

**Теплопроводность автоклавного газобетона
при разных температурно-влажностных состояниях****А.А. Баранова^{1✉}, М.И. Рябков², А.С. Скулин³**^{1,2,3}Ангарский государственный технический университет, г. Ангарск, Россия

Аннотация. Цель работы заключается в измерении коэффициентов теплопроводности автоклавных газобетонов марок по средней плотности (D450, D500 и D600) в сухом, водонасыщенном и мерзлом состоянии. Коэффициенты теплопроводности определялись на кубах с размером ребра 100 мм в соответствии со стандартной методикой при помощи прибора ИТП-МГ «Зонд». В процессе работы установлено, что теплопроводность сухих образцов исследуемых марок газобетонов примерно в 3,3–4 раза ниже, чем у образцов в водонасыщенном состоянии и в 3,5–4,2 раза ниже, чем у замороженных в водонасыщенном состоянии образцов. Снижение средней плотности автоклавного газобетона с 618 кг/м³ до 434 кг/м³ способствует уменьшению коэффициента теплопроводности на 24,4%. Разница в значениях коэффициентов теплопроводности водонасыщенных образцов и их же в замороженном состоянии составляет 3,5–21,1% для исследуемых марок автоклавных газобетонов. Расхождения между значениями коэффициентов теплопроводности, полученными расчетным и опытным путем, составляют: 7,6–36,5% – для сухих образцов, 32,6–61,7% – для водонасыщенных образцов и 38,6–88,6% – для замороженных в водонасыщенном состоянии образцов. По результатам исследований для автоклавных газобетонов марок по средней плотности D450, D500 и D600 были получены математические зависимости коэффициентов теплопроводности от их средней плотности и температурно-влажностного состояния.

Ключевые слова: теплопроводность, автоклавный газобетон, водонасыщенное состояние, мерзлое состояние

Для цитирования: Баранова А.А., Рябков М.И., Скулин А.С. Теплопроводность автоклавного газобетона при разных температурно-влажностных состояниях // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2023. Т. 13. № 1. С. 20–27. <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-20-27>.

Original article**Thermal conductivity of autoclaved aerated
concrete under different temperature and humidity conditions****Albina A. Baranova^{1✉}, Maksim I. Ryabkov², Alexander S. Skulin³**^{1,2,3}Angarsk State Technical University, Angarsk, Russia

Abstract. The paper is aimed at measuring the thermal conductivity coefficients of autoclaved aerated concrete of average density (D450, D500 and D600) in a dry, water-saturated and frozen state. Thermal conductivity coefficients were determined using 100-mm cubes using standard methodology and measuring instrument ITP-MG "Zond" (Russia). It was found that the thermal conductivity of samples of the studied aerated concrete grades in the dry state is approximately 3.3–4 times lower than the thermal conductivity of samples in the water-saturated state and 3.5–4.2 times lower as compared to frozen water-saturated samples. The decrease in the average density of autoclaved aerated concrete from 618 kg/m³ to 434 kg/m³ led to a decrease in the thermal conductivity coefficient by 24.4%. The difference in the values of thermal conductivity coefficients of water-saturated samples and frozen water-saturated samples comprises 3.5–21.1% for the studied grades of autoclaved aerated concrete. Discrepancies between the values of thermal conductivity coefficients obtained by calculation and by experiment equal 7.6–36.5% for dry samples, 32.6–61.7% for water-saturated samples, and 38.6–88.6%

for frozen water-saturated samples. Following the results of research into autoclaved aerated concrete grades of average density D450, D500 and D600, mathematical relations of thermal conductivity coefficients on their average density and temperature and humidity state were obtained.

Keywords: thermal conductivity, autoclaved aerated concrete, water-saturated condition, frozen condition

For citation: Baranova A.A., Ryabkov M.I., Skulin A.S. Thermal conductivity of autoclaved aerated concrete under different temperature and humidity conditions. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2023;13(1):20-27. (In Russ.). <https://doi.org/10.21285/2227-2917-2023-1-20-27>.

ВВЕДЕНИЕ

В зимний период времени, особенно в районах с суровыми климатическими условиями, эксплуатационные характеристики некоторых строительных материалов и изделий могут существенно изменяться. В большей степени это касается высокопористых материалов, таких как ячеистые бетоны, к которым относятся и автоклавный газобетон. В строительстве ячеистые бетоны чаще всего применяются для изготовления ограждающих конструкций и различных теплоизоляционных изделий, в период эксплуатации испытывающие постоянное воздействие множества неблагоприятных факторов, среди которых влажность (грунтовые и атмосферные воды, а иногда и затопление территорий) и перепады температуры. Основной эксплуатационной характеристикой для таких материалов является теплопроводность. Из многочисленных исследований, посвященных изучению теплопроводности ячеистых бетонов [1–13], известно, что на их теплоизоляционные свойства значительное влияние оказывает соотношение объемов воздуха, присутствующего в порах, и твердого вещества, содержащегося в материале. Чем меньше толщина межпоровых перегородок, и чем большее количество воздуха содержится в объеме материала, тем лучше его теплозащитные свойства и ниже коэффициент теплопроводности (λ). Наличие воды в порах ячеистых бетонов ухудшает их теплофизические характеристики, поскольку у воды $\lambda = 0,569$ Вт/(м·°C), а у воздуха $\lambda = 0,023$ Вт/(м·°C), т.е. почти в 25 раз меньше. Под действием отрицательных температур вода переходит в твердое состояние, т.е. превращается в лед, у которого $\lambda = 2,44$ Вт/(м·°C) при температуре -20 °C, что более чем в 100 раз превышает коэффициент теплопроводности воздуха [14, 15]. При продолжении исследований [16, 17] целью работы являлось определение коэффициентов теплопроводности автоклавных газобетонов марок по средней плотности (D450, D500 и D600) в сухом, водонасыщенном и мерзлом

состояниях и получение математических зависимостей изменения коэффициентов теплопроводности от средней плотности газобетонов и их температурно-влажностного состояния.

МЕТОДЫ

Исследования проводились на образцах-кубах с размером ребра 100 мм, выпиленных из блоков автоклавного газобетона марок по средней плотности – D450, D500 и D600.

Серии образцов разной плотности высушивались до постоянной массы, после чего прибором ИТП-МГ «Зонд» определялись их коэффициенты теплопроводности по ГОСТ 30256-94 «Материалы и изделия строительные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом». Измерения λ проводились трижды для каждого образца с интервалом в 30 мин.

Затем высушенные образцы-кубы погружались в емкость с водой и устанавливались на прокладки таким образом, чтобы обеспечить доступ воды к их нижним граням. Уровень воды над верхними гранями образцов составлял не менее 5 см. Температура воды в емкости была в пределах 20–22 °C. Период водонасыщения составлял 7 сут., после чего у водонасыщенных образцов определялись коэффициенты теплопроводности. Далее водонасыщенные образцы были помещены в морозильную камеру, где они хранились в течение 7 сут. при температуре -18 °C. Впоследствии у мерзлых образцов измерялись коэффициенты теплопроводности по стандартной методике.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты работы представлены в табл. 1 и на рис. 1–3. Снижение средней плотности автоклавного газобетона с 618 кг/м³ до 434 кг/м³ способствует уменьшению коэффициента теплопроводности на 24,4% (табл. 1). Теплопроводность сухих образцов, изготовленных из газобетона марки D450, в 3,5 раза меньше, чем у водонасыщенных и в 4,2 раза ниже, чем у замороженных в водонасыщенном состоянии образцов.

Таблица 1. Теплофизические характеристики автоклавных газобетонов в зависимости от их марки и температурно-влажностного состояния

Table 1. Thermophysical characteristics of autoclaved aerated concretes depending on their grade and temperature-humidity condition

Характеристика	Марка газобетона		
	D450	D500	D600
Средняя плотность образцов в сухом состоянии, $\rho_{\text{сух.}}$, кг/м ³	434	478	618
Коэффициент теплопроводности образцов в сухом состоянии, $\lambda_{\text{сух.}}$, Вт/(м·°С)	0,118	0,124	0,156
Средняя плотность образцов в водонасыщенном состоянии, $\rho_{\text{вл.}}$, кг/м ³	727	806	972
Влажность, W, %	67,34	68,66	57,41
Коэффициент теплопроводности образцов в водонасыщенном состоянии, $\lambda_{\text{вл.}}$, Вт/(м·°С)	0,408	0,498	0,521
Средняя плотность водонасыщенных образцов в мерзлом состоянии, $\rho_{\text{мерз.}}$, кг/м ³	715	797	963
Коэффициент теплопроводности водонасыщенных образцов в мерзлом состоянии, $\lambda_{\text{мерз.}}$, Вт/(м·°С)	0,494	0,521	0,539

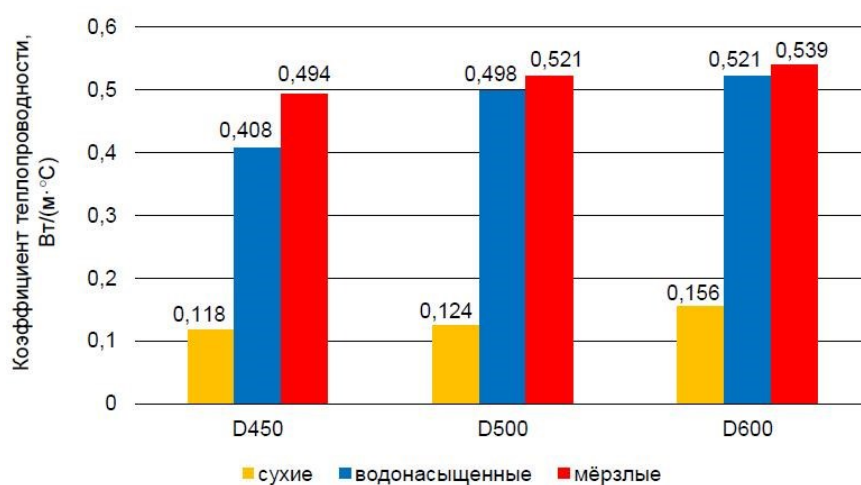


Рис. 1. Коэффициенты теплопроводности образцов автоклавных газобетонов в зависимости от их марки и температурно-влажностного состояния

Fig. 1. Thermal conductivity coefficients of autoclaved aerated concrete samples depending on their grade and temperature-humidity condition

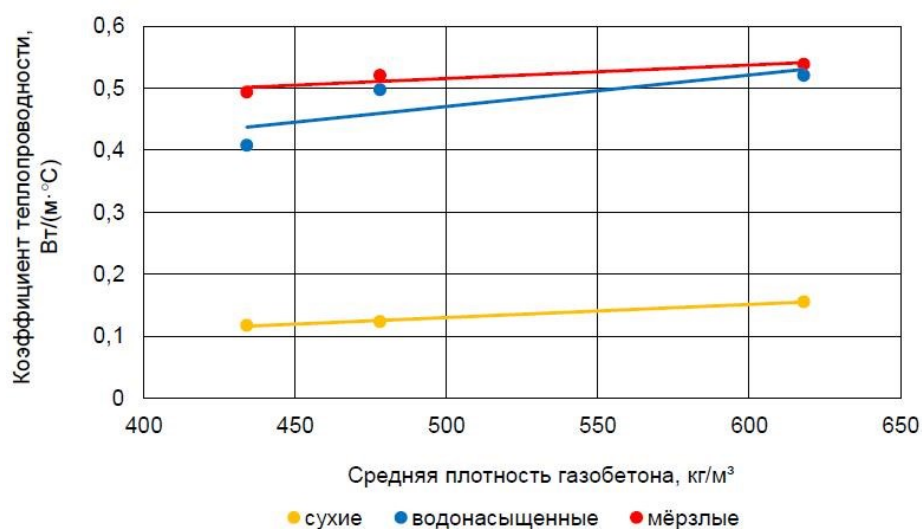


Рис. 2. Теплопроводность автоклавных газобетонов в сухом, водонасыщенном и мерзлом состоянии в зависимости от их средней плотности

Fig. 2. Thermal conductivity of autoclaved aerated concretes in dry, water-saturated and frozen conditions, depending on their average density

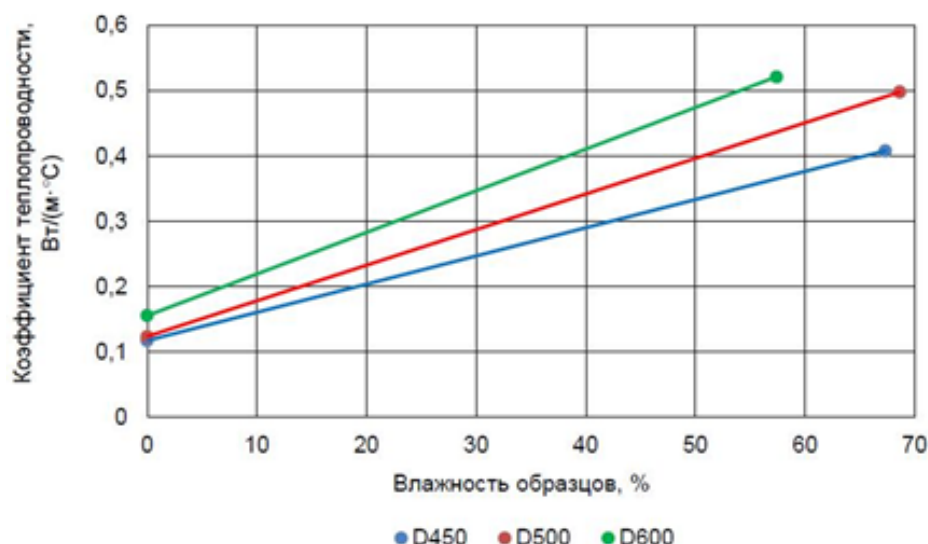


Рис. 3. Теплопроводность автоклавных газобетонов в зависимости от их влажности
Fig. 3. Thermal conductivity of autoclaved aerated concretes depending on their humidity

Теплопроводность сухих образцов, изготовленных из газобетона марки D500, в 4 раза меньше, чем у водонасыщенных и в 4,2 раза ниже, чем у замороженных в водонасыщенном состоянии образцов. Теплопроводность сухих образцов, изготовленных из газобетона марки D600, в 3,3 раза меньше, чем у водонасыщенных и в 3,5 раза ниже, чем у замороженных в водонасыщенном состоянии образцов. По диаграммам, представленным на рис. 1, четко видно, как изменяются коэффициенты теплопроводности газобетонов исследуемых марок в зависимости от их температурно-влажностного состояния. Разница в значениях коэффициентов теплопроводности водонасыщенных образцов и их же в замороженном состоянии составляет для автоклавного газобетона марки D450 21,1%, для марки D500 – 4,6%, для марки D600 – 3,5%.

По графикам, представленным на рис. 2, установлено, что изменение коэффициентов теплопроводности (λ , Вт/(м·°С)) автоклавных газобетонов в зависимости от их средней плотности для исследуемых температурно-влажностных состояний носит линейный характер и описывается следующими уравнениями:

– для сухих образцов:

$$\lambda = 0,0002 \cdot \rho_m + 0,0246; \quad (1)$$

– для водонасыщенных образцов:

$$\lambda = 0,0005 \cdot \rho_m + 0,2181; \quad (2)$$

– для замороженных в водонасыщенном состоянии образцов:

$$\lambda = 0,0002 \cdot \rho_m + 0,4076, \quad (3)$$

где ρ_m – средняя плотность автоклавного газобетона, кг/м³.

Изменение теплопроводности автоклавных газобетонов в зависимости от их влажности описывается следующими уравнениями:

– для марки D450:

$$\lambda = 0,0043 \cdot W + 0,118; \quad (4)$$

– для марки D500:

$$\lambda = 0,0054 \cdot W + 0,124; \quad (5)$$

– для марки D600:

$$\lambda = 0,0064 \cdot W + 0,156, \quad (6)$$

где W – влажность автоклавного газобетона, %.

Эмпирическая формула В.П. Некрасова, предложенная им для расчета коэффициентов теплопроводности, связывает теплопроводность материала с его относительной плотностью. Значения λ , рассчитанные по ней, приблизительные и могут не соответствовать фактическим значениям, определенным с помощью специальных приборов. Значения коэффициентов теплопроводности автоклавных газобетонов, рассчитанные по данной формуле и установленные опытным путем с помощью прибора ИТП-МГ «Зонд», приведены в табл. 2.

Данные табл. 2 показывают, что для автоклавных газобетонов расхождения между расчетными и экспериментальными значениями коэффициентов теплопроводности составляют: для сухих образцов марки D450 – 7,6%, для марки D500 – 18,6%, для марки D600 – 36,5%; для водонасыщенных образцов марки D450 – 52,2%, для марки D500 – 61,7%, для марки D600 – 32,6%; для замороженных в водонасыщенном состоянии образцов марки D450 – 88,6%, для марки D500 – 72%, для марки D600 – 38,6%.

Таблица 2. Расчетные и экспериментальные значения коэффициентов теплопроводности автоклавных газобетонов в зависимости от их средней плотности и температурно-влажностного состояния

Table 2. Calculated and experimental values of thermal conductivity coefficients of autoclaved aerated concretes depending on their average density and temperature-humidity condition

Средняя плотность автоклавного газобетона, ρ_m , кг/м ³	Коэффициенты теплопроводности, λ , Вт/(м·°С)	
	расчетные	экспериментальные
в сухом состоянии		
434	0,127	0,118
478	0,147	0,124
618	0,213	0,156
в водонасыщенном состоянии		
727	0,268	0,408
806	0,308	0,498
972	0,393	0,521
в мерзлом состоянии		
715	0,262	0,494
797	0,303	0,521
963	0,389	0,539

ВЫВОДЫ

В ходе проведенных исследований сделаны следующие выводы:

- снижение средней плотности автоклавного газобетона с 618 кг/м³ до 434 кг/м³ способствует уменьшению коэффициента теплопроводности на 24,4%;
- коэффициенты теплопроводности сухих образцов исследованных марок газобетонов (D450, D500 и D600) примерно в 3,3–4 раза ниже, чем у образцов в водонасыщенном состоянии и в 3,5–4,2 раза ниже, чем у замороженных в водонасыщенном состоянии образцов;
- разница в значениях коэффициентов теплопроводности водонасыщенных образцов и их же в замороженном состоянии составля-

ет 3,5–21,1% для исследуемых марок автоклавных газобетонов;

- для автоклавного газобетона расхождения между расчетными и экспериментальными значениями коэффициентов теплопроводности составляют 7,6–36,5% для сухих образцов, 32,6–61,7% – для водонасыщенных и 38,6–88,6% – для замороженных в водонасыщенном состоянии образцов.

В процессе работы для автоклавных газобетонов марок по средней плотности D450, D500 и D600 опытным путем были получены математические зависимости коэффициентов теплопроводности от их средней плотности и температурно-влажностного состояния.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Вылегжанин В.П., Пинскер В.А., Петрова Т.М. Особенности пористой структуры ячеистых бетонов и ее влияние на теплопроводность // Строительные материалы. 2021. № 8. С. 67–71. <https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-794-8-67-71>.
2. Корниенко С.В. Теплопроводность газобетонных стен при эксплуатационных условиях // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Строительство и архитектура. 2020. Вып. 3(80). С. 152–159.
3. Горшков А.С., Пестряков И.И., Корниенко С.В., Ватин Н.И., Ольшевский В.Я. Фактические теплотехнические характеристики ячеистых бетонов автоклавного твердения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 5 (68). С. 75–104. <https://doi.org/10.18720/CUBS.68.7>.
4. Yafei S., Peiwei G., Fei G., Li H., Zhang L., Liu H. Thermal conductivity and mechanical properties of porous concrete materials // Materials Letters. 2017. Vol. 209. P. 349–352. <https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.08.046>.
5. Othuman Mydin M.A. An experimental investigation on thermal conductivity of lightweight Foamcrete for thermal insulation // Jurnal Teknologi. 2013. Vol. 63. Iss. 1. P. 43–49. <https://doi.org/10.11113/jt.v63.1368>.
6. Habsya Ch., Diharjo K., Setyono P., Satwiko P. Physical, mechanical and thermal properties of

lightweight foamed concrete with fly ash // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. 2018. Vol. 420. P. 012062.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/420/1/012062>.

7. Batool F., Rafi M.M., Bindiganavile V. Microstructure and thermal conductivity of cement-based foam A review // Journal of Building Engineering. 2018. Vol. 20. P. 696–704.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.09.008>.

8. Asadi I., Shafigh P., Abu Hassan Z.F.B., Mahyuddin N.B. Thermal conductivity of concrete – A review // Journal of Building Engineering. 2018. Vol. 20. P. 81–93.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.002>.

9. Liu S., Zhu K., Cui Sh., Shen X., Tan G. A novel building material with low thermal conductivity: Rapid synthesis of foam concrete reinforced silica aerogel and energy performance simulation // Energy and Buildings. 2018. Vol. 177. P. 385–393.
<https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.014>.

10. Farnaz B., Prasad N.N.G., Bindiganavile V. Statistical modeling of thermal conductivity for cement-based foam // Journal of Building Engineering. 2018. Vol. 19. P. 449–458.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.05.022>.

11. Batool F., Bindiganavile V. Quantification of factors influencing the thermal conductivity of cement-based foam // Cement and Concrete Composites. 2018. P. 76–86.
<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.04.015>.

12. Крутилин А.Б., Рыхленок Ю.А., Лешкевич В.В. Теплофизические характеристики автоклавных ячеистых бетонов низких плотностей и их влияние на долговечность наружных стен зданий // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 2 (54). С. 46–55.

<https://doi.org/10.5862/MCE.54.5>.

13. Гринфельд Г.И., Коркина Е.В., Пастушков П.П., Павленко П.П., Ерофеева И.В., Губанов Д.А. Исследования теплопроводности ячеистых бетонов // Актуальные вопросы архитектуры и строительства: материалы четырнадцатой Международной научно-технической конференции (г. Саранск, 23–25 декабря 2015 г.). Саранск: Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, 2015. Ч. 2. С. 21–24.

14. Рябков М.И., Баранова А.А., Скулин А.С., Коцырь А.И. Исследование теплопроводности автоклавного газобетона // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2021. № 8. С. 195–196.

15. Баранова А.А. Теплопроводность и термическое сопротивление неавтоклавного пенобетона на основе микрокремнезема // Известия вузов. Инвестиции. Строительство. Недвижимость. 2020. Т. 10. № 3 (34). С. 370–377.
<https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-3-370-377>.

16. Baranova A., Ryabkov I. Investigation of thermal conductivity of non-autoclaved foam concrete based on microsilica // Investments, Construction, Real Estate: New Technologies and Special-Purpose Development Priorities: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering (25 April 2019, Irkutsk). Published under licence by IOP Publishing Ltd. 2019. Vol. 667. P. 012010.
<https://doi.org/10.1088/1757-899X/667/1/012010>.

17. Рябков И.В., Баранова А.А. Влияние средней плотности и влажности пенобетона на основе микрокремнезема на коэффициент теплопроводности // Современные технологии и научно-технический прогресс. 2019. Т. 1. С. 204–205.

REFERENCES

1. Vylegzhanin V.P., Pinsker V.A., Petrova T.M. Microporosity of cellular concrete and its effect on thermal conductivity. *Stroitel'nye Materialy = Construction Materials*. 2021;8:67-71. (In Russ.).
<https://doi.org/10.31659/0585-430X-2021-794-8-67-71>.

2. Kornienko S.V. Thermal conductivity of aerated concrete walls under operational conditions. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. Seriya: Stroitel'stvo i arhitektura*. 2020;3:152-159. (In Russ.).

3. Gorshkov A.S., Pestryakov I.I., Korniyenko S.V., Vatin N.I., Olshevskiy V.Ya. Actual thermal insulation properties of cellular autoclave curing concretes. *Stroitel'stvo unikalnih zdanii i sooruzhenii = Construction of unique buildings and structures*. 2018;5:75-104. (In Russ.).
<https://doi.org/10.18720/CUBS.68.7>.

4. Yafei S., Peiwei G., Fei G., Li H., Zhang L., Liu H. Thermal conductivity and mechanical properties of porous concrete materials. *Materials Letters*.

2017;209:349-352.
<https://doi.org/10.1016/j.matlet.2017.08.046>.

5. Othuman Mydin M.A. An experimental investigation on thermal conductivity of lightweight Foamcrete for thermal insulation. *Jurnal Teknologi*. 2013;63(1):43-49.
<https://doi.org/10.11113/jt.v63.1368>.

6. Habsya Ch., Diharjo K., Setyono P., Satwiko P. Physical, mechanical and thermal properties of lightweight foamed concrete with fly ash. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2018;420:012062. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/420/1/012062>.

7. Batool F., Rafi M.M., Bindiganavile V. Microstructure and thermal conductivity of cement-based foam A review. *Journal of Building Engineering*. 2018;20:696-704.
<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.09.008>.

8. Asadi I., Shafigh P., Abu Hassan Z.F.B., Mahyuddin N.B. Thermal conductivity of concrete – A review. *Journal of Building Engineering*.

2018;20:81-93.

<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.07.002>.

9. Liu S., Zhu K., Cui Sh., Shen X., Tan G. A novel building material with low thermal conductivity: Rapid synthesis of foam concrete reinforced silica aerogel and energy performance simulation. *Energy and Buildings*. 2018;177:385-393. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2018.08.014>.

10. Farnaz B., Prasad N.N.G., Bindiganavile V. Statistical modeling of thermal conductivity for cement-based foam. *Journal of Building Engineering*. 2018;19:449-458.

<https://doi.org/10.1016/j.jobbe.2018.05.022>.

11. Batool F., Bindiganavile V. Quantification of factors influencing the thermal conductivity of cement-based foam. *Cement and Concrete Composites*. 2018. P. 76–86.

<https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2018.04.015>.

12. Krutilin A.B., Rykhliouk Yu.A., Liashkevich V.V. Thermophysical characteristics of autoclaved cellular concretes of low densities and their effect on the durability of external walls of buildings. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal = Magazine of civil engineering*. 2015;2:46-55. (In Russ.).

<https://doi.org/10.5862/MCE.54.5>.

13. Grinfeld G.I., Korkina E.V., Pastushkov P.P., Pavlenko P.P., Erofeeva I.V., Gubanov D.A. Investigation of thermal conductivity of cellular concrete // *Aktual'nye voprosy arkhitektury i stroitel'stva: materialy chetyrnadtsatoi Mezhdunarodnoi nauchno-tehnicheskoi konferentsii = Topical issues of architecture and construction: materials of the Fourteenth International Scientific and Technical*

Conference. 23-25 December 2015, Saransk. Saransk: National Research Ogarev Mordovia State University; 2015. (In Russ.).

14. Ryabkov M.I., Baranova A.A., Skulin A.S., Kotsyr A.I. Investigation of thermal conductivity of autoclaved aerated concrete. *Sovremennye tehnologii i nauchno-tehnicheskii progress = Modern technologies and scientific and technological progress*. 2021;8:195-196. (In Russ.).

15. Baranova A.A. Thermal conductivity and thermal resistance of non-autoclaved foam concrete based on microsilicon. *Izvestiya vuzov. Investitsii. Stroitel'stvo. Nedvizhimost' = Proceedings of Universities. Investment. Construction. Real estate*. 2020;10(3):370-377. (In Russ.).

<https://doi.org/10.21285/2227-2917-2020-3-370-377>.

16. Baranova A., Ryabkov I. Investigation of thermal conductivity of non-autoclaved foam concrete based on microsilica. *Investments, Construction, Real Estate: New Technologies and Special-Purpose Development Priorities: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* (25 April 2019, Irkutsk). Published under licence by IOP Publishing Ltd. 2019. Vol. 667. P. 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/667/1/012010>.

17. Ryabkov I.V., Baranova A.A. The influence of the average density and humidity of foam concrete based on silica on the coefficient of thermal conductivity. *Sovremennye tehnologii i nauchno-tehnicheskii progress = Modern technologies and scientific and technical progress*. 2019;1:204-205. (In Russ.).

Информация об авторах

Баранова Альбина Алексеевна,

к.т.н., доцент, доцент кафедры
промышленного и гражданского
строительства,
Ангарский государственный
технический университет,
665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60, Россия,
e-mail: baranova2012aa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5939-3334>

Рябков Максим Игоревич,

магистрант,
Ангарский государственный
технический университет,
665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60, Россия,
e-mail: ryabkov_maksim@ngs.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1878-4598>

Скулин Александр Сергеевич,

магистрант,
Ангарский государственный
технический университет,
665835, г. Ангарск, ул. Чайковского, 60, Россия,
e-mail: cfif.skulin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6810-4696>

Information about the authors

Albina A. Baranova,

Cand. Sci. (Eng.), Associate Professor,
Associate Professor of the Department
of Industrial and Civil Engineering,
Angarsk State
Technical University,
60 Tchaikovsky St., Angarsk 665835, Russia,
e-mail: baranova2012aa@mail.ru
<https://orcid.org/0000-0002-5939-3334>

Maksim I. Ryabkov,

Master's Degree Student,
Angarsk State
Technical University,
60 Tchaikovsky St., Angarsk 665835, Russia,
e-mail: ryabkov_maksim@ngs.ru
<https://orcid.org/0000-0003-1878-4598>

Alexander S. Skulin,

Master's Degree Student,
Angarsk State
Technical University,
60 Tchaikovsky St., Angarsk 665835, Russia,
e-mail: cfif.skulin@yandex.ru
<https://orcid.org/0000-0002-6810-4696>

Вклад авторов

Авторы имеют равные авторские права и несут равную ответственность за плагиат.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Информация о статье

Статья поступила в редакцию 10.11.2022.
Одобрена после рецензирования 08.12.2022.
Принята к публикации 09.12.2022.

Contribution of the authors

The authors have equal author's rights and bears the responsibility for plagiarism.

Conflict of interests

The authors declare no conflict of interests regarding the publication of this article.

The final manuscript has been read and approved by all the co-authors.

Information about the article

The article was submitted 10.11.2022.
Approved after reviewing 08.12.2022.
Accepted for publication 09.12.2022.