

Конструктивные решения наружных стен: проблемы, дефекты и перспективы применения однослойных ограждающих конструкций

О.А. Ветрова

*Национальный исследовательский Московский государственный
строительный университет*

Аннотация: В статье проведены численные исследования трёх типов наружных стеновых конструкции с несущим слоем из газосиликатных блоков автоклавного твердения наиболее часто применяемые в малоэтажном строительстве. Выявлены конструктивные особенности, влияющие на дефекты, в частности на переувлажнение конструктивных слоёв. Отмечено, что много дефектов и проблемных ситуаций связано неоднородностью и несогласованностью определенных свойств материалов в многослойных конструкциях. Выявлено, что переувлажнение однослойных стен зависит от паропроницаемости отделочных слоёв. Сделаны выводы о перспективности применения однослойных конструкций из газосиликатных блоков с отделкой паропроницаемыми материалами, в том числе на основе акрила и мраморной крошки.

Ключевые слова: газосиликатный блок, зона конденсации, штукатурный фасад, отделочный материал, акрил, мраморная крошка

Начиная с 2000 года, в России ведется работа по повышению термического сопротивления ограждающих конструкций [1 – 3]. Нормативы, введенные Госстроем РФ, регламентируют повышение значений коэффициента сопротивления теплопередаче стеновых конструкций до значений европейского уровня [4, 5]. Вопросы о энергоэффективности стен особенно часто возникают при строительстве индивидуальных жилых домов. По данным Росстата, с 2018 году объем введенных частных жилых домов постоянно превышает показатели индустриального строительства. Ввод жилья за 2024 год составил 107,8 млн кв. м, из них объем введенных индивидуальных жилых домов (62,3 млн кв. м) значительно превысил показатели индустриального строительства (45,5 млн.кв. м). В данном контексте актуальными представляются исследования конструктивных решений наружных стен для индивидуального строительства, рассматривающие не только экономичность энергопотребления на этапе эксплуатации, но и с позиции долговечности современных фасадных систем, поскольку дополнительные затраты на ремонт,

восстановление или полную замену недолговечных конструкций в течение их жизненного цикла существенно влияют на общий энергетический баланс.

Анализ научно-технической литературы показал, что большинство предлагаемых современных конструктивных решений наружных стен обладает значительными несовершенствами [6 – 8], которые влияют на их эксплуатационные характеристики и долговечность [9 – 11].

Целью настоящей работы явились численные исследования трёх типов наружных стен, выявление их недостатков и поиск перспективных решений, исключающих появление дефектов, влияющих на долговечность.

Объект исследования – фрагмент теплозащитной оболочки жилого здания, проектируемого в г. Москва, при этом учитывались только неоднородности кладок. Расчет произведен в соответствии с требованиями нормативных документов: СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий; СП 131.13330.2020 Строительная климатология. Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{норм}$, (м²·°С)/Вт определялось по пункту 5.2 СП 50.13330.2012. В расчете приняты следующие показатели: расчетная средняя температура внутреннего воздуха здания: $t_{в}=20^{\circ}\text{C}$, влажностный режим помещения – нормальный. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче слоёв фрагмента теплозащитной оболочки здания R_0^{np} производился по приложению Г СП 50.13330.2012. Анализ защитных свойств от переувлажнения ограждающих конструкций проводился согласно указаниям п.8 СП 50.13330.2012.

Наружные стены приняты с основанием из газосиликатного блока автоклавного твердения ($\rho=500\text{кг/м}^3$) различной толщины с коэффициентом теплопроводности кладки $\lambda_{Б}=0,147\text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$ и раствора $\lambda_{Б}=0,93\text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$ и коэффициентом паропроницаемости кладки $\mu=0,2\text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$ и раствора $\mu=0,09\text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$, с внутренним слоем из штукатурки гипсовой ($\lambda_{Б}=0,35\text{ Вт/(м}^{\circ}\text{C)}$, $\mu=0,11\text{ мг/(м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па)}$).

Исследовались три основных типа наружных стеновых конструкций (рис.1), наиболее часто используемые в малоэтажном строительстве:

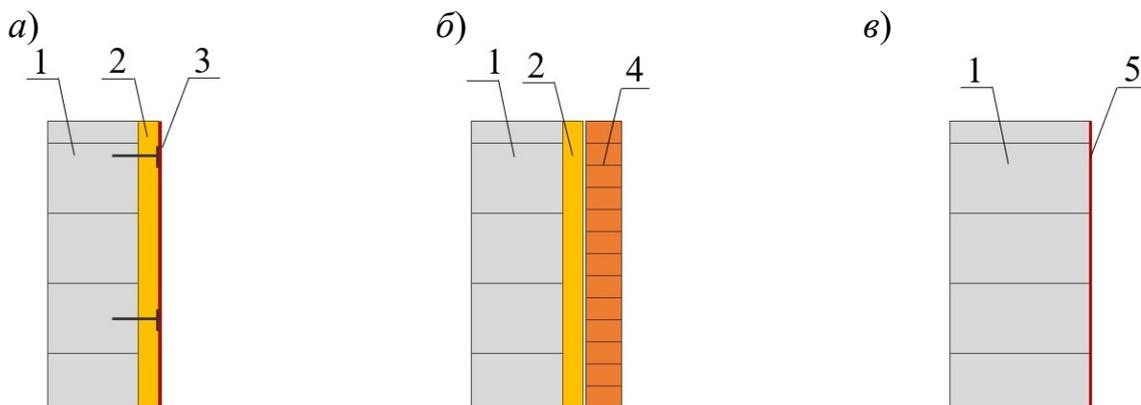


Рис. 1. – Конструкций исследуемых наружных стен: *а* - тип А; *б* – тип Б; *в* – тип В; 1 - газосиликатный блок; 2 - утеплитель; 3 - штукатурный фасад; 4 - облицовочный кирпич; 5 - отделочный слой

тип А – стена, состоящая из газобетона (толщиной $\delta=0,3\text{м}$) с минераловатным утеплителем ($\delta=0,05\text{м}$, $\rho=120\text{кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}}=0,043\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$ и $\mu=0,55\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$), и защитным слоем из цементно-песчаного раствора ($\delta=0,015\text{м}$, $\lambda_{\text{Б}}=0,81\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$, $\mu=0,12\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$) (рис. 1, *а*);

тип Б – стена, состоящая из газобетона ($\delta=0,3\text{м}$) с утеплителем ($\delta=0,05\text{м}$, $\rho=75\text{кг/м}^3$, $\lambda_{\text{Б}}=0,042\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$, $\mu=0,58\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$), воздушной прослойки и защитным слоем в виде кладки из облицовочного кирпича ($\delta=0,12\text{м}$, $\lambda_{\text{Б}}=0,44\text{Вт}/(\text{м}^{\circ}\text{С})$, $\mu=0,14\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$) на цементно-песчаном растворе (рис. 1, *б*);

тип В – однослойная стена, состоящая из газобетонных блоков $\delta=0,5\text{м}$, с отделочными покрытиями различной паропроницаемости (рис. 1, *в*).

Для исследуемых типов конструкций наружных стен проведен теплотехнический расчет и подобраны толщины слоёв, удовлетворяющие нормам по тепловой защите для г. Москвы с базовым значением $R_0^{\text{норм}}=3,13(\text{м}^2\cdot^{\circ}\text{С})/\text{Вт}$. Результаты численных исследований сведены в таблицу № 1.

Таблица №1

Результаты численного исследования трех типов стен

Тип стены	Особенности конструкции	Сопротивление теплопередаче, (м ² •°С)/Вт	Зона конденсата
Тип А	-	3.29	-
Тип Б	с вентзазором	3.35	-
	без вентзазора -	3.68	+
Тип В	$\mu=0,2$ мг/(м·ч·Па)	3,44	-
	$\mu=0,09$ мг/(м·ч·Па)	3,42	+

При выполнении расчетов учитывались некоторые особенности конструкций рассматриваемых стен. Так, для стен типа Б изучалось влияние воздушной прослойки на выпадение конденсата. Для стены типа В варьировался отделочный слой: в первом случае отделочный слой выполнен из материала с коэффициентом паропроницаемости близким газосиликату $\mu=0,2$ мг/(м·ч·Па), во втором случае из цементно-песчаного раствора ($\mu=0,09$ мг/(м·ч·Па)).

Полученные результаты расчетов по каждому типу конструкций представлены на рис.2. Все приведенные конструктивные решения соответствуют требуемому сопротивлению теплопередаче для заданного типа здания и климатических условий. При этом наличие зоны конденсации зависит от определенных особенностей конструкции.

Тип А – стена из утепленного газобетона с штукатурным фасадом.

Зона конденсации для данного фасадного решения находится на границе утеплителя и штукатурного слоя (рис. 2, а). При выполнении расчетов положения плоскости максимального увлажнения в конструкциях с основанием из газобетонных блоков для различных утеплителей установлено, что зона максимального увлажнения неизменно локализуется в области контакта между утеплителем и наружным штукатурным слоем, независимо от плотности и толщины утеплителя, что согласуется с результатами, приведенными в статье [12].

В ряду других недостатков штукатурных фасадов – проблемы в наличие мостиков холода между отдельными листами утеплителя, наличие теплотехнических неоднородностей в виде элементов крепления утеплителя [13]. Дефектом таких фасадов нередко являются хаотичные трещины, возникающие из-за некачественной укладки и заполнения зазоров между плит утеплителя, некачественное закрепление слоёв утеплителя, что в последствии приводит к обрушению фасадных элементов [8].

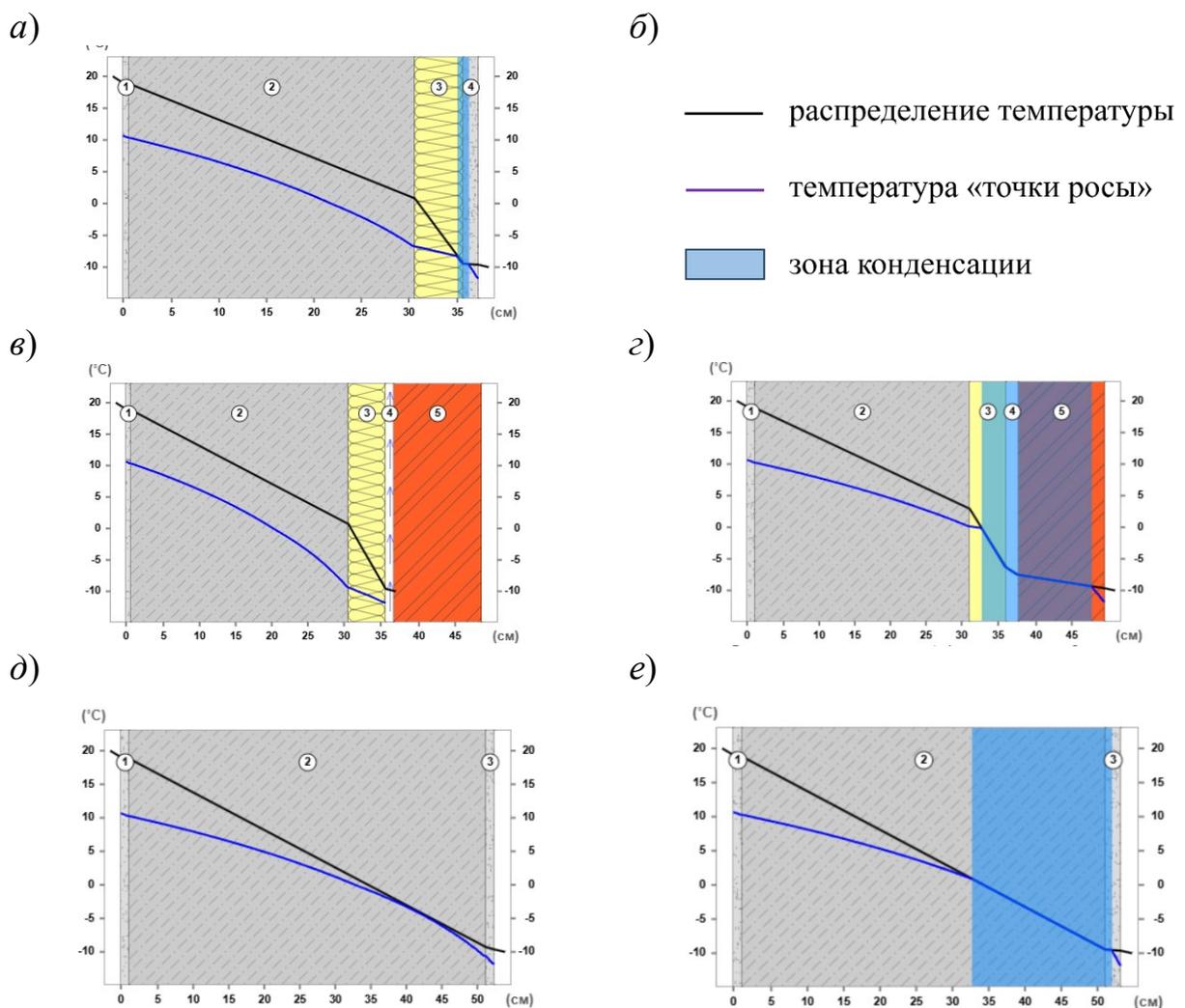


Рис. 2. – Распределение температур и зон конденсации: а - стена тип А; б - условные обозначения; в – стена тип Б с вентзазором; г - стена тип Б без вентзазора; д - стена тип В с паропроницаемой отделкой; е – стена тип В с отделкой из толстослойной штукатурки

Тип Б – многослойная утепленная стена с кирпичной облицовкой.

Результаты исследования позволяют сделать вывод, что образование зоны конденсации напрямую связано с наличием вентилируемой воздушной прослойки (рис. 2, *в* и *г*), что хорошо согласуется с выводами, сделанными в работах [1, 6, 7], где также приводятся причины разрушения облицовочного слоя трехслойных стен с эффективным утеплителем и зависимость долговечности облицовочных кирпичных слоёв от изменения температурно-влажностного режима. Разница в паропроницаемости слоев, отсутствие расчетов по влагонакоплению в утепляющем слое, отсутствие продухов в большинстве зданий ведет к намоканию утеплителя и кладки наружного и внутреннего слоев, ведущих в том числе к разрушению облицовочного слоя с пониженной паропроницаемостью рис. 3, *а*.

Наиболее типичными дефектами и повреждениями такого типа стен по мнению автора статьи [9] являются: трещины; образование высолов на поверхностях стен, указывающее на постоянное увлажнение и последующее высыхание кладки; увлажнение внутренних частей стен, приводящее к отслоению обоев и появлению плесени; нарушение технологии опирания и крепления облицовочного слоя, приводящее к частичному обрушению (рис. 3, *б*). Дефекты и проблемы данного типа стеновых конструкций также отражены в работах [1, 2, 10].

а)



б)



Рис. 3. – Дефекты стен с облицовочным кирпичным слоем: *а* – разрушение слоя с пониженной паропроницаемостью; *б* – обрушение кладки

Кроме названных выше дефектов, при изучении фото обрушения стены на рис.3, б, можно заметить хаотичное расположение листов утеплителя, местами без заполнения швов, наличие пустот во внутреннем утепляющем слое, что ведет к возникновению мостиков холода. Особенность технологии внутреннего слоя стеновой конструкции ввиду скрытости затрудняет контроль качества работ, и однородность эффективного утепляющего слоя часто остаётся на совести рабочих.

Рассмотренные выше два типа многослойных наружных стен часто имеют дефекты, наносящие значительный урон государству и собственникам жилья. Данная проблема требует более глубокого изучения и разработки рекомендаций, направленных на минимизацию подобных недочетов в строительной практике. Правительство Москвы еще в 2009 году обратило внимание за многослойные конструкции с наружным облицовочным слоем из кирпича путем полного запрета применения данного типа ограждения на объектах госзаказа.

В этой связи представляется перспективным направлением возврат к применению однослойных наружных стен, являющихся более надежными, технологичными и экономически выгодными [7, 9]. Рассмотрим результаты исследования типа стеновой конструкции типа В.

Тип В – стена из газобетона с отделочным покрытием.

В результате численного исследования получено распределение температур и зоны конденсации в стенах с двумя типами отделки с различной паропроницаемостью. На рис. 2, д приведена визуализация расчета стены из газосиликата с отделочным слоем $\delta=10$ мм и $\mu=0,2$ мг/(м·ч·Па) (близким к газосиликату), при этом не наблюдается выпадение конденсата. В стене с моделированием отделочного слоя цементно-песчаной штукатуркой ($\delta=20$ мм, $\mu=0,09$ мг/(м·ч·Па)) (рис. 2, е) визуализируется зона конденсации на границе слоёв. Таким образом, можно сделать вывод, что увлажнение в данной

стенной конструкции зависит от правильности подбора материала отделочных слоёв. Наружные отделочные материалы должны иметь высокое сопротивление паропрооницанию. Основные дефекты данного вида стен возникают из-за несоблюдения данного требования. В работе [11] отмечается негативное влияние наклеенной на кладку керамической плитки или нанесенной плотной штукатурки. Подобная отделка, ограничивающая удаление влаги из толщи стены, теряет адгезию с кладкой вследствие морозного разрушения водонасыщенного когезионного слоя.

Для отделки наружных стен, выполненных из автоклавных газобетонных блоков целесообразно применение системы, выполняющей одновременно декоративную и защитную функции. Такая система должна обладать гидрофобными свойствами, предотвращающими проникновение влаги при ком дожде и блокирующими образование конденсата на поверхности стены.

В настоящее время в качестве отделочного покрытия всё чаще применяется новый отделочный композитный материал на основе мраморной крошки (рис. 4, а). Декоративное покрытие с применением основы из штукатурной сетки с нанесенными на неё элементами из смеси акрила и мраморной крошки (АМК), имитирующие кирпич, клинкер или блок (рис. 4, б) производится в России с 2015 года. Покрытие представляет собой готовые листы площадью 0,9 м². Монтаж покрытия осуществляется на стену с использованием клеевых составов [14].

Декоративное покрытие АМК классифицируется как материал пленочного типа, для которого применяется характеристика сопротивление паропрооницанию равное 0,17(м²·ч·Па)/мг, что аналогично по мнению производителей и автора статьи [14] величине этого показателя для древесноволокнистых материалов. Проведенный расчет с использованием $R_n=0,17(\text{м}^2\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})/\text{мг}$ для одного отделочного слоя $\delta=2$ мм показал отсутствие накопления влаги в толще стены (рис.2, ж). Однако, производитель рекомен-

дует наклеивать данный облицовочный материал на плиточный клей цементно-песчаного состава толщиной от 2 до 6 мм ($\lambda_b=0,81\text{Вт}/(\text{м}^\circ\text{С})$, $\mu=0,12\text{мг}/(\text{м}\cdot\text{ч}\cdot\text{Па})$). При таком основании происходит выпадение конденсата. При этом в научно-технических источниках отсутствуют данные о исследованиях данного отделочного материала, кроме работы [14]. Это указывает на необходимость проведения дополнительных исследований нового отделочного покрытия в системе с клеевым основанием и разработки рекомендаций по применению покрытия и подбору клеевого состава.

а)



б)



Рис. 4. – Декоративное отделочное покрытие из мраморной крошки на акриловой основе: а - пример оформления фасада: б – фрагмент листа

Выполнены численные исследования температурно-влажностных свойств трех типов ограждающих наружных стен с применением в качестве основания газосиликатных блоков автоклавного твердения, проведен сравнительный анализ результатов исследования с результатами исследования других авторов. Выявлены конструктивные особенности, влияющие на конденсацию влаги в многослойных стенах.

Установлено, что многослойные стены имеют ряд недостатков, которые влияют на их эксплуатационные характеристики и долговечность, в частности наличие материалов с различными паропроницаемостью и влагопоглощением, это приводит к накоплению влаги внутри стены. Показана перспективность применения однослойных конструкции и важность правильного выбора материала для отделочного слоя. Приведен

пример применения отделочного материала на основе акрила и мраморной крошки, и показана необходимость проведения дальнейших исследований этого материала.

Литература

1. Ананьев А.И., Ананьев А.А. Долговечность и энергоэффективность наружных стен из облегченной кирпичной кладки // Academia. Архитектура и строительство. 2010. № 3. С. 352-356.

2. Шубин И.Л., Умнякова Н.П., Матвеева И.В., Андрианов К.А. Качество оболочки здания – основа экологически безопасной среды жизнедеятельности // Жилищное строительство. 2019. № 6. С. 10-15.

3. Егорочкина И.О., Романенко Е.Ю., Бузанова А.В., Дохленко И.А. Повышение теплозащиты ограждающих конструкций зданий // Инженерный вестник Дона. 2021. №1 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6774

4. Kauskale L., Geipele I., Zeltins N., Lecis I. Energy Aspects of Green Buildings — International Experience // Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. 2016. No. 53 (6). Pp. 21–28.

5. Geng Y., Ji W., Wang Z., Lin B., Zhu Y. A review of operating performance in green buildings: Energy use, indoor environmental quality and occupant satisfaction // Energy and Buildings. 2019. Vol. 183. Pp. 500–514.

6. Давидюк А. А. Анализ результатов обследования многослойных наружных стен многоэтажных каркасных зданий // Жилищное строительство. 2010. №6. С. 21-26.

7. Моргун В.Н., Моргун Л.В. О важности учета индивидуальных свойств стеновых материалов при строительстве зданий // Инженерный вестник Дона. 2024. №11 URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9615.

8. Денисова Ю.В., Тарасенко В.Н., Лесовик Р.В., Митрохин А.А. Долговечность штукатурных фасадных систем гражданских зданий // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2016. № 7. С. 22-26.

9. Умнякова Н.П. Долговечность трехслойных стен с облицовкой из кирпича с высоким уровнем тепловой защиты // Вестник МГСУ. 2013. № 1. С. 94-100.

10. Бедов А.И., Балакшин А.С., Воронов А.А. Причины аварийных ситуаций в ограждающих конструкциях из каменной кладки многослойных систем в многоэтажных жилых зданиях // Строительство и реконструкция. 2014. №6 (56). С.11-16

11. Резвов О.А., Бабков В.В., Кузнецов Д.В., Гайсин А.М., Самофеев Н.С., Морозова Е.В. Проблемы эксплуатационной надежности наружных стен зданий на основе автоклавных газобетонных блоков и возможности их защиты от увлажнения // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 8 (18). С. 28-31.

12. Гагарин В.Г., Зубарев К.П., Козлов В.В. Определение зоны наибольшего увлажнения в стенах с фасадными теплоизоляционными композиционными системами с наружными штукатурными слоями // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 1 (54). С. 125-132.

13. Ефимов Б.А., Михайлик Е.Д. Штукатурная система на основе композиционного вяжущего // Перспективы науки. 2023. № 3 (162). С. 98-102.

14. Тараканов А.М. Инновационные технологии в сфере строительства // IV Всероссийская научно-практическая конференция «Формирование профессиональной направленности личности специалистов - путь к инновационному развитию России». Пенза: ПГАУ. 2022. С.214-217.

References

1. Anan'ev A.I., Anan'ev A.A. Academia. Arhitektura i stroitel'stvo. 2010. № 3. Pp. 352-356.

2. Shubin I.L., Umnjakova N.P., Matveeva I.V., Andrianov K.A. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2019. № 6. Pp. 10-15.



3. Egorochkina I.O., Romanenko E.Ju., Buzanova A.V., Dohlenko I.A. Inzhenernyj vestnik Dona. 2021. №1. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n1y2021/6774/
4. Kauskale L., Geipele I., Zeltins N., Lecis I. Latvian Journal of Physics and Technical Sciences. 2016. No. 53 (6). Pp. 21–28.
5. Geng Y., Ji W., Wang Z., Lin B., Zhu Y. Energy and Buildings. 2019. Vol. 183. Pp. 500–514.
6. Davidjuk A. A. Zhilishhnoe stroitel'stvo. 2010. №6. Pp. 21-26.
7. Morgun V.N., Morgun L.V. Inzhenernyj vestnik Dona. 2024. №11. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n11y2024/9615.
8. Denisova Ju.V., Tarasenko V.N., Lesovik R.V., Mitrohin A.A. Vestnik BGTU im. V.G. Shuhova. 2016. № 7. Pp. 22-26.
9. Umnjakova N.P. Vestnik MGSU. 2013. № 1. Pp. 94-100.
10. Bedov A.I., Balakshin A.S., Voronov A.A. Stroitel'stvo i rekonstrukcija. 2014. №6 (56). Pp. 11-16.
11. Rezvov O.A., Babkov V.V., Kuznecov D.V., Gajsin A.M., Samofeev N.S., Morozova E.V. Inzhenerno-stroitel'nyj zhurnal. 2010. № 8 (18). Pp. 28-31.
12. Gagarin V.G., Zubarev K.P., Kozlov V.V. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arhitekturno-stroitel'nogo universiteta. 2016. № 1 (54). Pp. 125-132.
13. Efimov B.A., Mihajlik E.D. Perspektivy nauki. 2023. № 3 (162). Pp. 98-102.
14. Tarakanov A.M. IV Vserossijskaja nauchno-prakticheskaja konferencija «Formirovanie professional'noj napravlenosti lichnosti specialistov - put' k innovacionnomu razvitija Rossii» (IV All-Russian Scientific and practical Conference "Formation of professional orientation of the personality of specialists - the way to innovative development of Russia". Penza: PSAU. 2022. pp. 214-217.

Дата поступления: 11.01.2025

Дата публикации: 25.02.2025