

УДК 697.1

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-2-138-146

*А.Н. БЕЛОУС<sup>1</sup>, О.Е. БЕЛОУС<sup>1</sup>, Л.З. КУЛУМБЕГОВА<sup>2</sup>,**<sup>1</sup>Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,**<sup>2</sup>Юго-Осетинский государственный университет им. А.А. Тибилова*

## **ВЛИЯНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ ВКЛЮЧЕНИЙ НА АМПЛИТУДУ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ КАРКАСНО-ЩИТОВЫХ ЗДАНИЙ**

Рассматривается вопрос теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций жилых зданий, выполненных по каркасно-щитовой схеме. Одной из особенностей каркасно-щитовых зданий является значительная степень неоднородности наружных ограждающих конструкций. В щитах находится большое количество стоек, ригелей, перемычек, а также связевых элементов. При этом не стоит забывать о линейных теплопроводных включениях, вызванных формой здания: наружных и внутренних углах здания, балконах, оконных и дверных откосах и цокольных узлах.

Были рассмотрены два характерных узла сопряжения для зданий, выполненных по каркасно-щитовому методу, с двумя видами каркаса: из ЛСТК профилей и деревянных цельных брусьев.

В результате анализа значений, полученных в модуле Simulation программного комплекса SolidWorks, минимальных и максимальных значений температур на внутренней поверхности во времени была построена схема распределения амплитуд колебания для двух расчетных схем: наружного угла здания и узла сопряжения перекрытия и стены с ЛСТК и деревянным каркасом щитовой панели. Установлено, что в зоне теплопроводных включений конструкция превышает максимально допустимое нормативное значения в 5 и 3 раза для ЛСТК и деревянных профилей соответственно, что не удовлетворяет нормативным требованиям.

Также отмечается, что при анализе распределения температур во времени исследуемой модели узла сопряжения перекрытия и стены были выявлены колебания температуры и в конструкции перекрытия. Так для каркасных зданий из щитов, выполненных из ЛСТК профиля, зона колебания температуры вызвала возмущение на расстоянии около 200 мм в глубь помещения. Для каркасных зданий, выполненных из щитов с деревянным каркасом, данная зона возмущения составили примерно 100 мм.

**Ключевые слова:** теплоустойчивость; нестационарный режим; температурное поле; перераспределение; амплитуда; методика.

**Для цитирования:** Белоус А.Н., Белоус О.Е., Кулумбегова Л.З. Влияние теплопроводных включений на амплитуду колебания температуры внутренней поверхности каркасно-щитовых зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2022. Т. 24. № 2. С. 138–146.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-2-138-146

A.N. BELOUS<sup>1</sup>, O.E. BELOUS<sup>1</sup>, L.Z. KULUMBEGOVA<sup>2</sup>,

<sup>1</sup>Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,

<sup>2</sup>The South Ossetian State University

## **THE INFLUENCE OF HEAT-CONDUCTING ELEMENTS ON TEMPERATURE AMPLITUDE OF INNER SURFACE OF FRAME-SUPPORTING BUILDING**

The paper considers the heat stability of enclosing structures of frame-supporting buildings. These buildings are characterized by a significant heterogeneity of enclosing structures. The supporting structures have a large number of uprights, beams, lintels, connectors, and heat-conducting elements such as building corners, balconies, window and door jambs, and plinth nodes.

Two typical junctions are considered for a frame-supporting building with light gauge steel framing and wooden frames. The Simulation module of the SolidWorks software is used to analyze the obtained minimum and maximum temperature on the inner surface. The diagram of the temperature distribution is suggested for two design solutions, i.e., the outer corner and floor junction, and the light gauge steel framing and wooden frame-supporting structure. It is found that near the heat-conducting elements, the maximum allowable value is exceeded by 5 and 3 times for the light gauge steel and wooden framing respectively, which does not meet the standard requirements. The temperature fluctuations are observed in the junction between the floor and wall. Thus, for the light gauge steel framing, the temperature fluctuations occur at a distance of ~200 mm in the room, while in wooden-frame building, this distance is ~100 mm.

**Keywords:** thermal stability; unsteady mode; temperature field; redistribution; amplitude; methodology.

**For citation:** Belous A.N., Belous O.E., Kulumbegova L.Z. Vliyaniya teploprovodnykh vklyuchenii na amplitudu kolebaniya temperatury vnutrennei poverkhnosti karkasno-shchitovykh zdanii [Influence of heat-conducting elements on temperature amplitude of inner surface of frame-supporting buildings]. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2022. V. 24. No. 2. Pp. 138–146.

DOI: 10.31675/1607-1859-2022-24-2-138-146

### **Актуальность**

Жилой фонд РФ и других стран СНГ, по результатам исследований, находится в удовлетворительном состоянии [1, 2], но не стоит забывать, что 70 % жилого фонда построено в период индустриализации и средний возраст зданий колеблется в пределах 50–60 лет.

Один из путей решения задачи по улучшению качественных показателей жилого фонда – это строительство новых домов с повышенными показателями комфортности. При этом особое внимание необходимо уделять технологиям возведения зданий, которые попадают на рынок путем копирования или частичного внедрения иностранных методик в классические методы постройки зданий. Нередко при возведении зданий без знания тонкостей полного технологического цикла или без обучения в фирме, специализирующейся на соответствующей технологии, начинают массовое внедрение. Как пример неудачного внедрения можно привести повсеместное использование стальных метизов при соединении лёгких стальных тонкостенных конструктивных

профилей (ЛСТК) с оцинкованным покрытием, что вызывает гальваническую коррозию и, как следствие, ослабление узлов сопряжения.

Одной из перспективных методик малоэтажного домостроения на современном строительном рынке является каркасно-щитовой метод. Данный метод получил второй виток развития с применением в качестве материала каркаса ЛСТК профилей и минеральной или базальтовой ваты в качестве заполнителя щита [3, 4].

Несмотря на многочисленные детальные исследования зданий, построенных по каркасно-щитовой технологии [5–7], как по несущей, так и теплоизоляционной способности полученные результаты исследования характерны для зимнего периода года. Однако, как отмечалось неоднократно, затраты на кондиционирование для средней и южной полосы стран СНГ равны или же превышают затраты на отопление. При этом необходимо отметить, что множество конструкций с повышенным приведенным сопротивлением теплопередачи при нестационарном режиме не удовлетворяют требованиям теплоустойчивости, предъявляемым к конструкциям [8].

Цель исследования – определить степень влияния теплопроводных линейных включений в каркасно-щитовых зданиях в летний период года на амплитуду колебания температуры на внутренней поверхности ограждающих конструкций.

### Методы

Теплоустойчивость ограждающих конструкций в теплый период года нормируется показателем амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности. Согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», амплитуда колебания температуры не должна превышать нормативного значения  $A_{\tau}^{TP}$ , °С, определяемого по формуле

$$A_{\tau}^{TP} = 2,5 - 0,1(t_n - 21), \quad (1)$$

где  $t_n$  – средняя месячная температура наружного воздуха за июль, °С.

Методика нахождения амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности, согласно СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий», не учитывает теплопроводные включения, поэтому предлагается расчет наружных ограждающих каркасных щитов рассчитывать согласно методике, предложенной в работе [9].

Одной из особенностей каркасно-щитовых зданий является большая степень неоднородности наружных ограждающих конструкций. В щитах находится большое количество стоек (шаг 400–600 мм по горизонтали), ригелей, перемычек, а также связевых элементов (шаг в среднем от 0,3 до 0,5 высоты этажа). Также имеются линейные теплопроводные включения, вызванные формой здания: наружные и внутренние углы здания, балконы, оконные и дверные откосы и цокольные узлы. Для такого большого количества теплопроводных включений, которые в некоторых случаях расположены в перпендикулярных плоскостях, необходимо использовать программы с моделированием нестационарной теплопередачи в трехмерном пространстве. Одной из

таких программ может послужить модуль Simulation, входящий в расчетный комплекс SolidWorks.

В качестве данных для расчета задаются: геометрические характеристики конструкций, теплотехнические показатели материалов и начальная температура модели. Особое внимание необходимо уделить граничным условиям: закономерностям изменения температуры во времени и процессу теплообмена поверхности с окружающей средой.

### Результаты

Для решения поставленной задачи предлагается рассмотреть два характерных узла сопряжения для зданий, выполненных по каркасно-щитовому методу, с двумя видами каркаса: первый выполнен из ЛСТК профилей, второй – из деревянных цельных брусьев.

Первым узлом для расчета был принят внешний узел здания (рис. 1) с высотой этажа 3,0 м и длиной 1,5 м в горизонтальной плоскости.

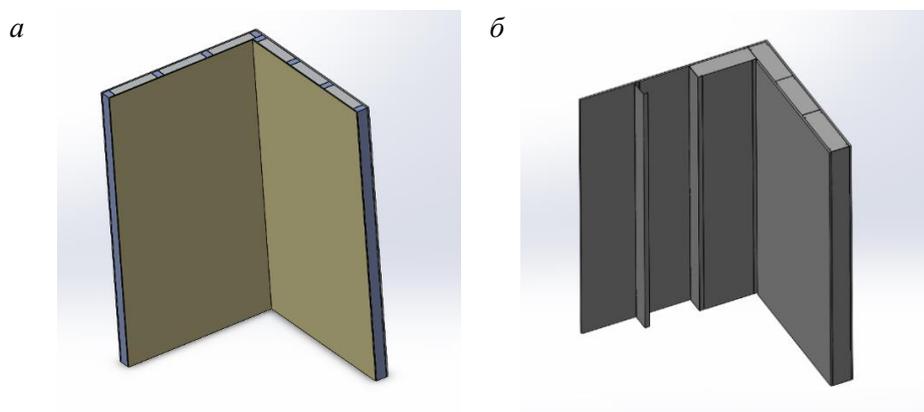


Рис. 1. Визуализация расчетных схем наружного угла здания:

*a* – с деревянным каркасом щитовой панели; *б* – с каркасом щитовой панели, выполненным из ЛСТК профилей (включено частичное отображение схемы)

В модуле Simulation расчетного комплекса SolidWorks было получено распределение температур на внутренней и наружной поверхности рассматриваемых узлов (рис. 2) для пяти циклических суточных циклов с интервалом сохранения данных 150 с.

В результате анализа полученных минимальных и максимальных значений температур на внутренней поверхности во времени была построена схема распределения амплитуд колебания (рис. 3 и 4) для расчетных схем наружного угла здания с ЛСТК и деревянным каркасом щитовой панели.

Наиболее сложным с точки зрения моделирования геометрии и проходящих в модели процессов распределения теплового потока в пространстве и во времени является узел сопряжения перекрытия и наружной стены. Данный узел характерен тем, что панель перекрытия частично перерезает плоскость стены при варианте каркаса щита с ЛСТК профилем, а в случае с деревянным каркасом – с полной разрезкой стены.

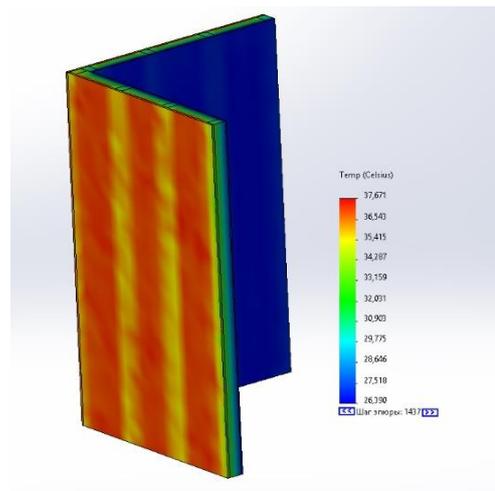


Рис. 2. Визуализация результатов моделирования нестационарного теплового режима для расчетных схем наружного угла здания с деревянным каркасом щитовой панели

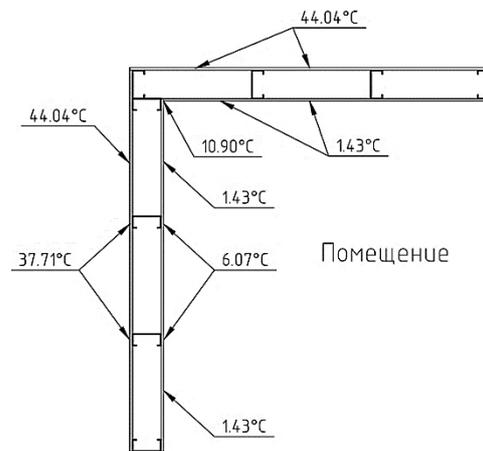


Рис. 3. Значения амплитуд колебания температуры для расчетной схемы наружного угла здания с ЛСТК каркасом щитовой панели

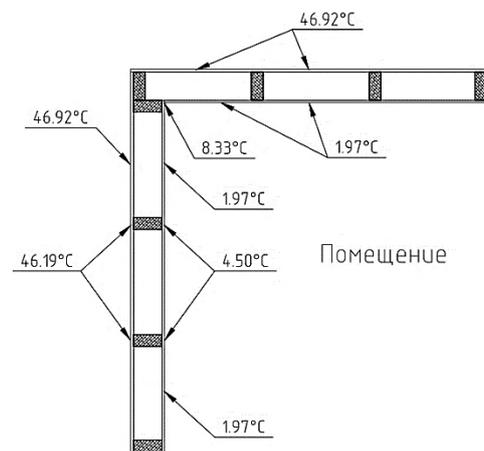


Рис. 4. Значения амплитуд колебания температуры для расчетных схем наружного угла здания с деревянным каркасом щитовой панели

При этом нужно не забывать, что конструкция стены содержит вертикальные стойки щитов и обвязочные элементы периметра каркаса щита. В результате моделирования нестационарного процесса были получены значения температур на поверхностях с распределением во времени. После проведения анализа полученных значений были рассчитаны амплитуды колебания температуры на поверхностях, которые представлены на рис. 5 и 6.

Согласно полученным данным значений амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности каркасных щитов здания в угловой зоне и уровне перекрытия (таблица), можно сделать вывод о большой разнице величин амплитуды в местах теплопроводных включений и основного поля.

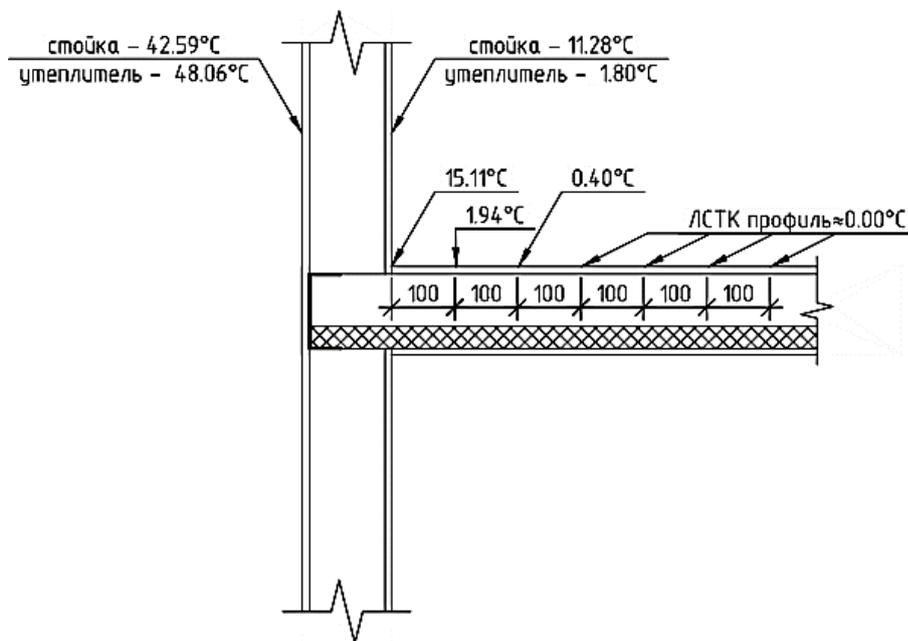


Рис. 5. Значения амплитуды колебания температуры для расчетной схемы сопряжения перекрытия и стены здания с ЛСТК каркасом щитовой панели

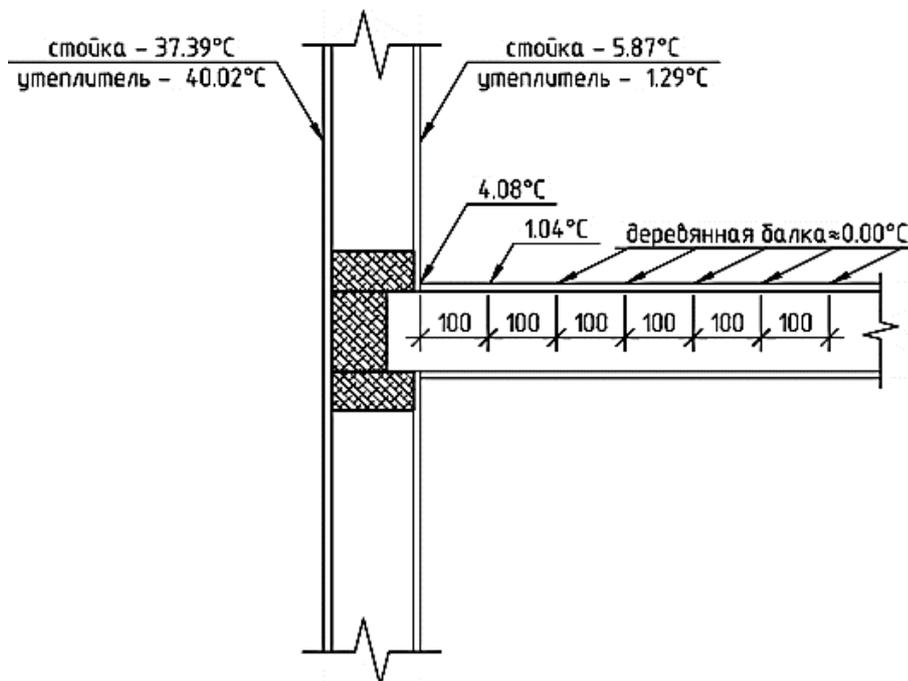


Рис. 6. Значения амплитуды колебания температуры для расчетной схемы сопряжения перекрытия и стены здания с деревянным каркасом щитовой панели

**Значения амплитуды колебания температуры  
узлов сопряжения конструкций**

Местоположение	Амплитуда колебания температуры, °С	
	ЛСТК профиль	Деревянный профиль
Вертикальный угол		
Угловая зона	10,90	8,33
Зона профиля	6,07	4,50
Зона утеплителя	1,43	1,97
Угол сопряжения перекрытия и стены		
Угловая зона	15,11	4,08
Зона профиля	11,28	5,87
Зона утеплителя	1,80	1,29

Возникает резонный вопрос о соответствии данной конструкции нормативным требованиям СП 50.13330.2012 в части теплоустойчивости и о том, какое значение амплитуды колебания температуры на поверхности брать за нормируемый показатель.

**Заключение**

Согласно общепринятой методике СП 50.13330.2012, расчетное значение амплитуды колебания на внутренней поверхности не зависит от материала каркаса щитов, при этом амплитуда рассчитывается по зоне утеплителя, и её значение для данной конструкции составит 1,83 °С. Максимально допустимое нормативное значение амплитуды колебания с учетом климатических показателей соответствует 2,38 °С, таким образом, данная конструкция в зоне утеплителя удовлетворяет требованиям норм. Но, согласно рассчитанным значениям амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности и в местах теплопроводных включений (таблица), установлено превышение в 8 раз для щитов из ЛСТК профиля и в 4 раза для деревянных профилей значения амплитуды по сравнению с зоной утеплителя. При этом в зоне теплопроводных включений данная конструкция превышает максимально допустимое нормативное значение в 5 и 3 раза для ЛСТК и деревянных профилей соответственно, что не удовлетворяет нормативным требованиям.

Одним из вариантов нормирования максимально допустимой амплитуды колебания температуры на поверхности может послужить приведенное значение амплитуды колебания температуры. Предлагается данное значение рассчитывать с учетом линейных и точечных теплопроводных включений по аналогии с приведенным сопротивлением теплопередаче ограждающих конструкций.

Для щитовых каркасов из ЛСТК профиля приведенное значение амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности составило 5,97 °С, а для деревянных профилей – 3,31 °С. Как видно, обе эти конструкции не удовлетворяют требованиям теплоустойчивости с учетом теплопроводных включений и требуют доработки конструктивного решения для климатических условий средней и южной полосы стран СНГ.

Также необходимо отметить, что при анализе распределения температуры во времени исследуемой модели узла сопряжения перекрытия и стены

были выявлены колебания температуры и в конструкции перекрытия. Так для каркасных зданий из щитов, выполненных из ЛСТК профиля, зона колебания температуры вызвала возмущение на расстояние около 200 мм в глубь помещения. Для каркасных зданий, выполненных из щитов с деревянным каркасом, зона возмущения составила примерно 100 мм. В дальнейших расчетах данную зону рекомендуется учитывать как дополнительную нагрузку на систему кондиционирования в летний период года.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Матехина О.В.* Современное состояние жилого фонда и вопросы его реконструкции // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. 2017. № 2(20). С. 21–24.
2. *Винюкова И.Н.* Ветхий и аварийный жилой фонд: проблемы и перспективы // Наука и инновации в строительстве : сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В.Г. Шухова), Белгород, 17 апреля 2018 г. Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2018. С. 140–144.
3. *Чайка Д.А., Юхнина А.А.* Особенности применения технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) в современном строительстве // Молодежь и научно-технический прогресс : сборник докладов XII Международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых. В 3 томах. Губкин, 18 апреля 2019 г. Губкин : ООО«Ассистент плюс», 2019. С. 423–427.
4. *Тналиева З.К.* Исследование методов проектирования и строительства быстровозводимых зданий из ЛСТК // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования : материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 28–29 апреля 2020 г. / под общ. ред. Т.В. Золиной. Астрахань : Астраханский государственный архитектурно-строительный университет, 2020. С. 528–534.
5. *Безбородов Е.Л.* Влияние перфорации на теплотехнические характеристики «термопрофилей» легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) // Инновации и инвестиции. 2019. № 2. С. 191–194.
6. *Решетников А.А., Корнет В.Ю., Леонова Д.А.* Анализ экономического преимущества перекрытия из ЛСТК перед деревянным // Инженерный вестник Дона. 2018. № 3 (50). С. 123.
7. *Нефедова А.В., Немова Д.В.* Технология термокаркаса для ограждающих конструкций // AlfaBuild. 2018. № 4 (6). С. 126–134. DOI 10.34910/ALF.6.11
8. *Белоус А.Н., Кулумбегова Л.З., Белоус О.Е.* Определение теплоустойчивости малоинерционных ограждающих конструкций // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 4. С. 112–119. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-4-112-119
9. *Белоус А.Н., Белоус О.Е., Кулумбегова Л.З., Крахин С.В.* Теплоустойчивость наружных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями в летний период года // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2021. Т. 23. № 6. С. 129–142. DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-129-142

#### REFERENCES

1. *Matekhina O.V.* Sovremennoe sostoyanie zhilogo fonda i voprosy ego rekonstruktsii [Current state of housing stock and its renovation]. *Vestnik Sibirskogo gosudarstvennogo industrial'nogo universiteta*. 2017. No. 2 (20). Pp. 21–24. (rus)
2. *Vinyukova I.N.* Vekhii i avariinyi zhiloi fond: problemy i perspektivy [Unsafe and dilapidated housing: Problems and prospects]. In: *Nauka i innovatsii v stroitel'stve sbornik докладов Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii (k 165-letiyu so dnya rozhdeniya V.G. Shukhova) (Proc. Sci. Conf. 'Science and Innovations in Construction')*. Belgorod, 2018. Pp. 140–144. (rus)

3. Chaika D.A., Yukhnina A.A. Osobennosti primeneniya tekhnologii legkikh stal'nykh tonkostennykh konstruksii v sovremennom stroitel'stve [Application of light gauge steel framing in modern construction]. In: Molodezh' i nauchno-tekhnicheskii progress: sbornik dokladov XII Mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii studentov, aspirantov i molodykh uchenykh (Proc. 12th Int. Sci. Conf. 'Youth and Technological Development'), in 3 vol., Gubkin: Assistent plyus, 2019. Pp. 423–427. (rus)
4. Tnalieva Z.K. Issledovanie metodov proektirovaniya i stroitel'stva bystrovozvodimykh zdaniy iz LSTK [Design methods for construction of quickly-mounted frame-supporting buildings]. In: Potentsial intellektual'no odarennoi molodezhi – razvitiyu nauki i obrazovaniya: materialy IX Mezhdunarodnogo nauchnogo foruma molodykh uchenykh, innovatorov, studentov i shkol'nikov (Proc. 9th Int. Sci. Forum of Young Scientists, Entrepreneurs, Students, and Schoolchildren 'The Potential of Intellectually Gifted Young People for the Development of Science and Education'). T.V. Zolina, ed., Astrakhan, 2020. Pp. 528–534. (rus)
5. Bezborodov E.L. Vliyanie perforatsii na teplotekhnicheskie kharakteristiki "termoprofilei" legkikh stal'nykh tonkostennykh konstruksii [Perforation effect on thermal profile performance of light gauge steel framing]. *Innovatsii i investitsii*. 2019. No. 2. Pp. 191–194. (rus)
6. Reshetnikov A.A., Kornet V.Yu., Leonova D.A. Analiz ekonomicheskogo preimushchestva perekrytiya iz LSTK pered derevyannym [Analysis of economic advantages of light gauge steel framing over a timber frame]. *Inzhenernyi vestnik Dona*. 2018. No. 3 (50). Pp. 123. (rus)
7. Nefedova A.V., Nemova D.V. Tekhnologiya termokarkasa dlya ograzhdayushchikh konstruksii [Thermal framework for building envelopes]. *AlfaBuild*. 2018. No. 4 (6). Pp. 126–134. DOI: 10.34910/ALF.6.11 (rus)
8. Belous A.N., Kulumbegova L.Z., Belous O.E. Opredelenie teploustoichivosti maloinertsiionnykh ograzhdayushchikh konstruksii [Heat stability of low-inertia building envelopes]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2021. V. 23. No. 4. Pp. 112–119. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-4-112-119 (rus)
9. Belous A.N., Belous O.E., Kulumbegova L.Z., Krakhin S.V. Teploustoichivost' naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruksii s teploprovodnymi vklucheniymi v letnii period goda [Thermal resistance of building envelopes with heat-conducting elements in summer period]. *Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture*. 2020. V. 23. No. 6. Pp. 129–142. DOI: 10.31675/1607-1859-2021-23-6-129-142 (rus)

#### Сведения об авторах

Белоус Алексей Николаевич, канд. техн. наук, доцент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2, us28@ya.ru

Белоус Ольга Евгениевна, ассистент, Донбасская национальная академия строительства и архитектуры, 286123, Донецкая Народная Республика, г. Макеевка, ул. Державина, 2, ol-0929@mail.ru

Кулумбегова Лонда Зауровна, ст. преподаватель, Юго-Осетинский государственный университет им. А.А. Тибилова, 100001, Республика Южная Осетия, г. Цхинвал, ул. Путина (бывшая ул. Московская), 8, londalonda1965@mail.ru

#### Authors Details

Aleksei N. Belous, PhD, A/Professor, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavin Str., 86123, Makeevka, Donetsk People's Republic, us28@ya.ru

Ol'ga E. Belous, Assistant Lecturer, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture, 2, Derzhavin Str., 86123, Makeevka, Donetsk People's Republic, ol-0929@mail.ru

Londa Z. Kulumbegova, Senior Lecturer, The South Ossetian State University, 8, Putin Str., 100001, Tskhinvali, Republic of South Ossetia