УДК 699.86

М. О. Постолатій
Я. О. Усенко
Д. Т. Соколенко

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЗОВНІШНІХ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ БУДІВЕЛЬ ІСНУЮЧОГО ЖИТЛОВОГО ФОНДУ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РІШЕНЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Досліджено проблему низької енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій житлових будівель забудови 1960–1980-х років. Проаналізовано поширену практику локального («плямового») утеплення окремих квартир екструдованим пінополістиролом та виявлено її критичні теплофізичні недоліки. Проведено порівняльний аналіз локального утеплення та комплексних фасадних систем (ETICS і вентильованих фасадів). Обґрунтовано технічну недоцільність фрагментарного утеплення та необхідність системної термомодернізації будівель.

Ключові слова: енергоефективність, термомодернізація, огороджувальні конструкції, термічний опір, локальне утеплення, містки холоду, точка роси, локальне («плямове») утеплення, фасадні системи.

Abstract

This study examines the problem of low energy efficiency in the external envelope structures of residential buildings constructed between the 1960s and 1980s. It analyses the widespread practice of localised ('patchy') insulation of individual flats using extruded polystyrene foam and identifies its critical thermophysical shortcomings. A comparative analysis was carried out between localised insulation and comprehensive façade systems (ETICS and ventilated façades). The technical inappropriateness of piecemeal insulation and the need for systematic thermal modernisation of buildings were substantiated.

Keywords: energy efficiency, thermal modernisation, building envelopes, thermal resistance, localised insulation, thermal bridges, dew point, localised ('spot') insulation, façade systems.

Вступ

Підвищення енергоефективності та покращення експлуатаційних характеристик житлових будівель, зведених у другій половині XX століття, є одним із пріоритетних завдань реконструкції та капітального ремонту існуючого житлового фонду України. Значна частина таких будівель характеризується недостатніми теплозахисними властивостями зовнішніх огороджувальних конструкцій, що зумовлено невідповідністю їхніх теплотехнічних характеристик сучасним нормативним вимогам, а також фізичним зношуванням конструктивних елементів у процесі тривалої експлуатації.

Недостатній опір теплопередачі зовнішніх стін, покриттів та інших огороджувальних конструкцій спричиняє підвищені втрати теплової енергії, збільшення енергоспоживання систем опалення та погіршення температурно-вологісного режиму внутрішніх приміщень. Додатковими чинниками тепловтрат є наявність теплових мостів, порушення герметичності міжпанельних стиків і вузлів примикання конструктивних елементів.

У зв'язку з цим актуальним завданням є розроблення та впровадження ефективних конструктивно-технологічних рішень із термомодернізації зовнішніх огороджувальних конструкцій. Основними напрямами таких заходів є підвищення опору теплопередачі шляхом застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів, усунення теплотехнічних неоднорідностей та забезпечення належної герметичності конструктивних вузлів. Вибір відповідних рішень має ґрунтуватися на оцінюванні технічного стану будівлі, її конструктивних особливостей і кліматичних умов експлуатації з урахуванням вимог ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [1].

Результати дослідження

Актуальність зазначеної проблеми підтверджують результати досліджень технічного стану житлового фонду України. Зокрема, за результатами обстеження 300 багатоквартирних будинків у Львівській, Закарпатській та Івано-Франківській областях встановлено, що лише близько 4 % досліджених будівель мають повне утеплення, тоді як приблизно 75 % не мають теплоізоляції [2]. Це свідчить про необхідність упровадження комплексних технологічних рішень, спрямованих на

зменшення тепловтрат через зовнішню оболонку будівель та підвищення ефективності використання енергетичних ресурсів.

Вибір технологічних заходів термомодернізації повинен ґрунтуватися на попередньому оцінюванні фактичного технічного стану будівлі, визначенні конструктивних особливостей її огороджувальних елементів та встановленні чинників, які впливають на їхні експлуатаційні характеристики. Обстеження конструкцій доцільно здійснювати відповідно до положень ДСТУ 9273:2024 [3] з урахуванням фізичного зношування, наявності дефектів, пошкоджень і можливості подальшого використання конструктивних елементів.

Одним з основних показників теплозахисної здатності огороджувальної конструкції є опір теплопередачі, який характеризує інтенсивність передавання теплоти між внутрішнім і зовнішнім середовищами. Для термічно однорідної багатошарової конструкції його визначають з урахуванням термічних опорів окремих шарів матеріалів та опорів тепловіддачі на внутрішній і зовнішній поверхнях відповідно до ДСТУ EN ISO 6946:2022 [4]:

$$R\Sigma = Rsi + \Sigma(\delta_i / \lambda_i) + Rse, \quad (1)$$

де RΣ — загальний опір теплопередачі конструкції, м²·К/Вт;

Rsi та Rse — опори тепловіддачі відповідно на внутрішній і зовнішній поверхнях, м²·К/Вт;

δ_i — товщина окремого шару конструкції, м;

λ_i — розрахункова теплопровідність відповідного матеріалу, Вт/(м·К).

Згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [1], мінімально допустимі значення приведеного опору теплопередачі зовнішніх стін житлових будівель становлять 4,00 м²·К/Вт для I температурної зони та 3,50 м²·К/Вт для II температурної зони (рис. 1). Водночас для окремих випадків реконструкції та капітального ремонту нормативним документом передбачено спеціальні умови застосування цих вимог. За умовного значення опору теплопередачі існуючої стінової конструкції 1,00 м²·К/Вт наведені нормативні показники є вищими відповідно у 4 та 3,5 раза. Фактичні значення необхідно визначати індивідуально залежно від конструктивного рішення, фізико-технічних властивостей матеріалів і технічного стану огороджувальних елементів.



Рисунок 1 – Карта-схема температурних зон України [1].

Тепловтрати будівлі формуються внаслідок передавання теплоти через зовнішні стіни, покриття, горищні й цокольні перекриття, світлопрозорі конструкції, а також через інфільтрацію зовнішнього повітря. Їхня інтенсивність залежить від площі відповідних конструкцій, величини опору теплопередачі, температурного режиму та наявності теплотехнічних неоднорідностей. Особливу увагу необхідно приділяти вузлам примикання конструктивних елементів, міжпанельним стикам, балконним плитам і віконним прорізам, де виникають додаткові теплові потоки. Розрахункове оцінювання таких ділянок здійснюють з урахуванням положень ДСТУ EN ISO 10211:2022 [5].

Недостатній рівень теплозахисту огороджувальних конструкцій не лише збільшує потребу в тепловій енергії для опалення приміщень, а й може спричиняти порушення їхнього температурно-вологісного режиму. Зниження температури внутрішніх поверхонь у зонах теплових мостів за несприятливих умов створює передумови для поверхневої конденсації водяної пари та розвитку плісняви. Оцінювання ризику поверхневої й міжшарової конденсації необхідно здійснювати за відповідними розрахунковими методиками, зокрема ДСТУ EN ISO 13788:2022 [6].

Одним із поширених способів часткового покращення теплозахисних характеристик існуючих житлових будівель є локальне утеплення зовнішніх стін у межах окремих квартир. Проте такий підхід не забезпечує безперервності теплоізоляційного контуру фасаду та призводить до формування ділянок із різними теплотехнічними характеристиками. На межах утеплених і неутеплених поверхонь виникає нерівномірний розподіл температур, що може супроводжуватися додатковими тепловтратами через суміжні конструктивні елементи. Дослідження впливу теплоізоляційного шару на температурно-напружений стан фасадних стін підтверджують необхідність урахування особливостей температурного поля та конструктивних умов роботи огороджувальних елементів [7].

Більш раціональним напрямом підвищення енергоефективності будівель існуючого житлового фонду є застосування комплексних технологічних рішень із термомодернізації зовнішньої оболонки. До основних заходів належать улаштування систем фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою, застосування навісних фасадних систем із вентильованим повітряним прошарком, утеплення покриттів і перекриттів, модернізація світлопрозорих конструкцій та герметизація вузлів примикання. Особливості проєктування систем фасадної теплоізоляції визначено ДБН В.2.6-33:2018 [8].

Ефективність зазначених технологічних рішень залежить від правильності добору теплоізоляційних матеріалів, товщини утеплювача, конструкції кріплень, герметичності стиків та дотримання технології виконання будівельних робіт. Важливого значення набуває забезпечення сумісності матеріалів, зменшення впливу теплових мостів і формування безперервного теплоізоляційного шару. Результати наукових досліджень конструктивно-технологічних рішень із фасадного утеплення підтверджують доцільність комплексного підходу з урахуванням конструктивних, організаційних і технологічних чинників [9].

Для оцінювання конструктивно-технологічних особливостей різних підходів до підвищення теплозахисту зовнішніх стін проведено порівняльний аналіз локального та комплексного утеплення, результати якого наведено в таблиці 1.

Таблиця 1. Порівняльна характеристика технологічних рішень із утеплення зовнішніх стін

Критерій порівняння	Локальне утеплення	Комплексне фасадне утеплення
1	2	3
Безперервність теплоізоляційного контуру	Утеплення окремих ділянок фасаду з утворенням меж між утепленими та неутепленими поверхнями	Формування узгодженого теплоізоляційного шару по площі фасаду
Теплотехнічна однорідність	Наявність зон із різними теплозахисними характеристиками та додаткових теплових мостів	Зменшення впливу теплових мостів за належного проєктування конструктивних вузлів
Температурно-вологісний режим	Нерівномірний температурний розподіл; можливе підвищення ризику локального зволоження	Сприятливіший температурний режим основної стіни за умови належного проєктування системи
Температурні деформації	Можлива нерівномірність температурних деформацій суміжних ділянок	Більш рівномірний температурний режим основного стінового матеріалу
Довговічність конструкцій	Залежить від технічного стану основи та якості виконання окремих вузлів	Додатковий захист огороджувальних конструкцій від зовнішніх впливів
Технологічна узгодженість	Можливе використання різних матеріалів і конструктивних рішень у межах одного фасаду	Застосування єдиної системи з узгодженими матеріалами та технологією монтажу
Ефективність термомодернізації	Локальне покращення теплозахисту окремих ділянок	Можливість комплексного підвищення теплозахисних характеристик фасаду

Висновки

Досліджено особливості підвищення енергоефективності зовнішніх огороджувальних конструкцій житлових будівель існуючого житлового фонду з урахуванням їхніх теплотехнічних характеристик, технічного стану та сучасних нормативних вимог. Встановлено, що недостатній опір теплопередачі огороджувальних конструкцій, наявність теплових мостів і порушення герметичності конструктивних вузлів є основними чинниками підвищених тепловтрат будівель. Проаналізовано сучасні конструктивно-технологічні рішення з термомодернізації зовнішніх огороджувальних конструкцій та виконано порівняльну оцінку локального і комплексного фасадного утеплення. Визначено, що локальне утеплення не забезпечує безперервності теплоізоляційного контуру та може спричиняти нерівномірність температурного поля огороджувальних конструкцій.

Обґрунтовано доцільність застосування комплексних систем фасадної теплоізоляції, які за умови належного проєктування та виконання робіт забезпечують зменшення впливу теплових мостів, покращення температурно-вологісного режиму та підвищення теплозахисних характеристик будівель. Встановлено, що вибір ефективних технологічних рішень повинен ґрунтуватися на результатах технічного обстеження, теплотехнічних розрахунків та врахуванні конструктивних особливостей існуючих будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ : Мінрегіон України, 2022. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3876000386489779420?doc_type=2.
2. Center of Local Government Studies. Housing Stock and Management Assessment of Multi-Apartment Buildings in the Western Region of Ukraine. Habitat for Humanity, 2025.
URL:https://www.habitat.org/sites/default/files/Housing%20Stock%20Assessment%20Report_Final_0.pdf.
3. ДСТУ 9273:2024. Настанова щодо обстеження будівель і споруд для визначення та оцінювання їхнього технічного стану. Механічний опір та стійкість. Київ : ДП «УкрНДНЦ», 2024.
URL: https://uscc.ua/frontend/web/uploads/page/images/normativnye%20dokumenty/dstu/dstu_9273_2024.pdf.
4. ДСТУ EN ISO 6946:2022. Будівельні компоненти. Термічний опір і теплопроникність. Методи розрахунку (EN ISO 6946:2017, IDT; ISO 6946:2017, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=111641.
5. ДСТУ EN ISO 10211:2022. Теплові мости в будівництві. Теплові потоки та температури поверхні. Детальні розрахунки (EN ISO 10211:2017, IDT; ISO 10211:2017, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=111640.
6. ДСТУ EN ISO 13788:2022. Гігротермічні показники будівельних конструкцій та будівельних елементів. Методи розрахунку тепловологісного стану, оцінки критичної поверхневої вологості та конденсації (EN ISO 13788:2012, IDT; ISO 13788:2012, IDT). URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=99353.
7. Basok B., Davydenko B., Koshlak H., Lysenko O. Influence of the heat insulation layer on the thermally stressed condition of the facade wall. *Production Engineering Archives*. 2022. Vol. 28, No. 2. P. 123–131. DOI: https://doi.org/10.30657/pea.2022.28.14.
8. ДБН В.2.6-33:2018. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування. Київ : Мінрегіон України, 2018. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3075201563413710205?doc_type=2.
9. Kos Z., Babii I., Grynyova I., Nikiforov O. Ensuring the Energy Efficiency of Buildings through the Simulation of Structural, Organizational, and Technological Solutions for Facade Insulation. *Applied Sciences*. 2024. Vol. 14, No. 2. Article 801. DOI: https://doi.org/10.3390/app14020801.

Постолатій Маріанна Олександрівна — аспірант, асистент кафедри промислового та цивільного будівництва, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: marianna.postolatii@gmail.com.

Усенко Ярослав Олегович — студент групи 1Б-23б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна, e-mail: yarikmail.working@gmail.com.

Соколенко Дмитро Тимофійович — студент групи 1Б-23б, факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, Україна email: dimon.sokol2005@gmail.com.

Postolatii Marianna — Postgraduate Student, Assistant, Department of Industrial and Civil Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: marianna.postolatii@gmail.com.

Usenko Yaroslav— Student, Faculty of Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine, e-mail: yarikmail.working@gmail.com.

Sokolenko Dmytro— Student, Faculty of Construction, Civil, and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, Ukraine. Email: dimon.sokol2005@gmail.com.