Статья поступила в редакцию: 08.06.2026
Статья принята к публикации: 25.06.2026
Статья опубликована: 28.10.2026

УДК 666.973.6

DOI: 10.32743/UniTech.2026.151.10.23111

Влияние поликарбоксилатной добавки на прочность пенозолобетона

Сатторов Зафар Мурадович
проф. кафедры
Строительство и инженерия окружающей среды Ташкентский архитектурно-строительный университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: mr.s.zafar@mail.ru

Мадраймов Нийетбай Амангелдиевич
докторант кафедры
Строительство и инженерия окружающей среды Ташкентский архитектурно-строительный университет
Республика Узбекистан, г. Ташкент
E-mail: madraymovniko@gmail.com

The effect of polycarboxylate additives on the strength of foam ash concrete

Sattorov Zafar Muradovich
professor of the department Construction and environmental engineering Tashkent University of Architecture and Civil Engineering
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Madraymov Niyetbay Amangeldievich
Doctoral student of the department Construction and environmental engineering Tashkent University of Architecture and Construction
Republic of Uzbekistan, Tashkent

Аннотация

В данной работе исследовано влияние поликарбоксилатного суперпластификатора ZAKI DUO 260 на формирование прочностных характеристик пенозолобетона, изготовленного на основе золы-уноса Ангренской теплоэлектростанции. В качестве исходных компонентов использовались портландцемент марки CEM II/B-V 32,5B, кварцевый песок, зола-уноса, вода, пенообразователь РВ-2000 и химическая добавка ZAKI DUO 260. Для проведения исследований были изготовлены образцы размером 100×100×100 мм, которые после формования выдерживались в условиях влажностного твердения в течение 28 суток при относительной влажности воздуха около 95 %. Испытания на прочность при

Библиографическое описание: Сатторов З.М., Мадраймов Н.А. Влияние поликарбоксилатной добавки на прочность пенозолобетона // Universum: технические науки : электрон. научн. журн. 2026. 10(151). URL: https://7universum.com/ru/tech/archive/item/23111

сжатии проводились в возрасте 3, 7, 14 и 28 суток на гидравлическом прессе. Результаты показали, что применение суперпластификатора в количестве 0,7 % от массы цемента способствует повышению прочности пенозолобетона на всех сроках твердения. Максимальная прочность контрольного состава через 28 суток составила 0,9 МПа, тогда как образцы с химической добавкой достигли значения 1,3 МПа. Установлено, что использование поликарбоксилатного суперпластификатора положительно влияет на процессы структурообразования и уплотнения цементного камня, однако достигнутые показатели прочности остаются недостаточными для обеспечения требуемых эксплуатационных характеристик материала. Полученные результаты свидетельствуют о необходимости дальнейшего совершенствования рецептуры пенозолобетона, оптимизации соотношения компонентов и технологических режимов изготовления для повышения его физико-механических свойств и расширения областей практического применения.

Abstract

The effect of the ZAKI DUO 260 polycarboxylate superplasticizer on the strength properties of foamed ash concrete produced using fly ash from the Angren Thermal Power Plant was studied. The initial components used were CEM II/B-V 32.5B Portland cement, quartz sand, fly ash, water, PB-2000 foaming agent, and the ZAKI DUO 260 chemical additive. For the study, 100 x 100 x 100 mm specimens were produced and, after molding, cured in wet conditions for 28 days at a relative humidity of approximately 95 %. Compressive strength tests were conducted at 3, 7, 14, and 28 days using a hydraulic press. The results showed that the use of a superplasticizer at a rate of 0.7 % by weight of the cement contributes to increased strength of foam concrete at all curing stages. The maximum strength of the control composition after 28 days was 0.9 MPa, while the specimens with the chemical additive reached 1.3 MPa. It was found that the use of a polycarboxylate superplasticizer has a positive effect on the structure formation and compaction of cement stone; however, the achieved strength values remain insufficient to ensure the required performance characteristics of the material. These results indicate the need for further refinement of the foam concrete formulation, optimization of the component ratios and manufacturing processes to enhance its physical and mechanical properties and expand its practical applications.

Ключевые слова: пенозолобетон, зола-уноса, поликарбоксилатный суперпластификатор, прочность на сжатие, ячеистый бетон, пенообразователь.

Keywords: foam-and-salt concrete, fly ash, polycarboxylate superplasticizer, compressive strength, cellular concrete, foaming agent.

Введение

Уменьшение массы строительных зданиях является одним из важных направлений повышения эффективности строительного производства. Более лёгкие конструкции требуют меньшего расхода материалов при изготовлении, позволяют увеличить объёмы транспортировки в пределах допустимой грузоподъёмности транспортных средств и способствуют снижению трудоёмкости монтажных работ.

Вместе с тем развитие технологии пенобетона в течение длительного времени сдерживалось активным распространением газобетона. В результате многие технологические решения, разработанные для тяжёлых бетонов и газобетонных материалов, без достаточного научного обоснования переносились на пенобетонные и пенозолобетонные композиции [9]-[11]. Подобный подход нередко приводил к ухудшению качества готовой продукции и не позволял в полной мере реализовать преимущества используемых сырьевых компонентов.

Материалы и методы

В качестве исходных материалов для приготовления пенозолобетонной смеси использовались портландцемент марки CEM II/B-V 32,5B, зола-уноса Ангренский теплоэлектростанции, кварцевый песок, вода, пенообразователь PB-2000 и поликарбоксилатная суперпластифицирующая добавка ZAKI DUO 260. Состав смеси подбирался экспериментальным путём с целью получения лёгкого ячеистого бетона с заданными физико-механическими характеристиками [8]-[3]. После приготовления растворной смеси и введения предварительно полученной пены материал заливали в металлические формы размером 100×100×100 мм представлен на рисунке №1. Образцы выдерживались в лабораторных условиях до набора начальной прочности, после чего помещались в камеру влажностного твердения.



Рисунок 1. Образец пенозолобетона в форме 100×100×100 мм

Твердение образцов осуществлялось в течение 28 суток при относительной влажности воздуха около 95 %. Данный режим обеспечивал необходимые условия для протекания процессов гидратации цемента и формирования структуры пенозолобетона [7]. По завершении периода твердения образцы были извлечены из камеры, определены их масса и плотность, после чего проведены испытания на сжатие. Определение прочности осуществлялось на гидравлическом прессе путём приложения возрастающей нагрузки до момента разрушения образца. На основании полученных значений максимальной нагрузки рассчитывалась прочность пенозолобетона при сжатии.

Результаты

Результаты испытаний прочности пенозолобетона на сжатие представлены в таблице 1.

Таблица 1. Результаты прочность пенозолобетона

Состав	3 суток, МПа	7 суток, МПа	14 суток, МПа	28 суток, МПа
Контроль (В/Ц = 0,35)	0,4	0,5	0,7	0,9
Х.Д. 0,7% + В/Ц = 0,35	0,8	0,9	1	1,3

Обсуждение

Результаты экспериментальных исследований показали, что как контрольные образцы без химической добавки, так и образцы с поликарбоксилатным суперпластификатором ZAKI DUO 260 не обеспечили достижения ожидаемых прочностных показателей. Прочность контрольных образцов составила около 0,9 МПа, тогда как введение суперпластификатора позволило увеличить данный показатель до 1,27-1,30 МПа. Несмотря на положительное влияние добавки, полученные значения оказались недостаточными для достижения проектной прочности пенозолобетона [2]. Таким образом, результаты исследований подтверждают, что применение поликарбоксилатной добавки оказывает положительное влияние на прочность пенозолобетона, однако в исследуемых составах этого воздействия оказалось недостаточно для достижения требуемых показателей прочности. Это указывает на необходимость комплексной оптимизации рецептуры и технологических параметров изготовления материала [5].

Заключение

Результаты испытаний показали, что введение суперпластификатора в количестве 0,7 % от массы цемента способствует увеличению прочности пенозолобетона на сжатие с 0,9 до 1,3 МПа. Однако достигнутые значения прочности оказались ниже ожидаемых показателей, что свидетельствует о недостаточной эффективности применения только химической добавки для обеспечения требуемых физико-механических свойств материала. Таким образом, применение поликарбоксилатного суперпластификатора ZAKI DUO 260 оказывает положительное влияние на процесс структурообразования пенозолобетона, однако для получения более высоких прочностных характеристик требуется комплексное совершенствование состава и технологии производства материала.

Список литературы

1. Артемьева Н.А. Пенобетон на основе золокремнеземистых композиций и жидких отходов металлургической промышленности. Дисс. канд. техн. наук. – Красноярск. – 2005. – 19 с.
2. Базарбаева, С.М. Использование промышленных отходов при производстве серного бетона // Вестник Башкирского университета. – 2008. – Т. 13, № 3. – С. 504–505.
3. Гладких К.В. Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол. – М.: Стройиздат, 1976. – 255 с.

4. Зелинская Е.В. К вопросу рециклинга золы-уноса теплоэлектростанций. Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 45–52.
5. Изотов В.С. Химические добавки для модификации бетона: монография // В.С. Изотов, Ю.А. Соколова. – 2006. – 244 с.
6. Омиртаев Б.О. Омиртаев, Бакдаулет Отрарулы. Аналитический обзор применения золы ТЭЦ в производстве бетона / Бакдаулет Отрарулы Омиртаев. – Текст: непосредственный // Молодой ученый. – 2020. – № 13 (303). – С. 25–28.
7. Оямаа Э.Г. Строительные детали из сланцезольных автоклавных бетонов. – Л.: Стройиздат, 1965. – 138 с.
8. Петрик И.Ю., Зайченко Н.М., Сердюк А.И. / Высокофункциональные бетоны с обогащенной электрической сепарацией золой-уносом ТЭС / Вестник. Современные строительные материалы. Выпуск 2016. – 32–39 с.
9. Сатторов З.М., Мадраймов Н.А. Пенобетон – инновационное строительное решение для будущего // «Наука. – 2024.
10. Сатторов З.М., Мадраймов Н.А. Улучшение характеристик и состава пенобетона с угольной золой ТЭС для снижения энергозатрат [Электронный ресурс]. // Актуальные проблемы строительства, ЖКХ и техносферной безопасности: материалы XII Всероссийской (с международным участием) научно-технической конференции молодых исследователей, Волгоград, 21–26 апреля 2025 г. – 2025. URL: http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/ (дата обращения: 08.06.2026).
11. Сатторов З.М., Мухидов Ш.А. Энергоэффективность теплоизоляционного пенобетона // Новые технологии в системы инженерных коммуникации. Сборник научных статьи республиканской научно-технической конференции. //. – 2018. – С. 112–117.

References

1. Artemyeva N.A. Foam concrete based on ash-siliceous compositions and liquid waste from the metallurgical industry. Diss. Cand. of Technical Sciences. – Krasnoyarsk. – 2005. – 19 P.
2. Bazarbaeva S.M. Use of industrial waste in the production of sulfur concrete // Bulletin of Bashkir University. – 2008. – Vol. 13, No. 3. – P. 504–505.
3. Gladkikh K.V. Products from cellular concrete based on slag and ash. – Moscow: Stroyizdat, 1976. – 255 P.
4. Zelinskaya E.V. On the issue of recycling fly ash from thermal power plants. Modern problems of science and education. 2011. No. 6. P. 45–52.
5. Izotov V.S. Chemical additives for concrete modification: monograph // V.S. Izotov, Yu.A. Sokolova. – Moscow: Kazan State University of Architecture and Civil Engineering: Paleotype Publishing House, 2006. – 244 P.
6. Omirtayev B.O. Omirtayev, Bakdaulet Otraruly. Analytical review of the use of thermal power plant ash in concrete production / Bakdaulet Otraruly Omirtayev. – Text: direct // Young scientist. – 2020. – No. 13 (303). – P. 25–28.

7. Oyamaa E.G. Construction components from shale-ash autoclaved concrete. – Leningrad: Stroyizdat, 1965. – 138 P.
8. Petrik I.Yu., Zaychenko N.M., Serdyuk A.I. / Highly functional concretes with enriched electrical separation of fly ash from thermal power plants / Bulletin. Modern building materials. 2016 issue. – 32–39 P.
9. Sattorov Z.M., Madrajmov N.A. [Foam Concrete – An Innovative Construction Solution for the Future] // «Nauka. – 2024. (In Russ.).
10. Sattorov Z.M., Madrajmov N.A. [Improvement of Foam Concrete Characteristics and Composition with Coal Fly Ash from Thermal Power Plants to Reduce Energy Consumption] [Электронный ресурс]. // Aktual'nye problemy stroitel'stva, ZhKKh i tekhnosfernoj bezopasnosti: materialy XII Vserossijskoj (s mezhdunarodnym uchastiem) nauchno-tekhnicheskoj konferentsii molodykh issledovatelej, Volgograd, 21–26 aprelya 2025 g. – 2026. – URL: http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/ (accessed: 17.10.2026). (In Russ.).
11. Sattorov Z.M., Mukhidov Sh.A. [Energy Efficiency of Thermal Insulation Foam Concrete] // Novye tekhnologii v sistemy inzhenernykh kommunikatsii. Sbornik nauchnykh stat'i respublikanskoj nauchno-tekhnicheskoj konferentsii. //. – 2018. – P. 112–117. (In Russ.).