



## ВЛИЯНИЕ ПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ПОРИСТУЮ СТРУКТУРУ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ШЛАКОЩЕЛОЧНОГО НЕАВТОКЛАВНОГО ПЕНОБЕТОНА

Денис Геннадьевич Малинин

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,  
ДНР, Макеевка, Россия, d.g.malinin@donnasa.ru*

**Аннотация.** Исследовано влияние суперпластификаторов MasterGlenium 115 фирмы BASF и Хемикс Art-2 российского производства на пористую структуру, технологические и физико-механические свойства неавтоклавного шлакощелочного пенобетона на основе техногенных отходов Донбасса. Обе добавки позволяют повысить текучесть поризованной смеси на шлакощелочном вяжущем, но добиться минимальных значений диаметра расплыва для пенобетона марки D600, изготавливаемого по литьевой технологии, не удастся. Установлено, что суперпластификатор MasterGlenium 115 оказывает более сильный замедляющий эффект на набор структурной прочности пенобетонного сырца, чем добавка Хемикс Art-2. Однако в проектном возрасте больший прирост прочности на сжатие наблюдается именно у составов с добавкой на основе поликарбоксилатных эфиров MasterGlenium 115. В результате исследований получен неавтоклавный шлакощелочной пенобетон с равномерной пористой структурой марки по средней плотности D600 и класса по прочности на сжатие B1,5.

**Ключевые слова:** неавтоклавный пенобетон, шлакощелочное вяжущее, зола гидродаления, суперпластификатор

**Для цитирования:** Малинин Д. Г. Влияние пластифицирующих добавок на пористую структуру и физико-механические свойства шлакощелочного неавтоклавного пенобетона // *Современное промышленное и гражданское строительство*. 2024. Т. 20, № 4. С. 171–178.  
doi: 10.71536/spgs.2024.v20n4.1. edn: afkdcp.

Original article

## INFLUENCE OF PLASTICIZING ADDITIVES ON THE POROUS STRUCTURE AND PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF SLAG-ALKALI NON-AUTOCLAVED FOAM CONCRETE

Denis G. Malinin

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,  
DPR, Makeevka, Russia, d.g.malinin@donnasa.ru*

**Abstract.** The influence of MasterGlenium 115 superplasticizers by BASF and Hemix Art-2 by Russian production on the porous structure, technological and physical-mechanical properties of non-autoclaved slag-alkali foam concrete based on Donbass man-made waste was studied. Both additives allow increasing the fluidity of the porous mixture on the slag-alkali binder, but it is not possible to achieve the minimum values of the flow diameter for D600 foam concrete manufactured using the casting technology. It was found that the MasterGlenium 115 superplasticizer has a stronger retarding effect on the set of structural strength of foam concrete green mass than the Hemix Art-2 additive. However, at the design age, a greater increase in compressive strength is observed precisely in compositions with an additive based on MasterGlenium 115 polycarboxylate esters. As a result of the research, non-autoclaved slag-alkali foam concrete with a uniform porous structure of the average density grade D600 and compressive strength class B1,5 was obtained.



**Keywords:** non-autoclaved foam concrete, slag-alkali binder, hydraulic ash removal, superplasticizer

**For citation:** Malinin D. G. Influence of plasticizing additives on the porous structure and physical and mechanical properties of slag-alkali non-autoclaved foam concrete. *Modern Industrial and Civil Construction*. 2024;20(4):171–178. (In Russ.). doi: 10.71536/spgs.2024.v20n4.1. edn: afkdcp.

### Актуальность темы

При разработке современных технологий изготовления строительных материалов и изделий невозможно не затрагивать проблему экономии топливных и энергетических ресурсов. Создание промышленного производства долговечных, энергоэффективных и сравнительно дешевых композиционных материалов, в частности неавтоклавных пенобетонов, требует комплексного подхода с учетом энергетической, экологической и экономической составляющих [1]. На сегодняшний день в Российской Федерации свыше 50 % потребления энергии приходится на возведение и отопление зданий и сооружений, поэтому актуальным остается вопрос повышения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций [2, 3].

Неавтоклавный пенобетон является достаточно конкурентноспособным теплоизоляционным материалом, а его технология изготовления менее металлоемка и потребляет меньшее количество топливных ресурсов, чем при производстве автоклавных ячеистых бетонов. Данный материал обладает высокими теплозащитными и акустическими свойствами. Подавляющее большинство научно-исследовательских работ посвящены разработке неавтоклавного пенобетона на портландцементе, производство которого требует больших затрат ресурсов и энергии, а также способствует выбросу значительного количества углекислого газа в атмосферу. Стоимость топлива при производстве портландцемента может достигать до 25 % от себестоимости самого вяжущего, а на получение 1 кг клинкера обычно расходуется от 3 до 6 МДж энергии [4]. При этом на цементную промышленность приходится около 7 % от общих выбросов углекислого газа в атмосферу за год [5]. Для обеспечения высоких показателей механической прочности конструкционно-теплоизоляционных неавтоклавных пенобетонов зачастую прибегают к увеличению расхода портландцемента, что повышает усадочные деформации и себестоимость

материала. Поэтому все более актуальным направлением является разработка технологий производства бесцементных бетонных композитов, в числе которых имеют повышенный интерес пенобетоны на шлакощелочном вяжущем [6].

На территории Донецкой Народной Республики плотно сконцентрированы предприятия металлургической и топливно-энергетической отрасли, результатом деятельности которых является образование большого количества техногенного сырья (доменные шлаки, зола-уноса и золошлаки ТЭС), загрязняющего окружающую среду при длительном хранении. Применение дисперсных минеральных порошков на основе отходов промышленности в составе неавтоклавного пенобетона позволит создать материал, соответствующий принципам устойчивого развития строительной индустрии, и частично решить вопрос их утилизации [7].

Физико-механические свойства ячеистых бетонов во многом зависят от характеристики их пористой структуры, содержащей ячейки сферической формы размерами до 1–1,5 мм с приближенной гексагональной укладкой. При этом для ячеистых бетонов конструкционно-теплоизоляционного назначения важным является и равномерность размеров ячеек, что положительно влияет на рост прочностных характеристик материала [7].

Формирование оптимальной ячеистой структуры пенобетона обеспечивается в первую очередь от качества пенообразователя, которое характеризуется кратностью и устойчивостью пены. На свойства пены существенное влияние оказывает щелочность среды. В пенобетонах на шлакощелочном вяжущем кратность пены существенно снижается, что вызвано быстрым разрушением ее пузырьков в среде с высоким водородным показателем [8].

Помимо самих свойств пены важным моментом является и равномерность её распределения на стадии перемешивания с сухими компонентами. Наиболее распространенным методом, обеспечивающим постоянство проектной средней плотности,

является метод сухой минерализации пены, при котором вода в вяжущую систему вводится в составе пены. Сухая минерализация пены низкой кратности закрепляет организацию её порового пространства и форму пор, что положительно сказывается на ячеистой структуре пенобетона как на цементном, так и на шлакощелочном вяжущем.

В литевой технологии достичь низких показателей средней плотности пенобетона возможно за счет увеличения текучести смеси. Для смесей с высокой базовой текучестью характерно более интенсивное воздухововлечение в процессе перемешивания, что положительно сказывается на процесс механической поризации. В процессе введения пены повышается адгезия между пузырьками и твердыми частицами, что приводит к снижению ее итоговой текучести [8]. В свою очередь приготовление рабочего раствора пенообразователя с дисиликатом натрия также снижает базовую текучесть непоризованной смеси и выход пор, в результате чего трудно добиться получения низких показателей средней плотности и усложняется процесс перемешивания пенобетонной смеси [7, 8].

Улучшение удобоукладываемости пенобетонной смеси без увеличения водотвердого отношения возможно за счет введения пластифицирующих добавок. В технологии пенобетона применение суперпластификаторов ограничивается их негативным воздействием на процесс поризации. Однако ряд исследований показывает положительное влияние данных добавок на текучесть пенобетонной смеси и упрочнение структуры твердой фазы ячеистого бетона [10–12].

Наиболее распространенными суперпластификаторами являются добавки на основе поликарбоксилатных эфиров, чье влияние хорошо изучено в вяжущих системах на бездобавочном портландцементе. В шлакощелочных вяжущих системах их влияние может быть ослаблено из-за высокого водородного показателя среды. Поэтому есть необходимость в изучении воздействия данных пластифицирующих добавок на текучесть и характер твердения шлакощелочного вяжущего в присутствии синтетического пенообразователя.

### Цель исследования

**Цель работы** – оценка влияния пластифицирующих добавок на технологические свойства

пенобетонной смеси, пористую структуру и физико-механические свойства неавтоклавного пенобетона на шлакощелочном вяжущем.

### Основной материал

Для исследования свойств изготавливались составы неавтоклавного шлакощелочного пенобетона со следующими компонентами:

- вяжущее – молотый доменный гранулированный шлак марки 400 Енакиевского металлургического предприятия, отвечающий требованиям ГОСТ 3476-2019;
- затворение вяжущего – раствор дисиликата натрия с плотностью  $\rho_{p-ра} = 1,25 \text{ г/см}^3$  по ГОСТ 13078-81;
- кремнеземистый компонент – зола гидроудаления Старобешевской ТЭС с истинной и насыпной плотностями 2,9 и 0,8 г/см<sup>3</sup> соответственно. Свойства золы соответствуют требованиям ГОСТ Р 57789-2017;
- поризация смеси выполнялась за счет синтетического пенообразователя «Макспен» с плотностью рабочего раствора 1,02 г/см<sup>3</sup> и концентрацией 30 %;
- пластифицирующие добавки: суперпластификатор MasterGlenium 115 фирмы BASF на основе поликарбоксилатных эфиров с плотностью рабочего раствора 1,05 г/см<sup>3</sup>; суперпластификатор Хемикс Art-2 российского производства  $\rho_{p-ра} = 1,0 \text{ г/см}^3$ .

Определение влияния пластифицирующих добавок на свойства неавтоклавного шлакощелочного пенобетона выполнялись по стандартным методикам.

Составы неавтоклавного шлакощелочного пенобетона (таблица) подбирались таким образом, чтобы проектная плотность в сухом состоянии составляла приблизительно 600 кг/м<sup>3</sup>, что соответствует марке – D600. Соотношение молотого доменного гранулированного шлака (МДГШ) к золе гидроудаления во всех составах составляло 70:30. Водотвердое отношение сохранялось постоянным и равнялось 0,45. Расход пенообразователя подбирался с учетом ранее установленного коэффициента выхода пор. Содержание суперпластификаторов устанавливалось в обозначенных пределах, рекомендованных техническими условиями на соответствующую добавку.

Таблица. Составы неавтоклавного пенобетона на 1 м<sup>3</sup> пенобетонной смеси

| № состава  | К    | 1    | 2    | 3    | 4    | 5    | 6    |
|--|------|------|------|------|------|------|------|
| МДГШ, кг   | 382  | 382  | 382  | 382  | 382  | 382  | 382  |
| Зола гидроудаления, кг   | 164  | 164  | 164  | 164  | 164  | 164  | 164  |
| Жидкое натриевое стекло<br>с $M_s=2,0$ $\rho=1,25$ г/см <sup>3</sup> , л | 245  | 230  | 230  | 229  | 231  | 230  | 229  |
| Пенообразователь «Макспен», %<br>по массе вяжущего                       | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 |
| Суперпластификатор MasterGlenium 115, %<br>по массе вяжущего             | –    | 0,6  | 0,8  | 1,0  | –    | –    | –    |
| Суперпластификатор Хемикс Art-2, %<br>по массе вяжущего                  | –    | –    | –    | –    | 0,6  | 0,8  | 1,0  |

Пенобетонные смеси изготавливались по методу сухой минерализации пены. Химические добавки и пенообразователь вводились одновременно в рабочий раствор жидкого натриевого стекла.

Для литьевой технологии производства пенобетона важным технологическим показателем является текучесть смеси, от которой зависит удобство и равномерность формирования пенобетонного массива в формах. Согласно СН-277-80 для ячеистого бетона марки по средней плотности D600, изготавливаемого по литьевой технологии, диаметр расплыва смеси по Суттарду должен составлять 26 см.

Согласно данным рисунка 1 можно сделать вывод, что поризация и затворение смеси жидким натриевым стеклом плотностью 1,25 г/см<sup>3</sup> существенно снижает ее текучесть. Введение пластифицирующих добавок в состав пенобетонной смеси позволяет повысить ее диаметр расплыва. Наиболее эффективным суперпластификатором

оказался MasterGlenium 115, при максимальном содержании которого текучесть пенобетонной смеси удалось повысить до 22 см. Увеличения расхода суперпластификатора Хемикс Art-2 до 1 % по массе вяжущего повышает текучесть по Суттарду до 19,5 см.

Эффективность пенообразователя «Макспен» в высокощелочной среде снижается по сравнению с пенобетоном, затворяемым обычной водой. По данным рисунка 2 можно заключить, что при введении в состав смеси как MasterGlenium 115, так Хемикс Art-2 до 0,6 % по массе вяжущего проявляется незначительный эффект повышения пористости пенобетонной смеси. Вероятней всего присутствие пластифицирующих добавок в составе смеси в обоих случаях повышает воздуховлекающий эффект во время перемешивания, что снижает плотность свежеприготовленной пенобетонной смеси. Тем не менее дальнейшее повышения расхода суперпластификаторов

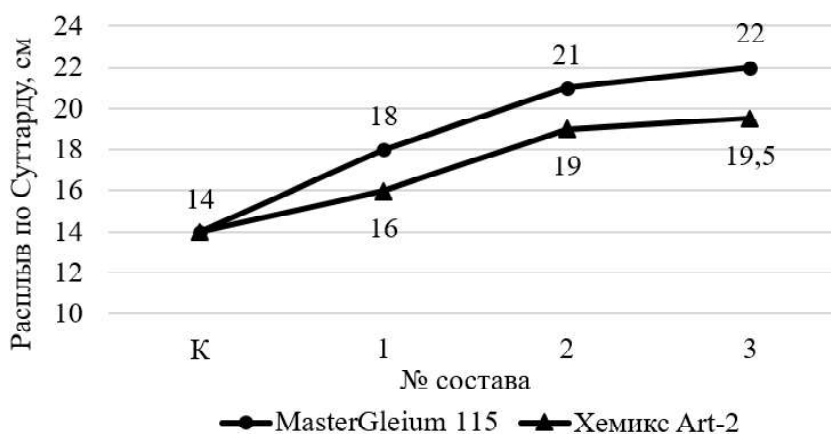


Рисунок 1 – Влияние пластифицирующих добавок на текучесть поризованной смеси по Суттарду.

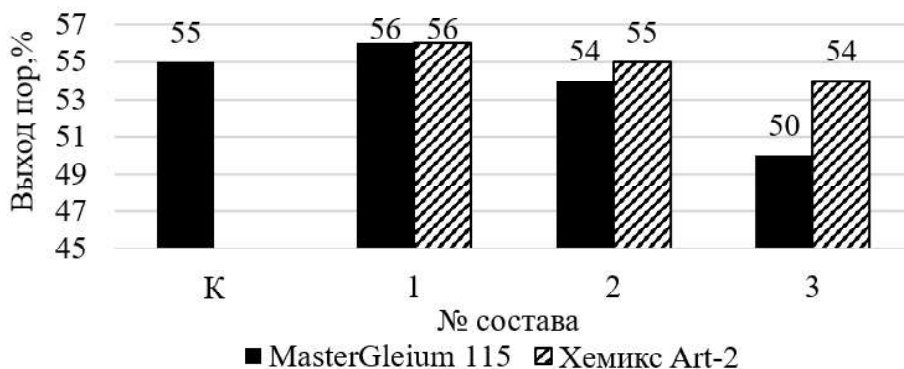


Рисунок 2 – Влияние пластифицирующих добавок на выход пор пенобетонной смеси.

до 1,0 % приводит к просадке пенобетонного массива спустя 30 минут после ее заливки в формы. К данному моменту стойкость пены начала снижаться, а набор структурной прочности еще не успел достичь минимального значения, чтобы твердая фаза пенобетона смогла выдержать собственный вес. В результате у составов 3–6 наблюдается просадка массива и повышение средней плотности образцов (рисунок 3). При этом наибольший показатель средней плотности вышел у состава № 3, где содержание суперпластификатора MasterGlenium 115 составляет 1,0 % по массе вяжущего, что показывает более сильный замедляющий эффект данной добавки на набор начальной структурной прочности шлакощелочного пенобетона.

Исследования влияния пластифицирующих добавок на прочностные показатели неавтоклавного

пенобетона выполнялись на образцах, твердевших при нормальных условиях и после пропаривания в возрасте 28 суток (рисунок 4). Установлено, что повышение содержания суперпластификатора MasterGlenium 115 не смотря на свой более интенсивный эффект замедления набора ранней структурной прочности пенобетона, твердевшем как при нормальных условиях, так и при повышенной температуре, в проектном возрасте дает больший прирост прочности на сжатие, чем у составов с добавкой Хемикс Art-2 при тех же дозировках. Оптимальная дозировка суперпластификатора MasterGlenium 115 составляет 0,6 % по массе вяжущего, при которой удается получить пенобетон марки по средней плотности D600 с прочностью на сжатие 1,72 МПа, что отвечает требованиям ГОСТ 25485-2019 Бетоны ячеистые. Общие технические условия [13].

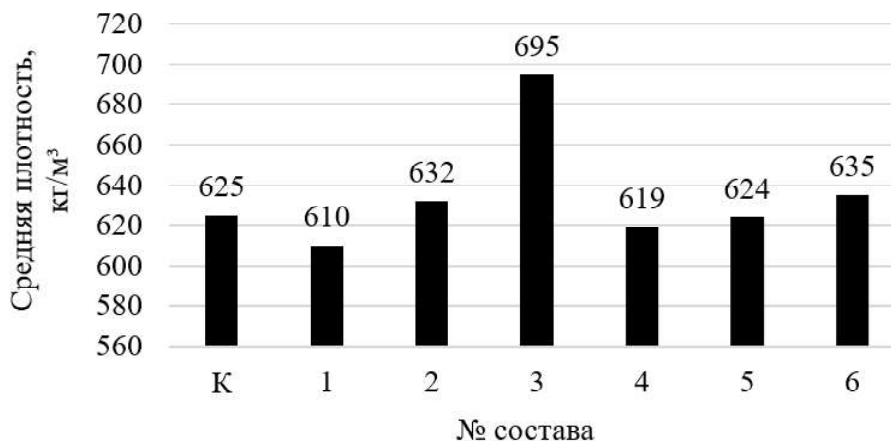


Рисунок 3 – Влияние пластифицирующих добавок на среднюю плотность неавтоклавного пенобетона.

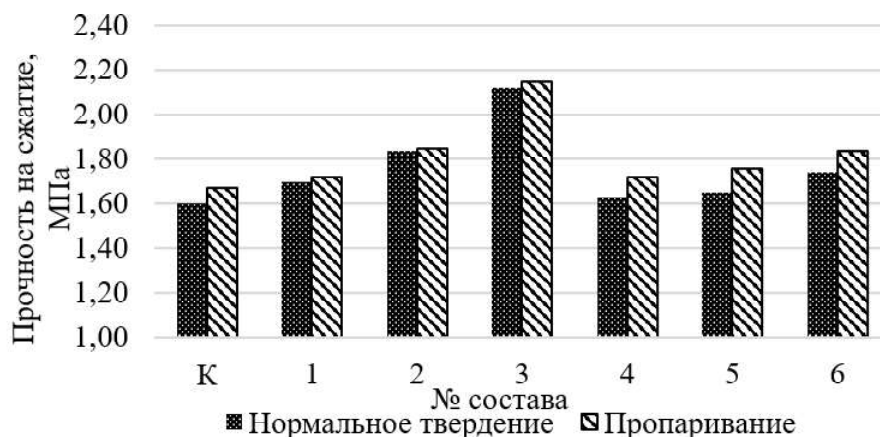


Рисунок 4 – Влияние пластифицирующих добавок на прочность на сжатие.

### Выводы

- Установлено, что пластифицирующие добавки MasterGlenium 115 фирмы BASF и Хемикс Art-2 российского производства позволяют снизить негативный эффект шлакощелочного вяжущего на текучесть пенобетонной смеси. Однако при рекомендуемых техническими условиями расходах добавок не удается добиться минимального показателя текучести поризованной смеси согласно СН-277-80 для пенобетона плотностью 600 кг/м<sup>3</sup>.
- При повышении содержания суперпластификатора MasterGlenium 115 наблюдается более сильный замедляющий эффект роста структурной прочности пенобетонного сырца, чем

- у составов с добавкой Хемикс Art-2. Однако в проектном возрасте больший прирост прочности на сжатие наблюдается у неавтоклавно пенобетона именно с добавкой MasterGlenium 115.
- Оптимальная дозировка суперпластификатора на основе поликарбоксилатных эфиров MasterGlenium 115 позволяет получить неавтоклавно шлакощелочной пенобетон на основе техногенных отходов промышленности Донбасса с маркой по средней плотности D600 и классом по прочности В1,5. При расходе до 0,6 % по массе вяжущего данный суперпластификатор позволяет получить равномерную пористую структуру пенобетона и достичь заданной проектной средней плотности.

### Список источников

1. Дедаханов, Б. Особенности конструктивно-технологических решений ограждающих конструкций энергоэффективных зданий / Б. Дедаханов. – Текст : электронный // Символ науки. – 2017. – № 12. – С. 22–25. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktivno-tehnologicheskikh-resheniy-grazhdayskih-konstruktsiy-energoeffektivnyh-zdaniy> (дата обращения: 25.10.2024).
2. Хамидов, А. И. Использование теплоизоляционных материалов в энергоэффективном строительстве / А. И. Хамидов. – Текст : электронный // Механика и технология. – 2023. – № 2(11). – С. 196–201. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie>

### Reference

1. Dedakhanov, B. Features of design and technological solutions for enclosing structures of energy-efficient buildings. – Text : electronic. – In: *Symbol of Science*. – 2017. – № 12. – P. 22–25. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osobennosti-konstruktivno-tehnologicheskikh-resheniy-grazhdayskih-konstruktsiy-energoeffektivnyh-zdaniy> (date of access: 25.10.2024). (in Russian)
2. Khamidov, A. I. Use of thermal insulation materials in energy-efficient construction. – Text : electronic. – In: *Mechanics and Technology*. – 2023. – № 2 (11). – P. 196–201. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/ispolzovanie-teploizolyatsionnyh-materialov>

- teploizolyatsionnyh-materialov-v-energoeffektivnom-stroitelstve (date of access: 25.10.2024).
3. Долбин, Н. С. Ресурсосберегающие строительные технологии / Н. С. Долбин, Н. Д. Комарова, М. В. Дайронас. – Текст : электронный // Инновационные аспекты развития науки и техники. – 2021. – № 1. – С. 29–41. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursosberegayuschie-stroitelnye-tehnologii> (дата обращения: 25.10.2024).
  4. Зайченко, Н. М. Модифицированные цементные бетоны для устойчивого развития : учебное пособие / Н. М. Зайченко. – Саратов : Ай Пи Эр Медиа, 2018. – 474 с. – Текст : непосредственный.
  5. Maria Jimena de Hita. Influence of superplasticizers on the workability and mechanical development of binary and ternary blended cement and alkali-activated cement / Maria Jimena de Hita, M. Criado. – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.131695>. – Текст : электронный // Construction and Building Materials. – 2023. – Volume 366. – P. 1–11. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X22000489?via%3Dihub> (дата обращения: 07.10.2024). – ISSN 0950-0618.
  6. Yang, K.-H. Tests on Alkali-Activated Slag Foamed Concrete with Various Water-Binder Ratios and Substitution Levels of Fly Ash / K.-H. Yang, K.-H. Lee. – DOI: 10.4236/jbcpr.2013.11002. – Текст : электронный // Journal of Building Construction and Planning Research. – 2013. – Volume 1, № 1. – P. 8–14. – URL: <http://www.scirp.org/journal/jbcpr> (дата обращения: 10.10.2024). – ISSN 2328-4889.
  7. Kates, R. W. What is sustainable development? Goals, Indicators, Values, and Practice / R. W. Kates, T. M. Parris, A. A. Lieserowitz. – Текст : электронный // Science and Policy for Sustainable Development. – 2005. – Volume 47, № 3. – P. 8–21. – URL: <http://www.helref.org/env.php> (дата обращения: 10.10.2024).
  8. Ружинский, С. Все о пенобетоне / С. Ружинский, А. Портик, А. Савиных. – [2-е изд., улучш. и доп.]. – Санкт-Петербург : СТРОЙ-БЕТОН, 2006. – 629 с. – ISBN 5-90319701-9. – Текст : непосредственный.
  9. Kunhanandan Nambiar, E. K. Fresh state characteristics of foam concrete / E. K. Kunhanandan Nambiar, K. Ramamurthy. – DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561-(2008)20:2(111). – Текст : электронный // Journal of Materials in Civil Engineering. – 2008. – Volume 20, № 2. – P.111–117. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/245308492\\_Fresh\\_State\\_Characteristics\\_of\\_Foam\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/245308492_Fresh_State_Characteristics_of_Foam_Concrete) (дата обращения: 20.10.2024).
  10. Кисленко, А. И. Пенобетон на основе шлакощелочного вяжущего / А. И. Кисленко, Т. М. Петрова. – Текст : непосредственный // Неделя науки-2002 : материалы Шестьдесят второй научно-технической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, 01–06 апреля 2002 г., Санкт-Петербург. – Санкт-Петербург : ПГУПС, 2002. – С. 209.
  11. Савенков, А. И. Пенобетон теплоизоляционный с применением пластификаторов нового поколения / А. И. Савенков, А. А. Баранова. – Текст : v-energoeffektivnom-stroitelstve (date of access: 25.10.2024). (in Russian)
  3. Dolbin, N. S.; Komarova, N. D.; Dayronas, M. V. Resource-saving construction technologies. – Text : electronic. – In: *Innovative aspects of development of science and technology*. – 2021. – № 1. – P. 29–41. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/resursosberegayuschie-stroitelnye-tehnologii> (date of access: 25.10.2024). (in Russian)
  4. Zaychenko, N. M. Modified cement concretes for sustainable development : a tutorial. – Saratov : IP R Media, 2018. – 474 p. – Text : direct. (in Russian)
  5. Maria Jimena de Hita; Criado, M. Influence of superplasticizers on the workability and mechanical development of binary and ternary blended cement and alkali-activated cement. – Text : electronic. – In: *Construction and Building Materials*. – 2023. – Volume 366. – P. 1–11. – URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167577X-2200-0489?via%3Dihub> (date of access: 07.10.2024). – DOI: <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2022.131695>. – ISSN 0950-0618.
  6. Yang, K.-H.; Lee, K.-H. Tests on Alkali-Activated Slag Foamed Concrete with Various Water-Binder Ratios and Substitution Levels of Fly Ash. – Text : electronic. – In: *Journal of Building Construction and Planning Research*. – 2013. – Volume 1, № 1. – P. 8–14. – URL: <http://www.scirp.org/journal/jbcpr> (дата обращения: 10.10.2024). – DOI: 10.4236/jbcpr.2013.1-1002. – ISSN 2328-4889.
  7. Kates, R. W.; Parris, T. M.; Lieserowitz, A. A. What is sustainable development? Goals, Indicators, Values, and Practice. – Text : electronic. – In: *Science and Policy for Sustainable Development*. – 2005. – Volume 47, № 3. – P. 8–21. – URL: <http://www.helref.org/env.php> (дата обращения: 10.10.2024).
  8. Ruzhinsky, S.; Portik, A.; Savinykh, A. All about foam concrete. – [2nd ed., improved and additional]. – St. Petersburg : STROY-BETON, 2006. – 629 p. – ISBN 5-90319701-9. – Text : direct. (in Russian)
  9. Kunhanandan Nambiar, E. K.; Ramamurthy, K. Fresh state characteristics of foam concrete. – Text : electronic. – In: *Journal of Materials in Civil Engineering*. – 2008. – Volume 20, № 2. – P.111–117. – URL: [https://www.researchgate.net/publication/245308492\\_Fresh\\_State\\_Characteristics\\_of\\_Foam\\_Concrete](https://www.researchgate.net/publication/245308492_Fresh_State_Characteristics_of_Foam_Concrete) (date of access: 20.10.2024). – DOI: 10.1061/(ASCE)0899-1561(2008)20:2(111).
  10. Kislenco, A. I.; Petrova, T. M. Foam concrete based on slag-alkaline binder. – Text : direct. – In: *Science Week-2002 : materials of the Sixty-second scientific and technical conference of students, post-graduates and young scientists, April 1–6, 2002, St. Petersburg*. – St. Petersburg : PGUPS, 2002. – P. 209. (in Russian)
  11. Savenkov, A. I.; Baranova, A. A. Heat-insulating foam concrete using new generation plasticizers. – Text : direct. – In: *Bulletin of the East Siberian State University of Technology and Management*. – 2014. – № 3(48). – С. 70–73. (in Russian)

- непосредственный // Вестник Восточно-Сибирского государственного университета технологий и управления. – 2014. – № 3(48). – С. 70–73.
12. Пенобетонные смеси пониженного водосодержания с применением водоредуцирующих добавок / А. Н. Ефремов, А. В. Назарова, Е. М. Вишторский, Д. Г. Малинин. – Текст : электронный // Вестник Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. – 2019. – Выпуск 2019-1(135) Современные строительные материалы. – С. 100–106. – URL: [https://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2019/2019-1\(135\)/st\\_16\\_efremov\\_nazarova\\_vishtorskiy\\_malinin.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/2019-1(135)/st_16_efremov_nazarova_vishtorskiy_malinin.pdf) (дата обращения: 05.10.2024). – ISSN 2519-2817.
  13. ГОСТ 25485-2019. Бетоны ячеистые. Общие технические условия. = Cellular concrete. General specifications. : Межгосударственный стандарт : издание официальное : утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 16 июля 2019 г. № 390-ст : введен взамен ГОСТ 25485-89 : дата введения 2020-01-01 / разработан Научно-исследовательским, проектно-конструкторским и технологическим институтом бетона и железобетона им. А. А. Гвоздева (НИИЖБ им. А. А. Гвоздева) Акционерного общества «Научно-исследовательский центр «Строительство» (АО «НИЦ «Строительство»). – Москва : Стандартинформ, 2019. – 16 с. – Текст : непосредственный.
  12. Yefremov, A. N.; Nazarova, A. V.; Vishtorskiy, Ye. M.; Malinin, D. G. Foam Concrete Mixtures of Low Water Content with the Use of Water-Reducing Additives. – Text : electronic. – In: *Proceeding of the Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture*. – 2019. – Issue 2019-1(135) Modern building materials. – P. 100–106. – URL: [https://donnasa.ru/publish\\_house/journals/vestnik/2019/2019-1\(135\)/st\\_16\\_efremov\\_nazarova\\_vishtorskiy\\_malinin.pdf](https://donnasa.ru/publish_house/journals/vestnik/2019/2019-1(135)/st_16_efremov_nazarova_vishtorskiy_malinin.pdf) (date of access: 05.10.2024). – ISSN 2519-2817. (in Russian)
  13. GOST 25485-2019. Cellular concrete. General specifications : Interstate standard : official edition : approved and put into effect by order of the Federal Agency for Technical Regulation and Metrology dated July 16, 2019 № 390-st : introduced to replace GOST 25485-89 : date of introduction 2020-01-01 / developed by the A. A. Gvozdev Research, Design and Technological Institute of Concrete and Reinforced Concrete (A. A. Gvozdev Research Institute of Concrete and Reinforced Concrete) of Joint-Stock Company «Research Center «Construction» (JSC «Research Center «Construction»). – Moscow : Standartinform, 2019. – 16 p. – Text : direct. (in Russian)

### Информация об авторе

**Малинин Денис Геннадьевич** – младший научный сотрудник кафедры технологий строительных конструкций, изделий и материалов Донбасской национальной академии строительства и архитектуры, ДНР, Макеевка, Россия. Научные интересы: неавтоклавные быстротвердеющие пенобетоны.

### Information about the author

**Malinin Denis G.** – Junior research fellow at the Technologies of Building Constructions, Products and Materials Department of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, DPR, Makeevka, Russia. Scientific interests: non-autoclaved high-early-strength foam concretes.

*Статья поступила в редакцию 14.10.2024; одобрена после рецензирования 25.11.2024; принята к публикации 29.11.2024.*

*The article was submitted 14.10.2024; approved after reviewing 25.11.2024; accepted for publication 29.11.2024.*