

624:011

О. А. Пахолук*

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0650-6446>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

В. П. Самчук

к.т.н., доцент, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9045-9525>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

О. С. Чапук

к.т.н., доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0283-1863>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

В. І. Малиха

магістр, ORCID: <https://orcid.org/0009-0005-9446-1880>

Кафедра будівництва та цивільної інженерії

Луцький національний технічний університет, вул. Львівська, 75, Луцьк, Україна, 43018

* автор-кореспондент, e-mail: orest.pakholiuk@gmail.com

Утеплення будівель із фасадами складної конфігурації

Цитувати як:

Пахолук, О.А., Самчук В.П., Чапук О.С., Малиха, В.І. (2025). Утеплення будівель із фасадами складної конфігурації. *Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві*, 23, 196-209. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-18](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-18)

© 2025, Пахолук, О.А., Самчук В.П., Чапук О.С., Малиха, В.І.

Анотація. Проведення енергоефективних заходів суттєво знизить навантаження на енергосистему країни, особливо в опалювальний період, бо дозволить істотно знизити втрати через оболонку та комунікації. Ріст тарифів є потужним стимулом для проведення комплексної термомодернізації будівель.

Заходи з енергоефективності не лише економлять кошти, але й сприяють підвищенню комфорту термомодернізованих будівель. провідну роль у цьому відіграє утеплення огорожувальних конструкцій. Насамперед, це зовнішні стіни, покриття і перекриття. При плануванні заходів з утеплення важливо дотримуватись актуальних норм і стандартів. За статистикою у значній кількості модернізованих будівель застосовано «конструктивну схему збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками».

Для даної технології важливе значення має рівність поверхні, яка не завжди присутня. Існуючі будівлі зводились у різні часові періоди. Для надання їм архітектурної унікальності було застосовано різні технології і варіанти. Коли такі фасади утеплюють, виникає деяка складність. У деяких випадках це збільшує вартість робіт, бо зростає потреба у матеріалах. Деколи підготовка основи вагомо збільшує тривалість і трудомісткість.

Базово можна виділити три типи виступаючих форм на цегляних фасадах будівель різного періоду будівництва:

- фігурна цегляна кладка із дрібномасштабними (до 10 см) декоративними елементами. Зустрічається переважно на будівлях, зведених у радянський період, і представлений, як правило, у формі простих геометричних орнаментів.

- фігурна цегляна кладка, притаманна переважно історичним спорудам минулих століть. Значна кількість таких об'єктів може мати статус пам'ятки архітектури. Проведення реноваційних робіт на подібних об'єктах завжди вимагає індивідуального підходу, зумовленого їхнім архітектурним та історичним значенням, і тому не є предметом детального аналізу в рамках поточного дослідження.

- включає будівлі, переважно громадського призначення, що мають на фасадах пілястри та контрфорси (або псевдоконтрфорси). Третій тип буде об'єктом наших досліджень.

Ключові слова: енергоефективність, утеплення, ізоляція, пілястри, контрфорси.

Вступ

З початком повномасштабного вторгнення росії в Україну питання енергетичної безпеки житлових та громадських будівель вкрай загострилось. Тому проведення енергоефективних заходів суттєво знизить навантаження на енергосистему країни, особливо в опалювальний період, бо дозволить істотно знизити втрати через оболонку та комунікації. Ріст тарифів є потужним стимулом для проведення комплексної термомодернізації будівель. Однак на даний час тарифи на електроенергію ростуть, а на централізоване опалення та газ – ні. А саме ці статті комунальних витрат є найбільшими.

Аналіз останніх досліджень. Потенціал енергозбереження в Україні є значним. 34 % його зосереджено у житловому секторі, 28 % - у промисловості, 21 % - у сфері трансформації енергії. 12 % потенціалу зосереджено у секторі послуг, близько 4% - у сільському господарстві [1].

Заходи з енергоефективності не лише економлять кошти, але й сприяють підвищенню комфорту термомодернізованих будівель. провідну роль у цьому відіграє утеплення огорожувальних конструкцій [2, 3]. Насамперед, це зовнішні стіни, покриття і перекриття. При плануванні заходів з утеплення важливо дотримуватись актуальних норм [4, 6] і стандартів [5].

Метою даної роботи є розгляд способів прийняття рішень стосовно вибору схеми утеплення фасадів зі складною конфігурацією.

Матеріали та методи

Діючими нормами [6] передбачено три базові типи зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією, викладено їх конструктивні рішення та варіанти застосування.

Експлуатаційна придатність варіантів ізоляції оцінюється рядом фізико-механічних характеристик, оскільки конструкції будуть піддаватися впливу температур і вологи, вітру снігу та механічних навантажень [7].

Норми [6] визначають можливість застосування певних видів систем та матеріалів з огляду на їх властивості, форму та характеристики.

Згідно з порядком вимоги до енергоефективності повинні переглядатись кожних 5 років. Так, затверджені у 2006-му, вони змінювались у бік підвищення в 2013-му, 2016-му та 2021 -му роках.

Забезпечити дотримання таких високих вимог можливо лише із застосуванням матеріалів з високою ефективністю (низькою теплопровідністю). Найчастіше для цього застосовують мінераловатні матеріали, пінополістирол бісерний та екструдований, піноскло.

За статистикою у значній кількості модернізованих будівель застосовано «конструктивну схему збірної системи з опорядженням легкими тонкошаровими штукатурками» [6].

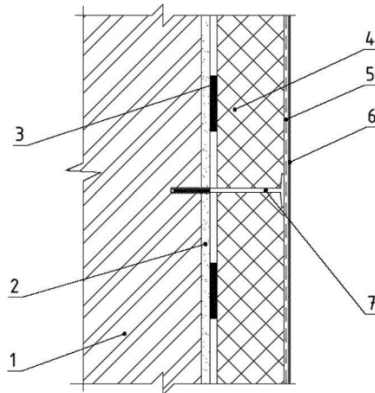


Рис. 1. Схема утеплення

1 – стіна; 2 – вирівнювальний шар; 3 – шар клею; 4 – ізоляція; 5 – гідро- армо шар; 6 – декоративний шар; 7 – дюбель

Для даної технології важливе значення має рівність поверхні, яка не завжди присутня.

Існуючі будівлі зводились у різні часові періоди. Для надання їм архітектурної унікальності було застосовано різні технології і варіанти. Коли такі фасади утепляють, виникає деяка складність. У деяких випадках це збільшує вартість робіт, бо зростає потреба у матеріалах. Деколи підготовка основи вагомо збільшує тривалість і трудомісткість.

Базово можна виділити три типи виступаючих форм на цегляних фасадах будівель різного періоду будівництва.

Перший тип (рис. 2). Фігурна цегляна кладка із дрібномасштабними (до 10 см) декоративними елементами. Цей тип архітектурного оформлення переважно зустрічається на будівлях, зведених у радянський період, і представлений, як правило, у формі простих геометричних орнаментів.



Рис. 2. Цегляна кладка другої половини XX століття

Зазначені елементи кладки типові для зовнішніх стін, які не були передбачені для подальшого теплоізоляційного оснащення. В такому випадку, найбільш доцільним технічним рішенням є демонтаж (зрізання або збивання) цих виступів, що дозволяє досягти вирівнювання площини фасаду для подальших оздоблювальних чи теплоізоляційних робіт.

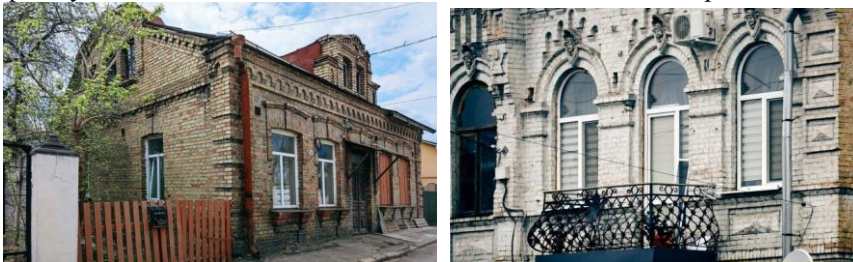


Рис. 3. Фігурна цегляна кладка XIX-початку XX століття

Друга категорія нерівностей (рис. 3). представлена фігурною цегляною кладкою, притаманною переважно історичним спорудам минулих століть. Значна кількість таких об'єктів може мати статус пам'ятки архітектури. Проведення реноваційних робіт на подібних об'єктах завжди вимагає індивідуального підходу, зумовленого їхнім архітектурним та

історичним значенням, і тому не є предметом детального аналізу в рамках поточного дослідження.

Третій тип (рис. 4) включає будівлі, переважно громадського призначення, що мають на фасадах пілястри та контрфорси (або псевдоконтрфорси).



Рис. 4. Пілястри та контрфорси на фасадах громадських будівель

«Пілястра, також пілястр або пілястер (фр. pilastre) — плоский вертикальний прямокутний у плані виступ на поверхні стіни або стовпа. Зовні має ознаки колони. Може мати як конструктивну, так і декоративну функції, наприклад, для підсилення або членування стіни, обрамлення прорізів. Іноді пілястри використовували в каркасній архітектурі. Тоді проміжки в каркасі з пілястр заповнювали якимось будівельним матеріалом. Найчастіше пілястри використовували в декоративній ролі для оздоблення і ритмічного членування порожнього тла стіни» [8].

«Контрфорс (фр. contre force — «протидіюча сила») або підстінок — вертикальна конструкція у вигляді висунутої назовні частини стіни, вертикального ребра чи окремої опори, зв'язаної зі стіною аркбутаном. Призначена для посилення несучої стіни через прийняття на себе горизонтального зусилля розпору від склепінь.

Зовнішня поверхня контрфорса може бути вертикальною, ступінчастою або безперервно похилою, збільшуючись в перерізі до основи.

Якщо контрфорс не навантажений горизонтальною силою, то його називають псевдоконтрфорсом, який служить тільки прикрасою споруди» [9].

Третій тип буде об'єктом наших досліджень.

Розміри цих елементів можуть варіюватися у широкому діапазоні, від 5 см до 1 м. Наявність таких значних виступів створює додаткові складнощі в процесі утеплення. Це зумовлює зростання трудомісткості робіт, збільшення витрат теплоізоляційних матеріалів або ускладнення технологічних операцій у випадку демонтажу (зрізання/збивання) цих елементів, особливо при їхніх незначних розмірах, коли це економічно недоцільно.

Результати та обговорення

Для проведення розрахункової частини дослідження, ми приймаємо цегляну стіну з базовою товщиною 510 мм, утеплену по основній площині базальтовою ватою товщиною 150 мм.

У рамках аналізу були розглянуті варіанти фасадів з пілястрами шириною 500 мм, які виступають від основної площини стіни на 100, 200 та 300 мм відповідно.

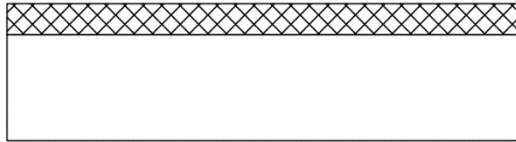


Рис. 5. Основна площина

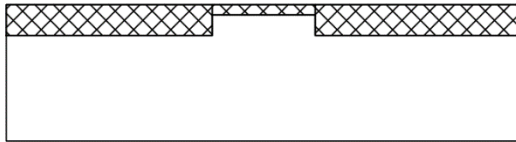


Рис. 6. Виступ 100 з товщиною утеплення торцевої частини 50 мм

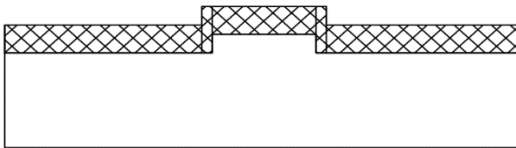


Рис. 7. Виступ 100 з товщиною утеплення бічних поверхонь 50 мм

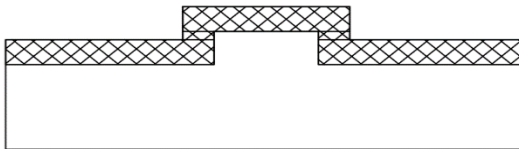


Рис. 8. Виступ на 200 мм

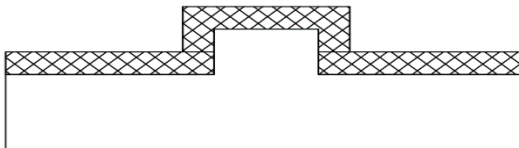


Рис. 9. Виступ на 300 мм

Для оцінки базової вартості прийнято середню висоту будівлі 12 м, а також вартість теплоізоляційних робіт у розмірі 2500 грн./м². Вартість робіт з утеплення, розрахована на один елемент, представлена у Таблиці 1.

Таблиця 1. Питома вартість робіт з утеплення

Виступ, мм	Висота, м	Додаткова площа	Вартість робіт з утеплення, грн/м ²	Вартість робіт з утеплення на 1 елемент, грн
100	12	2,4	2500	6000
200	12	4,8	2500	12000
300	12	7,2	2500	18000
400	12	9,6	2500	24000

При виконанні теплоізоляційних робіт для фасадних конструкцій необхідно враховувати, що об'єм та вартість робіт зростатимуть прямо пропорційно кількості наявних виступаючих елементів. Зокрема, для будівлі висотою 12 м, кожні додаткові 100 мм виступу зумовлюють збільшення вартості на один елемент приблизно на 6000 грн.

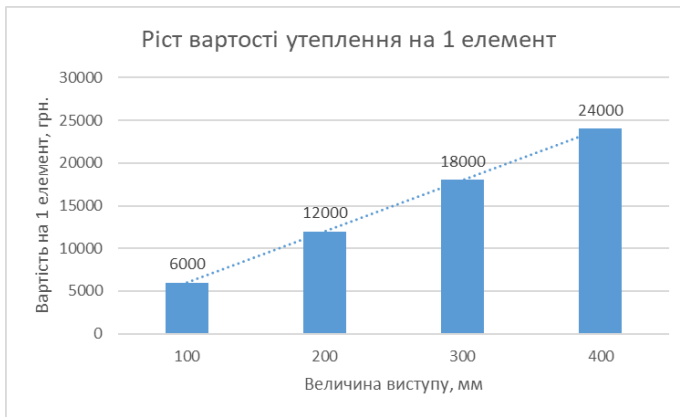
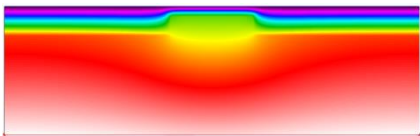
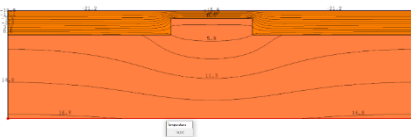
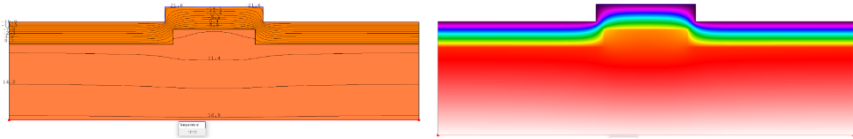


Рис.10. Динаміка зростання вартості теплоізоляції одного елемента

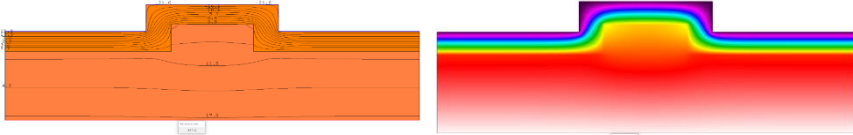
Товщина утеплювача 150 мм,



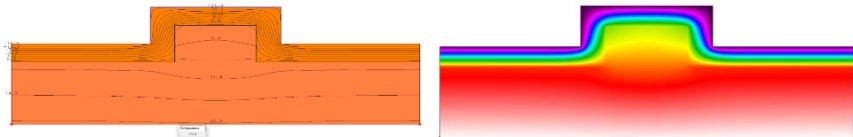
а) 16,2 °C



б) 17,1 °C



в) 17,1 °C



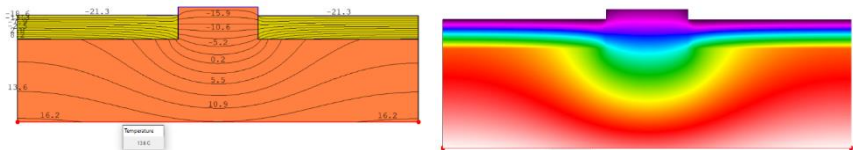
г) 17,1 °C

Рис. 11. Варіанти утеплення виступів:

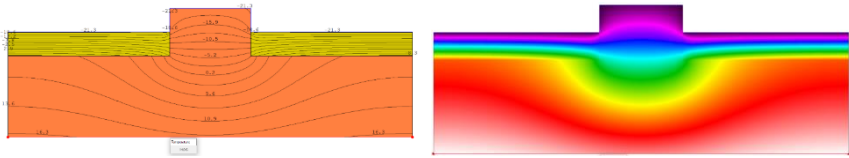
а) виступ 100 мм – торець 50 мм; б) виступ 100 мм – боки 50 мм, торець 150 мм; в) виступ 200 мм; г) 300 мм

Температура на внутрішній поверхні стіни навпроти виступу не перевищує допустимих за [4] значень.

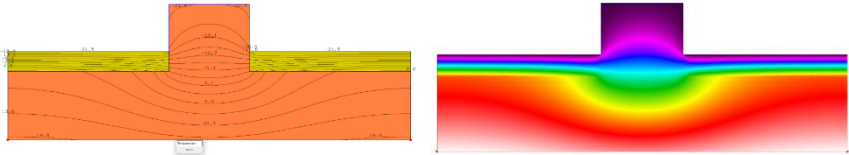
Часто при модернізації будівель подібні виступи не утеплюють. Перевіримо, до чого призведуть такі дії.



а)



б)



в)

Рис. 12. Температура на внутрішній поверхні стіни навпроти неутепленого виступу: а) довжина 200 мм; б) довжина 300 мм; в) довжина 500 мм.

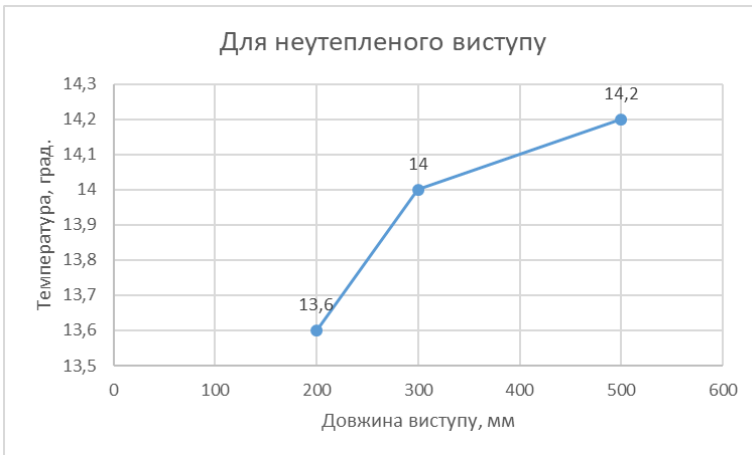
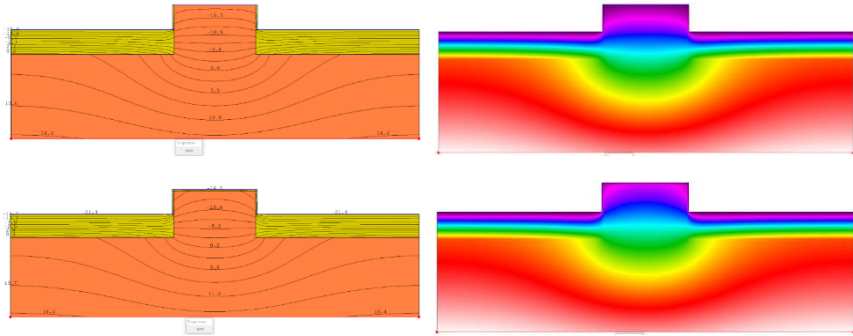


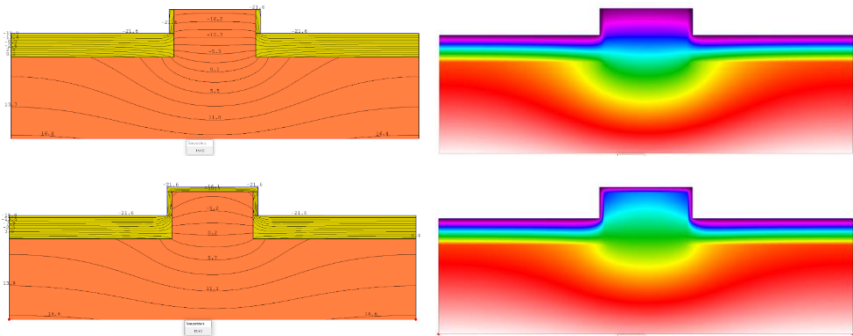
Рис. 13. Температура внутрішньої поверхні стіни

Отримані значення температур не відповідають чинним нормам.

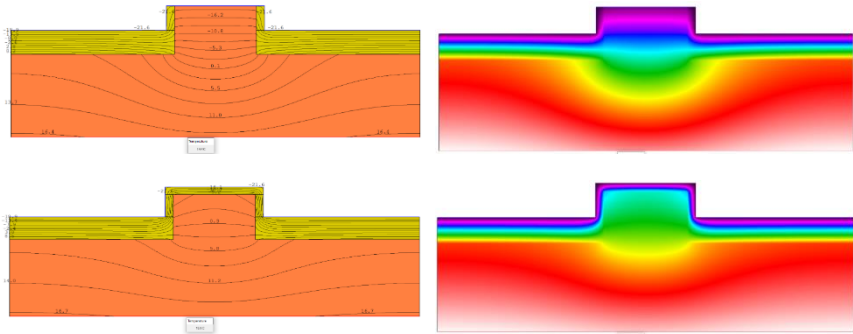
Спробуємо утеплити боковини та торець виступу для визначення мінімально необхідної товщини утеплювача. У даному розрахунку брав участь виступ довжиною 300 мм, утеплювач використовувався товщиною 10, 30, 50 мм.



а) 10мм



б) 30мм



в) 50 мм

Рис. 14. Визначення товщини утеплювача

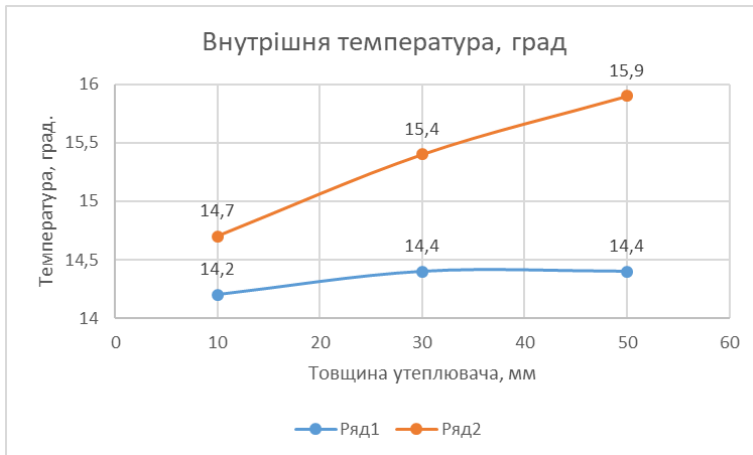


Рис. 15. Залежність температур від величини виступу
Ряд 1 – утеплені боковини, ряд 2 – утеплені боковини і торець

Висновки

1. При виконанні теплоізоляційних робіт для фасадних конструкцій необхідно враховувати, що об'єм та вартість робіт зростатимуть прямо пропорційно кількості наявних виступаючих елементів. Зокрема, для будівлі висотою 12 м, кожні додаткові 100 мм виступу зумовлюють збільшення вартості на один елемент приблизно на 6000 грн.

2. При наявності відступів до 300 мм є сенс порівнювати вартість надлишкового утеплення з вартістю зрізання / збивання виступів за умови, що вони не впливають на несучу здатність.

3. При утепленні виступів довжиною 100 мм врівень зі стіною або довжиною 100...300 мм мінеральною ватою товщиною 150 мм температура на внутрішній поверхні стіни навпроти неутепленого виступу знаходиться в межах норми.

4. При утепленні стін залишати виступи до 300 мм неутепленими недопустимо.

5. Мінімальна товщина утеплювача для реновації виступів складає 50мм.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Фінансування

Авторами статті публічно підтверджується, що дослідження проводилося без фінансової підтримки.

Доступність даних

Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

References

1. Ministerstvo enerhetyky ta vuhilnoi promyslovosti Ukrainy, «NEK «Ukrenerho», Naukovo-tehnichniyi tsentr elektroenerhetyky. Analiz efektyvnosti vykorystannia enerhoresursiv u rozvynenykh zarubizhnykh krainakh i zalezhnist vid yikh importu. URL: https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf
2. Barzylovych D. V., Farenjuk H. H. Rozvytok systemy normatyvnykh dokumentiv Ukrainy iz zabezpechennia enerhoberezhennia ta enerhoefektyvnosti budivel // Budivelni konstruksii. – 2013. – Vyp. 77. – S. 3-9. 8.
3. Aheieva T. P. Metodychni osnovy otsinky enerhoberezhennia ta prohnozuvannia enerhospozhyvannia v sferi zhytlovoho ta komunalno-pobutovoho obsluhovuvannia naselennia Ukrainy: avtoref. dys. na здобuttia nauk. stupenia kand. tekhn. nauk. – 2002. — 20 s.
4. DBN V.2.6-31:2021 Teplova izoliatsiia ta enerhoefektyvnist budivel.
5. DSTU 9191:2022 Teploizoliatsiia budivel. Metod vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia uteplennia budivel.
6. DBN V.2.6-33:2018 Konstruksii zovnishnikh stin iz fasadnoi teploizoliatsiiei. Vymohy do proektuvannia.
7. R.O. Timchenko, D.A. Krishko, V.O. Savenko, V.M. Yablonska, Vykorystannia suchasnykh efektyvnykh uteplivuchiv dlia pidvyshchennia enerhoefektyvnosti hromadskykh budivel. Visnyk Kryvorizkoho natsionalnogo universytetu, vyp. 54, 2022. st 153-158.
8. Piliastra
<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%BB%D1%8F%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0> .
9. Kontrfors (arkhitektura)
[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%81_\(%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%81_(%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0)) .

Література

1. Міністерство енергетики та вугільної промисловості України, «НЕК «Укренерго», Науково-технічний центр електроенергетики. Аналіз ефективності використання енергоресурсів у розвинених зарубіжних країнах і залежність від їх імпорту. URL: https://ua.energy/wpcontent/uploads/2018/01/1.-Efektyvnist_energ_resursiv.pdf
2. Барзилович Д. В., Фаренюк Г. Г. Розвиток системи нормативних документів України із забезпечення енергозбереження та енергоефективності будівель // Будівельні конструкції. – 2013. – Вип. 77. – С. 3-9. 8.
3. Агеева Т. П. Методичні основи оцінки енергозбереження та прогнозування енергоспоживання в сфері житлового та комунально-побутового обслуговування

населення України: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук. – 2002. — 20 с.

4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель.

5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

6. ДБН В.2.6-33:2018 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування.

7. Р.О. Тімченко, Д.А. Крішко, В.О. Савенко, В.М. Яблонська, Використання сучасних ефективних утеплювачів для підвищення енергоефективності громадських будівель. Вісник Криворізького національного університету, вип. 54, 2022. ст 153-158.

8. Пілястра

<https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9F%D1%96%D0%BB%D1%8F%D1%81%D1%82%D1%80%D0%B0>.

9. Контрфорс (архітектура)

[https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%81_\(%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0\)](https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%9A%D0%BE%D0%BD%D1%82%D1%80%D1%84%D0%BE%D1%80%D1%81_(%D0%B0%D1%80%D1%85%D1%96%D1%82%D0%B5%D0%BA%D1%82%D1%83%D1%80%D0%B0)).

Відомості про статтю:	Article information:
Отримано 20.05.2025	Received 20.05.2025
Отримано у доопрацьованому вигляді 22.05.2025	Received in revised form 22.05.2025
Прийнято.04.06.2025	Accepted 04.06.2025
Опубліковано 25.06.2025	Published 25.06.2025

O. A. Pakholiuk*

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0650-6446>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, 75 Lvivska st., Lutsk 43018, Ukraine

V. P. Samchuk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <http://orcid.org/0000-0001-9045-9525>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, 75 Lvivska st., Lutsk 43018, Ukraine

O. S. Chapiuk

Ph.D. in Engineering, Associate Professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0283-1863>
Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, 75 Lvivska st., Lutsk 43018, Ukraine

V. I. Malykha

master

Department of Building and Civil Engineering
Lutsk National Technical University, 75 Lvivska st., Lutsk 43018, Ukraine

*corresponding author, e-mail: orest.pakholiuk@gmail.com

Thermal insulation of buildings with complicated facades

How to Cite:

Pakholiuk O. A., Samchuk V. P., Chapiuk O.S., Malykha V. I. (2025). Thermal insulation of buildings with complicated facades. *Modern technologies and methods of calculations in construction*, 23, 196-209. [https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13\(23\)-18](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2025-13(23)-18)

Abstract. Energy efficiency measures will significantly reduce the burden on the country's energy system, especially during the heating season, as they will significantly reduce losses through the building envelope and communications. Rising tariffs are a powerful incentive for the comprehensive thermal modernization of buildings.

Energy efficiency measures not only save money but also contribute to the comfort of thermally modernized buildings. Insulation of building envelopes plays a leading role in this. First of all, these are exterior walls, roofs, and floors. When planning insulation measures, it is important to comply with current norms and standards. According to statistics, a significant number of modernized buildings use a "prefabricated system design with lightweight thin-layer plasters".

For this technology, surface evenness is important, which is not always present. Existing buildings were erected in different periods, and different technological methods and design solutions were used to give them architectural expressiveness. Insulation of such facades causes certain difficulties, and sometimes a significant increase in price due to an increase in the amount of materials or labor intensity of work when preparing the surface of structures for insulation.

There are three types of irregularities in brick facades in buildings of different "age groups":

- Curly brickwork with slight protrusions (up to 10 cm) beyond the main surface of the facade. It is most often found in Soviet-era buildings in the form of simple geometric shapes.*

- Figured brickwork is usually found in historic buildings of the last century and the century before last. A significant part of these buildings may have the status of an architectural monument. Renovation of such buildings is always individual and is beyond the scope of this study.*

- buildings (mainly public buildings) with pilasters and buttresses (pseudo-buttresses) on the facades. The third type will be the object of our research.*

Keywords: energy efficiency, insulation, insulation, pilasters, buttresses.