



ЕФЕКТИВНІСТЬ ФРАГМЕНТАРНОЇ ЗКРПЛЕНОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ ЗОВНІШНІХ СТІН

М. В. Тимофеев, С. О. Сахновська, С. М. Боклаг, А. І. Петуніна

*Донбаська національна академія будівництва і архітектури,
вул. Державіна, 2, м. Макіївка, Донецька область, Україна, 86123.*

E-mail: temofeev_mv@mail.ru

Отримана 6 квітня 2011; прийнята 27 травня 2011.

Анотація. В даний час для поліпшення мікрокліматичних параметрів приміщень мешканцями квартир багатоповерхових будівель проводиться самостійне утеплення зовнішніх стін. Виконується це в окремих квартирах або зсередини або зовні приміщення. Такі роботи виконуються без проектної опрацювання та необхідних теплотехнічних розрахунків. Тому не враховуються негативні наслідки першого способу, пов'язані з паропроникністю внутрішнього шару, і недостатня ефективність другого. Такі види робіт заборонені новими нормативними документами з виконання ремонтних робіт та реконструкції будівель. Відсутність наочних результатів досліджень, здатних у демонстративній формі вказати на недоцільність виконуваних такого виду робіт, є однією з причин теперішнього стану справ. У даній роботі розглянуті основні конструктивні способи внутрішнього і зовнішнього фрагментарного утеплення зовнішніх стін. На підставі чисельного моделювання температурних полів характерного стику стіни з перекриттям визначені мінімальні температури в кутах стиків, знайдені значення лінійних коефіцієнтів і наведених опору теплопередачі. Виявлено неефективність фрагментарного утеплення стін для утеплених і незначне поліпшення температурних показників в прилеглих квартирах. Доведена ефективність зовнішнього утеплення стін, коли термомодернізації піддається вся поверхня стіни.

Ключові слова: чисельне моделювання, температурне поле, опір теплопередачі, утеплення стін.

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ФРАГМЕНТАРНОЙ СКРЕПЛЕННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИИ НАРУЖНЫХ СТЕН

Н. В. Тимофеев, С. А. Сахновская, С. М. Боклаг, А. И. Петуніна

*Донбасская национальная академия строительства и архитектуры,
ул. Державина, 2, г. Макеевка, Донецкая область, Украина, 86123.*

E-mail: temofeev_mv@mail.ru

Получена 6 апреля 2011; принята 27 мая 2011.

Аннотация. В настоящее время для улучшения микроклиматических параметров помещений жильцами квартир многоэтажных зданий производится самостоятельное утепление наружных стен. Выполняется это в отдельных квартирах либо изнутри, либо снаружи помещения. Такие работы производятся без проектной проработки и необходимых теплотехнических расчетов. Поэтому не учитываются негативные последствия первого способа, связанные с паропроницаемостью внутреннего слоя, и недостаточная эффективность второго. Такие виды работ запрещены новыми нормативными документами по выполнению ремонтных работ и реконструкции зданий. Отсутствие наглядных результатов исследований, способных в демонстративной форме указать на нецелесообразность выполняемых такого вида работ, является одной из причин теперешнего состояния дел. В данной работе рассмотрены основные конструктивные способы внутреннего и наружного фрагментарного утепления наружных стен. На основании численного моделирования температурных полей характерного стыка

стены с перекрытием определены минимальные температуры в углах стыков, найдены значения линейных коэффициентов и приведенных сопротивлений теплопередаче. Выявлена неэффективность фрагментарного утепления стен для утепленных и незначительное улучшение температурных показателей в прилежащих квартирах. Доказана эффективность наружного утепления стен, когда термомодернизации подвергается вся поверхность стены.

Ключевые слова: численное моделирование, температурное поле, сопротивление теплопередаче, утепление стен.

THE EFFICIENCY OF FRAGMENTARY HEAT INSULATION OF EXTERNAL WALLS

Tymofeyev Mykola, Sahnovskaja Svetlana, Boklag Svetlana, Petunina Anastasija

*Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture,
2, Derzhavina Str., Makiivka, Donetsk Region, Ukraine, 86123.*

E-mail: temofeev_mv@mail.ru

Received 6 April 2011; accepted 27 May 2011.

Abstract. Nowadays to improve the microclimatic parameters of the houses tenants of apartments of multi-storey buildings warm external walls by themselves. This is done in some apartments either from inside or outside the buildings. Such works are carried out without a project and any necessary thermo technical calculations. Therefore, they do not consider the negative consequences of the first method, related to the vapor permeability of the inner layer, and the low effectiveness of the second one. Such types of work are prohibited by new normative documents on fulfillment of repair works and reconstruction of buildings. The absence of obvious results of research, capable in demonstrative form to indicate the impracticability of such kind of works, is one of the reasons for the current state of affairs. In this paper, we have considered the basic constructive ways of inner and outer fragmentary warming of external walls. On the basis of numerical modeling of temperature fields of characteristic match of the walls to the ceiling the minimum temperature in the corners of the joints is defined, values of linear coefficients and the heat resistance are found. The inefficiency of fragmentary wall heat insulation for heat-insulated flats and a slight improvement of temperature characteristics in the adjacent apartments are found. The efficacy of external thermal insulation of walls is proved, when the entire surface of the walls is thermo-modernized.

Keywords: numerical simulation of the temperature field, thermal resistance, heat insulation of walls.

Актуальность темы

Обеспечение комфортных условий проживания в помещениях зданий советского периода строительства в масштабах всей страны есть долгосрочная перспектива. Фрагментарное утепление наружных стен, как выход из положения, осуществляется самостоятельно владельцами квартир, в основном, двумя способами: изнутри и снаружи помещения. Теплофизические недостатки первого широко известны, поэтому считается, что второй способ, более правильный. В

Донбассе немало примеров такого (см. рис. 1) утепления. Но они также не сопровождаются научным анализом, выполняются без проектной проработки и требуют практических рекомендаций. Утепление стен (в одной или нескольких квартирах) нарушает запрет ДБН В.3.2-2-2009 [1] на такой вид работ, а к тому же не гарантирует достижения должного эффекта в утепленном помещении и может привести к дискомфорту в соседних квартирах. Ввиду актуальности этой проблемы, потребовалось научное исследование, которое является целью данной работы.

Постановка задачі

Виявить ефект утепления возможно на основании численного моделирования температурных полей. Исследовался стык торцевой стены с междуэтажным перекрытием в крупноблочном здании серии 87-Б. О натуральных наблюдениях такого здания сообщалось ранее [2, 3].

Рассматривалась неутепленная торцевая стена существующего здания (вариант 1), а также семь основных вариантов утепления: изнутри в нижней квартире (2); изнутри в верхней квартире (3); изнутри в смежных квартирах (4); изнутри в смежных квартирах с дополнительным утеплением в конструкции пола и потолка (5); снаружи в нижней квартире (6); снаружи в верхней квартире (7); снаружи всего здания (8). Моделирование температурных полей велось по программе THERM.6.0, протестированной согласно [4, 5], о чем сообщалось в [6]. Расчет линейных коэффициентов и приведенных сопротивлений теплопередаче выполнялся по методике [7–9] и с учетом работ других авторов [10–12].

Решение задачі

Результаты моделирования по варианту 1 приведены на рис. 2. В конструкции стены (характеристики материалов даны в табл. 1) зафиксировано равномерное температурное поле.

Минимальные температуры в узлах пола и потолка составляют соответственно 14,0 и 14,3 °С, что свидетельствует о невозможности конденсата в указанных местах для расчетных условий ($t_g = 20\text{ °С}$, $\phi_g = 55\%$, $t_3 = -22\text{ °С}$), когда температура точки росы равна 10,7 °С. Сопротивление теплопередаче стены по основному полю составило 0,809 м²К/Вт, а приведенное – 0,705 м²К/Вт.

В последующих вариантах применялось дополнительное утепление материалом DANFly (изнутри) и DAN Fas (снаружи), имеющих одинаковую теплопроводность $\lambda = 0,045\text{ Вт/(м·К)}$. При внешнем утеплении в качестве наружного слоя принималась штукатурка по системе CERESIT. Пример численного моделирования по фрагментарному наружному утеплению (вариант 6) и сплошному утеплению (вариант 9) показан на рис. 3.

а)



б)



Рисунок 1. Примеры фрагментарного наружного утепления стен в городе Макеевке: а – в одной, б – в двух квартирах.

Таблица 1. Характеристики слоев варианта 1

№	Наименование слоя	Толщина, δ , м	Плотность, ρ , кг/м ³	Теплопроводность, λ , Вт/(м·К)
1	Блоки шлакопемзобетонные	0,4	1600	0,63
2	Железобетонная плита	0,22	2500	2,04
3	Засыпка из шлака доменного	0,06	350	0,19
4	Цементно-песчаный раствор	0,015	1800	0,81
5	Плитка ПВХ	0,005	1200	0,21
6	Известково-песчаный раствор	0,015	1600	0,93

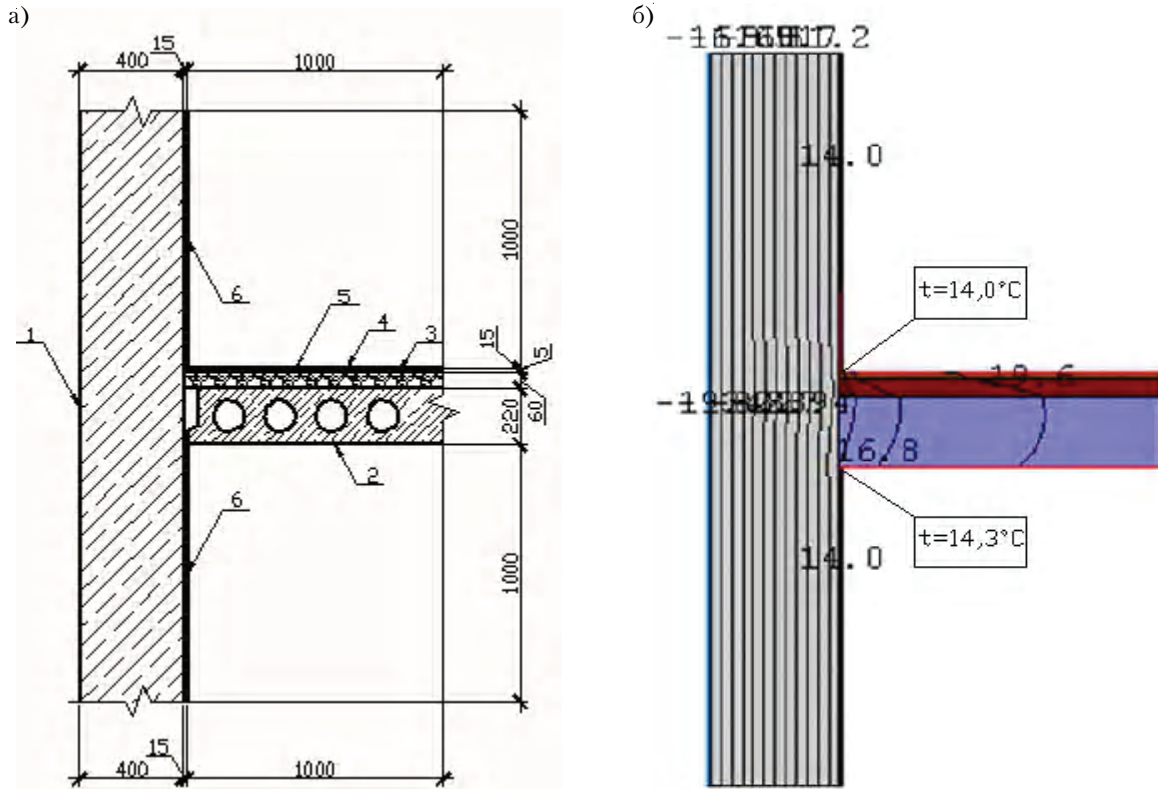


Рисунок 2. Конструктивное решение узла (а) и температурное поле (б).

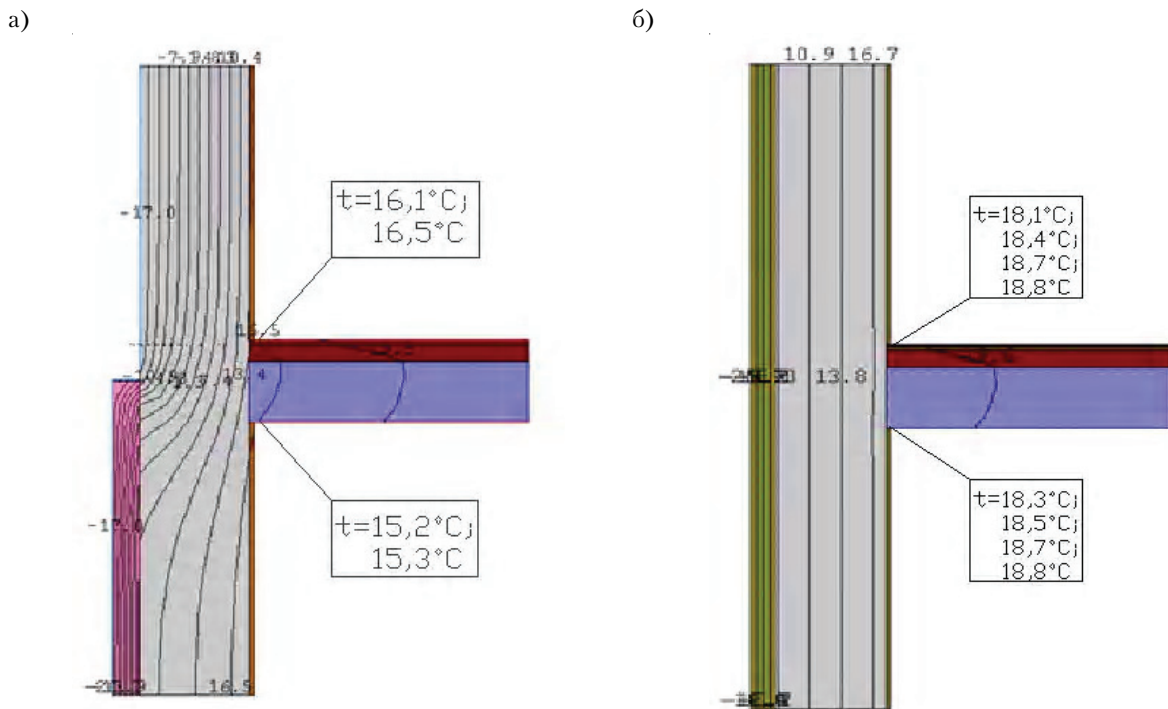


Рисунок 3. Результаты численного моделирования: а – вариант 6, б – вариант 9.

Перед моделированием вычислялось значение сопротивления теплопередаче по основному полю (R_{Σ}). По результатам моделирования фиксировалось значение минимальной температуры (τ_{min}) в местах стыка стены с перекрытием, вычислялось значение линейного коэффициента (k) и приведенного сопротивления теплопередаче ($R_{\Sigma np}$). Результаты моделирования и расчетов приведены в табл. 2.

Утепление стены изнутри (варианты 3, 4) приводит к снижению температуры в углах, по сравнению с вариантом 1. Это свидетельствует о стоковых явлениях, и чем больше толщина внутреннего утепления, тем ближе значение температур в этих местах к точке росы. Приведенное сопротивление не соответствует нормативным требованиям для термомодернизируемых зданий в первой температурной зоне ($Rq_{min} = 2,24 \text{ м}^2\text{К/Вт}$), а линейные коэффициенты незначительно уменьшаются. Конструктивно убрать этот дефект можно только, если ввести дополнительное утепление (горизонтальными утепляющими слоями) в конструкции пола и подвесного потолка (вариант 5). В качестве утеплителя принимался экструдированный пенополистирол толщиной 20 мм и шириною 300 мм. Теоретически ширина этой полосы равна 2 калибра.

Фрагментарное утепление в одной из квартир (варианты 6 и 7) всего на 0,8–1,3 °С повыша-

ют температуру в углах, а приведенное сопротивление увеличивается только на 0,34 м²К/Вт. Подтверждена эффективность утепления снаружи (вариант 8). Уже при толщине утеплителя 80 мм требования норм выполняются.

Выводы

1. Утепление только в одной квартире приводит к искажению температурных полей и может вызвать негативные явления в смежных квартирах. Это относится как к внутреннему, так и наружному фрагментарному утеплению стен.
2. При внутреннем утеплении для увеличения эффекта утепления и предупреждения стоковых явлений в местах стыка утеплителя и перекрытия следует располагать дополнительные утепляющие слои в конструкции пола и потолка, геометрические параметры которых устанавливаются дополнительным расчетом. Следует обязательно устраивать слой пароизоляции на наружной поверхности утеплителя. Его материал и конструктивное решение не должны иметь неплотностей, щелей и других путей проникновения пара.
3. Термомодернизация должна осуществляться снаружи для всей плоскости стены и сопровождаться численным моделированием температурных полей с расчетом приведенных сопротивлений теплопередаче.

Таблица 2. Результаты моделирования и расчетов рассмотренных вариантов утепления.

№ варианта	Схема утепления	δ_{yt} , м	R_{Σ} , м ² ·К/Вт	τ_{min} , °С	k , Вт/(м·К)	$R_{\Sigma np}$, м ² ·К/Вт
1	Без утепления	-	0,809	14,0	0,79	0,705
2	Утепление изнутри (нижняя квартира)	0,05	1,871	13,2	0,71	0,929
		0,1	2,871	13,0	0,73	0,994
3	Утепление изнутри (верхняя квартира)	0,05	1,871	13,4	0,75	0,913
		0,1	2,871	13,0	0,70	1,01
4	Утепление изнутри (обе квартиры)	0,05	1,871	12,0	0,67	1,32
		0,1	2,871	11,8	0,65	1,71
5	Тоже, с утеплением в конструкции пола и потолка	0,05	1,871	16,8	0,63	1,35
		0,1	2,871	17,3	0,57	1,812
6	Утепление снаружи (нижняя квартира)	0,1	3,032	15,2	0,6750	1,024
		0,12	3,476	15,3	0,6759	1,045
7	Утепление снаружи (верхняя квартира)	0,1	3,032	14,8	0,6785	1,022
		0,12	3,476	15,3	0,6847	1,041
8	Утепление снаружи	0,08	2,587	18,1	0,24	2,267
		0,1	3,032	18,4	0,21	2,640

Литература

1. Житлові будинки. Реконструкція та капітальний ремонт : ДБН В.3.2-2-2009. – [Чинні від 2010-01-01]. – К. : Держбуд України, 2010. – 17 с.
2. Тимофеев, М. В. Термомодернізація будинків серії 87 / М. В. Тимофеев, С. О. Сахновська // Збірник наукових праць / НДІБК. – К. : Вид-во «ЛОГОС», 2008. – С. 42–45.
3. Тимофеев, М. В. Підвищення енергоефективності будинку серії 87-Б при термомодернізації / М. В. Тимофеев, С. О. Сахновська, В. А. Осипенков // Реконструкція житла : науково-виробниче видання / Державний комітет України з питань житлово-комунального господарства, Державний науково-дослідний та проектно-вишукувальний ін-т «НДІпроектреконструкція». – Вип. 11. – К. : [б. в.], 2009. – С. 45–50.
4. Теплопроводі включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплового потоку та поверхневої температури. Частина 1. Загальні методи : DSTU ISO 12 02 11 – 1:2005. – [Чинний від 2008-03-01]. – К. : Держбуд України, 2008. – 38 с.
5. Теплопроводі включення в будівельних конструкціях. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення : DSTU ISO 12 02 11- 2:2005. – [Чинний від 2008-03-01]. – К. : Держбуд України, 2008. – 12 с.
6. Боклаг, С. М. Численное моделирование узлов утепления наружных стен / С. М. Боклаг, А. И. Петуніна // Научно-техническое творчество молодежи – путь к обществу, основанному на знаниях : сб. науч. докладов II Межд. научно-практ. конф. / Моск. гос. строит. ун-т [и др.]. – М. : МГСУ, 2010. – С. 55–56.
7. Конструкції будинків та споруд. Теплова ізоляція будівель : ДБН В.2.6-31:2006. – [Чинні від 2007-04-01]. – К. : Держбуд України, 2006. – 71 с.
8. Тимофеев, М. В. Розрахунки теплової ізоляції будівель : Навчальний посібник / М. В. Тимофеев, Г. Г. Фаренюк. – Донецьк-Макіївка : Норд-Прес, ДонНАБА, 2009. – 74 с.
9. Фаренюк, Г. Г. Теплоізоляція будівель в площині нової нормативно-технічної бази / Г. Г. Фаренюк // Нові технології в будівництві. 2007. – № 1(13). – С. 15–20.
10. Черных, Л. Ф. Методика расчета теплового режима наружных ограждающих конструкций сельскохозяйственных зданий / Л. Ф. Черных, Б. Х. Драгонов, А. Р. Ферт. – К. : УСХА, 1991. – 126 с.
11. Гагарин, В. Г. Теплотехнические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий / В. Г. Гагарин // ACADEMIA. Архитектура и строительство. – 2009. – № 5. – С. 297–305.
12. Монастырев, П. В. Технология устройства дополнительной теплозащиты стен жилых зданий : учебное пособие / П. В. Монастырев. – М. : Изд-во АСВ, 2002. – 160 с.

References

1. Dwelling buildings. Reconstruction and major repairs: DBN B.3.2-2-2009. Kyiv: Derzhbud Ukrainy, 2010. 17 p. (in Ukrainian)
2. Tymofieiev, M. V.; Sahnovska, S. O. Thermal modernization of buildings of 87 series. Scientific works. Kyiv: Vyd-vo "LOGOS", 2008, p. 42–45. (in Ukrainian)
3. Tymofieiev, M. V.; Sahnovska, S. O.; Osipenkov, V. A. Increase of energetic efficiency of houses of series 87-B while thermal modernizing. *Reconstruction of accommodation: scientific industrial edition*, Vol. 11, Kyiv, 2009, p. 45–50. (in Ukrainian)
4. Heat conduction connections in constructions. Calculation of heat flow and upper temperature. Part 1. General methods: DSTU ISO 12 02 11-1:2005. Kyiv: Derzhbud Ukrainy, 2008. 38 p. (in Ukrainian)
5. Heat conduction connections in constructions. Part 2. Linear heat conduction connections: DSTU ISO 12 02 11-2:2005. Kyiv: Derzhbud Ukrainy, 2008. 12 p. (in Ukrainian)
6. Boklag, S. M.; Petunyna, A. Y. Digital simulation of knots of outside walls warming. Scientific reports of the II International scientific practical conference "Scientific technical creativity of youth is a way to the society based on knowledge". Moscow: MGSU, 2010, p. 55–56. (in Russian)
7. Structures of houses and constructions. Heat insulation of buildings: DBN B.2.6-31:2006. Kyiv: Derzhbud Ukrainy, 2006. 71 p. (in Ukrainian)
8. Tymofieiev, M. V.; Farenjuk, G. G. Calculations of heat insulation of buildings. Course book. Donetsk-Makiivka: Nord-Pres, DonNABA, 2009. 74 p. (in Ukrainian)
9. Farenjuk, G. G. Heat insulation viewed from a new norm technical data base. *New technologies in engineering*, 2007, № 1(13), p. 15–20. (in Ukrainian)
10. Chernyh, L. F.; Dragonov, B. H.; Fert, A. R. Methods of analysis of heat regime of outside fencing structures of agricultural buildings. Kyiv: USHA, 1991. 126 p. (in Russian)
11. Gagarin, V. G. Heat technical problems of modern wall fencing structures of multi storied buildings. *ACADEMIA. Architecture and Engineering*, 2009, № 5, p. 297–305. (in Russian)
12. Monastirev, P. V. Technology of arrangement of additional wall heat shield of dwellings. Course book. Moscow: Izd-vo ASV, 2002. 160 p. (in Russian)

Тимофеев Микола Васильович – к.т.н., професор кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: будівельна теплофізика й аеродинаміка; енергоефективність будівель.

Сахновська Світлана Олексіївна – магістр, ст. викладач кафедри архітектури промислових і цивільних будівель Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: енергоефективність будівель; експериментальні теплофізичні дослідження.

Боклаг Світлана Михайлівна – студ. гр. ПЦБ-61г будівельного інституту Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: будівельна теплофізика.

Петуніна Анастасія Іванівна – студ. гр. ПЦБ-61г будівельного інституту Донбаської національної академії будівництва і архітектури. Наукові інтереси: будівельна теплофізика.

Тимофеев Николай Васильевич – к.т.н., профессор кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительная теплофизика и аэродинамика; энергоэффективность зданий.

Сахновская Светлана Алексеевна – магистр, ст. преподаватель кафедры архитектуры промышленных и гражданских зданий Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: энергоэффективность зданий; экспериментальные теплофизические исследования.

Боклаг Светлана Михайловна – студ. гр. ПГС-61г строительного института Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительная теплофизика.

Петунина Анастасия Ивановна – студ. гр. ПГС-61г строительного института Донбасской национальной академии строительства и архитектуры. Научные интересы: строительная теплофизика.

Тумофеев Микола – a Professor of the department «Architecture of industrial and civil buildings» of Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of testing method of structural elements of buildings.

Sahnovskaja Svetlana – a Master, Senior Lecturer of the department «Architecture of industrial and civil buildings», Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: energy efficiency in buildings; experimental-physical research.

Boklag Svetlana – students of gr. ICI-61g, construction institute, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: construction thermal physics.

Petunina Anastasija – students of gr. ICI-61g, construction institute, Donbas National Academy of Civil Engineering and Architecture. Research interests: construction thermal physics.

