

Научная статья

Р.С. ФЕДЮК^{1,2}, А.И. САВЕНКОВ³¹ ФГАОУ Дальневосточный федеральный университет (ДВФУ), г. Владивосток, Россия² ФГАБОУ Владивостокский государственный университет (ВВГУ), г. Владивосток, Россия³ ФГБОУ ВО АНГТУ, г. Ангарск, Россия**КРИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР НОРМАТИВНОГО РЕГУЛИРОВАНИЯ
НЕАВТОКЛАВНЫХ ПЕНОБЕТОНОВ: СОСТОЯНИЕ, ПРОБЛЕМЫ И
НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ**

Аннотация. Неавтоклавный пенобетон - экологичный и легкообрабатываемый материал, обладающий низкой стоимостью производства, возможностью изготовления в небольших цехах или на стройплощадке, а также хорошими теплоизоляционными свойствами и малым весом, что снижает нагрузку на фундамент и упрощает монтаж. Объектом исследования является нормативная база для производства неавтоклавного пенобетона в России. Целью исследования является всесторонний анализ нормативной базы для производства неавтоклавного пенобетона в России. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: оценить состояние сферы применения; выявить основные проблемы; определить направления развития. Проведен анализ современных подходов к проектированию неавтоклавных бетонных композиций и изделий из них. Были проанализированы нормативные источники за последние 45 лет, прослежена их эволюция с 1983 года. На основе тщательного и всестороннего анализа и обобщения этих материалов предлагаются поправки к действующей нормативной базе по теме исследования. Нормативная база по пенобетону, получаемому неавтоклавным способом, в России является зрелой, но все еще содержит значительные пробелы. Усовершенствования системы должны быть направлены на усиление контроля качества посредством обязательной сертификации, уточнение требований к новым технологиям и областям применения и приведение их в соответствие с международными стандартами для повышения конкурентоспособности и доверия к этому перспективному строительному материалу.

Ключевые слова: плотность, неавтоклавная обработка, прочность на сжатие, изгиб, сорпность, морозостойкость.

Для цитирования: Федюк Р.С., Савенков А.И. Критический обзор нормативного регулирования неавтоклавных пенобетонов: состояние, проблемы и направления развития // Строительство и реконструкция. 2026. №3 (125). С. 101-112. DOI: 10.33979/2073-7416-2026-125-3-104-116. EDN: NWQTVY

Research Article

R. S. FEDIUK^{1,2}, A. I. SAVENKOV³¹ Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia² Vladivostok State University, Vladivostok, Russia³ Angarsk State Technical University, Angarsk, Russia**CRITICAL REVIEW OF THE REGULATORY REGULATION OF NON-
AUTOCLAVED FOAM CONCRETE: STATUS, PROBLEMS AND
DIRECTIONS OF DEVELOPMENT**

© Федюк Р.С., Савенков А.И., 2026



Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the
Creative Commons NonCommercial license <https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>

Abstract. *Non-autoclaved foam concrete is an environmentally friendly and easily processed material with low production costs, the ability to be manufactured in small workshops or on-site, and good thermal insulation properties. It also offers low weight, which reduces the load on the foundation and simplifies installation. The object of research is regulatory framework for non-autoclaved foam concrete in Russia. The objective of the study is comprehensive analysis of the regulatory framework for non-autoclaved foam concrete in Russia. To achieve this goal, it is necessary to solve the following tasks: to assess the scope status; to establish the main problems; to determine the development directions. The analysis of modern approaches to the design of non-autoclaved concrete compositions and products made from them is carried out. Regulatory sources were reviewed over the past 45 years, tracing their evolution since 1983. Based on a thorough and comprehensive analysis and synthesis of these materials, amendments to the current regulatory framework on the topic of study are proposed. The regulatory framework for non-autoclaved foam concrete in Russia is mature, but still contains significant gaps. Improvements to the system should focus on strengthening quality control through mandatory certification, specifying requirements for new technologies and applications, and harmonizing with international standards to enhance the competitiveness and credibility of this promising building material.*

Keywords: *density, non-autoclave treatment, compressive strength, flexural strength, grade, freeze-thaw resistance.*

For citation: Fediuk R.S., Savenkov A.I. Critical review of the regulatory regulation of non-autoclaved foam concrete: status, problems and directions of development. Building and Reconstruction. 2026; 3(125): 101-112. DOI: 10.33979/2073-7416-2026-125-3-104-116. EDN: NWQTVY

1. Введение

Неавтоклавный пенобетон — это доступный и технологически простой строительный материал [1], твердеющий в естественных условиях без применения высокого давления и температуры [2]. Его главные достоинства - эффективность в холодных регионах [3], возможность использования как теплоизолятор [4], производство прямо на стройплощадке [5], хорошие эксплуатационные свойства [6] и малый вес [7], что снижает нагрузку на фундамент [8]. Пеногеополимер [9] - экологичный материал [10], а упрочнение углеродными нанотрубками [11] и высокая огнестойкость [12] делают его привлекательным выбором для частного и малоэтажного строительства [13].

Вместе с тем, неавтоклавный пенобетон имеет существенные ограничения [14]. Его прочность заметно ниже, чем у автоклавных аналогов [15], а полный набор прочности происходит в течение нескольких недель [16] или даже месяцев [17], что замедляет строительство [18]. Материал подвержен усадке [19], что может вызывать появление трещин [20], а также обладает высоким водопоглощением [21] и невысокой морозостойкостью [22], требуя обязательной гидроизоляции [23] и защитной отделки [24]. Эти особенности ограничивают его применение в многоэтажных зданиях [25] и регионах с суровым климатом [26] без дополнительных конструктивных решений [27].

Качество неавтоклавного пенобетона сильно зависит от соблюдения технологии [28]: при нарушении пропорций [29], режимов сушки [30] или использовании некачественных пенообразователей блоки могут получиться неоднородными [31], хрупкими или подверженными деформациям. Поэтому при выборе материала важно отдавать предпочтение проверенным производителям с сертификатами и лабораторными испытаниями. Несмотря на недостатки, при грамотном проектировании и соблюдении технологии неавтоклавный пенобетон остаётся экономически выгодным и практичным решением для строительства домов высотой до 2–3 этажей [32].

Нормативная база, регулирующая производство и применение неавтоклавных пенобетонов в Российской Федерации, представляет собой сложную систему из нескольких поколений документов, отражающую технологическое развитие отрасли и стремление к унификации стандартов. Анализ этой эволюции позволяет выявить ключевые этапы, определившие современное состояние регулирования, а также проследить тенденции, направленные на интеграцию материалов для сборных изделий и монолитных конструкций.

Первым и наиболее ранним документом, охватывающим неавтоклавные пенобетоны, является ГОСТ 25485-89. Этот стандарт, вступивший в силу с 01.01.1990, был разработан еще в советский период и установил основополагающие классификационные признаки и технические характеристики. Он относил пенобетоны к ячеистым бетонам, твердеющим при атмосферном давлении, и делил их по виду вяжущего (цементные, известковые, шлаковые и др.). Технические параметры, установленные в нем, такие как классы прочности на сжатие (В0,35–В20), марки по средней плотности (D300–D1200) и требования к усадке, заложили фундамент для дальнейшего развития стандартизации.

В середине 2000-х годов возникла потребность в более детальном регулировании конкретных типов изделий. Это привело к появлению специализированных технических условий (ТУ). Ярким примером являются ТУ 5870-001-21655395-2000 на пенобетон, разработанные Мордовским госуниверситетом и ОАО "Саранскстройзаказчик". Данный документ подчеркивал важность участия научных и производственных организаций в создании нормативной базы. ТУ 2000 года классифицировали неавтоклавный пенобетон по тем же принципам, что и ГОСТ 25485-89, но уже использовали собственный ряд марок прочности (М5–М200), хотя и в том же диапазоне плотности (D300–D1200). Ключевыми особенностями этого документа были требования к коэффициенту теплопроводности (в зависимости от типа кремнезёмистого компонента) и отпускной влажности, что было актуально для строительной практики того времени.

Наиболее значимой реформой стала замена старых стандартов на новые. С 1 января 2020 года вступил в действие новый ГОСТ 25485-2019 "Бетоны ячеистые. Общие технические условия", который взял на себя функции своего предшественника ГОСТ 25485-89. Разработчиком выступил НИИЖБ им. А.А. Гвоздева (АО "НИЦ "Строительство"), что обеспечило высокое качество документа. Этот стандарт так же был общим для всех видов ячеистых бетонов - автоклавных и неавтоклавных, но делает существенные различия в требованиях в зависимости от условий твердения. Например, он устанавливает четкую градацию по назначению: теплоизоляционные (D200-D500, В0,5-В1,5), конструктивно-теплоизоляционные (D500-D900, В1-В10) и конструкционные (D800-D1000, В7,5-В12,5). Кроме того, ГОСТ 25485-2019 ввел более строгие экологические требования, ограничив удельную эффективную активность естественных радионуклидов до 370 Бк/кг по ГОСТ 30108 и требуя, чтобы материал относился к группе негорючих (НГ) по ГОСТ 30244.

Параллельно с общей стандартизацией развивались и специализированные стандарты для конкретных изделий. Наиболее релевантным является ГОСТ Р 70522-2022 «Блоки из ячеистых бетонов стеновые мелкие. Технические условия», действующий с 1 июня 2023 года. Этот стандарт полностью сфокусирован на мелкоштучных блоках из неавтоклавных ячеистых бетонов, предназначенных для кладки стен и перегородок. Он устанавливает требования к размерам (до 625×500×500 мм), категориям точности (I и II), а также нормирует дополнительные характеристики, такие как коэффициент теплопроводности при эксплуатационной температуре до 400°C и усадку. Условное обозначение в этом стандарте включает все ключевые параметры, что делает его удобным для проектировщиков и строителей. Таким образом, современная нормативная система РФ формируется по двум направлениям: общая стандартизация через ГОСТ 25485-2019 и специализация через стандарты на готовые изделия, такие как ГОСТ Р 70522-2022. Однако, известно, что нормативная база в строительной области отстает от современного состояния науки не менее, чем на 30 лет, образуя пробел, который необходимо ликвидировать.

Объект исследования - нормативная база для производства неавтоклавного пенобетона в России. Предмет исследования - комплексный анализ нормативной базы по неавтоклавному пенобетону в России.

Целью исследования является всесторонний анализ нормативной базы для производства неавтоклавного пенобетона в России. Для достижения этой цели необходимо решить следующие задачи: оценить состояние сферы применения; выявить основные проблемы; определить направления развития.

2. Модели и методы

Настоящий обзор направлен на анализ современных подходов к проектированию составов неавтоклавных бетонов и изделий из них. Поиск нормативных источников осуществлялся за последние 35 лет, прослеживая их эволюцию с 1990 года. На основании глубокого и всестороннего анализа и синтеза материалов предложены дополнения в современную нормативно-техническую базу по теме исследования.

3. Результаты исследования и их анализ

Анализ ключевых нормативных документов показывает, что отрасль использует многоуровневую систему, где общие стандарты дополняются специализированными требованиями для конкретных продуктов и применений. Понимание отличий между этими документами критически важно для производителей, проектировщиков и строителей. Ниже представлена таблица 1, сравнивающая основные документы, регулирующие неавтоклавные пенобетоны.

Таблица 1 – Сравнение основных документов, регулирующих неавтоклавные пенобетоны

Характеристика	ГОСТ 25485-89	ГОСТ 25485-2019	ТУ 5879- 001-2000	ГОСТ Р 70522-2022
Дата введения	01.01.1990	01.01.2020	01.08.2000	01.06.2023
Объект регулирования	Блоки из ячеистых бетонов стенные мелкие	Блоки из ячеистых бетонов стенные мелкие	Пенобетон (специфичес- кий)	Стеновые мелкие блоки из ячеистых бетонов
Сфера применения	Сборные и конструкции	Сборные конструкции	Не указано	Наружные и внутренние стены, перегородки, изоляция
Классы/Марки прочности	B0,35–B20; M5–M200	B0,5–B12,5	B0,5–B15; M5–M200	B1,5–B12,5
Марки по плотности	D300–D1200	D200–D1000	D300– D1200	D300–D1200
Марки по морозостойкости	F15, F25, F35, F50, F75, F100	F15, F25, F35, F50	F15, F25, F35, F50, F75	F15, F25, F35, F50
Требования к усадке	Не нормируется	Не нормируется для D400- D500, иначе ≤3 мм/м	Не нормируется	Не нормируется для D400-D500, иначе ≤3 мм/м
Экологическая безопасность	Отсутствуют	Негорючесть (НГ), γ- активность ≤370 Бк/кг	Не указано	Негорючесть (НГ), γ-активность ≤370 Бк/кг, теплопроводность при t=400°C ≤0,34 Вт/(м·°C)
Основные испытаний методы	ГОСТ 10180, 12730.1, 12852.4, 7076	ГОСТ 10180, 12730.1, 12852.4, 7076, 30108	Не указано	ГОСТ 13015, 18105, 27005, 25485

Как видно из таблицы 1, со временем требования становятся все более детализированными и строгими. ГОСТ 25485-2019, являясь общим документом, задает базовые требования к свойствам, которые должны быть реализованы независимо от способа производства (естественное твердение или тепловая обработка). Он также впервые ввел обязательные экологические нормы, что отражает глобальные тренды на безопасность строительных материалов. С другой стороны, ТУ 5870-001-2000, будучи специфическим документом, содержал уникальные для своего времени параметры, такие как зависимость теплопроводности и отпускной влажности от типа заполнителя, что свидетельствует о более глубоком понимании процессов, происходящих в материале.

Особый интерес представляет ГОСТ Р 70522-2022, который демонстрирует переход к стандартизации на уровне конечного продукта. Вместо того чтобы регламентировать только состав смеси, он устанавливает жесткие требования к форме, размерам, классу точности и даже каскаду эксплуатационных характеристик, включая термическую стабильность при повышенных температурах. Это говорит о том, что рынок и нормативная база движутся в сторону создания готовых, проверенных решений, снижающих риски для проектной и строительной деятельности.

Важно также отметить роль свода правил СП 339.1325800.2017 «Конструкции из ячеистых бетонов. Правила проектирования». Этот документ, хотя и ссылается на устаревшие версии ГОСТ, является ключевым для инженерного сообщества. Он переводит абстрактные значения прочности, плотности и морозостойкости из стандартов на языки расчетных характеристик, таких как расчетное сопротивление сжатию кладки и модуль упругости. Таким образом, СП 339.1325800.2017 связывает требования к материалу с его поведением в реальных конструкциях, что является неотъемлемой частью любой полной нормативной системы. Включение в него данных по неавтоклавному пенобетону класса В1,5 и других характеристик показывает признание материала как полноценного элемента строительных конструкций.

Процессы производства и качество исходных материалов являются фундаментом, на котором строится вся нормативная система для неавтоклавных пенобетонов. Современные стандарты, в частности ГОСТ 25485-2019, устанавливают строгие требования к каждому компоненту и операции, чтобы обеспечить воспроизводимость и надежность конечного продукта. Эти требования напрямую влияют на выбор технологии, экономическую целесообразность и, в конечном счете, на долговечность и безопасность строительных конструкций.

Неавтоклавные пенобетоны, согласно определению в ГОСТ 25485-2019 и СП 339.1325800.2017, представляют собой искусственный каменный материал, пористая структура которого достигается за счет введения воздуха или газа. Ключевым отличием от автоклавных аналогов является способ твердения: они набирают прочность в естественных условиях (при комнатной температуре и влажности) или при тепловой обработке при атмосферном давлении (например, в среде насыщенного пара или методом электропрогрева). Выбор метода твердения зависит от производственной линии и требуемых сроков выпуска продукции, однако оба процесса должны обеспечивать достижение необходимых проектных характеристик без применения высокого давления.

Основой пенобетона является вяжущее вещество. Стандарты допускают несколько вариантов:

- Цементные: Используется портландцемент по ГОСТ 31108.
- Известковые: Известь кальцевая по ГОСТ 9179-2018.
- Шлаковые: Доменные шлаки.
- Зольные: Зола-уноса ТЭС с содержанием СаО не менее 40%
- Смешанные: Комбинация различных вяжущих.

Однако, практикой доказано, что для неавтоклавных пенобетонов в качестве вяжущего следует использовать только портландцемент.

Выбор вяжущего напрямую влияет на свойства бетона, включая скорость твердения, конечную прочность и химическую стойкость. Например, использование золы-уноса,

содержащей известь, является экономически выгодным решением и способствует снижению углеродного следа производства.

Кремнезёмистый наполнитель является вторым по значимости компонентом. В качестве него могут выступать тонкомолотый кварцевый песок, доменные шлаки, зола-унос или тонкомолотые добавки. В некоторых случаях используется немолотый кремнезёмистый компонент, например, известняковая мука. Исследования показывают, что именно тип кремнезёмистого компонента оказывает значительное влияние на конечные свойства, в частности, на коэффициент теплопроводности. Так, для пенобетона на песке этот коэффициент может быть ниже, чем на известняковой муке.

Неотъемлемой частью рецептуры является пенообразователь. Допускается использование синтетических и белковых пенообразователей. Важно, чтобы пенообразователь был совместим с вяжущим и не вызывал негативных реакций, влияющих на стабильность структуры. В ТУ 5870-001-2000 упоминался пенообразователь "Биопор", что свидетельствует о наличии различных коммерческих продуктов на рынке.

Вода, используемая для приготовления смеси, должна соответствовать требованиям ГОСТ 23732 или, в случае использования питьевой воды, ГОСТ 2874-82. Чистота воды критична для контроля процесса гидратации цемента и получения однородной структуры.

Для придания пенобетону дополнительных свойств, таких как улучшение подвижности смеси, контроль скорости схватывания или повышение прочности, в состав могут вводиться различные добавки. ГОСТ 25485-89 упоминал гипс, поташ, сульфат алюминия и суперпластификатор С-3. Современные исследования и практика допускают использование поликарбоксилатных эфиров в качестве суперпластификаторов в количестве до 0,3% от массы цементно-песчаной смеси и даже фибровое армирование для повышения трещиностойкости. Температура воды для приготовления пены также имеет значение и рекомендуется не выше 25°C.

Производственный процесс должен обеспечивать соблюдение этих требований. Подбор составов должен осуществляться по ГОСТ 27006, что гарантирует научный подход к получению смеси с заданными свойствами. Время предварительной выдержки в формах составляет 12–24 часа, после чего блоки подлежат последующей влажной выдержке в течение 6–12 часов перед распалубкой. Все эти технологические параметры направлены на создание стабильного, качественного и безопасного строительного материала.

Требования к эксплуатационным и физико-механическим характеристикам неавтоклавных пенобетонов, установленные в нормативных документах, являются основой для их безопасного и эффективного применения в строительстве. Эти характеристики определяют не только прочность и долговечность конструкций, но и комфортность помещений, их энергоэффективность и пожарную безопасность. Анализ показывает, что современные стандарты стремятся к комплексному подходу, учитывая широкий спектр свойств материала.

Прочность на сжатие является одной из ключевых характеристик. ГОСТ 25485-2019 устанавливает следующие классы прочности для неавтоклавных бетонов: от В0,5 (теплоизоляционные) до В12,5 (конструкционные). Свод правил СП 339.1325800.2017 дополнительно уточняет, что для конструкционно-теплоизоляционных неавтоклавных бетонов используются классы В1,5; В2,5; В3,5; В5; В7,5; В10, а для конструкционных - В3,5; В5; В7,5; В10; В12,5; В15. Это разделение позволяет точно подбирать материал под конкретную задачу. Например, для несущих стен в малоэтажном строительстве обычно применяют бетон класса не ниже В2,5 или В3,5. Марки по средней плотности (D) также имеют свою градацию: D200–D500 для теплоизоляционных, D500–D900 для конструкционно-теплоизоляционных и D800–D1000 для конструкционных бетонов. Чем выше плотность, тем выше прочность, но и выше теплопроводность.

Морозостойкость — это способность материала выдерживать многократное попеременное замораживание и оттаивание в насыщенном водой состоянии без существенной потери прочности и веса. Этот параметр критически важен для климатических условий

России. Требования к маркам морозостойкости (F) варьируются в зависимости от назначения материала. ГОСТ 25485-2019 и СП 339.1325800.2017 предусматривают марки F15, F25, F35, F50. СП 339.1325800.2017 дополняет эту гамму марками F75 и F100, что указывает на возможность применения неавтоклавных бетонов в более суровых условиях. Методика испытаний четко регламентирована и включает замораживание при $-18\pm 2^\circ\text{C}$ и оттаивание при $18\pm 2^\circ\text{C}$ в течение не менее 4 часов, с контролем снижения прочности (не более 15%) и потери массы (не более 5%).

Теплопроводность является ключевой характеристикой для теплоизоляционных материалов. Ее значение сильно зависит от плотности и влажности бетона. ГОСТ 25485-2019 устанавливает требования к теплопроводности в сухом состоянии, которая может варьироваться от 0,09 до 0,48 Вт/(м·°C) в зависимости от класса плотности. ГОСТ Р 70522-2022 вводит дополнительный критерий - теплопроводность при эксплуатационной температуре до 400°C, которую неавтоклавный пенобетон должен выдерживать без значительного увеличения (не более 0,34 Вт/(м·°C)). Паропроницаемость, то есть способность материала пропускать водяной пар, также важна для поддержания микроклимата в помещении. Требования к этому параметру установлены в ГОСТ 25898-2020.

Усадка при высыхании - это деформация материала, возникающая в результате потери влаги. Она напрямую влияет на трещиностойкость кладки и может привести к растрескиванию отделочных слоев. ГОСТ 25485-2019 устанавливает жесткое ограничение: усадка при высыхании не должна превышать 3 мм/м для марок плотности D600–D1200. При этом для марок D400 и D500 данная характеристика не нормируется, что связано с меньшей склонностью таких материалов к усадке. Существуют разные методики определения усадки, например, по приложению А в ГОСТ 25485-2019, где образцы размером 40×40×160 мм сушат над карбонатом кальция, или методика по ГОСТ 12852.3-77.

Отпускная влажность, то есть влажность материала на момент его отправки потребителю, имеет большое значение для последующей адгезии раствора и отделочных материалов. В ТУ 5870-001-2000 она могла достигать 25-35%, в зависимости от типа заполнителя. В ГОСТ 13015-2012 регламентируется влажность бетонных и железобетонных изделий, к которым относятся и пеноблоки. Сорбционная влажность, характеризующая способность материала поглощать влагу из окружающей среды, также регулируется (ГОСТ 24816-2014) и для пенобетона на песке не должна превышать 8% при относительной влажности воздуха 75%.

Пенобетон является негорючим материалом (группа НГ по ГОСТ 30244-94), что обеспечивает ему первую степень огнестойкости. Испытания по ГОСТ 30247.0-94 и ГОСТ 30247.1-94 показывают, что плиты перекрытия из ячеистого бетона могут выдерживать нагрузку при температуре до 1000°C в течение 70 минут (класс REI 60), при этом температура арматуры на нагреваемой стороне не превышает 150°C, а на обратной - остается близкой к начальной. Более современные европейские стандарты, такие как DIN 4102, относят материалы без органических добавок к классу A1 (наибольшая огнестойкость) без проведения испытаний.

В отличие от многих строительных материалов, неавтоклавный пенобетон в России и странах ЕС не подлежит обязательному подтверждению соответствия. Это означает, что законодательство не требует от производителей сертификатов соответствия Техническому регламенту Таможенного союза (ТР ТС). Такая ситуация создает определенную свободу для производителей, но одновременно снижает уровень защиты потребителей и усложняет выбор качественного продукта для строительной отрасли. Вместо обязательной сертификации введен специфический механизм, состоящий из отказного письма и добровольной сертификации.

Отказное письмо (ОП) является основным документом, подтверждающим соответствие неавтоклавного пенобетона установленным государственным требованиям. Его выдает аккредитованная органом по сертификации организация. Ключевыми особенностями ОП являются:

- Срок действия - отказное письмо не имеет ограниченного срока действия.

- Контроль - процедура не предполагает постоянного мониторинга производства. Вместо этого требуется ежегодная проверка актуальности информации, содержащейся в письме.

- Содержание - ОП подтверждает соответствие продукции конкретным стандартам (ГОСТам, ТУ) и нормам. В нем указывается, что производитель соблюдает правила производства и использует материалы, соответствующие требованиям нормативных документов.

Эта система создает парадоксальную ситуацию: предприятие может легально выпускать продукцию, которая годами не подвергалась лабораторным испытаниям на соответствие заявленным характеристикам, если не менялись сырье или технология. Хотя ОП и служит формальным подтверждением соответствия, его неограниченный срок и минимальный контроль делают его недостаточной гарантией качества.

Для получения более полной и достоверной информации о качестве продукта производители и потребители обращаются к добровольной сертификации. Этот процесс проводится в системах добровольной сертификации (СДС) и подтверждает соответствие продукции заявленным техническим условиям или стандартам. Добровольный сертификат подтверждает такие ключевые характеристики, как прочность, плотность, усадка, теплопроводность, морозостойкость, влажность и геометрические отклонения. Срок действия такого сертификата обычно составляет до трех лет.

Процесс сертификации включает несколько этапов: подача заявки в центр сертификации (ЦС), заключение договора, предоставление документов (техническая документация, описание производства) и образцов продукции для лабораторных испытаний. Если у производителя нет утвержденных технических условий (ТУ), ЦС помогает с их разработкой. Полученный сертификат становится мощным маркетинговым инструментом, позволяющим производителю заявлять о высоком качестве своей продукции и завоевывать доверие клиентов.

Хотя пожарная безопасность неявно подтверждается наличием группы горючести НГ, для официального подтверждения могут оформляться специальные сертификаты. Они основаны на испытаниях в соответствии с Федеральным законом № 123-ФЗ от 22.07.2008 "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" и Распоряжением Правительства № 3646-р. Сертификат о пожарной безопасности проверяет такие параметры, как горючесть, воспламеняемость, дымообразующая способность, токсичность продуктов горения и скорость распространения пламени. Срок действия такого сертификата может варьироваться от 1 до 5 лет.

Таким образом, система оценки соответствия для неавтоклавного пенобетона в России построена на сочетании минимально требуемого государственного механизма (ОП) и рыночных инструментов (добровольная сертификация). Этот подход обеспечивает гибкость, но также создает риск появления на рынке низкокачественной продукции, поскольку отсутствует постоянный государственный контроль за производственным процессом и конечными характеристиками товара.

Несмотря на наличие развитой системы нормативных документов, регулирующей неавтоклавные пенобетоны, на практике сохраняется ряд проблем, которые препятствуют полному раскрытию потенциала материала и снижают уровень доверия к нему в строительной отрасли. Анализ текущей ситуации и перспектив развития позволяет выделить несколько ключевых направлений для совершенствования нормативной базы.

1. Проблема информационной асимметрии и недостаточного контроля.

Центральная проблема современной системы заключается в отсутствии обязательной сертификации и недостаточном контроле за производством. Механизм отказного письма, не имеющий срока действия и требующий лишь ежегодной проверки актуальности, создает риск того, что производитель может изменять состав смеси или технологию без изменения документации, что приведет к выпуску некачественной продукции. Потребитель,

руководствуясь лишь этим письмом, не сможет получить объективную картину о качестве конкретной партии. Это приводит к информационной асимметрии и снижает ответственность производителей. В результате рынок может быть насыщен продукцией, не соответствующей заявленным в ГОСТах характеристикам.

2. Старение нормативной базы и отставание от технологий.

Некоторые документы, такие как ТУ 5870-001-2000, уже считаются устаревшими и не отражают современных требований. Хотя ГОСТ 25485-2019 является актуальным, он все же является общим стандартом, который не всегда детализирует требования для конкретных видов изделий или специфических областей применения. В то же время наукоемкие разработки, такие как мобильные установки для производства пенобетона с использованием промышленных отходов или применение поликарбоксилатных суперпластификаторов, требуют быстрого встраивания в нормативную базу. Существующие процедуры могут быть слишком медленными, чтобы отслеживать такие инновации.

3. Недостаточная гармонизация с международными стандартами.

Мировые стандарты, такие как европейские EN 771-4:2003 для наружных каменных стен, позволяют классифицировать материалы по огнестойкости (классы A1-A2-S1-D0) без проведения испытаний для большинства минеральных материалов. Российская система, хотя и признает негорючесть, не использует такую детализацию и классификацию. Гармонизация с международными стандартами позволила бы не только повысить конкурентоспособность российских материалов на мировом рынке, но и сделать их применение в проектах, ориентированных на европейскую нормативную базу, более простым и прозрачным.

В ответ на существующие проблемы можно выделить несколько направлений для совершенствования нормативной базы:

1. Введение обязательной сертификации. Это наиболее очевидное и радикальное решение. Переход от отказного письма к системе сертификации, включающей периодический мониторинг производства, позволит гарантировать стабильно высокое качество продукции на рынке. Это повысит доверие инвесторов, проектировщиков и конечных потребителей.

2. Разработка новых специализированных стандартов. Необходимо продолжать работу по созданию стандартов на готовые изделия, как это сделано в ГОСТ Р 70522-2022. В будущем следует разрабатывать стандарты для специализированных применений: для теплоизоляции оборудования при температурах выше 400°C, для монолитного строительства, для несущих конструкций в многоэтажном строительстве. Это позволит использовать весь потенциал материала.

3. Интеграция экологических и энергоэффективных требований. Будущие стандарты должны будут еще больше усиливать требования к экологической безопасности, включая оценку жизненного цикла, использование вторичных ресурсов (промышленных отходов) и требования к энергоэффективности зданий, в которых применяется материал.

4. Гармонизация с международными стандартами. Необходимо активнее изучать и внедрять лучшие мировые практики, особенно в области классификации по огнестойкости, методологии испытаний и оценки долговечности. Это упростит экспорт и импорт материалов и технологий, а также укрепит позиции российского строительства на глобальном рынке.

4. Заключение

На основании полученных результатов исследования можно сделать следующие выводы.

1. Нормативная база для неавтоклавных пенобетонов в России находится на стадии зрелости, но все еще содержит существенные пробелы.

2. Совершенствование системы должно быть направлено на усиление контроля качества через обязательную сертификацию, детализацию требований для новых технологий и областей применения, а также на гармонизацию с международными стандартами для повышения конкурентоспособности и доверия к этому перспективному строительному материалу

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Vesova L.M. Disperse Reinforcing Role in Producing Non-autoclaved Cellular Foam Concrete // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 1587-1590. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.126>.
2. Chang C., Xuan L., Xufu W., Shaowu J., Yanxin C., Yan L. Development of sustainable non-autoclaved aerated concrete: Influence of aluminium powder on mechanical properties and pore structure of geopolymers based on rockwool furnace bottom slag waste // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 472. 140957. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140957>.
3. Ружинский С., Портник А., Савиных А. Все о пенобетоне. -2-е изд. -СПб: -ООО Стройбетон, 2006, -630с.
4. Шахова Л.Д. Технология пенобетона. Теория и практика. Монография. –М.: Изд-во ассоциации строительных ВУЗов, 2010.
5. Савенков А.И., Горбач П.С., Щербин С.А. Проблемы монолитного домостроения из пенобетона в Сибири. // *Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века* – СПб, №9 2008. – с. 8- 10.
6. Chen S., Zihui W., Ruilin Y., Chenchen G., Xin C. Flocculated foamed aggregate and macroporous concrete for use in ecological ditch: Phosphorus removal effect, basic physical property and mechanism // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 485. 141950. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.141950>.
7. Ming L., Zhichao L., Fazhou W., Shuguang H. Understanding the uneven phase distribution and multi-step reaction mechanism of carbonated γ -C₂S-based foam concrete // *Cement and Concrete Composites*. 2024. Vol. 154. 105803. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2024.105803>.
8. Савенков А.И., Горбач П.С., Щербин С.А. Монолитные дома из пенобетона // *Сборник научных трудов : Химия и химические технологии. Строительство и транспорт. Техническая кибернетика. Физика. Гуманитарные науки. Экология, Экономика.* – Ангарск : Изд-во АГТА, 2008. – с. 30-36.
9. Бронзова М.К., Ватин Н.И., Гарифуллин М.Р. Конструкция каркасных зданий с применением монолитного пенобетона. // *Строительство уникальных зданий и сооружений*. № 1 (28). 2015. 74-90.
10. Леонович С.Н., Свиридов Д.В., Щукин Г.Л., Радюкевич П.И., Беланович А.Л., Савенко В.П., Карпушенков С.А. Сухая смесь для получения пенобетона // *Наука и техника* №6, 2015 с. 24-29.
11. Махамбетова У.К., Солтамбеков Т.К., Естемесов З.А. Современные пенобетоны. С.-Петербург, 1997. 161с.
12. Peng S., Devid F., Qiyun Z., Marano G.C., Ferro G.A., Restuccia L. High-strength foamed concrete for structural applications: Influence of metakaolin, superplasticizer, maximum fine sand particle size, and dry density. *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 113. 114055. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.114055>.
13. Jingbo L., Yue L., Xing M., Haolan X., Xuan W., Ming L., Yan Z. Thermal performance optimisation of foam concrete for energy-efficient construction: A state-of-the-art review // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 112. 113899. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113899>.
14. Biwei Z., Xiangguo L., Ningbo W., Bo T. Enhancing foam concrete through alkalinity management and carbonation curing // *Results in Engineering*. 2025. Vol. 28. 107264. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107264>.
15. Mingwei F., Dan W., Chong S., Shanyong W., Rongjie L., Fengchun C., Zhiqiang S., Cong Z. Macro- and microstructural characteristics and thermal conduction mechanism of fly ash-slag-based lightweight foam concrete in cold regions // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 492. 143019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143019>.
16. Song L., Bo C. Study on the evolution mechanism and prediction model of thermal/mechanical properties of foamed concrete under freezing and thawing cycles // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 112. 113851. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113851>.
17. Ming L., Simin D., Zhichao L., Fazhou Wang, Shuguang H. Understanding of EPS beads on mechanical properties and void morphology of a CO₂-solidified foam concrete based on solid wastes // *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 405. 133388. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133388>.
18. Ahmadi S.F., Reisi M., Sajadi S.M. Comparing properties of foamed concrete and lightweight expanded clay aggregate concrete at the same densities // *Case Studies in Construction Materials*. 2023. Vol. 19. e02539. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02539>.
19. Wagh C.D., Ranjani Gandhi I.S. Investigations on the performance of xanthan gum as a foam stabilizer and assessment of economic and environmental impacts of foam concrete production // *Journal of Building Engineering*. 2024. Vol. 82. 108286. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108286>.
20. Maglad A.M., Othuman Mydin M.A., Datta S.D., Abbood I.S., Tayeh B.A. Impact of anionic surfactant-based foaming agents on the properties of lightweight foamed concrete // *Construction and Building Materials*. 2024. Vol. 438. 137119. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137119>.
21. Hamada H.M., Shi J., Abed F., Humada A.M., Majdi A. Recycling solid waste to produce eco-friendly foamed concrete: A comprehensive review of approaches // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2023. Vol. 11(6). 111353. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111353>.

22. Dudhe P., Dwivedi N., Mundane A., Bopche V., Dabhekar K., Khedikar I., Nirwan N. Study of lightweight foamed concrete with the addition of industrial waste // *Materials Today: Proceedings*. 2024. Vol. 103. P. 520-526. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.044>.
23. Ding X., Yu J., Lin J., Chen Z., Li J. Experimental investigations of prefabricated lightweight self-insulating foamed concrete wall panels // *Structures*. 2024. Vol. 61. 106001. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106001>.
24. Yang S., Wang X., Hu Z., Li J., Yao X., Zhang C., Wu C., Zhang J., Wang W. Recent advances in sustainable lightweight foamed concrete incorporating recycled waste and byproducts: A review // *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 403. 133083. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133083>.
25. Shankar A.N., Chopade S., Srinivas R., Kumar Mishra N., Eftikhaar H.K., Sethi G., Singh B. Physical and mechanical properties of foamed concrete, a literature review // *Materials Today: Proceedings*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.105>.
26. Vishavkarma A., Harish K.V. Development of eco-friendly and cost-effective foam concrete using high-volume supplementary cementitious materials: Analysis of microstructural, mechanical, and durability properties // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 458. 139584. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139584>.
27. Yang S., Zhang C., Yao X., Xiao X., Li J., Hu Z., Zhang J., Wang X., Cao Z., Liu J., Wang W. Sustainable conversion of low-grade industrial solid wastes into low-density foamed concrete via synergistic activation and cascade utilization // *Journal of Cleaner Production*. 2025. Vol. 496. 145071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145071>.
28. Amir N., Hussin F., Aroua M.K., Gozan M. Greener lightweight foam concrete using seaweed industrial by-product to replace natural sand with inorganic salt as a stabilizer // *Journal of Building Engineering*. 2024. Vol. 97.110815. <https://doi.org/10.1016/j.job.2024.110815>.
29. Tu Q.-C., Xia Q.-H., Bai Y.-H. Preparation of coal gangue foam concrete modified by nanomaterials: Physical properties, pore structure, and electromagnetic properties // *Case Studies in Construction Materials*. 2024. Vol. 21, e03603. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03603>.
30. Yılmazoğlu M.U., Türkel İ., Benli A., Bayraktar O.Y., Bilgehan M., Kaplan G. Sustainable enhancement of alkali-activated foam concrete using vegetable waste ash and fly ash: Improving mechanical, thermal, and durability properties // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 110. 113091. <https://doi.org/10.1016/j.job.2025.113091>.
31. Xu Y., Yao L., Yu X. Effect of polypropylene fibers on mechanical and wetting properties of overall superhydrophobic foamed concrete // *Construction and Building Materials*. 2024. Vol. 448. 138207. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138207>.
32. Gökçe H.S., Hatungimana D., Ramyar K. Effect of fly ash and silica fume on hardened properties of foam concrete // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 194. P. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.036>.

REFERENCES

1. Vesova L.M. Disperse Reinforcing Role in Producing Non-autoclaved Cellular Foam Concrete // *Procedia Engineering*. 2016. Vol. 150. P. 1587-1590. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2016.07.126>.
2. Chang C., Xuan L., Xu Fu W., Shaowu J., Yanxin C., Yan L. Development of sustainable non-autoclaved aerated concrete: Influence of aluminium powder on mechanical properties and pore structure of geopolymers based on rockwool furnace bottom slag waste // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 472. 140957. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.140957>.
3. Mingwei F., Dan W., Chong S., Shanyong W., Rongjie L., Fengchun C., Zhiqiang S., Cong Z. Macro- and microstructural characteristics and thermal conduction mechanism of fly ash-slag-based lightweight foam concrete in cold regions // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 492. 143019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143019>.
4. Hailin J., Xueli F., Bo C., Zhaoyun L. Design and thermal insulation simulation of nano-SiO₂ foam concrete and vacuum insulation panel system for building exterior wall insulation // *Energy*. 2025. Vol 330. 136833. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2025.136833>.
5. Lapidus A.A., Topchiy D.V., Baulin A.V., Yan J., Zhou B. Comprehensive analysis of digital technology applications in construction site management // *Construction Materials and Products*. 2025. Vol. 8 (2). no. 1. <https://doi.org/10.58224/2618-7183-2025-8-2-1>.
6. Chen S., Zihui W., Ruilin Y., Chenchen G., Xin C. Flocculated foamed aggregate and macroporous concrete for use in ecological ditch: Phosphorus removal effect, basic physical property and mechanism // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 485. 141950. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.141950>.
7. Ming L., Zhichao L., Fazhou W., Shuguang H. Understanding the uneven phase distribution and multi-step reaction mechanism of carbonated γ -C₂S-based foam concrete // *Cement and Concrete Composites*. 2024. Vol. 154. 105803. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2024.105803>.
8. Guanzheng Z., Ray K., Leung S. A review on serviceability of foam concrete // *Proceedings of the Institution of Civil Engineers - Construction Materials*. 2024. Vol. 177(6) P. 381-392. <https://doi.org/10.1680/jcoma.24.00004>.

9. Berkouche A., Belkadi A.A., Noui A., Chiker T., Dridi M., Aggoun S., Douadi A., Chajec A. Modeling and optimization of eco-friendly cellular foam geopolymer with recycled concrete and glass wastes using Box-Behnken design // *Structures*. 2025. Vol. 76. 109054. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2025.109054>.
10. Shuang W., Zhongxin K., Dongdong Z., Xingliang Y., Changzai R. An innovative pathway to resourceful utilization of FGD gypsum: Two-stage method to convert it into foam concrete // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 482. 141677. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.141677>.
11. Xinke Z., Tianye L., Xingu Z., Yi Z., Xiong P., Chao Z. High-performance foam concrete containing multi-wall carbon nanotubes and ssDNA // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 458. 139523. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139523>.
12. Peng S., Devid F., Qiyun Z., Marano G.C., Ferro G.A., Restuccia L. High-strength foamed concrete for structural applications: Influence of metakaolin, superplasticizer, maximum fine sand particle size, and dry density. *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 113. 114055. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.114055>.
13. Jingbo L., Yue L., Xing M., Haolan X., Xuan W., Ming L., Yan Z. Thermal performance optimisation of foam concrete for energy-efficient construction: A state-of-the-art review // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 112. 113899. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113899>.
14. Biwei Z., Xiangguo L., Ningbo W., Bo T. Enhancing foam concrete through alkalinity management and carbonation curing // *Results in Engineering*. 2025. Vol. 28. 107264. <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.107264>.
15. Mingwei F., Dan W., Chong S., Shanyong W., Rongjie L., Fengchun C., Zhiqiang S., Cong Z. Macro- and microstructural characteristics and thermal conduction mechanism of fly ash-slag-based lightweight foam concrete in cold regions // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 492. 143019. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2025.143019>.
16. Song L., Bo C. Study on the evolution mechanism and prediction model of thermal/mechanical properties of foamed concrete under freezing and thawing cycles // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 112. 113851. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113851>.
17. Ming L., Simin D., Zhichao L., Fazhou Wang, Shuguang H. Understanding of EPS beads on mechanical properties and void morphology of a CO₂-solidified foam concrete based on solid wastes // *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 405. 133388. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133388>.
18. Ahmadi S.F., Reisi M., Sajadi S.M. Comparing properties of foamed concrete and lightweight expanded clay aggregate concrete at the same densities // *Case Studies in Construction Materials*. 2023. Vol. 19. e02539. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2023.e02539>.
19. Wagh C.D., Ranjani Gandhi I.S. Investigations on the performance of xanthan gum as a foam stabilizer and assessment of economic and environmental impacts of foam concrete production // *Journal of Building Engineering*. 2024. Vol. 82. 108286. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2023.108286>.
20. Maglad A.M., Othuman Mydin M.A., Datta S.D., Abbood I.S., Tayeh B.A. Impact of anionic surfactant-based foaming agents on the properties of lightweight foamed concrete // *Construction and Building Materials*. 2024. Vol. 438. 137119. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.137119>.
21. Hamada H.M., Shi J., Abed F., Humada A.M., Majdi A. Recycling solid waste to produce eco-friendly foamed concrete: A comprehensive review of approaches // *Journal of Environmental Chemical Engineering*. 2023. Vol. 11(6). 111353. <https://doi.org/10.1016/j.jece.2023.111353>.
22. Dudhe P., Dwivedi N., Mundane A., Bopche V., Dabhekar K., Khedikar I., Nirwan N. Study of lightweight foamed concrete with the addition of industrial waste // *Materials Today: Proceedings*. 2024. Vol. 103. P. 520-526. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.044>.
23. Ding X., Yu J., Lin J., Chen Z., Li J. Experimental investigations of prefabricated lightweight self-insulating foamed concrete wall panels // *Structures*. 2024. Vol. 61. 106001. <https://doi.org/10.1016/j.istruc.2024.106001>.
24. Yang S., Wang X., Hu Z., Li J., Yao X., Zhang C., Wu C., Zhang J., Wang W. Recent advances in sustainable lightweight foamed concrete incorporating recycled waste and byproducts: A review // *Construction and Building Materials*. 2023. Vol. 403. 133083. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2023.133083>.
25. Shankar A.N., Chopade S., Srinivas R., Kumar Mishra N., Eftikhaar H.K., Sethi G., Singh B. Physical and mechanical properties of foamed concrete, a literature review // *Materials Today: Proceedings*. 2023. <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2023.10.105>.
26. Vishavkarma A., Harish K.V. Development of eco-friendly and cost-effective foam concrete using high-volume supplementary cementitious materials: Analysis of microstructural, mechanical, and durability properties // *Construction and Building Materials*. 2025. Vol. 458. 139584. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.139584>.
27. Yang S., Zhang C., Yao X., Xiao X., Li J., Hu Z., Zhang J., Wang X., Cao Z., Liu J., Wang W. Sustainable conversion of low-grade industrial solid wastes into low-density foamed concrete via synergistic activation and cascade utilization // *Journal of Cleaner Production*. 2025. Vol. 496. 145071. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2025.145071>.
28. Amir N., Hussin F., Aroua M.K., Gozan M. Greener lightweight foam concrete using seaweed industrial by-product to replace natural sand with inorganic salt as a stabilizer // *Journal of Building Engineering*. 2024. Vol. 97. 110815. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2024.110815>.

29. Tu Q.-C., Xia Q.-H., Bai Y.-H. Preparation of coal gangue foam concrete modified by nanomaterials: Physical properties, pore structure, and electromagnetic properties // *Case Studies in Construction Materials*. 2024. Vol. 21, e03603. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2024.e03603>.
30. Yılmazoğlu M.U., Türkel İ., Benli A., Bayraktar O.Y., Bilgehan M., Kaplan G. Sustainable enhancement of alkali-activated foam concrete using vegetable waste ash and fly ash: Improving mechanical, thermal, and durability properties // *Journal of Building Engineering*. 2025. Vol. 110. 113091. <https://doi.org/10.1016/j.jobe.2025.113091>.
31. Xu Y., Yao L., Yu X. Effect of polypropylene fibers on mechanical and wetting properties of overall superhydrophobic foamed concrete // *Construction and Building Materials*. 2024. Vol. 448. 138207. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2024.138207>.
32. Gökçe H.S., Hatungimana D., Ramyar K. Effect of fly ash and silica fume on hardened properties of foam concrete // *Construction and Building Materials*. 2019. Vol. 194. P. 1-11. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.11.036>

Сведения об авторах:

Федюк Роман Сергеевич, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры управления начальника инженерных войск Военного учебного центра, ФГБОУ ВО «Дальневосточный федеральный университет», г. Владивосток, Россия. Scopus ID: 57199850188, SPIN-код: 6664-3813, <https://orcid.org/0000-0002-2279-1240>. E-mail: roman44@yandex.ru.

Савенков Андрей Иванович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства, ФГБОУ ВО «Ангарский государственный технический университет», г. Ангарск, Россия. Scopus ID: 572005026713, SPIN-код: 9182-9969, <https://orcid.org/0009-0003-6711-1119>. E-mail: savenkov_andrey@mail.ru.

About the authors:

Roman S. Fediuk, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of the Department of Management of the Chief of Engineering Troops of the Military Educational Center, Far Eastern Federal University, Vladivostok, Russia. Scopus ID: 57199850188, SPIN-код: 6664-3813, <https://orcid.org/0000-0002-2279-1240>. E-mail: roman44@yandex.ru. E-mail: roman44@yandex.ru.

Andrey I. Savenkov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Industrial and Civil Engineering, Angarsk State Technical University, Angarsk, Russia. Scopus ID: 572005026713, SPIN-код: 9182-9969, <https://orcid.org/0009-0003-6711-1119>. E-mail: savenkov_andrey@mail.ru.

Вклад авторов: Федюк Р.С. – концепция исследования, научное редактирование; Савенков А.И. – подготовка текста.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Авторы утвердили окончательный вариант статьи.

The authors declare no conflict of interest.

The authors have approved the final version.

Статья поступила в редакцию 22.05.2026
Одобрена после рецензирования 02.06.2026
Принята к публикации 14.06.2026

The article was submitted 22.05.2026
Approved after reviewing 02.06.2026
Accepted for publication 14.06.2026