

УДК 628.4.047:621.039

к.т.н., проф. Георгій Ратушняк,
ratusnak@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9656-5150,
асп. Оксана Горюн,
oksana2718@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3624-2293,
Вінницький національний технічний університет

<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2026.57.59-74>

ОЦІНКА ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ БІЧНОГО ВУЗЛА ПРИМИКАННЯ ВІКОННОГО БЛОКУ НА ЕНЕРГОЕФЕКТИВНІСТЬ БУДІВЛІ

***Анотація.** У статті проаналізовано наявні нормативні способи виконання вузлів примикання віконної конструкції до зовнішніх стін у зоні рядового сполучення. Розглянуто особливості використання сучасних будівельних матеріалів у вузлі примикання віконного блоку для оптимізування конструктивних та теплотехнічних якостей огорожувальних конструкцій. Теоретично обґрунтовано вплив термомодернізації вузла примикання вікна до стіни зовнішньої огорожувальної конструкції, що є зоною основних тепловтрат, на підвищення енергоефективності будівель. Запропоновано вдосконалену конструкцію вузла примикання при термомодернізації будівлі із використанням сучасних будівельних технологій. Розраховано вузли примикання для нормативних та термомодернізованих варіантів конструкції для моделювання в програмному комплексі THERM. Наведено результати моделювання температурних полів у вузлах сполучення. Визначено мінімальні температури внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції в зоні примикання, коефіцієнт температурного фактору, лінійні коефіцієнти теплопередачі та коефіцієнт термічної однорідності. На основі результатів моделювання та проведених розрахунків виконано порівняльний аналіз теплоізоляційних рішень для вузлів бічного примикання віконного блоку. На основі чисельного аналізу температурних полів і теплових потоків обрано доцільний варіант конструкції вузла примикання віконного блоку до зовнішніх стін у зоні рядового сполучення.*

***Ключові слова:** вузол примикання вікна; енергоефективність; містки холоду; теплоізоляція; теплопровідні включення; термомодернізація; опір теплопередачі.*

Вступ Питання енергоспоживання набуло важливого значення у зв'язку з необхідністю зменшення споживання енергетичних ресурсів у житловому

секторі. Державна політика у сфері енергоефективності поступово приводить національні нормативні документи до відповідності до європейських норм. У нормативних документах підвищено вимоги щодо класу енергоефективності будівлі та значення приведенного опору теплопередачі [1], а також наведено основні конструкції зовнішніх стін із фасадною тепловою ізоляцією [2]. Національна програма України щодо енергоефективності та декарбонізації на 2025-2030 рр. передбачає скорочення викидів діоксиду вуглецю на 65 % та підвищення енергоефективності будівель [3].

Впровадження сучасних енергоефективних рішень спрямоване на підвищення теплозахисних характеристик всіх видів теплопровідних включень огорожувальних конструкцій будівель [4]. Термомодернізація житлових будинків відбувається доволі низькими темпами. У зв'язку із недостатньо приділеною увагою теплопровідним включенням, навіть у нових будинках, побудованих згідно з нормативними вимогами, спостерігаються підвищені тепловтрати в місцях сполучення огорожувальних конструкцій. Наявність «містків холоду» у зоні примикання може суттєво впливати на загальні теплотехнічні характеристики огорожувальних конструкцій. Одними із зон підвищених втрат є вузли примикання світлопрозорих конструкцій. У результаті це може спричинити неточності в розрахунку тепловтрат. Необхідно детально дослідити їхні конструктивні особливості та вплив на енергетичну ефективність будівлі. Тому доцільно проводити моделювання тепловтрат з урахуванням конструктивних особливостей у вузлі примикання.

Актуальність дослідження. Підвищення енергоефективності будівель передбачає комплекс заходів, спрямованих на зниження тепловтрат крізь огорожувальні конструкції. Одним з ефективних заходів зменшення енергоспоживання при термомодернізації будівлі є заміна старих вікон на нові із опором теплопередачі згідно нормативних вимог. Тепловізійні обстеження будівель свідчать про підвищення тепловтрат у місцях приєднання віконного блоку до зовнішніх стін навіть у нових будівлях (рис.1) [5]. Вони суттєва зменшують значення приведенного опору теплопередачі.

Коефіцієнт теплотехнічної однорідності стіни характеризує рівномірність розподілу теплових потоків крізь огорожувальні конструкції. Його значення залежить від конструкції огорожувальної системи та наявності «містків холоду». Зменшення впливу вузлів примикання на опір теплопередачі зовнішніх огорожень сприяє зменшенню тепловтрат, що напряму впливає на зменшення викидів діоксиду вуглецю, що відповідає державній політиці з підвищення енергоефективності будівель.

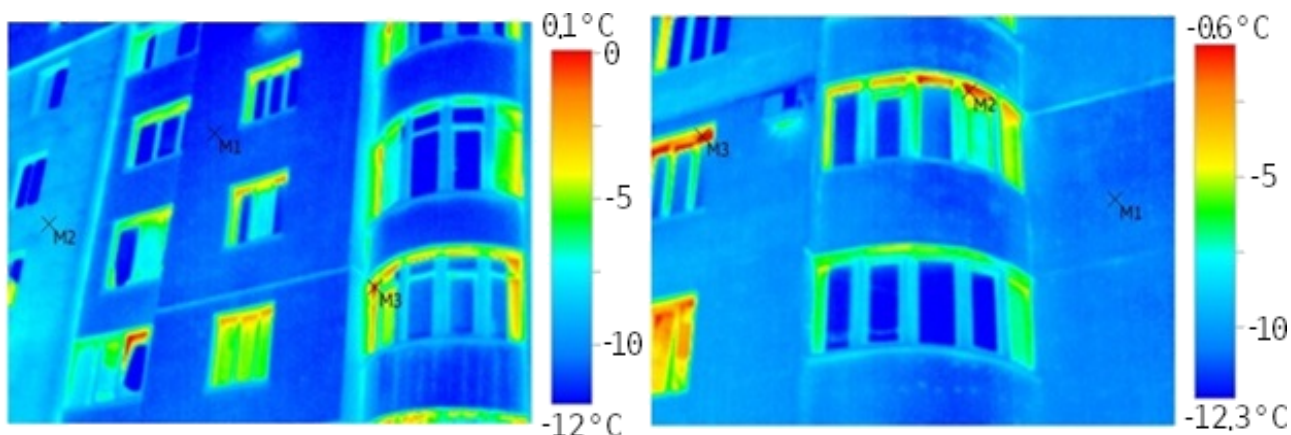


Рис. 1 Термограми фасадів будинку в м. Вінниця

Покращення конструкції вузла примикання віконного блоку за рахунок використання сучасних теплоізоляційних матеріалів є актуальним як для нового будівництва, так і під час термомодернізації наявних будівель. Це дозволяє підвищити опір теплопередачі стіни не збільшуючи товщину шару основної теплоізоляції, підвищити температуру на внутрішній поверхні в місцях примикання віконної рами. Упровадження коригувальних заходів для зменшення тепловтрат крізь огорожувальні конструкції дозволить зменшити ризики утворення конденсату й плісняви та підвищити клас енергоефективності будівлі.

Останні дослідження та публікації. Аналіз публікацій свідчить, що вітчизняні [6] та закордонні [7] автори значну увагу приділяють теплофізичним властивостям вузлів примикання огорожувальних конструкцій. Проте, як зазначається в роботі [8], база даних щодо лінійних та точкових коефіцієнтів теплопередачі різних вузлових з'єднань потребує розширення.

Активно досліджується оптимізування конструкції кожного елемента оболонки будівлі для покращення її теплових характеристик. Наприклад, у роботі [9] виконано порівняння двох вузлів примикання віконного блоку із різними товщинами шару утеплення. Дослідженнями встановлено, що покращення конструкції бокового вузла примикання віконного блоку за рахунок додаткового утеплення призводить до збільшення приведенного опору теплопередачі у 2,2 рази.

У роботі [10] аналізується залежність температури в критичних зонах різних розрахункових вузлів від розміщення віконної рами в прорізі. Досліджено, що оптимальним положенням вікна є середина стіни. Тоді мінімальна температура в зоні примикання віконного блоку до зовнішньої стіни буде вище точки роси й унеможливить утворення конденсату на поверхні вузла примикання. Однак, рекомендується обирати положення вікон у стіні залежно від кліматичних умов та конструкції стін і вузлів примикання, а також

влаштувати додаткову теплоізоляцію внутрішніх віконних прорізів.

Автори статті [11] також підтвердили важливість розташування віконних рам у стіні та використання нових теплоізоляційних матеріалів. У роботі порівнюється десять варіантів конструкції вузла примикання віконного блоку. За результатами моделювання автори роблять висновок, що розміщення рами вікна всередині шару теплоізоляції є найвигіднішим місцем розташування вікон серед проаналізованих варіантів. Також отримані результати вказують на те, що застосування аерогелевих матів та розширювальних стрічок призводить до зниження значення лінійного коефіцієнта теплопередачі.

При порушенні технології монтування вікна у місцях примикання утворюється конденсат і пліснява, що негативно впливає на мікроклімат у приміщенні та здоров'я людей, які там перебувають. Багато квартир під час вимкнення електроенергії залишаються без опалення, тому в деяких випадках відносна вологість повітря в приміщеннях сягає 70 %. Тому важливо при розробленні конструкції вузла примикання враховувати температурний коефіцієнт поверхні, підвищення якого означає меншу ймовірність конденсату

$$f_{Rsi} = \frac{\min(t_{si}) - t_{ODA}}{t_{IDA} - t_{ODA}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}, \quad (1)$$

де t_{si} – температура внутрішньої поверхні; t_{ODA} – температура зовнішнього повітря; t_{IDA} – температура внутрішньої поверхні.

Слід переконатися, що значення температури внутрішньої поверхні в зоні сполучення значно перевищує точку роси та не опускається нижче нормативного значення навіть за підвищеної відносній вологості повітря всередині приміщення.

Формулювання цілей статті. Метою дослідження є теоретичне обґрунтування та розроблення вдосконаленої конструкції та числове моделювання температурних полів і теплових потоків вузла примикання віконної конструкції до зовнішніх стін у зоні рядового сполучення для оцінювання впливу конструкції бічного вузла примикання віконного блоку на енергоефективність будівлі.

Обрано саме вузол примикання віконного блоку, оскільки його можливо вдосконалити як при новому будівництві, так і при термомодернізації старих будівель.

Для досягнення поставленої мети дослідження визначено такі завдання:

1. Провести аналіз наявних вузлів примикання віконної конструкції до зовнішніх стін в зоні рядового сполучення;

2. Визначити основні недоліки наявних конструкцій вузлів примикання;
3. Удосконалити конструкцію вузла примикання із використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів;
4. Провести моделювання теплових потоків та температурних полів з використанням програмного комплексу THERM [12].

Основна частина. Більшість будівель в Україні не відповідають нормативним вимогам та мають низькі показники теплової ізоляції огорожувальних конструкцій, що спричиняє значні втрати теплоти крізь них [13]. Більшість вікон також не відповідають нормам і потребують заміни на сучасні енергоефективні.

Для дослідження впливу конструкції бічного вузла примикання віконного блоку на енергоефективність будівлі обрано для моделювання вузол примикання віконної конструкції до зовнішніх стін у зоні рядового сполучення в цегляному будинку 70-х років забудови у м. Вінниці. Будівля на сьогодні не має утеплення та потребує термомодернізації.

Стіна виконана із керамічної повнотілої цегли завтовшки 0,51 м, а внутрішня штукатурка з цементно-піщаного розчину завтовшки 0,02 м, зовнішнє облицювання декоративною штукатуркою 0,02 м. Передбачається заміна старих вікон на сучасні енергоефективні із значенням опору теплопередачі відповідно до нормативних вимог. У програмі THERM змодельовано теплові потоки вихідної конструкції вузла примикання при заміні вікна (рис. 2).

Моделювання температурного поля та теплових потоків виконано за допомогою програмного комплексу THERM із застосуванням методу кінцевих елементів. Розрахунок виконано за внутрішньої температури повітря + 20 °С та зовнішньої температури – 22 °С, що відповідає розрахунковим умовам холодного періоду року для м. Вінниці. Температура точки роси при +20 °С та вологості 50 % становить + 10,7 °С.

Аналіз результатів моделювання свідчить, що при такому положенні вікна та без утеплення температура на внутрішній стороні стіни в зоні сполучення із віконною рамою $t_g = + 6,7$ °С. Така температура у вузлі примикання є нижчою від температури точки роси + 10,7 °С і свідчить про наявність «містка холоду», що потенційно створює ризик утворення конденсату та розвитку плісняви. Тому цей вузол потребує обов'язкового вдосконалення.

Наступним етапом для оцінювання впливу конструкції бічного вузла примикання віконного блоку на енергоефективність будівлі в програмному забезпеченні змодельовано вузол примикання віконного блоку згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010 [14].

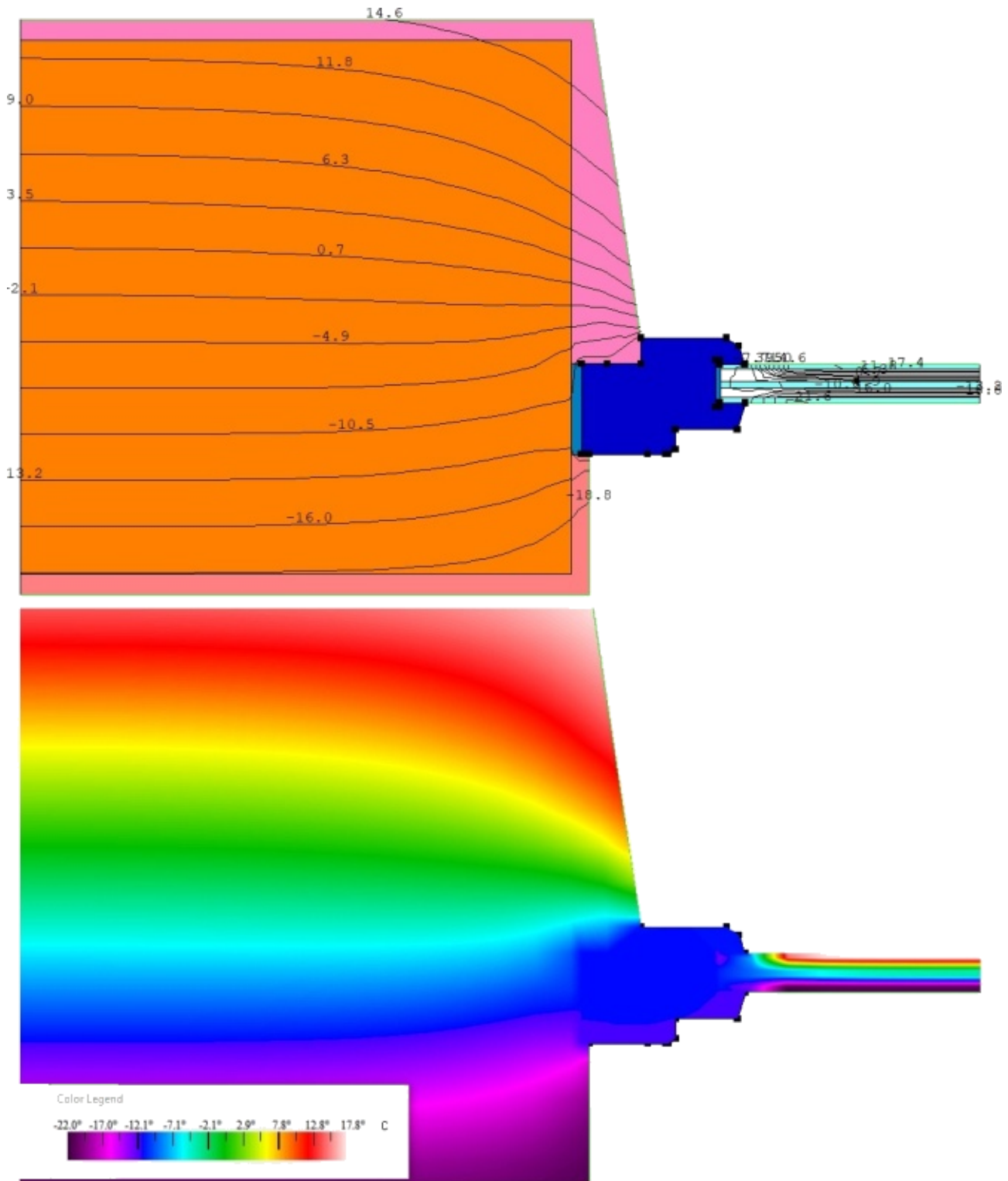


Рис. 2. Результат моделювання температурного поля та теплових потоків для бічного вузла примикання до стіни без утеплення

При такій конструкції вузла температура на внутрішній стороні стіни у зоні сполучення із віконною рамою $t_s = +7,6^{\circ}\text{C}$, що не виправляє проблему. Розглянуто даний вузол примикання як найгірший із способів утеплення зовнішніх стін, що сприяють надлишковим тепловитратам.

Аналіз результатів температурного поля та теплових потоків при такому

розміщенні віконного блоку (рис. 3) та утепленні показав, що нормативні приклади конструктивних рішень з'єднувальних швів при монтуванні віконного блоку, не дозволяють у повній мірі забезпечити необхідний лінійний коефіцієнт теплопередачі. Властивості матеріалів, використаних у конструкції вузла сполучення, наведено в табл. 1.

З урахуванням отриманих результатів (рис. 2,3) розроблено доцільне рішення для влаштування віконного блоку. Запропонований вузол примикання складається із зовнішньої стіни із керамічної повнотілої цегли завтовшки 0,51 м, утепленої мінеральною ватою 0,15 м, на яку нанесено шар декоративної штукатурки 0,02 м. На внутрішній розкіс нанесено теплоізоляційну штукатурку «Тепловер» завтовшки 0,02 м, на яку нанесено шар шпаклівки 0,02 м. У всіх вузлах у зоні сполучення віконної рами із стіною використано вставки з аерогелевого утеплювача завтовшки 0,02 м.

Для забезпечення довговічності конструкції також передбачено захист аерогелевого шару від механічних пошкоджень і вологи, тому між утеплювачем та зовнішнім повітрям розміщують ущільнювач. Результати розрахунку температурного поля та теплових потоків для запропонованого конструктивного виконання вузла примикання наведено на рис. 4-6. Розраховано три варіанти:

- a) із зміщенням віконного блоку до зовнішньої частини стіни;
- b) без зміщення із додатковим шаром утеплення аерогелем;
- c) із зміщенням віконного блоку до зовнішньої стіни із шаром додаткового утеплення між мінеральною ватою та рамою

У варіантах a) та c) переміщення вікна до зовнішнього боку стіни призвело до зменшення лінійного коефіцієнта теплопередачі порівняно із значенням для варіанту b) центрально розташованого вікна. Найкращий показник коефіцієнта у варіанта c), у якому використання додаткового шару аерогелевого утеплювача завтовшки 0,02 м зменшує значення лінійного коефіцієнта теплопередачі майже в два рази.

У всіх розглянутих варіантах спостерігається підвищення температури внутрішньої поверхні в зоні примикання. У найгіршому варіанті температура становила +10,8 °С, що майже відповідає температурі точки роси. В інших варіантах значення температури внутрішньої поверхні в зоні сполучення становить понад +13 °С.

Отже, спостерігається вплив розташування віконної рами у зовнішній стіні на температуру внутрішньої поверхні у вузлі примикання.

Одним із критеріїв оцінювання вузлів примикання огорожувальних конструкцій є показник температурного коефіцієнта поверхні. Це безрозмірний показник числового визначення ризику розвитку цвілі.

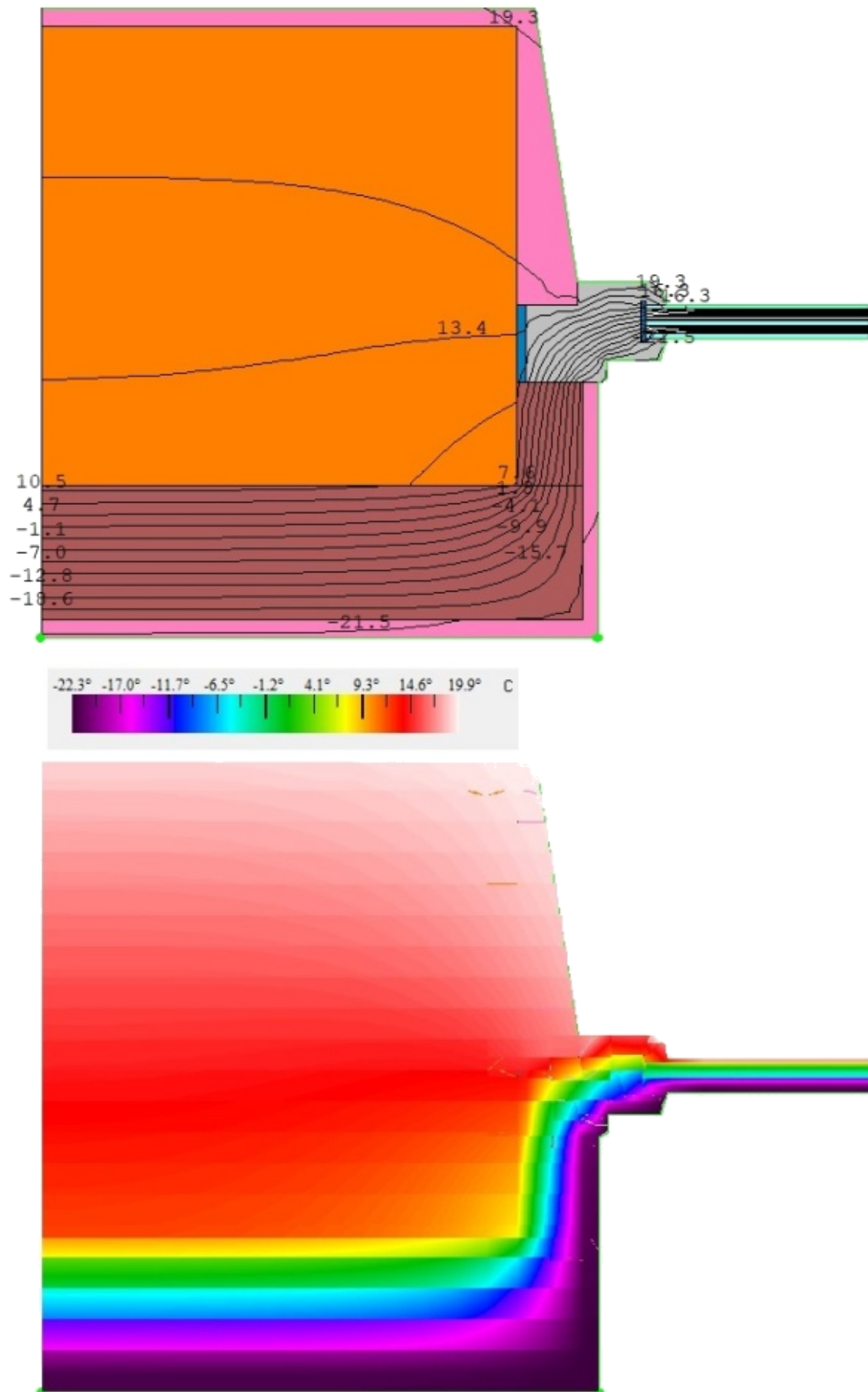


Рис.3. Результат моделювання температурного поля та теплових потоків для вузла бічного примикання до стіни із цегли згідно з ДСТУ-Н Б В.2.6-146:2010

Таблиця 1.

Характеристики будівельних матеріалів

Назва матеріалу	Густина, кг/м ³	Коефіцієнт теплопровідності, Вт/м ² К
Кладка з повнотілої керамічної цегли	1800	0,81
Мінераловатний утеплювач Rockwool	110.	0,039
Теплоізоляційна штукатурка «Тепловер»	240	0,047
Шпаклівка	1800	0,93
Піна монтажна	20	0,04
Аерогелевий утеплювач	120	0,014
Зовнішня штукатурка	1800	0,93

Для варіанта б) цей показник становить 0,76, що майже відповідає критичному значенню 0,72. Для варіантів а) та с) коефіцієнт має однакове значення 0,85, що свідчить про відсутність ризику утворення конденсату.

Опір теплопередачі стіни без урахування теплопровідних включень для конструкції, де не передбачено утеплення, розрахований як:

$$R_{\Sigma} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{0,51}{0,81} + \frac{0,15}{0,04} + \frac{0,02}{0,93} + \frac{1}{23} = 4,58 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$$

У розрахунках прийнято: вікно розмірами 2,0×1,5 м, фасад розміром 4×3м. Для всіх трьох варіантів було прийнято однакові значення лінійних коефіцієнтів теплопередачі вузла примикання віконного блоку в зоні підвіконня та зоні перемички, як для пасивних будівель. При цьому приведений опір теплопередачі визначений за [1] для найкращого варіанту зріс на 5,7 % порівняно з вузлом [10].

З рис. 7. видно, що найкращим варіантом вузла примикання віконного блоку до стіни в зоні рядового сполучення є конструкція із додатковим шаром аерогелевого утеплювача між віконною рамою та мінеральною ватою із зміщенням віконного блоку до зовнішньої сторони стіни.

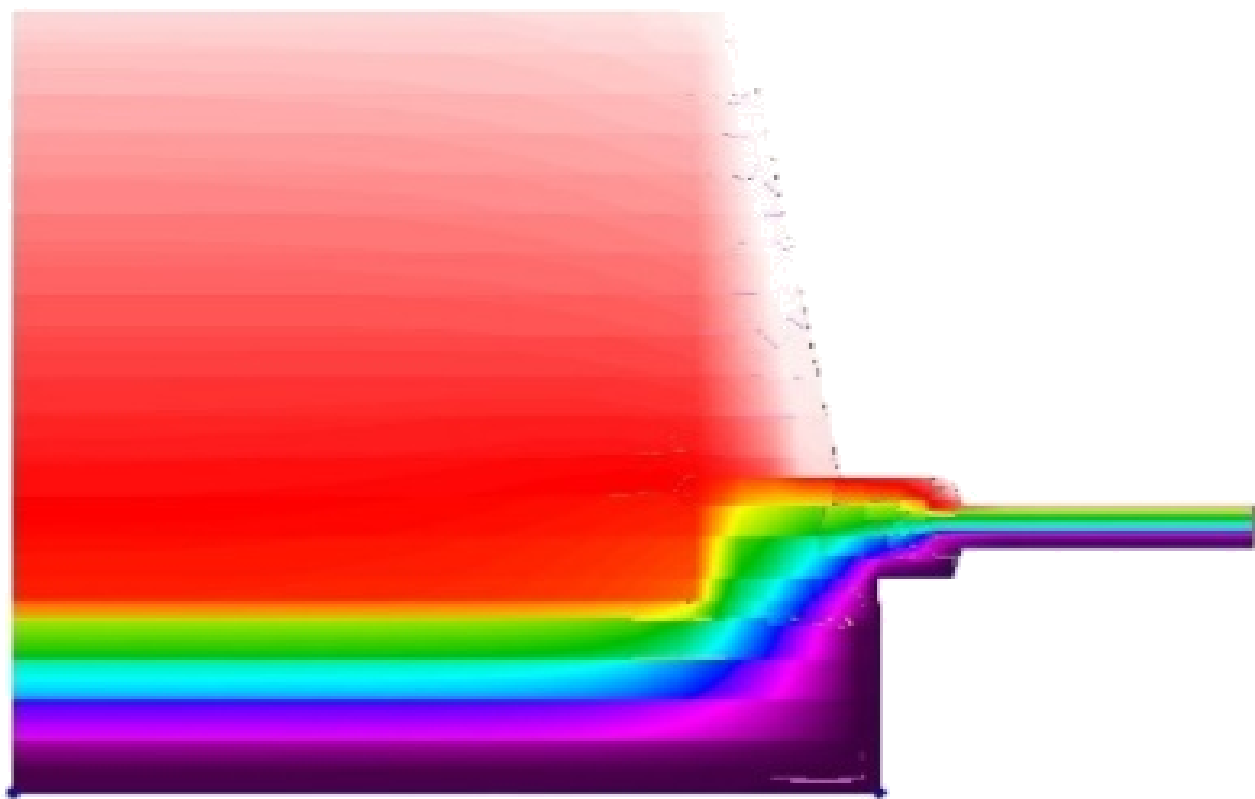
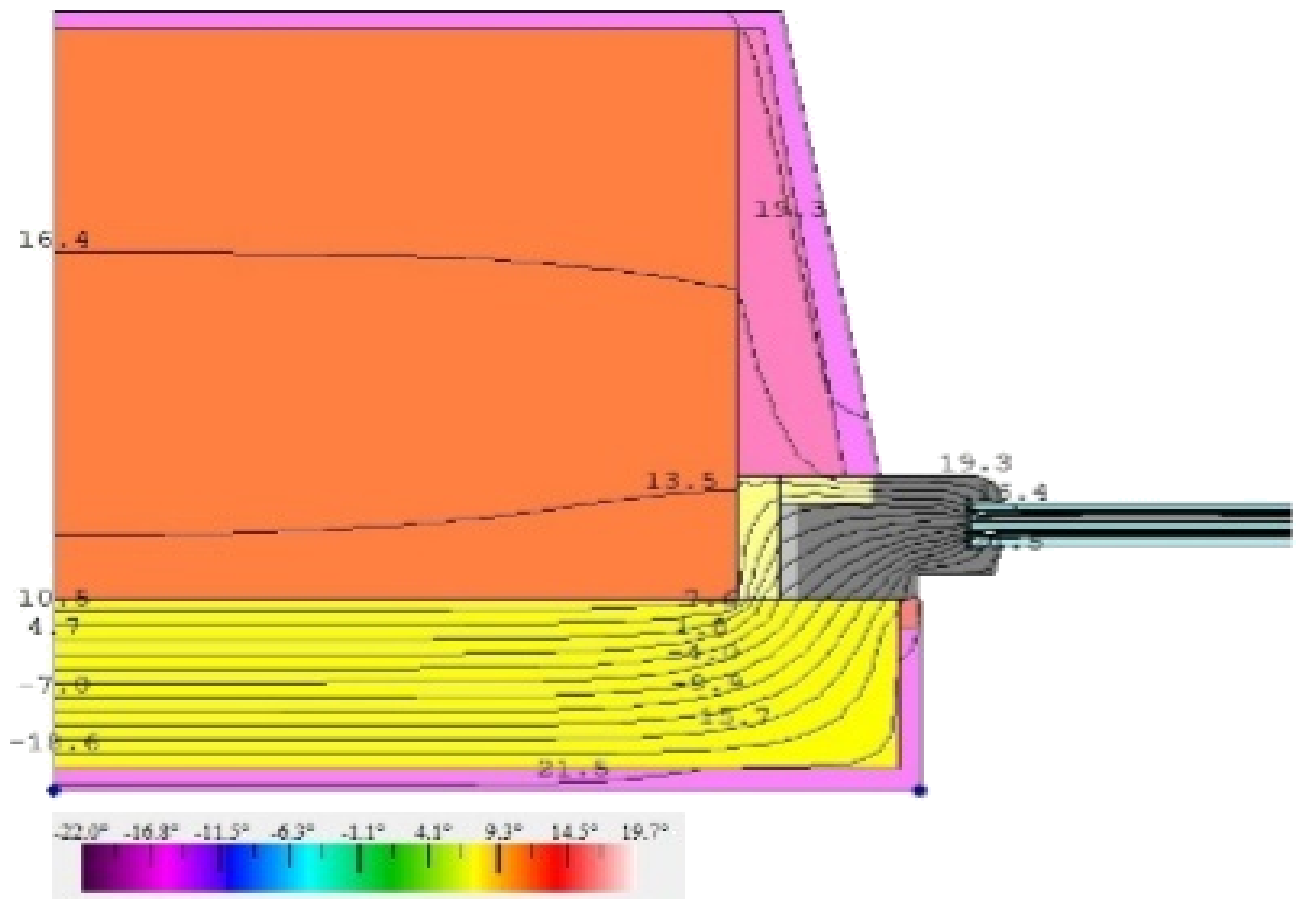


Рис. 4. Результат моделювання температурного поля та теплового потоку для вузла примикання віконної конструкції до зовнішніх стін в зоні рядового сполучення із зміщенням віконного блоку до зовнішньої частини стіни (варіант а)

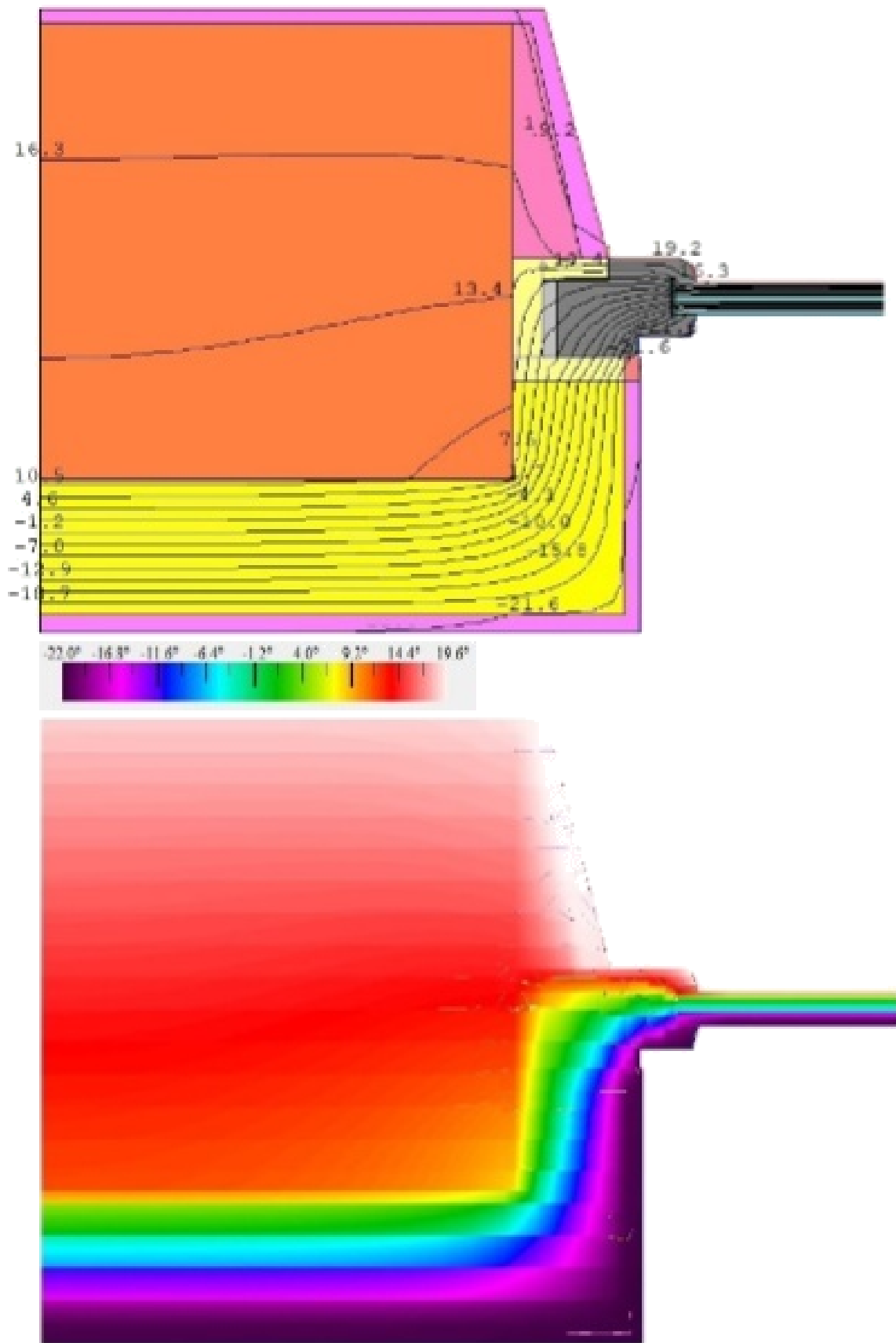


Рис. 5. Результат моделювання температурного поля та теплового потоку для вузла примикання віконної конструкції до зовнішніх стін в зоні рядового сполучення без зміщення із додатковим шаром утеплення аерогелем (варіант b)

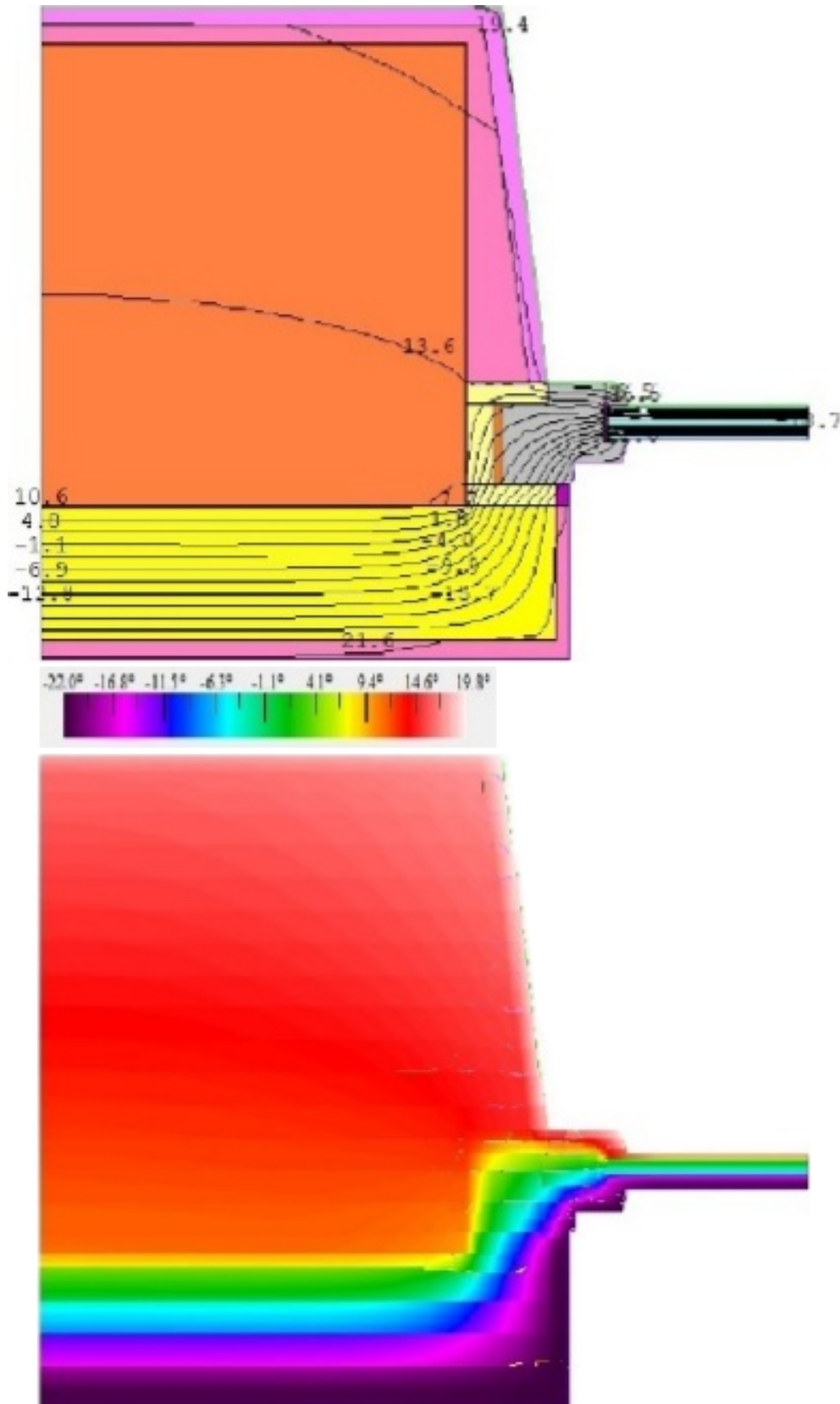


Рис. 6. Результат моделювання температурного поля та теплового потоку для вузла примикання віконної конструкції до зовнішніх стін в зоні рядового сполучення: із зміщенням віконного блоку до зовнішньої стіни із шаром додаткового утеплення між мінеральною ватою та рамою (варіант с)

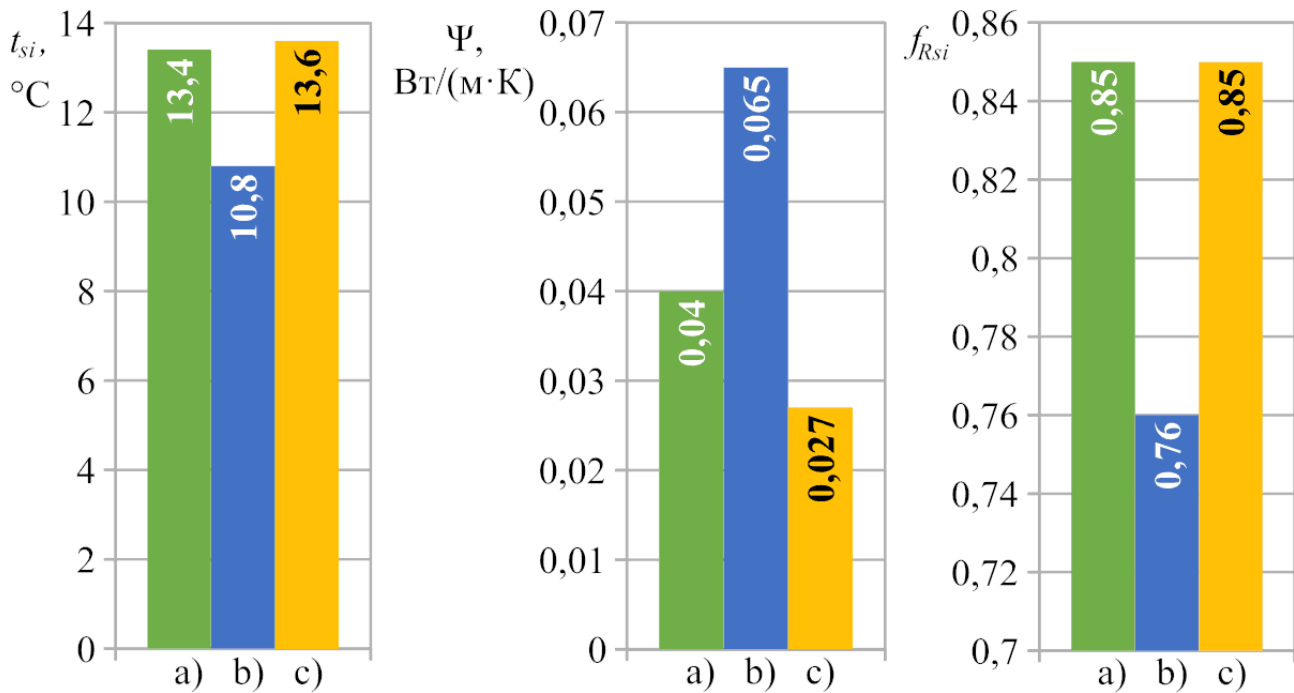


Рис. 7. Основні параметри функціонування примикання віконної конструкції – температура внутрішньої поверхні t_{si} , лінійний коефіцієнт теплопередачі Ψ та температури внутрішньої поверхні t_{si} , та температурний коефіцієнт поверхні f_{Rsi} для варіантами вузла примикання віконної конструкції до зовнішніх стін в зоні рядового сполучення: а – із зміщенням віконного блоку до зовнішньої частини стіни; б – без зміщення із додатковим шаром утеплення аерогелем; с – із зміщенням віконного блоку до зовнішньої стіни із шаром додаткового утеплення між мінеральною ватою та рамою

Висновки. Результати аналізу попередніх досліджень та моделювання в програмному комплексі THERM засвідчує, що наявні будівлі старої забудови мають підвищені тепловтрати в зоні примикання віконного блоку та потребують термомодернізації. Найвигіднішим варіантом влаштування вузла примикання віконного блоку у зоні рядового сполучення є переміщення віконного блоку до зовнішньої сторони стіни та влаштування додаткового шару утеплення із аерогелю між віконною рамою та системою зовнішньої теплоізоляції. Позитивний результат застосування аерогелевого утеплювача проявляється у зниженні значення лінійного коефіцієнта теплопередачі. У найкращому варіанті (в) конструкції вузла примикання значення лінійного коефіцієнта теплопередачі становить 0,027 Вт/м·К в порівнянні із нормативним значенням 0,071 Вт/м·К, що значно впливає на зменшення тепловтрат не збільшуючи товщину теплоізоляційної системи будівлі. Запропоноване конструктивне рішення забезпечує підвищення температури внутрішньої поверхні та усуває ризик конденсації, що підтверджує його ефективність. Також враховує характеристики, що впливають на енергоефективність будівлі та є досить технологічним рішенням у практичному використанні.

Перспективи подальших досліджень. Проблема достовірності врахування теплопровідності «містків холоду» повністю не вирішена. У ДСТУ 9191:2022 не враховано покращені конструкції вузлів примикання із використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів. Тому доцільно досліджувати технологічні рішення реалізації способу термомодернізації для підвищення ефективності виконання вузла примикання віконного блоку до зовнішніх огорожувальних конструкцій, з використанням сучасних теплоізоляційних матеріалів.

References

1. DBN V.2.6-31:2021. Thermal insulation and energy efficiency of buildings. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2022.
2. DBN V.2.6-33:2018. Konstruktsii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu. Vymohy do proektuvannia. Kyiv: Minrehion Ukrainy, 2018. 25 s.
3. 3. Plan zakhodiv z realizatsii u 2021-2023 rokakh Natsionalnoho planu dii z enerhoefektyvnosti na period do 2030 roku: rozporiadzhenniam Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 29 hrudnia 2021 r. № 1803-r. <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1803-2021-%D1%80#n15>
4. DSTU 9191:2022. Teploizoliatsiia budivel Metod vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia utepлення budivel. Kyiv: DP «UkrNDNTS», 2022. 63 s.
5. Ratushniak H. S., Ocheretnyi A. M. "Enerhoaudyt bahatopoverkhovykh zhytlovykh budynkiv z vykorystanniam teploviziinykh ziomok". *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi*, no. 1, 2017, pp. 84-93, <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/25327>
6. Ratushniak H. S., Ocheretnyi A. M., Materynska O. Yu. "Termomodernizatsiia teploprovidnykh vkliuchen vuzliv prymykannia pry vstanovlenni enerhooshchadnykh vikon". *Ventyliatsiia, osvittlennia ta teplohazopostachannia*. 2018. №24., S. 52-58. <https://vothp.knuba.edu.ua/article/view/168273>
7. 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*, Vol. 12, Iss. 4, 2020, p. 1574, <https://doi.org/10.3390/su12041574>
8. Farenjuk H.H., Farenjuk Ye.H., Tymofieiev M.V. "Udoskonalennia metodu vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia utepлення budivel". *Nauka ta budivnytstvo*, Vol. 41, No. 3, 2024, pp. 3-9, <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2024-1>
9. Prishchenko A. M. "Pryvedenyi opir teploperedachi verkhu vikonnogo pererizu tsehlanoi stiny z zovnishnoiu teploizoliatsiieiu". *Energy-efficiency in civil*

- engineering and architecture, Iss. 6, 2014, pp. 231-235.
<https://repository.knuba.edu.ua/items/6e9d98d5-ad4f-4af7-af0d-5fff34ceb3f6>
10. Pashynskiy V. A., Nastoashchyi V.A., Dzhyrma S.O., Plotnikov O.A., Ostapchuk A.S. "Vplyv polozhennia vikonnykh blokiv po tovshchyni stiny na teplotekhnichni kharakterystyky vuzla yikh prymykannia". *Sciences of Europe*, Vol. 21, Iss. 3, 2017, pp. 8–13.
 11. A Stolarska, J Strzałkowski, Halina Garbalińska. "Using CFD software for the evaluation of hygrothermal conditions at wall-window perimeters." *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*, Vol. 415, 2018, p. 012046, <https://doi.org/10.1088/1757-899X/415/1/012046>
 12. THERM 2.0 Program Description. Berkeley CA 94720 USA, 1998. <https://windows.lbl.gov/sites/default/files/Downloads/therm2.pdf>
 13. Ratushniak H.S., Ocheretnyi A. M., Materynska O. Yu. Pidvyshchennia enerhooshchadnosti bahatopoverkhovykh budynkiv shliakhom vdoskonalennia vuzliv prymykannia ohorodzhuvalnykh konstruktsii. *Suchasni tekhnolohii, materialy i konstruktsii v budivnytstvi*, No 2, 2017, p. 8, <https://ir.lib.vntu.edu.ua/handle/123456789/24434>
 14. DSTU-N B V.2.6-146:2010. Nastanova shchodo proektuvannia i ulashtuvannia vikon ta dverei, Minrehion Ukrainy, 2010

UDC 692.2+692.8

PhD, Assoc. Prof. **Heorhii Ratushniak**,
ratusnak@gmail.com, ORCID: 0000-0001-9656-5150,
Post-Graduate **Oksana Horiun**,
oksana2718@ukr.net, ORCID: 0000-0002-3624-2293
Vinnitsia National Technical University

<https://doi.org/10.32347/2409-2606.2026.57.59-74>

ASSESSMENT OF THE IMPACT OF THE DESIGN OF THE SIDE NODE OF THE WINDOW UNIT ON THE ENERGY EFFICIENCY OF THE BUILDING

Abstract. *The article provides a comprehensive analysis of the existing regulatory and technical methods for constructing interface units between window structures and external walls within the standard connection zones. Particular attention is paid to the peculiarities of integrating innovative building materials into the window block interface to optimise the structural stability and thermophysical properties of the building's thermal envelope. The research theoretically substantiates the critical impact of thermal modernisation of the window-to-wall interface —*

identified as a primary zone of intense heat loss and potential "thermal bridges" — on the overall enhancement of the energy efficiency levels in modern buildings. Within the framework of this study, the author proposes a technically improved design of the interface unit, specifically adapted for the comprehensive thermal renovation of buildings using advanced construction technologies and specialised insulation materials. A detailed mathematical and physical calculation model of the interface units was developed, covering both standardised and modernised design variants, to facilitate high-precision simulation within the specialised THERM software environment. The article presents the verified results of two-dimensional simulation of temperature fields in the connection nodes. Key performance indicators were determined, including the minimum temperatures of the internal surface of the envelope in the interface zone, the dimensionless temperature factor, linear thermal transmittance ψ -value and the integral thermal uniformity coefficient. Based on the simulation results and analytical calculations, a comparative evaluation of various thermal insulation solutions for side interface units was performed. Following a rigorous numerical analysis of temperature distribution gradients and heat flux densities, the best design for the window-to-wall interface in the standard connection zone was selected and justified from both an energy-efficient and engineering perspective.

Keywords: *window interface unit; energy efficiency; energy saving; "thermal bridges"; thermal insulation; heat-conducting inclusions; thermal modernisation; thermal resistance.*

Received/Надійшла до редакції 10.04.2026

Accepted/Прийнято 19.05.2026

Issued/Опубліковано 29.05.2026

 Distributed under the license / Розповсюджується за ліцензією:

[Creative Commons Attribution 4.0 International License](#)