

УДК 699.866

**А. Н. БЕЛОУС, Э. А. ЛОЗИНСКИЙ, О. Е. БЕЛОУС**

ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры»

**СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНЫХ  
ВКЛЮЧЕНИЙ НА АМПЛИТУДУ КОЛЕБАНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ  
ВНУТРЕННЕЙ ПОВЕРХНОСТИ В ЛЕТНИЙ ПЕРИОД**

**Аннотация.** В статье рассматривается вопрос теплоустойчивости наружных ограждающих конструкций жилых зданий, выполненных по каркасно-щитовой схеме. Одной из особенностей каркасно-щитовых зданий является большая степень неоднородности наружных ограждающих конструкций. В щитах находится большое количество стоек, ригелей, перемычек а также связевых элементов. При этом не стоит забывать про линейные теплопроводные включения, вызванные формой здания – наружные и внутренние углы здания, балконы, оконные и дверные откосы и цокольные узлы. Были рассмотрены два характерных узла сопряжения для зданий, выполненных по каркасно-щитовому методу, с двумя видами каркаса: из ЛСТК профилей и из деревянных цельных брусев. В результате анализа 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.

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

**АКТУАЛЬНОСТЬ РАБОТЫ**

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.

Одним 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. Зачастую при возведении зданий, не зная тонкостей полного технологического цикла или не пройдя обучения в фирме, специализирующейся на соответствующей технологии, начинается повсеместное 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, 6, 7] как по несущей, так и теплоизоляционной способности, полученные результаты исследования характерны для зимнего периода года. Однако, как говорилось 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 РАБОТЫ

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  $A_r^p$ , °С, определяемого по формуле

$$A_r^p = 2,5 - 0,1 \cdot (t_n - 21), \quad (1)$$

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, таким образом предлагается расчет наружных ограждающих каркасных щитов рассчитывать согласно методике, предложенной в [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). Не стоит и забывать про 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: закономерности изменения температуры во времени и процессу теплообмена поверхности с окружающей средой.

### РЕЗУЛЬТАТЫ

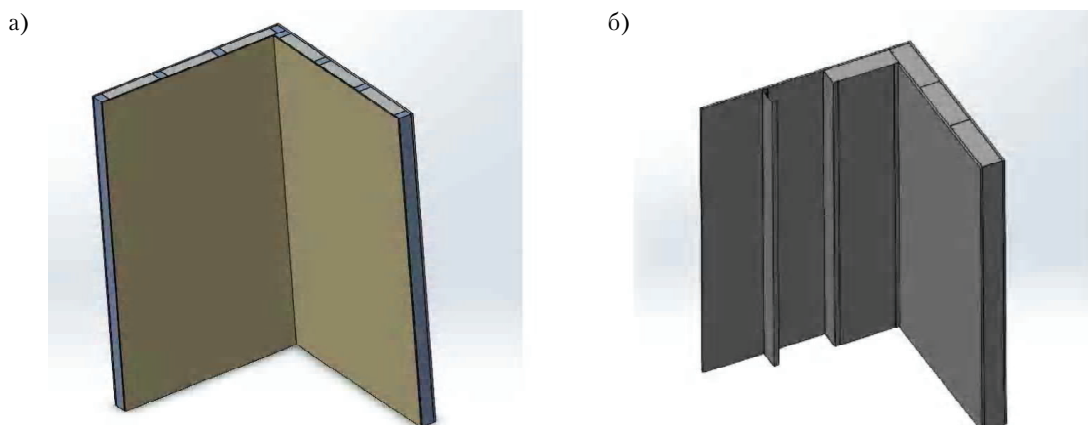
С целью решения поставленной задачи предлагается рассмотреть два характерных узла сопряжения для зданий, выполнен по каркасно-щитовому методу, с двумя видами каркаса: первый выполненный из ЛСТК профилей, второй – из деревянных цельных брусев.

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

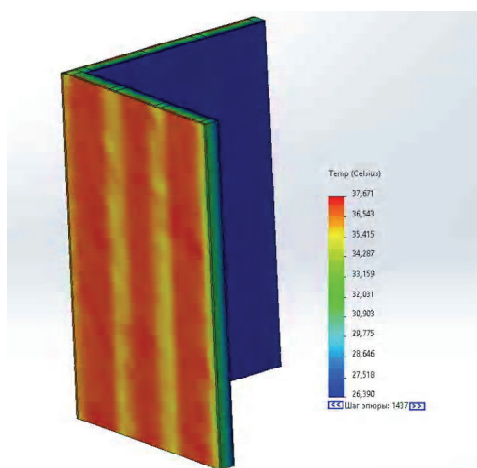
В результате анализа полученных минимальных и максимальных значений температур на внутренней поверхности во времени была построена схема распределения амплитуд колебания для расчетных схем наружного угла здания с ЛСТК и деревянным каркасом щитовой панели.

Наиболее сложным с учетом 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.

При этом необходимо 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. Произведя анализ полученных значений, были рассчитаны амплитуды колебания температур на поверхностях, которые представлены на рис. 3 и 4.



**Рисунок 1** – Визуализация расчетных схем наружного угла здания: а) с деревянным каркасом щитовой панели; б) с каркасом щитовой панели, выполненным из ЛСТК профилей (включено частичное отображение схемы).



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

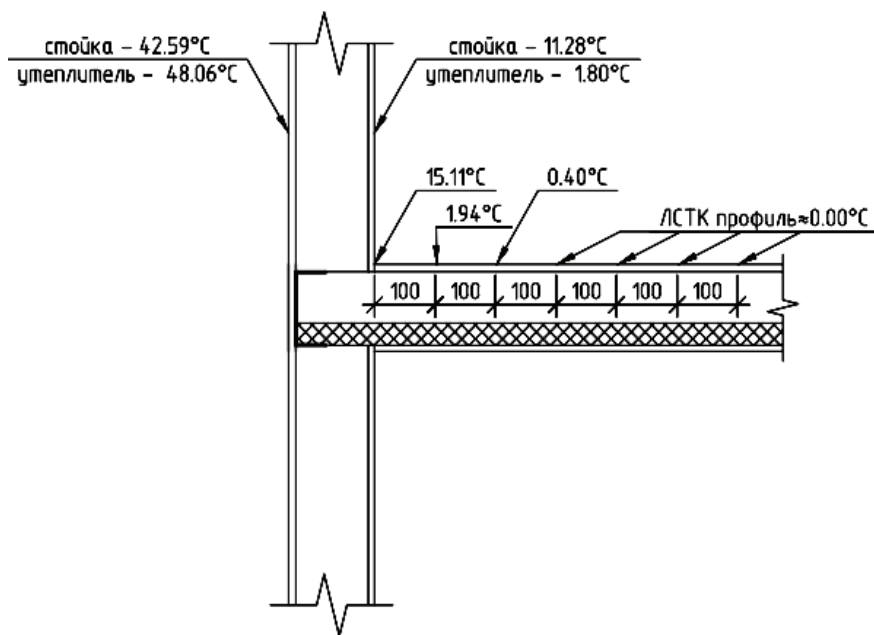
## ВЫВОДЫ

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.

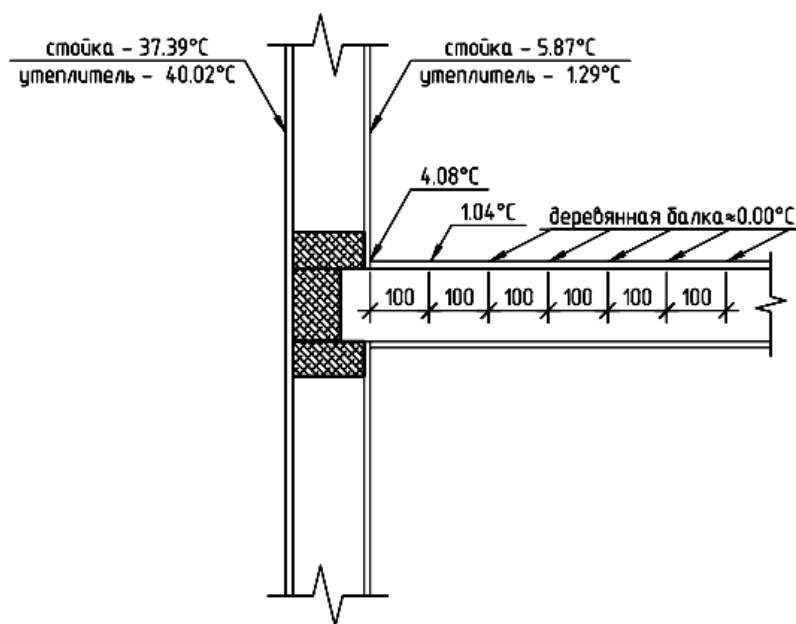
Соответственно возникает резонный вопрос о соответствии данной конструкции нормативным требованиям СП 50.13330.2012 в части теплоустойчивости, и какое значение амплитуды колебания температуры на поверхности брать за нормируемый показатель.

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 значения 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.



**Рисунок 3** – Значения амплитуды колебания температуры для расчетной схемы сопряжения перекрытия и стены здания с ЛСТК каркасом щитовой панели.



**Рисунок 4** – Значения амплитуды колебания температуры для расчетной схемы сопряжения перекрытия и стены здания с деревянным каркасом щитовой панели.

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.

**Таблица** – Значения амплитуд 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

Также необходимо отметить, что при анализе распределения температур во времени исследуемой модели узла сопряжения перекрытия и стены было выявлено 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. В дальнейших расчетах данную зону рекомендуется учитывать как дополнительную нагрузку на систему кондиционирования в летний период года.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Матехина, О. В. Современное состояние жилого фонда и вопросы его реконструкции / О. В. Матехина. – Текст : непосредственный // Вестник Сибирского государственного индустриального университета. – 2017. – № 2(20). – С. 21–24.
2. Винюкова, И. Н. Ветхий и аварийный жилой фонд: проблемы и перспективы / И. Н. Винюкова. – Текст : непосредственный // Наука и инновации в строительстве : сборник докладов Международной научно-практической конференции (к 165-летию со дня рождения В. Г. Шухова), Белгород, 17 апреля 2018 года. – Белгород : Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова, 2018. – С. 140–144.
3. Чайка, Д. А. Особенности применения технологии легких стальных тонкостенных конструкций (ЛСТК) в современном строительстве. – Текст : непосредственный / Д. А. Чайка, А. А. Юхнина // Молодежь и научно-технический прогресс : сборник докладов XII международной научно-практической конференции студентов, аспирантов и молодых ученых : в 3 т., Губкин, 18 апреля 2019 года. – Губкин : ООО «Ассистент плюс», 2019. – С. 423–427.
4. Тналиева, З. К. Исследование методов проектирования и строительства быстровозводимых зданий из ЛСТК / З. К. Тналиева. – Текст : непосредственный // Потенциал интеллектуально одарённой молодежи – развитию науки и образования : материалы IX Международного научного форума молодых ученых, инноваторов, студентов и школьников, Астрахань, 28–29 апреля 2020 года / под общей редакцией 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) / Е. Л. Безбородов. – Текст : непосредственный // Инновации и инвестиции. – 2019. – № 2. – С. 191–194.
6. Решетников, А. А. Анализ экономического преимущества перекрытия из ЛСТК перед деревянным / А. А. Решетников, В. Ю. Корнет, Д. А. Леонова. – Текст : непосредственный // Инженерный вестник Дона. – 2018. – № 3(50). – С. 123.
7. Нефедова, А. В. Технология Термокаркаса для Ограждающих Конструкций / А. В. Нефедова, Д. В. Немова. – DOI 10.34910/ALF6.11. – Текст : электронный // AlfaBuild. – 2018. – № 4(6). – С. 126–134. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_44907682\\_11216409.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_44907682_11216409.pdf) (дата обращения: 12.04.2022).
8. Белоус, А. Н. Определение теплоустойчивости малоинерционных ограждающих конструкций / А. Н. Белоус, Л. З. Кулумбегова, О. Е. Белоус. – DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-4-112-119. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – Том 23, № 4. – С. 112–119. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_46443609\\_16543404.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_46443609_16543404.pdf) (дата обращения: 12.04.2022).
9. Теплоустойчивость наружных ограждающих конструкций с теплопроводными включениями в летний период года / А. Н. Белоус, О. Е. Белоус, Л. З. Кулумбегова, С. В. Крахин. – DOI 10.31675/1607-1859-2021-23-6-129-142. – Текст : электронный // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. – 2021. – Том 23, № 6. – С. 129–142. – URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_47394889\\_83766000.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_47394889_83766000.pdf) (дата обращения: 12.04.2022).

Получена 14.03.2022

О. М. БІЛОУС, Е. О. ЛОЗИНСЬКИЙ, О. Є. БІЛОУС  
ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ ВПЛИВУ ТЕПЛОПРОВІДНИХ ВКЛЮЧЕНЬ НА  
АМПЛІТУДУ КОЛИВАННЯ ТЕМПЕРАТУРИ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ В  
ЛІТНІЙ ПЕРІОД  
ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури»

**Анотація.** У статті розглядається питання теплостійкості зовнішніх конструкцій житлових будівель, виконаних за каркасно-щитовою схемою. Однією з особливостей каркасно-щитових будівель є великий рівень неоднорідності зовнішніх огорожувальних конструкцій. У щитах знаходиться велика кількість стійок, ригелів, перемичок і зв'язкових елементів. При цьому не варто забувати про лінійні теплопровідні включення, що викликані формою будівлі – зовнішні та внутрішні кути будівлі, балкони, віконні та дверні укоси та цокольні вузли. Були розглянуті два характерні вузли сполучення для будівель, виконаних за каркасно-щитовим методом, з двома видами каркасу: з ЛСТК профілів та з дерев'яних цільних брусів. В результаті аналізу отриманих у модулі Simulation програмного комплексу SolidWorks мінімальних та максимальних значень температур на внутрішній поверхні в часі була побудована схема розподілу амплітуд коливання для двох розрахункових схем: зовнішнього кута будівлі та вузла сполучення перекриття та стіни з ЛСТК та дерев'яним каркасом. Встановлено, що у зоні теплопровідних включень конструкція перевищує максимально допустиме нормативне значення у 5 та 3 рази для ЛСТК та дерев'яних профілів відповідно, що не задовольняє нормативним вимогам.

**Ключові слова:** теплостійкість, нестационарний режим, температурне поле, перерозподіл, амплітуда, методика.

ALEKSEI BELOUS, EDUARD LOZINSKY, OLHA BELOUS  
COMPARATIVE ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF HEAT-CONDUCTING  
INCLUSIONS ON THE AMPLITUDE OF FLUCTUATIONS IN THE  
TEMPERATURE OF THE INNER SURFACE IN SUMMER  
Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture

**Abstract.** The article considers the issue of heat resistance of external structures of residential buildings made according to the frame-panel scheme. One of the features of frame-panel buildings is a high level of heterogeneity of external protective structures. The boards have a large number of racks, crossbars, jumpers and connecting elements. At the same time, we should not forget about linear heat-conducting inclusions caused by the shape of the building – external and internal corners of the building, balconies, window and door slopes and basements. Two characteristic junctions for buildings made by the frame-panel method were considered, with two types of frames: LSTK profiles and wooden solid beams. As a result of the analysis of the obtained values, in the Simulation module of the SolidWorks software package, minimum and maximum values of temperatures on the inner surface in time, a scheme of distribution of oscillation amplitudes was constructed for two calculation schemes: the outer corner of the building and the junction of the floor and the wall with LSTK and a wooden frame of the shield panel. It is established that in the zone of heat-conducting inclusions the construction exceeds the maximum allowable normative value by 5 and 3 times for LSTK and wooden profiles, respectively, which does not meet the regulatory requirements.

**Key words:** heat resistance, non-stationary mode, temperature field, redistribution, amplitude, method.

**Белоус Алексей Николаевич** – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования состояния вопроса энергоэффективных конструктивных решений при проектировании и реконструкции зданий.

**Лозинский Эдуард Александрович** – кандидат технических наук, доцент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: развитие методик оценки ветровых воздействий на здания, сооружения и их комплексы, совершенствование методик моделирования натуральных и модельных испытаний зданий и сооружений на ветровое давление.

**Белоус Ольга Евгениевна** – ассистент кафедры проектирования зданий и строительной физики ГОУ ВПО «Донбасская национальная академия строительства и архитектуры». Научные интересы: исследования состояния вопроса энергоэффективных конструктивных решений при проектировании и реконструкции зданий.

**Білоус Олексій Миколайович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДОУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження стану питання енергоефективних конструктивних рішень при проектуванні та реконструкції будівель.

**Лозинський Едуард Олександрович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: розвиток методик оцінки вітрового впливу на будівлі, споруди та їх комплекси, вдосконалення методик моделювання прикордонного шару атмосфери, натурних і модельних випробувань будівель і споруд на вітрове навантаження.

**Білоус Ольга Євгенівна** – кандидат технічних наук, доцент кафедри проектування будівель та будівельної фізики ДООУ ВПО «Донбаська національна академія будівництва і архітектури». Наукові інтереси: дослідження стану питання енергоефективних конструктивних рішень при проектуванні та реконструкції будівель.

**Belous Aleksei** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research on the state of the issue of energy-efficient design solutions in the design and reconstruction of buildings.

**Lozinsky Eduard** – Ph. D. (Eng.), Associate Professor, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of methods for assessing wind impact on buildings, structures and their complexes, improvement of methods for modeling the atmospheric boundary layer, fullscale and model tests of buildings and structures for wind load.

**Belous Olha** – Ph. D. (Eng.), Assistant, Building Design and Construction Physics Department, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: research on the state of the issue of energy-efficient design solutions in the design and reconstruction of buildings.