

## ПРИМЕНЕНИЕ ПРОМЫШЛЕННОЙ ПЫЛИ В ПРОИЗВОДСТВЕ ЦЕМЕНТНЫХ БЕТОНОВ И РАСТВОРОВ

Виктория Борисовна Петропавловская<sup>1</sup>, Евгения Владимировна Ткач<sup>2</sup>,  
Татьяна Борисовна Новиченкова<sup>1</sup>, Юлия Сергеевна Филимонова<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Тверской государственный технический университет (ТвГТУ); г. Тверь, Российская Федерация;

<sup>2</sup> Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет  
(НИУ МГСУ); г. Москва, Российская Федерация;

<sup>3</sup> Московский политехнический университет (МПУ); г. Москва, Российская Федерация

*Нынешнее состояние окружающей среды, загрязненность атмосферы отходящим теплом и парниковыми газами, а водоемов и почв многочисленными отходами, в том числе — строительной отрасли, и в то же время — нарастание необходимости снижения материалоемкости строительного комплекса требуют поиска путей решения этих проблем. Для этого необходимо разрабатывать новейшие способы их улавливания, разделять на отдельные вещества, переводить непосредственно в зоне их образования в утилизируемое состояние, разрабатывать новые технологии, рассматривающие отходы в качестве сырьевого источника. Превращение отхода во вторичный материальный ресурс способствует росту его привлекательности на рынке и повышению цены. Положительный опыт вовлечения отхода в промышленное применение, тиражируемый производствами, демонстрирует его ценность как ресурсного источника и мотивирует его широкое и эффективное использование. Так, промышленные пыли уже не одно десятилетие являются важными компонентами многих технологических систем. В строительных технологиях успешно применяют микрокремнезем — пылевидный отход ферросплавного производства, микрокальциты и другие минеральные порошковидные пыли от пиления горных пород и минералов и т.д. В данной работе в целях экономии природных ресурсов при получении строительных материалов, а также расходов энергии и топлива предлагается широко вовлекать промышленные пыли строительных производств в технологии изготовления цементных растворов и бетонов. Они могут рассматриваться как высокодисперсные наполнители, улучшающие структуру и свойства материалов. При этом улавливание промышленной пыли позволяет улучшить экологические показатели самих строительных производств и окружающей среды вокруг них, снижая нагрузку на биосферу.*

**Ключевые слова:** промышленное пылеудаление, отход, пыль, цемент, пластификатор, прочность, плотность, водопотребность, мелкозернистый бетон

**Для цитирования:** Петропавловская В.Б., Ткач Е.В., Новиченкова Т.Б., Филимонова Ю.С. Применение промышленной пыли в производстве цементных бетонов и растворов // Биосферная совместимость: человек, регион, технологии. 2025. № 2. С. 72–80. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.2.72-80

## APPLICATION OF INDUSTRIAL DUST IN THE PRODUCTION OF CEMENT CONCRETE AND MORTAR

Victoria B. Petropavlovskaya<sup>1</sup>, Evgeniya V. Tkach<sup>2</sup>,  
Tatyana B. Novichenkova<sup>1</sup>, Yulia S. Filimonova<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Tver State Technical University (TvSTU); Tver, Russian Federation;

<sup>2</sup> Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU);  
Moscow, Russian Federation;

<sup>3</sup> Moscow Polytechnic University (MPU); Moscow, Russian Federation

*The current state of the environment, pollution of the atmosphere with waste heat and greenhouse gases, and water bodies and soils with numerous wastes, including those from the construction industry, and at the same time the growing need to reduce the material intensity of the construction complex require finding ways to solve these problems. To solve them, it is necessary to develop new cutting-edge methods of capturing them, separating them into individual substances, converting them directly into a recyclable state in the area of their formation, and developing new technologies that consider waste as a raw material source. The transformation of waste into a secondary material resource contributes to the growth of its attractiveness in the market and an increase in price. The positive experience of involving waste in industrial use, replicated by industries, demonstrates its value as a resource source and motivates its wide and effective use. Thus, industrial dusts have been important components of many technological systems for decades.*

*Microsilica, a dusty waste of ferroalloy production, microcalcites and other mineral powder dusts from sawing rocks and minerals, etc. are successfully used in construction technologies. In this work, in order to save natural resources in obtaining construction materials, as well as energy and fuel costs, it is proposed to widely involve industrial dusts of construction production in the technologies of manufacturing cement mortars and concrete. They can be considered as highly dispersed fillers that improve the structure and properties of materials. At the same time, the capture of industrial dust allows improving the environmental performance of the construction industries themselves and the environment around them, reducing the load on the biosphere.*

**Keywords:** dust removal, waste, dust, cement, plasticizer, strength, density, water requirement, concrete

**For citation:** Petropavlovskaya V.B., Tkach E.V., Novichenkova T.B., Filimonova Yu.S. Application of industrial dust in the production of cement concrete and mortar. *Biosphere Compatibility: Man, Region, Technology. 2025; 2:72-80. DOI: 10.22227/2311-1518.2025.2.72-80 (rus.).*

## Введение

Промышленная пыль производства минеральной ваты относится к классу отходов, не претерпевающих изменений исходных свойств в процессе их использования и переработки. Следовательно, она может быть успешно применена во многих производствах, в первую очередь — в производстве строительной продукции, которая нуждается в больших объемах ресурсов [1, 2].

При производстве базальтовых волокон порода проходит процессы дробления, мойки и сушки, далее под воздействием высоких температур расплавляется и преобразуется в непрерывные волокна без примесей и добавок. В ходе производства волокон специальными установками улавливается дисперсная базальтовая пыль, для которой на данный момент не нашли путей применения [3–5]. Базальтовые волокна обладают такими свойствами, как высокая химическая и биологическая стойкость, экологическая безопасность, а также повышенными механическими характеристиками [6–8]. А значит, такими же свойствами будет обладать и промышленная пыль. Это обеспечивает ей возможность эффективного применения в качестве дисперсного армирующего компонента в производстве сухих смесей, растворов и бетонов.

При производстве базальтовых волокон большое количество образующейся промышленной пыли требует значительных расходов на транспортировку, утилизацию и хранение, эти факторы снижают эффективность и прибыльность основного производства [9–12], как и в целом по стране — количество отходов промышленности устойчиво растет, что, в свою очередь, несет за собой проблему накопления больших объемов отхода, требующую немедленного решения [13–15].

## Материалы и методы

В работе в качестве основного материала использовался цемент Старооскольского цементного завода Белгородской области «ОСКОЛЦЕМЕНТ».

Цемент класса ЦЕМ I 42,5Н Старооскольского цементного завода Белгородской области «ОСКОЛЦЕМЕНТ» характеризуется нормальной плотностью 29 %, началом схватывания 2 ч 25 мин,

концом схватывания — 4 часа. Тонкость помола характеризуется по ГОСТ 30744–2001 остатком на сите 008–89 %.

Гранулометрический состав цемента характеризуется максимальным и минимальным размером частиц  $d(0,9) = 84,423$  мкм,  $d(0,1) = 6,572$  мкм и средним размером частиц  $d(0,5) = 31,984$  мкм (рис. 1).

Средний арифметический диаметр:  $D(1,0) = 0,67$  мкм; средний объемный диаметр:  $D(4,3) = 39,74$  мкм; средний поверхностный диаметр:  $D(3,2) = 11,22$  мкм.

Основные показатели цемента ЦЕМ I 42,5Н Старооскольского цементного завода приведены в табл. 1.

В качестве мелкого заполнителя в составе рабочих смесей был использован песок Красногорского песчаного карьера, характеризующийся модулем крупности — 1,8. Основные характеристики песка приведены в табл. 2.

В исследованиях для проведения экспериментов был использован отход пылеудаления предприятия «Рагос» Тверской области.

Продукт очистки отходящих дымовых газов от вагранки при получении расплава является отходом и удаляется в отдельные приемники (рис. 2). Сбор и переработка этих отходов экономически выгодны.

Химический состав порошков отхода базальтового производства предприятия «Рагос» приведен в табл. 3.

Гранулометрический состав базальта характеризуется максимальным и минимальным размером частиц  $d(0,9) = 331,917$  мкм,  $d(0,1) = 7,785$  мкм и средним размером частиц  $d(0,5) = 88,926$  мкм, представлен на рис. 2.

Средний арифметический диаметр:  $D(1,0) = 3,01$  мкм; средний объемный диаметр:  $D(4,3) = 131,99$  мкм; средний поверхностный диаметр:  $D(3,2) = 21,77$  мкм (рис. 3).

Средний арифметический диаметр:  $D(1,0) = 3,01$  мкм; средний объемный диаметр:  $D(4,3) = 131,99$  мкм; средний поверхностный диаметр:  $D(3,2) = 21,77$  мкм.

Продукт очистки отходящих дымовых газов в производстве базальтового волокна имеет плотность 0,500 кг/м<sup>3</sup>.

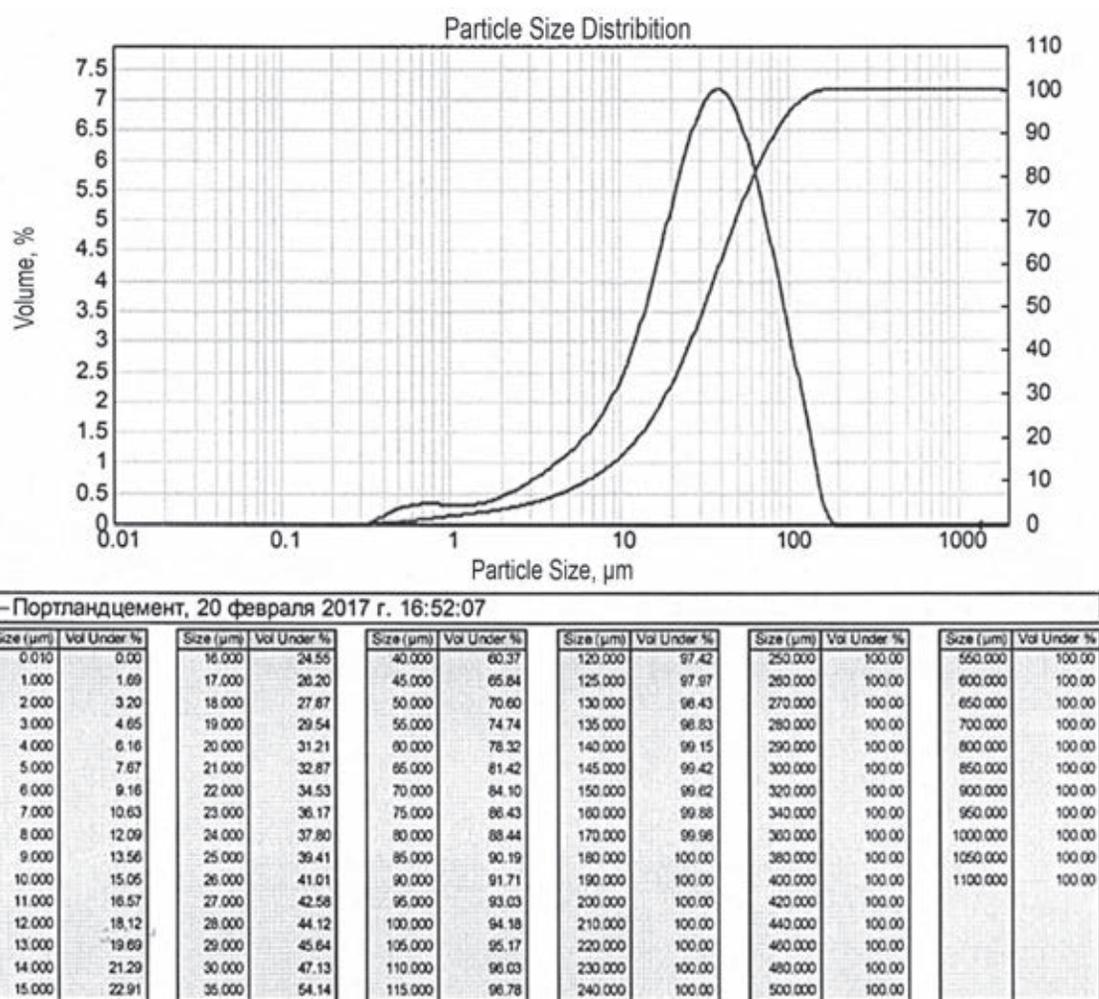


Рис. 1. Гранулометрический анализ цемента ЦЕМ I 42,5Н

Таблица 1. Основные показатели цемента ЦЕМ I 42,5Н

Наименование показателей	Единица измерения	ГОСТ 10178–85	Фактические показатели
1	2	3	4
Физические показатели по ГОСТ 31108–2016, ГОСТ 30515–2013			
Тонкость помола по остатку на сите (№ 008)	%	Не менее 85	89
Нормальная густота цементного теста	%	–	29
Сроки схватывания (начало схватывания)	ч/мин	Не ранее 45	2 ч 25 мин
Сроки схватывания (конец схватывания)	ч/мин	Не позднее 10	4 ч
Расплыв конуса (при В/Ц = 0,4)	мм	106–115	109
Предел прочности по ГОСТ 31108–2016, ГОСТ 30515–2013			
При изгибе в возрасте 28 сут.	МПа	Не менее 5,9	8,3
При сжатии в возрасте 28 сут.	МПа	Не менее 49,0	55,7

В целях увеличения содержания воздуха и получения высокой связности и устойчивости к расслоению бетонной смеси в исследованиях использовалась добавка «Линамикс Р».

«Линамикс Р» — это пластифицирующая воздухововлекающая добавка с длительной сохраняемостью удобоукладываемости. По своим потреби-

тельским свойствам добавка «Линамикс Р» отвечает требованиям к добавкам, увеличивающим воздухововлекающую способность по ГОСТ 24211. Добавка «Линамикс Р» представляет собой смесь модифицированного лигносульфоната натрия и воздухововлекающего компонента. Добавка «Линамикс Р» представляет собой водный раствор коричневого цвета с плот-

Таблица 2. Основные показатели песка Красногорского песчаного карьера

Наименование показателей	ГОСТ 8736–93	Фактические показатели
Зерновой состав	Полные остатки, %	Полные остатки, %
2,5	–	1,3
1,25	–	2,9
0,63	10–30	16,8
0,315	–	65,9
0,14	–	94,0
< 0,14	–	100
Модуль крупности	1,5–2,0 (мелкий)	1,8
Содержание глины в комках, %	Не более 0,35	Нет
Насыпная плотность, г/м <sup>3</sup>	–	1575
Истинная плотность, г/м <sup>3</sup>	–	2630
Пылевидные и глинистые частицы, %	Не более 3	1
Пустотность, %	–	45



Рис. 2. Продукт очистки отходящих дымовых газов предприятия «Рагос»

Таблица 3. Химический состав промышленной пыли

CO <sub>2</sub>	Na <sub>2</sub> O	MgO	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	SiO <sub>2</sub>	SO <sub>3</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	TiO <sub>2</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CO <sub>2</sub>
1,45	1,58	9,06	12,14	52,67	0,65	0,57	13,92	1,10	6,87	1,45

ность не менее 1,13 г/см<sup>3</sup> и pH не менее 4,5. Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет 0,3–0,9 по товарному продукту от массы вяжущего.

В целях увеличения содержания воздуха, улучшения технологических свойств бетонной смеси (однородности, удобоукладываемости, нерасплаиваемости), снижения расхода цемента (до 20 % по паспорту) использовалась добавка «ПФМ-НКЛ». «ПФМ-НКЛ» — это полифункциональная воздухововлекающая добавка — суперпластификатор на основе смеси натриевых солей полиметиленафталинсульфокислот различной молекулярной массы с добавлением воздухововлекающего и гидрофобизирующего компонента. По своим потребительским свойствам добавка «ПФМ-НКЛ» отвечает требова-

ниям к добавкам, увеличивающим воздухоудерживающую способность по ГОСТ 24211.

Добавка «ПФМ-НКЛ» представляет собой порошок коричневого цвета с pH не более 11. Рекомендуемый диапазон дозировок добавки составляет 0,4–0,8 по товарному продукту от массы вяжущего.

### Методы

Экспериментальные исследования проводились в лабораториях кафедры производства строительных изделий и конструкций Тверского государственного технического университета. Выбор методов и методик проводимых исследований определялся поставленной задачей и программой исследований.

Для определения водопотребности цемента и пластифицирующего эффекта использовалась стандарт-

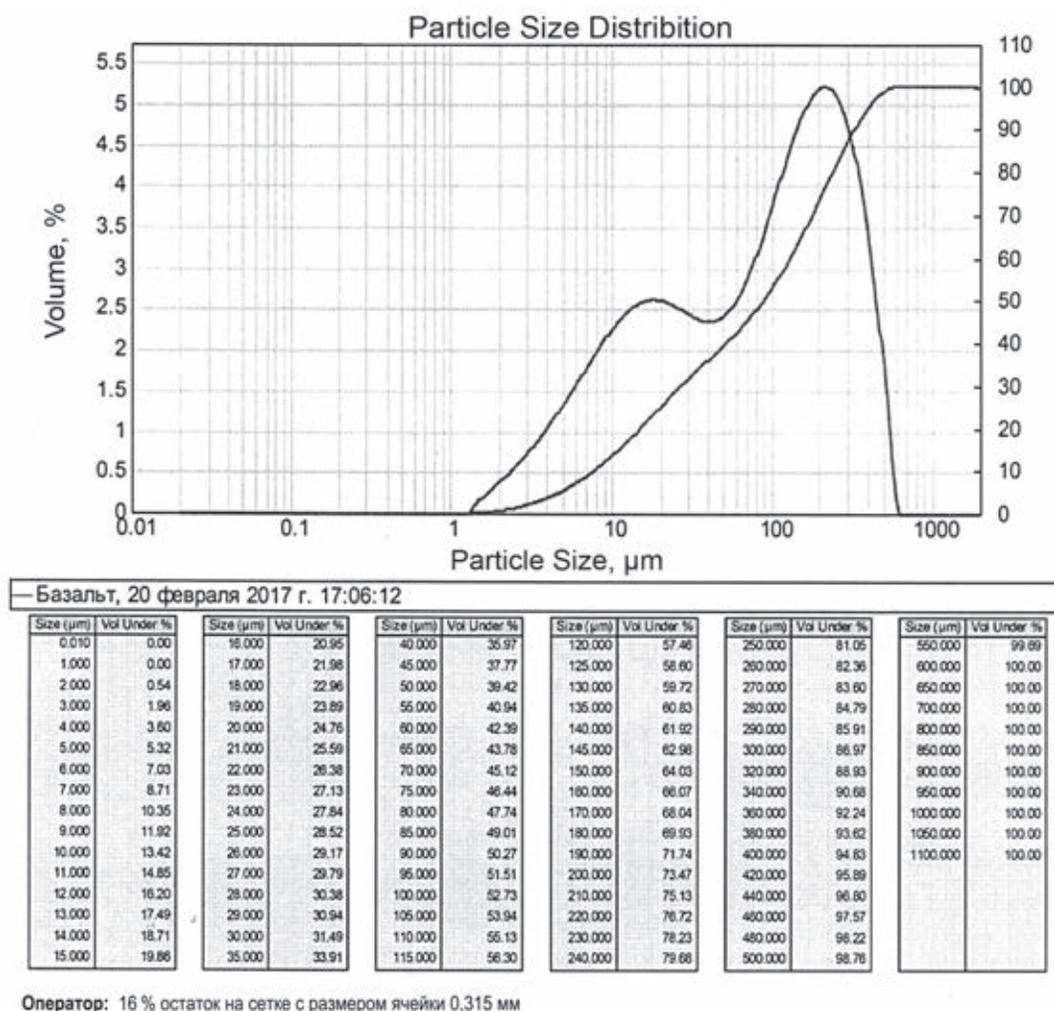


Рис. 3. Результаты гранулометрического анализа промышленной пыли

ная методика определения расплыва цементного теста на встряхивающем столике по ГОСТ 30744 «Цементы. Методы испытаний».

Влияние отхода на сроки схватывания цементного теста также определялось по стандартной методике на приборе Вика по ГОСТ 30744 «Цементы. Методы испытаний».

Плотность и прочность мелкозернистого бетона с добавкой отхода пылеудаления базальтового волокна согласно рис. 4 определялась на образцах 70 × 70 × 70 мм по стандартным методикам ГОСТ 10180 «Бетоны. Методы испытаний».

С целью изучения физико-механических характеристик, отражающих структурные свойства, формовали образцы литьевым способом. Твердение модифицированных бетонных образцов осуществлялось при нормальной температуре и влажности. Предел прочности при сжатии, среднюю плотность, водопоглощение определяли по стандартным методикам как среднее из шести образцов результатов испытания.

### Результаты

Результаты совместного влияния промышленной пыли и В/Ц отношения на прочность и плотность бетона на 14-е сутки твердения приведены на рис. 5, 6.

Анализ полученных результатов показал, что наибольшая прочность характерна для бездобавочных образцов. Однако при увеличении водотвердого отношения от 0,4 до 0,5 прочность образцов с добавкой пыли 7,5 % идентична прочности бездобавочного бетона. Наименьшая прочность характерна для образцов с содержанием добавки в количестве 15 % при В/Ц = 0,5.

Зависимость средней плотности от совместного влияния промышленной пыли и В/Ц подобна зависимости прочности. Однако изменение плотности образцов с различным содержанием добавки промышленной пыли имеет разный характер (рис. 6). В случае содержания промышленной пыли в количестве 7,5 % — плотность монотонно повышается, тогда как в случае содержания ее в количестве 15 % — монотонно убывает. В случае бездобавоч-



Рис. 4. Формование бетонных образцов с отходом промышленности

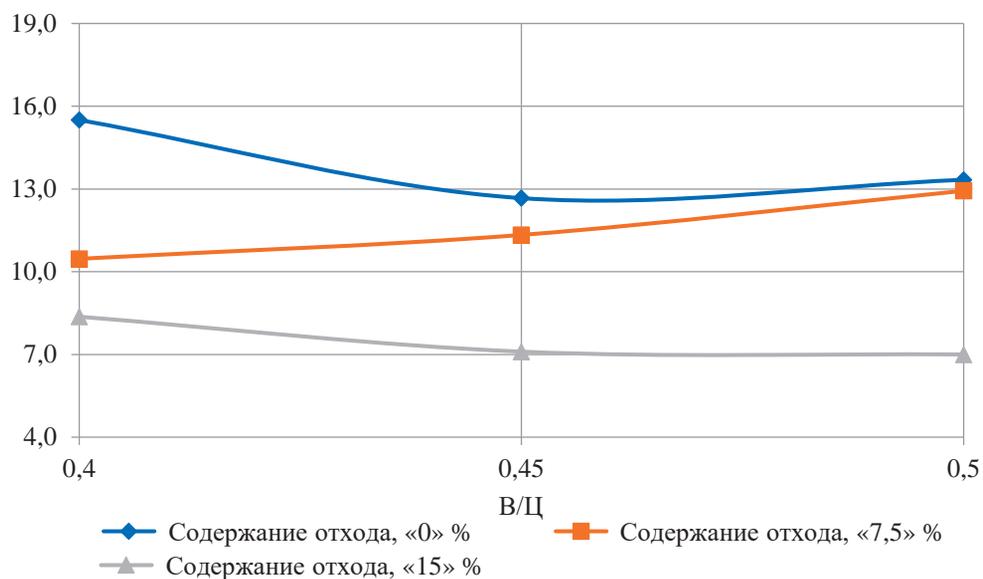


Рис. 5. Влияние отхода (промышленной пыли) и В/Ц на прочность бетона в возрасте 14 сут.

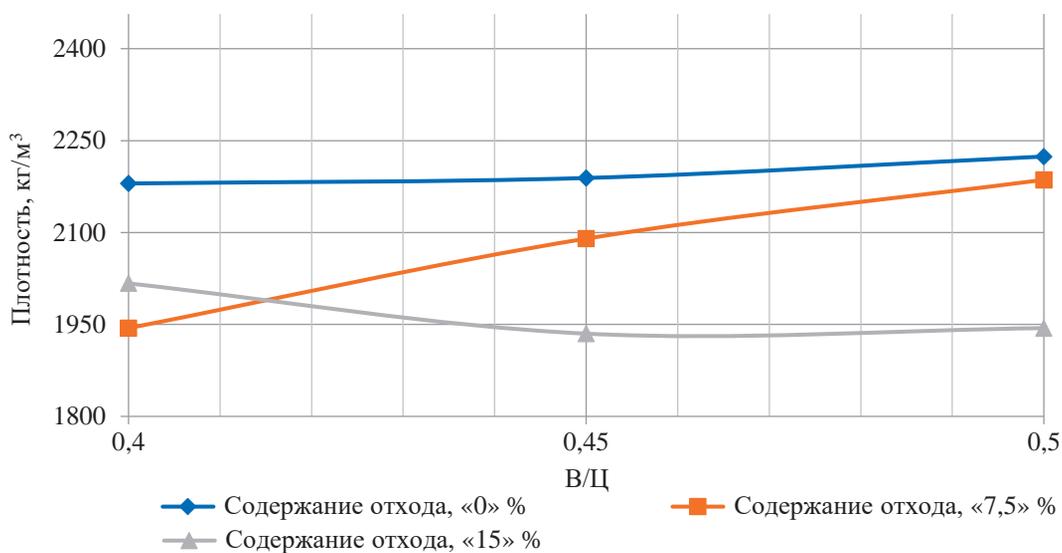


Рис. 6. Влияние количества отхода (промышленной пыли) и В/Ц на плотность бетона в возрасте 14 сут.

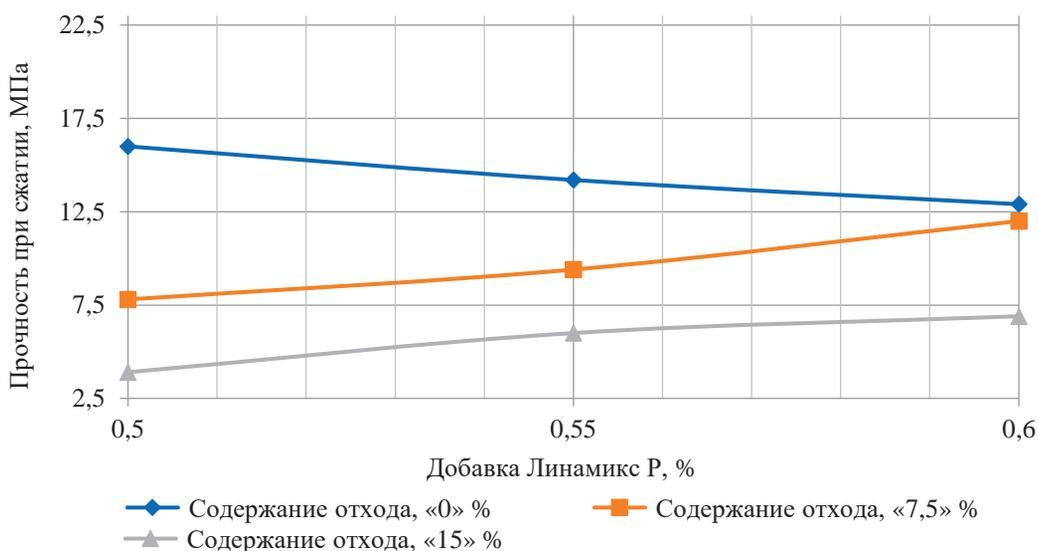


Рис. 7. Влияние отхода (промышленной пыли) и добавки Линамикс на прочность бетона в возрасте 14 сут.

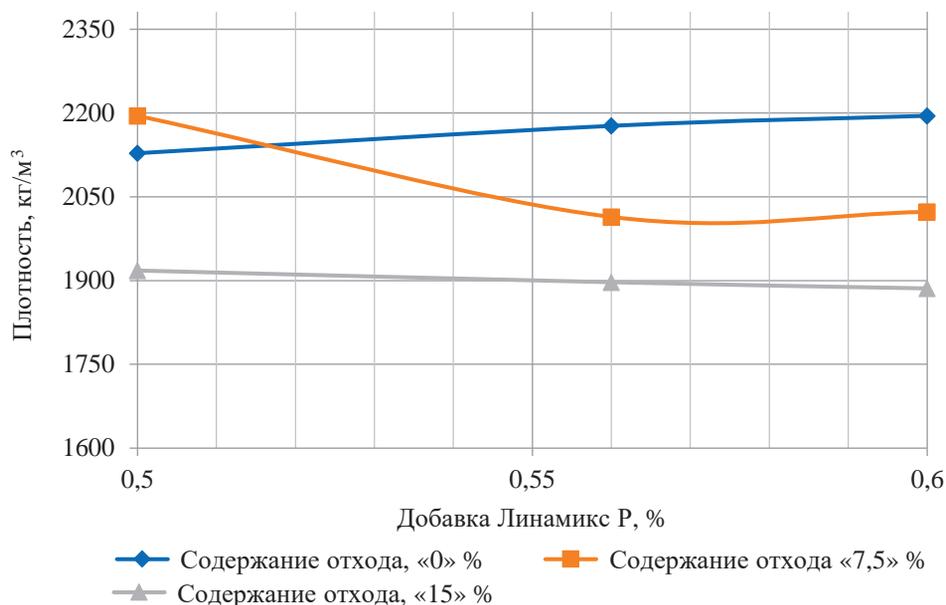


Рис. 8. Влияние отхода (промышленной пыли) и добавки Линамикс на плотность бетона в возрасте 14 сут.

ных составов — плотность практически не меняется для всех исследованных В/Ц.

Изменение плотности подобно характеру изменения прочности. Лимитирующим фактором, определяющим плотность бетона, является водопотребность.

Поэтому на следующем этапе была изучена возможность снижения водопотребности путем применения пластификатора (рис. 7, 8). Исследования подтвердили преимущество для данных систем добавки Линамикс Р, показавшей наибольшую эффективность среди исследуемых добавок-пластификаторов. При сочетании промышленной пыли с пластификатором Линамикс Р повышается величина рациональной дозы пыли до 7,5 %. Оптимальное содержание пластификатора Линамикс Р составило 0,6 %.

## Заключение

Проведенные исследования показали, что вовлечение отхода промышленной пыли в производство бетонов и растворов возможно. Снижение прочности бетона на 15 % в сравнении с бездобавочными составами может быть нивелировано использованием химических добавок, обладающих высоким редуцирующим эффектом.

Таким образом, доказано, что промышленная пыль является важным техногенным сырьевым вторичным материальным ресурсом, который может успешно применяться в производстве строительной продукции, обеспечивая замену природных компонентов на техногенное сырье с высоким потенциалом в области цементного и бетонного производства с высокими эксплуатационными свойствами.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. *Завадько М.Ю., Петропавловская В.Б.* Использование пылевидных отходов базальтового производства в качестве армирующей добавки в гипсовых композитах гидратационного твердения // *Современные проблемы строительной науки* : сб. науч. тр. Междунар. науч.-практ. конф. 2017. С. 152–158.
2. *Неверова А.С.* Газобетон на основе отходов кремнедробления // *Архитектура, строительство, транспорт* : сб. мат. Междунар. науч.-практ. конф. (к 85-летию ФГБОУ ВПО «СибАДИ»). 2015. С. 535–539.
3. *Кондратьев В.В., Иванчик Н.Н., Петровская В.Н., Немаров А.А., Карлина А.И.* Переработка и применение мелкодисперсных отходов кремниевого производства в строительстве // *Олон Улсын Бетоны XIV БАГА ХУРАЛ* : сб. мат. Междунар. строит. симпозиума. 2015. С. 105–114.
4. *Аблесимов Н.Е., Малова Ю.Г.* Каменное (базальтовое) волокно: исследования и научные школы // *Научное обозрение. Технические науки*. 2016. № 6. С. 5–9.
5. *Защепкина К.А.* Перспективы применения материалов с добавлением базальтовых волокон и базальтового ровинга // *Наукові нотатки*. 2014. № 45. С. 215–219.
6. *Бабаев В.Б.* Базальтовое волокно как компонент для микроармирования цементных композитов // *Вестник Белгородского государственного университета имени В.Г. Шухова: БГТУ*. 2012. № 4. С. 58–61.
7. *Секерин В.Д., Горохова А.Е., Новикова Е.Н.* Отходы базальтового волокна — в доходы // *Экономика и предпринимательство*. 2016. № 8 (73). С. 417–419.
8. *Цховребов Э.С., Калаева С.З., Петропавловская В.Б., Ниязгулов Ф.Х.* Концептуальное моделирование системы прогнозирования вызванных опасными отходами чрезвычайных ситуаций // *Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость*. 2023. Т. 13. № 4 (47). С. 702–715.
9. *Королева Л.А., Филиппова О.П., Петропавловская В.Б., Цховребов Э.С.* Об актуальных аспектах строительства объектов обращения отходов: экономика, экология и предупреждение чрезвычайных ситуаций // *Экономика строительства*. 2024. № 5. С. 401–405.
10. *Баженов Ю.М.* Технология бетона. М. : Изд-во АСВ, 2011. 528 с.
11. *Урханова Л.А., Лхасаранов С.А., Иванов А.А.* Оптимизация состава гидротехнического бетона с применением композиционных вяжущих // *Техника и технология силикатов*. 2023. Т. 30. № 4. С. 350–356.
12. *Филимонова Ю.С., Величко Е.Г.* Исследование комплексной модификации тяжелого бетона // *Строительство и реконструкция*. 2021. № 4 (96). С. 107–109. DOI: 10.33979/2073-7416-2021-96-4-107-11213.
13. *Ткач Е.В., Темирканов Р.И.* Улучшение физико-механических свойств модифицированного бетона на основе применения химически активированного микрокремнезема с микроармирующим волокном // *Строительство и реконструкция*. 2020. № 2 (88). С. 123–135.
14. *Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Чилин И.А., Дондуков В.Г., Селютин Н.* Модифицированные бетоны: реальность и перспективы // *Вестник НИЦ Строительство*. 2024. № 1 (40). С. 92–104.
15. *Ткач Е.В., Филимонова Ю.С., Корнеев А.И.* Тяжелый бетон на основе полидисперсного вяжущего с комплексным полимерным модификатором с повышенными эксплуатационными показателями // *Строительство и реконструкция*. 2022. № 2. С. 112–119. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-100-2-112-119

Об авторах: **Виктория Борисовна Петропавловская** — доктор техн. наук, доцент, профессор кафедры «Производство строительных изделий и конструкций»; **Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)**; 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22; e-mail: victoriapetrop@gmail.com;

**Евгения Владимировна Ткач** — доктор техн. наук, профессор, профессор кафедры «Градостроительство»; **Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет (НИУ МГСУ)**; 129337, г. Москва, Ярославское шоссе, д. 26; e-mail: ev\_tkach@mail.ru;

**Татьяна Борисовна Новиченкова** — канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры «Производство строительных изделий и конструкций»; **Тверской государственный технический университет (ТвГТУ)**; 170026, г. Тверь, наб. Аф. Никитина, д. 22; e-mail: tanovi.69@mail.ru;

**Юлия Сергеевна Филимонова** — канд. техн. наук, доцент кафедры «Промышленное, гражданское и подземное строительство»; **Московский политехнический университет (МПУ)**; 107023, г. Москва, ул. Большая Семеновская, д. 38; e-mail: JuliaS06@mail.ru.

## REFERENCES

1. *Zavadko M.Yu., Petrovpavlovskaya V.B.* Use of dusty waste from basalt production as a reinforcing additive in gypsum composites of hydrotational hardening. *Modern problems of construction science : Collection of scientific papers of the international scientific and practical conference*. 2017; 152-158. (rus.).

2. Neverova A.S. Aerated concrete based on flint crushing waste. *Architecture, construction, transport : Collection materials of the International scientific and practical conference (for the 85th anniversary of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Professional Education "SibADI")*. 2015; 535-539. (rus.).
3. Kondratyev V.V., Ivanchik N.N., Petrovskaya V.N., Nemarov A.A., Karlina A.I. Processing and application of fine-dispersed silicon production waste in construction. *Olon Ulsyn Concretes XIV BAGA KHURAL : Proceedings of the international construction symposium*. 2015; 105-114. (rus.).
4. Ablesimov N.E., Malova Yu.G. Stone (basalt) fiber: research and scientific schools. *Scientific review. Technical sciences*. 2016; 6:5-9. (rus.).
5. Zashchepkina K.A. Prospects for the use of materials with the addition of basalt fibers and basalt roving. *Scientific notes*. 2014; 45:215-219.
6. Babaev V.B., Strokova V.V., Nelyubova V.V. Basalt fiber as a component for micro-reinforcement of cement composites. *Bulletin of the Belgorod State University named after VG Shukhov: BSTU*. 2012; 4:58-61. (rus.).
7. Sekerin V.D., Gorokhova A.E., Novikova E.N. Basalt fiber waste — into income. *Economics and Entrepreneurship*. 2016; 8(73):417-419. (rus.).
8. Tskhovrebov E.S., Kalayeva S.Z., Petropavlovskaya V.B., Niyazgulov F.Kh. Conceptual modeling of a system for forecasting emergency situations caused by hazardous waste. *News of universities. Investments. Construction. Real estate*. 2023; 13(4(47)):702-715. (rus.).
9. Koroleva L.A., Filippova O.P., Petropavlovskaya V.B., Tskhovrebov E.S. On current aspects of the construction of waste management facilities: economics, ecology and prevention of emergency situations. *Construction Economics*. 2024; 5:401-405. (rus.).
10. Bazhenov Yu.M. *Concrete technology*. Moscow, ASV Publishing House, 2011; 528. (rus.).
11. Urkhanova L.A., Lkhasaranov S.A., Ivanov A.A. Optimization of the composition of hydraulic concrete using composite binders. *Silicate engineering and technology*. 2023; 30(4):350-356. (rus.).
12. Filimonova Yu.S., Velichko E.G. Study of complex modification of heavy concrete. *Construction and reconstruction*. 2021; 4(96):107-109. DOI: 10.33979/2073-7416-2021-96-4-107-112 (rus.).
13. Tkach E.V., Temirkanov R.I. Improving the physical and mechanical properties of modified concrete based on the use of chemically activated microsilica with micro-reinforcing fiber. *Construction and reconstruction*. 2020; 2(88):123-135. (rus.).
14. Kapriylov S.S., Sheinfeld A.V., Chilin I.A., Dondukov V.G., Selyutin N. Modified concrete: reality and prospects. *Bulletin of the Research Center of Construction*. 2024; 1(40):92-104. (rus.).
15. Tkach E.V., Filimonova Yu.S., Korneev A.I. Heavy concrete based on a polydisperse binder with a complex polymer modifier with improved performance indicators. *Construction and reconstruction*. 2022; 2:112-119. DOI: 10.33979/2073-7416-2022-100-2-112-119 (rus.).

About the authors: **Victoria B. Petropavlovskaya** — Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Professor of the Department of "Production of Building Products and Structures"; **Tver State Technical University (TvSTU)**; 22 emb. Af. Nikitina, Tver, 170026, Russian Federation; e-mail: victoriapetrop@gmail.com;

**Evgeniya V. Tkach** — Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Urban Development; **Moscow State University of Civil Engineering (National Research University) (MGSU)**; 26 Yaroslavskoye shosse, Moscow, 129337, Russian Federation; e-mail: ev\_tkach@mail.ru;

**Tatyana B. Novichenkova** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Production of Building Products and Structures; **Tver State Technical University (TvSTU)**; 22 emb. Af. Nikitina, Tver, 170026, Russian Federation; e-mail: tanovi.69@mail.ru;

**Yulia S. Filimonova** — Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Industrial, Civil and Underground Construction; **Moscow Polytechnic University (MPU)**; 38 Bolshaya Semenovskaya st., Moscow, 107023, Russian Federation; e-mail: JuliaS06@mail.ru.