязкости. В этот же период в связи с уменьшением количества свободной воды в пенобетонной смеси наблюдается рост концентрации ПАВ, всегда остающихся в межчастичной жидкости [10]. Этот процесс ведет к уменьшению вязкости смеси.

Практика производства изделий из пенобетонных смесей отражает возможность исключения негативного влияния роста концентрации ПАВ, остающихся в межчастичной жидкости, на агрегативную устойчивость смесей. Следовательно, в этот же период в пенобетонных смесях должен существовать такой процесс массопереноса, который способен нивелировать возможность достижения критической концентрации мицеллообразования (ККМ) ПАВ в межчастичной жидкости пенобетонной смеси.

Анализ содержания работ, посвященных управлению процессами структурообразования цементного камня в бетонах [9, 11], показал, что обводненные частицы цемента после укладки смесей в опалубку начинают формировать кластеры вокруг более крупных, чем они, частиц заполнителя. Из фундаментальных работ [12], посвященных закономерностям агрегации дисперсных частиц в кластеры, следует, что плотность любого кластера убывает по направлению от центра к периферии. В работе [11] установлено, что вода, слабо связанная с дисперсными частицами твердой фазы, должна под влиянием слабых межчастичных воздействий перемещаться из центра кластера наружу и, таким образом, способствовать понижению концентрации ПАВ в жидкой фазе пенобетонной смеси.

Перечисленные противоположно направленные процессы массопереноса в сочетании с ростом гидратных новообразований цементного камня с течением времени формируют в пенобетоне кристаллический каркас межпоровых перегородок, обеспечивающий уровень его механических свойств. Поэтому в ходе достижения цели исследований была рассмотрена задача по экспериментальной оценке влияния расхода и вида дисперсной арматуры на скорость фазового перехода в пенобетонных смесях и механические свойства пенобетонов марки D500, изготавливаемых по одностадийной технологии.

Ранее установлено [4, 8], что продолжительность фазового перехода пенобетонных смесей из вязкого состояния в упругое является важным фактором влияния на структуру и прочность затвердевшего бетона. Поэтому на начальном этапе экспериментальных исследований контролировалась пластическая прочность приготовленных смесей в течение 3-х часов после укладки их в формы. В таблице 1 приведены показатели кинетики пластической прочности исследованных пенобетонных смесей.

Таблица 1

Скорость изменения пластической прочности пенобетонных смесей в зависимости от вида и количества фибры

Марка смеси	Фактическая плотность, г/л	Пластическая прочность, Па, через время твердения, мин		
		0	60	180
ПБ	756	41	54	96
ФПБ <sub>ПП</sub> 0,3 %	753	41	60	110
ФПБ <sub>ПП</sub> 0,8 %	741	48	80	168
ФПБ <sub>ПП</sub> 1,3 %	733	52	91	184
ФПБ <sub>ПА</sub> 0,3 %	744	41	60	110
ФПБ <sub>ПА</sub> 0,8 %	730	50	87	212
ФПБ <sub>ПА</sub> 1,3 %	732	50	108	266

Примечание:

ПБ — контрольная пенобетонная смесь без фибры;

ФПБ<sub>ПП</sub> 0,3 %, ФПБ<sub>ПП</sub> 0,8 %, ФПБ<sub>ПП</sub> 1,3 % — пенобетонная смесь, дисперсно армированная полипропиленовой фиброй в количестве 0,3 %, 0,8 % и 1,3 % от массы песка соответственно;

ФПБ<sub>ПА</sub> 0,3 %, ФПБ<sub>ПА</sub> 0,8 %, ФПБ<sub>ПА</sub> 1,3 % — пенобетонная смесь, дисперсно армированная полиамидной фиброй в количестве 0,3 %, 0,8 % и 1,3 % от массы песка соответственно.

Из анализа данных, представленных в таблице 1, следует, что сразу после укладки равноплотных пенобетонных смесей в опалубку величина пластической прочности корреляционно связана с количеством фибры, введенной в состав смеси. Важно отметить, что замена песка на фибру в количестве 0,3 % незначительно влияет на кинетику пластической прочности и при этом смесь не реагирует на различия в вещественном составе дисперсной арматуры. Прирост показателей пластической прочности у таких дисперсно армированных смесей за 3 часа твердения составляет всего 14,6 %.

Увеличение содержания фибры до 0,8 % сразу после приготовления смесей отражает различия в их способности противостоять нагружению (таблица 1), которое в момент укладки в формы весьма незначительно. Однако уже через час твердения различия в величине пластической прочности между контрольным составом и тем, который дисперсно армирован полипропиленовой фиброй, составляют 48 %, а с полиамидной — более 61 %.

Дальнейшее насыщение пенобетонных смесей дисперсной арматурой ведет к ускоренному набору пластической прочности и через 3 часа твердения отмеченные ранее различия по отношению к контрольному составу достигают 91 % и 177 % соответственно. То есть полученные результаты, кроме ранее установленного факта [4, 5, 9] о положительном влиянии фибры на вязкость пенобетонных смесей, начинают отражать и влияние поверхностного энергетического потенциала фибры на скорость формирования кластеров в структуре их межпоровых перегородок.

Результаты механических испытаний исследуемых пенобетонов по пяти образцам-близнецам приведены в таблице 2.

Таблица 2

Влияние вида и расхода фибры на однородность и размер прочностных свойств пенобетонов марки D500

Маркировка составов	Плотность, кг/м <sup>3</sup> / коэф. вариации, %	Прочность на сжатие, Мпа, через время, сут./коэф. вариации, %		Прочность на растяжение при изгибе, Мпа
		7	28	
ПБ	499/1,46	1,38/15,6	2,75/14,0	0,54/24,5
ФПБ <sub>ПП</sub> 0,3 %	492/1,29	1,36/12,2	2,78/11,9	0,60/18,7
ФПБ <sub>ПП</sub> 0,8 %	486/1,03	1,86/13,4	2,82/12,1	0,98/10,7
ФПБ <sub>ПП</sub> 1,3 %	483/0,95	1,91/11,0	2,86/9,2	1,44/7,8
ФПБ <sub>ПА</sub> 0,3 %	504/1,33	1,39/14,5	2,91/12,0	0,64/15,6
ФПБ <sub>ПА</sub> 0,8%	490/1,25	1,95/12,2	2,95/10,9	1,10/10,7
ФПБ <sub>ПА</sub> 1,3 %	490/0,91	1,98/9,8	2,93/8,7	1,61/6,9

*Примечание:* условные обозначения маркировок составов исследуемых пенобетонов соответствуют обозначениям таблицы 1.

Результаты испытаний, представленные в таблице 2, позволяют утверждать, что введение дисперсной арматуры в состав пенобетонных смесей в количестве 0,8–1,3 % от массы заполнителя способствует повышению однородности свойств пенобетонов марки D500 по всему комплексу исследованных свойств. Коэффициенты вариации по средней плотности уменьшаются в 1,5 раза, а по обоим видам прочности на 21,8–55,1 %.

Абсолютный уровень прочности на сжатие в дисперсно армированных равноплотных пенобетонах по отношению к контрольному растет незначительно, однако влияние энергетического потенциала полиамидной фибры прослеживается закономерно. При максимальных параметрах дисперсного армирования (таблица 2) пенобетоны с полипропиленовой фиброй обладали прочностью при сжатии на 39,1 % выше контрольного, а с полиамидной — на 43,5 %.

Более значимые различия, возникающие в пенобетонах при дисперсном их армировании синтетическими волокнами, зафиксированы при испытаниях на растяжение при изгибе. Пенобетоны с полипропиленовым волокном по отношению к контрольному пенобетону показали рост прочности на 167 %, а с полиамидной — на 198 %.

Полученные результаты отражают меру положительного влияния вещественного состава фибры на интенсивность процессов массопереноса на этапе фазового перехода «из вязкого в упругое» (таблица 1). В свою очередь, уровень достигнутых в эксперименте показателей механических свойств затвердевших бетонов (таблица 2) позволяет утверждать, что синергетический эффект дисперсного армирования начинает проявляться при содержании фибры 0,8 % и выше.

**Обсуждение и заключение.** Системный анализ данных, представленных в таблицах 1 и 2 показывает, что избыточная поверхностная энергия обоих видов фибры на этапе начального формирования упругой структуры пенобетонов оказывает положительное технологическое воздействие на скорость формирования кластеров волокнистой формы в структуре межпоровых перегородок пенобетонных смесей. По мнению [13] дополнительные заряды на поверхности полимера всегда появляются при его трении о воду и способны сохраняться в течение длительного времени.

Эффект трения поверхности фибры о воду имеет место в одностадийной технологии изготовления пенобетонных смесей, потому что она характеризуется высокой скоростью перемещения компонентов сырья [3, 8] при перемешивании. Причиной появления у фибры избыточной поверхностной энергии является электростатический эффект, возникающий в виде накопления поверхностного электрического заряда при сдвиговом контакте с водой и, судя по результатам, представленным в таблицах 1 и 2, способный влиять на механические свойства пенобетонов.

Эксперимент показал (таблица 1), что полиамидная фибра способна обеспечивать более высокий уровень электростатического эффекта при изготовлении пенобетонных смесей по одностадийной технологии. Поэтому пластическая прочность равноплотных смесей во все контролируемые сроки, за исключением начального, в смесях с полиамидной фиброй выше, чем с полипропиленовой.

Поскольку при формировании кластеров [12] слои физически слабо связанной воды отжимаются твердыми частицами вяжущего из их центра к периферии [11], то можно прогнозировать закономерное повышение плотности межпоровых перегородок, которое с течением времени трансформируется в повышение прочности затвердевших бетонов (таблица 2).

В заключении изложенного можно утверждать, что к перечню практически важных условий, регламентирующих возможность получения высокопрочных энерго- и ресурсосберегающих строительных изделий из пенобетона, относятся следующие:

- содержание фибры в рецептуре смесей должно превышать 0,3 % от массы заполнителя при массовом соотношении между вяжущим и заполнителем 1:1;
- для получения материалов с улучшенными конструктивными свойствами следует применять фибру из полимеров, обладающих более высоким электростатическим эффектом.

### Список литературы / References

1. Акимов А.В. Прогноз численности мирового населения до 2050 г. и трудосберегающие технологии. В кн.: *Восточная аналитика. Ежегодник 2014*. Москва: Институт востоковедения Российской академии наук; 2015. С. 9–26. URL: [https://ivran.ru/f/Vostochnaya\\_analitika\\_2014.pdf](https://ivran.ru/f/Vostochnaya_analitika_2014.pdf) (дата обращения 28.05.2024).  
Akimov AV. World Population Forecast up to 2050 and Labor Saving Technologies. In book: *Eastern Analytics. Annual 2014*; 2015. P. 9–26. (In Russ.) URL: [https://ivran.ru/f/Vostochnaya\\_analitika\\_2014.pdf](https://ivran.ru/f/Vostochnaya_analitika_2014.pdf) (accessed: 28.05.2024).
2. Кауфман Б.Н. *Производство и применение пенобетона*. М.: Книга по требованию; 2012. 62 с.  
Kaufman BN. *Production and Application of Foam Concrete*. Moscow: Kniga po trebovaniyu Publ.; 2012. 62 p.
3. Лобанов И.А., Моргун Л.В., Пухаренко Ю.В. Особенности структуры и свойства безавтоклавных ячеистых бетонов, армированных синтетическими волокнами. *Бетон и железобетон*. 1983;9:12–14.  
Lobanov IA, Morgun LV, Pukharensko YuV. Structural Features and Properties of Non-Autoclaved Cellular Concretes Reinforced with Synthetic Fibers. *Beton i Zhelezobeton (Concrete and Reinforced Concrete)*. 1983;9:12–14. (In Russ.)
4. Моргун Л.В., Амрагова И.В., Липодаева А.Е. О материалах для однослойных стен. В: *Материалы IX Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Инженерные технологии: традиции, инновации, векторы развития»*. Абакан: ХГУ им. Н.Ф. Катанова; 2023. С. 83–84.  
Morgun LV, Amragova IV, Lipodaeva AE. About Single Layer Wall Materials. In: *Proceedings of the IX All-Russian Scientific and Practical Conference with International Participation “Engineering Technologies: Traditions, Innovations, Development Trends”*. Abakan: Khakass State University Named after N.F. Katanov; 2023. P. 83–84.
5. Пухаренко Ю.В., Пантелеев Д.А., Жаворонков М.И. Оценка эффективности дисперсного армирования бетонов по показателям прочности и трещиностойкости. *Вестник СибАДИ*. 2022;19(5):752–761. <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-5-752-761>  
Pukharensko YuV, Panteleev DA, Zhavoronkov MI. Evaluation of Dispersion Reinforcement in Concrete in Terms of Strength and Crack Resistance. *The Russian Automobile and Highway Industry Journal*. 2022;19(5):752–761. (In Russ.) <https://doi.org/10.26518/2071-7296-2022-19-5-752-761>
6. Магдеев У.Х., Морозов В.И., Пухаренко Ю.В. Трещинообразование дисперсно-армированных бетонов с позиций механики разрушения. *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2012;(1(19)):110–117. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/treschينوobrazovanie-dispersno-armirovannyh-betonov-s-pozitsiy-mehaniki-razrusheniya/viewer> (дата обращения: 05.08.2024).  
Magdeev UKh, Morozov VI, Pukharensko YuV. Cracking of Dispersion-Reinforced Concrete in Terms of Fracture Mechanics. *News of the Kazan State University of Architecture and Engineering*. 2012;(1(19)):110–117. (In Russ.) URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/treschينوobrazovanie-dispersno-armirovannyh-betonov-s-pozitsiy-mehaniki-razrusheniya/viewer> (accessed: 05.08.2024).
7. Моргун В.Н., Моргун Л.В., Виснап А.В., Богатина А.Ю. О свойствах материалов, соответствующих требованиям крупнопанельного домостроения. *Строительные материалы*. 2016;(10):24–27.  
Morgun VN, Morgun LV, Visnap AV, Bogatina AYU. About Properties of Materials which Meeting Requirements Large-Panel House Prefabrication. *Stroitel'nye Materialy (Construction Materials)*. 2016;(10):24–27. (In Russ.)
8. Моргун Л.В. К вопросу о ресурсосбережении в стройиндустрии и строительстве. *Инженерный вестник Дона*. 2023;11(107):537–549. URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8820> (дата обращения 05.08.2024).  
Morgun LV. On the Issue of Resource Saving in the Construction Industry and Construction. *Engineering Journal of Don*. 2023;11(107):537–549. (In Russ.) URL: <http://www.ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2023/8820> (accessed: 05.08.2024).
9. Шмитко Е.И. *Управление процессами твердения и структурообразования бетонов*. Дисс. д. т. н. Воронеж; 1994. 525 с.  
Shmitko EI. *Control of Concrete Hardening and Structure Formation Processes*. Dr.Sci.(Engineering) Dissertation. Voronezh; 1994. 525 p. (In Russ.)
10. Русанов А.И. *Мицеллообразование в растворах поверхностно-активных веществ*. СПб.: Химия; 1992. 280 с.  
Rusanov AI. *Micelle Formation in Solutions of Surface-Active Substances*. Saint Petersburg: Khimiya (Chemistry) Publ.; 1992. 280 p. (In Russ.)
11. Перцев В.Т. *Управление процессами раннего структурообразования бетонов: монография*. Воронеж; 2006. 234 с.  
Pertsev VT. *Management of Early Structure Formation Processes in Concrete*. Monograph. Voronezh; 2006. 234 p. (In Russ.)
12. Терехов С.В. *Фракталы и физика подобия*. Донецк: Цифровая типография; 2011. 255 с.  
Terekhov SV. *Fractals and Similarities in Physics*. Donetsk: Tsifrovaya tipografiya (Digital Printing House); 2011. 255 p. (In Russ.)
13. Фомичева Е.Е. *Электрофизические свойства полипропилена с дисперсными наполнителями: автореф. кан. физ.-мат. наук*. СПб.: Российский педагогический университет им. А.И. Герцена; 2011. 24 с.  
Fomicheva EE. *Electrophysical Properties of Polypropylene with Dispersed Fillers*. Extended Abstract of Cand. Sci. (Phys.-Math.) Dissertation. Saint Petersburg: Russian Pedagogical University Named after A.I. Herzen; 2011. 24 p. (In Russ.)

**Об авторе:**

**Любовь Васильевна Моргун**, доктор технических наук, профессор кафедры строительных материалов Донского государственного технического университета (344003, Российская Федерация, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), [konst-lvm@yandex.ru](mailto:konst-lvm@yandex.ru)

**Конфликт интересов:** автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

*Автор прочитал и одобрил окончательный вариант рукописи.*

**About the Author:**

**Lubov V. Morgun**, Dr.Sci. (Engineering), Professor of the Construction Materials Department, Don State Technical University (1, Gagarin Sq., Rostov-on-Don, 344003, Russian Federation), [ResearcherID](#), [ScopusID](#), [ORCID](#), [konst-lvm@yandex.ru](mailto:konst-lvm@yandex.ru)

**Conflict of Interest Statement:** the author declare no conflict of interest.

*The author has read and approved the final manuscript.*

Поступила в редакцию / Received 15.07.2024

Поступила после рецензирования / Reviewed 08.08.2024

Принята к публикации / Accepted 28.08.2024