

# ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ В БУДІВНИЦТВІ

УДК 69.03

DOI 10.31649/2311-1429-2020-2-113-118

Г. С. Ратушняк

О. Ю. Горюн

А. О. Лялюк

## МОДЕЛЮВАННЯ ТЕПЛОПЕРЕДАВАННЯ У ВУЗЛІ ПРИМИКАННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ ДО ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ

Вінницький національний технічний університет

*Проаналізовано лінійні коефіцієнти теплопередачі вузлів примикання віконного блоку до зовнішніх стін, значення яких рекомендується існуючою нормативною базою. Існуючі конструкції вузла примикання є недостатньо енергоефективними. Запропоновано удосконалений спосіб конструктивного виконання вузла примикання віконного блоку до зовнішньої стіни для підвищення термічного опору, який захищено патентом на корисну модель. Зменшення тепловтрат досягається за рахунок влаштування шару аерогелевого утеплювача в місці примикання стіни до віконного блоку, поверх якого наноситься теплоізоляційна штукатурка. За результатами моделювання вузла примикання віконного блоку до зовнішньої стіни в програмному комплексі DAMWERK, виконано аналіз енергоефективності запропонованого конструктивного виконання вузла примикання віконного блоку до зовнішньої стіни, як «містка холоду». Установлено розподіл температур у вузлі примикання віконного блоку.*

**Ключові слова:** тепловтрати, зовнішні стіни, термомодернізація, енергоефективність, вузли примикання, коефіцієнт теплопередачі, віконний блок.

### Вступ

Державна енергетична політика України спрямована на підвищення енергоефективності будинків. Відповідно до нормативної бази будівництва [1] енергетична ефективність будівлі – це властивість будівлі, її конструктивних елементів та інженерного обладнання забезпечувати протягом її життєвого циклу побутові потреби людини й оптимальні мікрокліматичні умови для її перебування та/або проживання у приміщеннях. Це передбачає нормативно допустимі (оптимальні) рівні витрат енергетичних ресурсів на опалення, освітлення, вентиляцію, кондиціонування повітря, гаряче водопостачання з урахуванням місцевих кліматичних умов. Існуючі технології влаштування теплоізоляційної оболонки будівлі не в повній мірі забезпечують зменшення тепловтрат в зонах теплопровідних включень. До теплопровідних включень («містків холоду») відносяться вузли перекриття останнього поверху та підвальних приміщень, балконна плита – плита перекриття та встановлення вікон [2].

### Актуальність дослідження

«Містки холоду» характеризуються багатовимірним тепловим потоком, пов'язаним із додатковими втратами тепла в зимовий період, що приводить до зниження температури внутрішньої поверхні огорожувальних конструкцій. У місцях теплопровідних включень температура поверхні зазвичай значно нижче, що збільшує ризик конденсації та виникнення плісняви. Тому важливо оцінювати теплопровідність «містків холоду» на стадії проектування будівлі та їх вплив на енергоефективність теплоізоляційної оболонки. Актуальною є проблема зменшення негативного впливу теплопровідних включень на стан теплоізоляційної оболонки при експлуатації будівель [2, 3, 4]. Термомодернізація теплопровідних вузлів примикання при влаштуванні теплоізоляції огорожувальних конструкцій потребує відповідного обґрунтування доцільності та архітектурно-конструктивної можливості при реалізації інноваційних рішень їх конструктивного виконання.

### Останні дослідження та публікації

Теплопровідні включення знижують загальний тепловий опір огорожувальної конструкції будівлі, а також впливають його динамічні характеристики. Аналіз літературних джерел вітчизняних [2], [3], [7], та закордонних [4], [5], [6] публікацій свідчить про те, що теплофізичні властивості вузлів примикання огорожувальних конструкцій будівлі потребують подальшого дослідження, оскільки

існуючі технології теплоізоляції не завжди є ефективними при влаштуванні окремих вузлів елементів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель. Авторами [8, 9, 10] запропоновано інноваційні рішення вдосконалених конструкцій влаштування вузлів примикання до елементів огорожувальних конструкцій будівель.

Національний стандарт ДСТУ ISO 10211-2:2005 [11] рекомендує методи обчислення теплового потоку і поверхневої температури теплопровідних включень довільної форми за певною кількістю граничних умов. Характеристикою двовимірної моделі лінійного теплопровідного включення є лінійний коефіцієнт теплопередавання, яка визначається за формулою [11]:

$$\varphi = L^{20} - \alpha_{j=1}^N U_j I_j \quad (1)$$

де  $L^{20}$  – лінійний коефіцієнт теплового зв'язку;

$U_j$  – коефіцієнт теплопередавання одновимірного компонента  $I$ , що відокремлює два навколишніх досліджуваних середовища;

$I_j$  – довжина всередині двовимірної геометричної моделі, в межах якої застосовують величину  $U_j$ ;

$N$  – кількість одновимірних компонентів.

При розрахунках враховують такі граничні значення температури: температура внутрішньої поверхні будівельної конструкції в будь-якій точці, температура повітря доквілля та температура повітря внутрішнього середовища.

### Формулювання мети статті

Метою роботи є обґрунтування за результатами моделювання теплопередавання необхідності підвищення ефективності теплоізоляційної оболонки будівель шляхом вдосконалення конструктивних рішень при влаштуванні вузла примикання віконного блоку до зовнішньої стіни.

### Основна частина

Не вдосконалене конструктивне виконання вузла примикання віконної рами до огорожувальної конструкції призводить до підвищених тепловтрат приміщення. Для підвищення термічного опору вузла примикання віконного блоку до зовнішньої стіни запропоновано нову конструктивну схему теплоізоляції [9, 10]. Інноваційне енергоощадне архітектурно-конструктивне рішення вузла примикання віконного блоку до огорожувальної конструкції представлено на рис. 1.

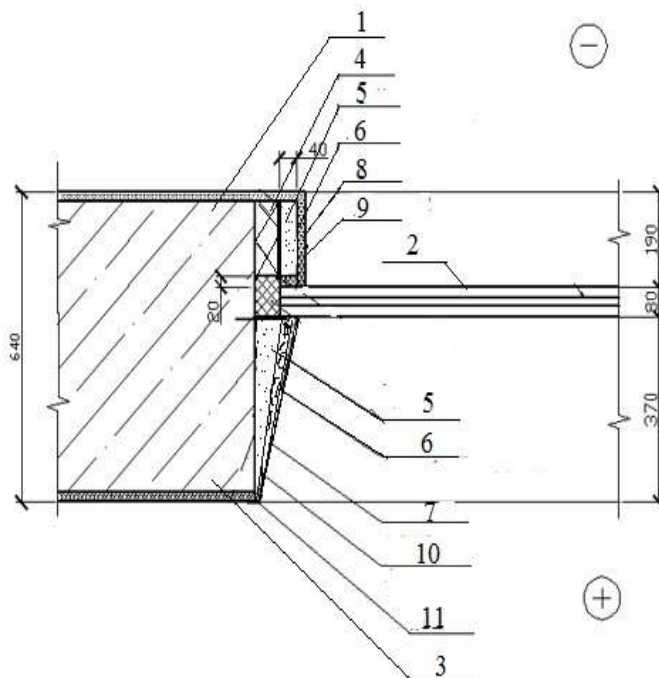


Рисунок 1 – Архітектурно-конструктивне виконання вузла примикання віконного блоку до огорожувальної конструкції: 1 – зовнішня стіна, 2 – віконний блок, 3 – внутрішня стіна, 4 – утеплювач, 5 – теплоізоляційна штукатурка "Тепловер", 6 – армувальна сітка, 7 – шпаклівка, 8 – декоративний фінішний шар, 9 – енергозберігаюча фарба, 10 – пластикова панель, 11 – кутова лиштва.

При влаштуванні утеплення вузла примикання віконного блоку до стінового прорізу на зовнішню стіну накладають утеплювач, потім армувальну сітку та фінішний шар. Поверх утеплювача наносять теплоізоляційну штукатурку "Тепловер". На фінішний шар наносять захисну фарбу. На внутрішній стороні стіни, в місці примикання віконного блоку, влаштовують утеплення укосу у вигляді теплоізоляційної штукатурки "Тепловер", на яку накладають армувальну сітку, потім шпаклівку. Поверх шпаклівки влаштовують пластикову панель, яку закріплюють кутовою лиштвою.

У програмному забезпеченні DAMWERK відповідно до розрахункової моделі конструктивного виконання вузла примикання виконано моделювання теплопередавання у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни (рис. 2) [12].

Для моделювання теплопередавання у вузлі примикання віконного блоку до огорожувальної конструкції із шаром утеплювача прийнято такі данні. Огороджувальна конструкція будівель складається із цегляної стіни товщиною 520 мм, шару мінеральної вати 120 мм та декоративної шпаклівки 20 мм, на яку наносять захисну фарбу 2 мм. У місці примикання віконного блоку до зовнішньої стіни із зовнішньої сторони стіни розміщують утеплювач у вигляді аерогелевої плити 12 мм. Поверх аерогелевої плити наносять теплоізоляційну штукатурку "Тепловер" 20 мм, на яку накладають армувальну сітку, а потім шпаклівку 15 мм. На внутрішній стороні стіни, в місці примикання віконного блоку, влаштовують утеплення укосу у вигляді теплоізоляційної штукатурки "Тепловер" 32 мм, на яку накладають армувальну сітку, потім шпаклівку 15мм. Поверх шпаклівки влаштовують пластикову панель, яку закріплюють кутовою лиштвою.

Температура внутрішньої поверхні будівельної конструкції  $+20^{\circ}\text{C}$ , температура повітря довкілля  $-20^{\circ}\text{C}$ .

За результатами чисельного моделювання розподіл температур у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни наведено на рис. 3. Відомо, що найбільші тепловтрати крізь віконний блок відбуваються в місці кріплення віконної рами до зовнішньої стіни [9]. На рис. 3 чітко видно як зменшується температура на внутрішній поверхні стіни в місці примикання віконного блоку. Проте утеплення укосів вікна із двох сторін дозволяє скоригувати рух теплового потоку і тим самим зменшити тепловтрати (рис. 4).

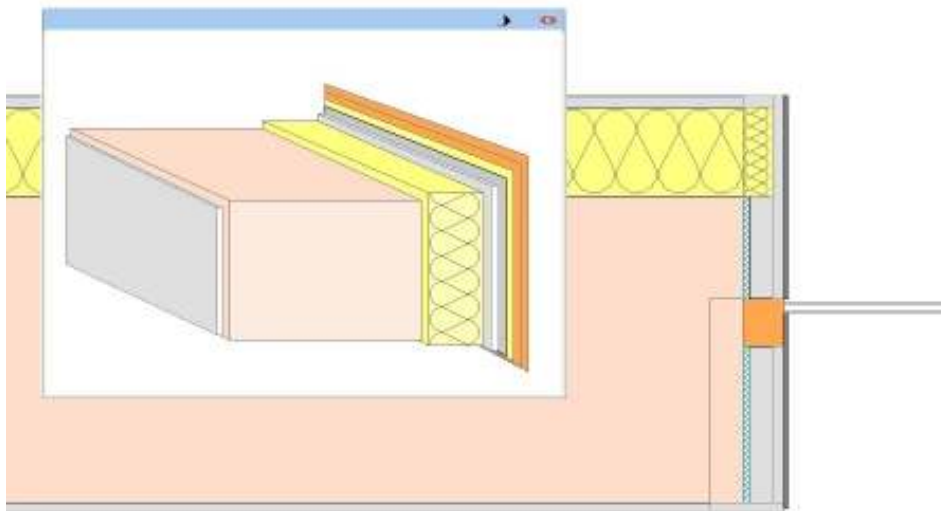


Рисунок 2 – Модель конструктивного виконання утеплення вузла примикання віконного блоку до зовнішньої стіни

Як видно з рис. 3 температура на внутрішній поверхні віконної рами складає майже  $15^{\circ}\text{C}$ . Результати моделювання теплового потоку крізь вузол примикання віконного блоку до зовнішньої стіни (рис. 4) свідчать про необхідність збільшення товщини утеплювача у вигляді аерогелевої плити, що дозволить, зменшити тепловтрати крізь віконну раму.

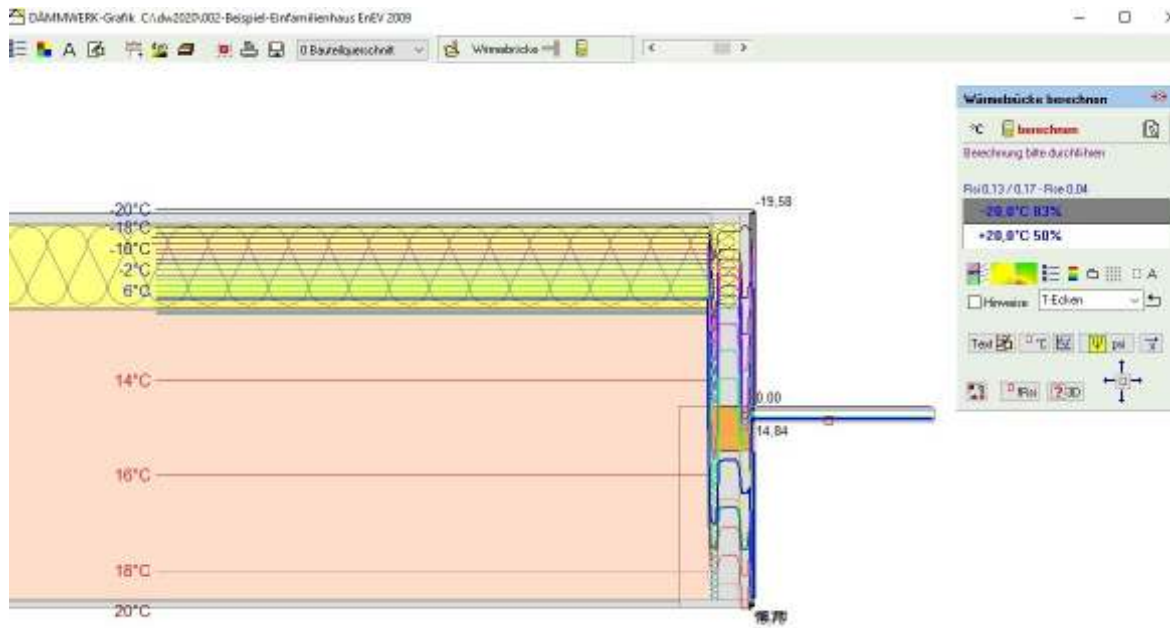


Рисунок 3 – Розподіл температур у вузлі примикання віконного блоку до зовнішніх огорожувальних конструкцій

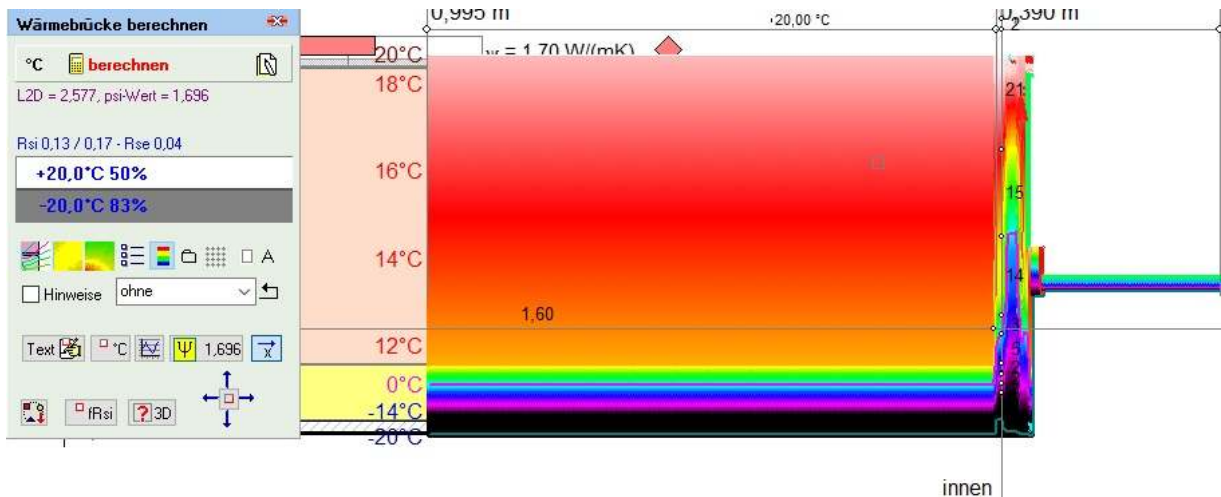


Рисунок 4 – Моделювання теплового потоку крізь вузол примикання віконного блоку до зовнішньої стіни

В подальшому планується запропонувати конструктивне виконання утеплення верхніх та нижніх укосів вікна та провести моделювання щодо енергоефективності вдосконалення вузла примикання.

### Висновок

Експериментальні та теоретичні дослідження свідчать про необхідність вдосконалення конструктивного виконання вузлів примикання віконних рам до зовнішніх стінових огорожувальних конструкцій.

Результати чисельного моделювання теплопередавання у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни про необхідність підвищення енергоефективності елементів теплоізоляційної оболонки будівель.

Впровадження запропонованих інноваційних енергоощадних архітектурно-конструктивних рішень виконання вузлів примикання віконних рам дозволить підвищити енергоефективність житлових будинків за рахунок зменшення тепловтрат в зонах теплопровідних включень при термомодернізації вікон.

### СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. [На заміну ДБН В.2.6.- 31:2006; чинний від 2016-07-08]. Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2017. 31 с.

2. Фаренюк Г. Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій.: монографія. К.: Гама-Принт, 2009.-137 с.
3. Енергоефективне формування мікроклімату на основі розробленої теорії макроструктури турбулентних течій: автореферат / В. О. Мілейковського. Київ, 2020.
4. Кузьменко О.М. Обґрунтування технологічних рішень влаштування додаткової теплоізоляції конструктивного вузла «балконна плита-перекриття», автореф. дис. ... канд. техн. наук. 05.23.08 / Кузьменко О.М. Придніпровська держ. академ. будівництва та архітектури. – Дніпро, 2017. – 18 с.
5. Gruner, M.; Matusiak, B.S. A novel dynamic insulation system for windows. Sustainability 2018, 10, 2907.
6. Xiaojun Li , Xin Chen, Mehdi Shahrestani. Optimization of Insulation Thickness of External Walls of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone of China. Sustainability, 2020.
7. PRATA, Joana de Sousa Dias - Dynamic behaviour of linear and point thermal bridges of buildings : numerical and experimental simulations. Coimbra : [s.n.], 2018. Tese de doutoramento. Disponível na WWW: <http://hdl.handle.net/10316/795243>.
8. Ратушняк Г. С., Очеретний А. М., Материнська О. Ю. Термомодернізація теплопровідних включень вузлів примикання при встановленні енергоощадних вікон. Вентиляція, освітлення та теплогазопостачання. 2018. №24., С.52-58.
9. Ратушняк Г. С. Горюн О. Ю. Використання інноваційних теплоізолюючих матеріалів для зменшення тепловтрат крізь "містки холоду" в будівлі. 2013 рік : матеріали XLVIII Науково-технічної конференції факультету будівництва, теплоенергетики та газопостачання, 23 березн. 2019 р. Вінниця. С. 3.
10. Пат. 139606 Україна : МПК E04B 1/76. Спосіб термомодернізації вузла примикання вікна зовні фасаду будівлі / Г. С. Ратушняк, А. М. Очеретний, О. Ю. Материнська; № a201801652; заявл. 19.02.2018; опубл. 10.08.2018, Бюл. № 15/2018.
11. ДСТУ ISO 10211-2:2005. Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Вид. офіц. Київ Держспоживстандарт України. – 2008. – 12 с.
12. Програмне забезпечення DAMWERK.

## REFERENCES

1. DBN V.2.6-31:2016. Teplova izolyatsiya budivel'. [Na zaminu DBN V.2.6.- 31:2006; chynnyy vid 2016-07-08]. Vyd. ofits. Kyiv: Minrehiou Ukrainy, 2017. 31 s.
2. Farenyuk H. H. Osnovy zabezpechennya enerhoefektyvnosti budynkiv ta teplovoyi nadiynosti ohorodzhual'nykh konstruksiy.: monohrafiya. K.: Hama-Prynt, 2009.-137 s.
3. Enerhoefektyvne formuvannya mikroklimatu na osnovi rozroblenoj teoriiy makrostruktury turbulentnykh techiy: avtoreferat / V. O. Mileys'kovo. Kyiv, 2020.
4. Kuz'menko O.M. Obgruntuvannya tekhnolohichnykh rishen' vlashtuvannya dodatkovoyi teploizolyatsiyi konstruktyvnoho vuzla «balkonna plyta-perekryttya», avtoref. dys. ... kand. tekhn. nauk. 05.23.08 / Kuz'menko O.M. Prydniprov's'ka derzh. akadem. budivnytstva ta arkhitektury. – Dnipro, 2017. – 18 s.
5. Gruner, M.; Matusiak, B.S. A novel dynamic insulation system for windows. Sustainability 2018, 10, 2907.
6. Xiaojun Li , Xin Chen, Mehdi Shahrestani. Optimization of Insulation Thickness of External Walls of Residential Buildings in Hot Summer and Cold Winter Zone of China. Sustainability, 2020.
7. PRATA, Joana de Sousa Dias - Dynamic behaviour of linear and point thermal bridges of buildings : numerical and experimental simulations. Coimbra : [s.n.], 2018. Tese de doutoramento. Disponível na WWW: <http://hdl.handle.net/10316/795243>.
8. Ratushnyak H. S., Ocheretnyy A. M., Materyns'ka O. YU. Termomodernizatsiya teploprovodnykh vklyuchen' vuzliv prylykannya pry vstanovlenni enerhooshchadnykh vikon. Ventylyatsiya, osviltennya ta teplohapostachannya. 2018. №24., S.52-58.
9. Ratushnyak H. S. Horyun O. YU. Vykorystannya innovatsiynykh teploizolyuyuchykh materialiv dlya zmenshennya teplovtrat kriz' "mistky kholodu" v budivli. 2013 rik : materialy XLVIII Naukovo-tekhnichnoyi konferentsiyi fakul'tetu budivnytstva, teploenerhetyky ta hazopostachannya, 23 berezn. 2019 r. Vinnytsya. S. 3.
10. Pat. 139606 Ukrainy : MPK E04B 1/76. Sposib termomodernizatsiyi vuzla prylykannya vikna zovni fasadu budivli / H. S. Ratushnyak, A. M. Ocheretnyy, O. YU. Materyns'ka; № a201801652; zayavl. 19.02.2018; opubl. 10.08.2018, Byul. № 15/2018.
11. DSTU ISO 10211-2:2005. Teploprovodni vklyuchennya v budivel'nykh konstruksiyakh. Vyd. ofits. Kyiv Derzhspozhyvstandart Ukrainy. – 2008. – 12 s. 12. Prohramne zabezpechennya DAMWERK.

**Георгій Сергійович Ратушняк** – кандидат технічних наук, професор. Вінницький національний технічний університет, e-mail: [ratusnak@gmail.com](mailto:ratusnak@gmail.com). ORCID 0000-0001-9656-5150.

**Оксана Юрївна Горюн** – аспірант, факультет будівництва теплоенергетики та газопостачання. Вінницький національний технічний університет, e-mail: [oksana2718@ukr.net](mailto:oksana2718@ukr.net). ORCID 0000-0002-3624-2293.

**Андрій Олександрович Лялюк** – магістрант, Вінницький національний технічний університет.

**G. Ratushnyak  
O. Horiun  
A. Lyalyuk**

## **SIMULATION OF HEAT TRANSFER IN THE NODE ADJACENT TO THE WINDOW UNIT TO THE OUTER WALL**

Vinnitsa National Technical University

*The linear coefficients of heat transfer of the nodes of the window block to the external walls are analyzed, the values of which are recommended by the existing regulatory framework. It is noticed that the existing design of the junction is not energy efficient enough. An improved method of constructing the node of the window block to the outer wall to increase the thermal resistance, which is protected by a utility model patent, is proposed. Reduction of heat loss is achieved by installing a layer of aerogel insulation at the junction of the wall to the window unit, on top of which is applied thermal insulation plaster. Based on the simulation of the window unit adjacency unit to the outer wall in the DAMWERK software package, the energy efficiency analysis of the proposed design of the window unit adjacency unit to the outer wall as a "cold bridge" was performed.*

**Key words:** heat losses, exterior walls, thermal modernization, energy efficiency, junction units, heat transfer coefficient, window.

**Ratushniak Georgiy** – Candidate of Technical Sciences, Professor, Head of the Chair of Power Engineering and Gas Supply, Vinnitsia National Technical University, e-mail: [ratusnag@gmail.com](mailto:ratusnag@gmail.com).

**Horiun Oksana** – Department of Building Heating and Gas Supply, Vinnitsia National Technical University, e-mail : [oksana2718@ukr.net](mailto:oksana2718@ukr.net).

**Andriy Lyalyuk** – Master's student, Vinnitsia National Technical University.

**Г. С. Ратушняк  
О. Ю. Горюн  
А. А. Лялюк**

## **МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧИ В УЗЛЕ ПРИМЫКАНИЯ ОКОННОГО БЛОКА К НАРУЖНОЙ СТЕНЕ**

Винницкий национальный технический университет

*Проанализированы линейные коэффициенты теплопередачи узлов примыкания оконного блока к наружным стенам, значение которых рекомендуется существующей нормативной базой. Замечено что существующая конструкция узла примыкания недостаточно энергоэффективной. Предложен усовершенствованный способ конструктивного исполнения узла примыкания оконного блока к наружной стене для повышения термического сопротивления, который защищен патентом на полезную модель. Уменьшение теплопотерь достигается за счет устройства слоя аэрогелевого утеплителя в месте примыкания стены к оконному блоку, поверх которого наносится теплоизоляционная штукатурка. По результатам моделирования узла примыкания оконного блока к наружной стене в программном комплексе DAMWERK, выполнен анализ энергоэффективности предложенного конструктивного исполнения узла примыкания оконного блока к наружной стене, как «мостика холода», установлено распределение температур в узле примыкания оконного блока.*

**Ключевые слова:** теплопотери, внешние стены, термомодернизация, энергоэффективность, узлы примыкания, коэффициент теплопередачи, оконный блок.

**Георгий Сергеевич Ратушняк** – кандидат технических наук, профессор. Винницкий национальный технический университет, e-mail: [ratusnag@gmail.com](mailto:ratusnag@gmail.com).

**Оксана Юрьевна Горюн** – аспирант, факультет строительства теплоэнергетики и газоснабжения. Винницкий национальный технический университет, e-mail: [oksana2718@ukr.net](mailto:oksana2718@ukr.net).

**Андрей Александрович Лялюк** – магистрант, Винницкий национальный технический университет.