

Оцінка впливу кліматичного фактору на ефективність термомодернізації зовнішніх стін житлових будинків

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Запропоновано метод визначення оптимальних характеристик утеплення зовнішніх стін будинків з урахуванням кліматичних характеристик території розташування будинку, а також технічних параметрів та показників, що визначають рівень енергоефективності об'єктів досліджень – технічних комплексів «будівля-система теплозабезпечення», а саме: індивідуальних конструктивних особливостей кожного шару зовнішніх стін будинку; теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів та утеплювачів; технологічних параметрів наявної системи опалення; актуальних цін та тарифів на енергоносії, будівельні матеріали та послуги та ін. Результати досліджень можуть застосовувати власники приватних будинків, проєктувальники та підрядники житлової забудови, які мають намір утеплити зовнішні стіни будинку та обґрунтувати витрати.

Ключові слова: енергоефективність, утеплення будинків, градусо-доби опалювального періоду, теплоізоляція, термін окупності.

Abstract

A method is proposed for determining the optimal characteristics of insulation of external walls of buildings, taking into account the climatic characteristics of the area where the building is located, as well as technical parameters and indicators that determine the level of energy efficiency of research objects - technical complexes "building-heating system", namely: individual design features of each layer of the external walls of the building; thermal properties of building materials and insulation materials; technological parameters of the existing heating system; current prices and tariffs for energy carriers, building materials and services, etc. The results of the research can be used by owners of private houses, designers and contractors of residential development who intend to insulate the external walls of the building and justify the costs

Key words: energy efficiency, building insulation, heating season degree days, thermal insulation, payback period.

Вступ

Чинні норми щодо теплотехнічних характеристик зовнішніх стін будинків не на-дають обґрунтування економічного ефекту термомодернізації, враховують лише 2 кліматичні зони не зважаючи на те, що в межах кожної з них кліматичні характеристики можуть суттєво відрізнятися. Діючі вітчизняні норми також не враховують вартість отриманої енергії, будівельних матеріалів і послуг, тип та ефективність наявної системи опалення. З огляду на зростаючу світову увагу до енергетичної ефективності будівельного сектору, потреби в енергії в будівлях слід мінімізувати. У зв'язку з цим розробка будівельних компонентів, що характеризуються належними значеннями коефіцієнта теплопроникувності зовнішніх огорожувальних конструкцій, є ключовою стратегією для зменшення річної потреби в енергії [1]. Дослідження [2] присвячене аналізу впливу градусо-днів опалення для регіону Андалусія (Іспанія) підкреслює критичну важливість визначення градусо-днів, оскільки це безпосередньо впливає на термін окупності інвестицій у термомодернізацію. Робота [3] демонструє важливість точного визначення температури для коректного розрахунку градусо-днів, що є критичним для визначення економічної ефективності заходів з утеплення та прогнозування терміну їх окупності для території вздовж узбережжя Китаю. Результати дослідження [4] підкреслюють необхідність врахування кліматичних характеристик восьми великих містак Індії, при плануванні термомодернізації, оскільки це суттєво впливає на термін окупності інвестицій. Дослідження [5] базується на методології, що включає економічно-енергетичний баланс для мінімізації витрат як на опалення, так і на теплоізоляційні матеріали. Встановлено, що оптимальна товщина ізоляції залежить від трьох ключових факторів: (1) градусо-днів опалення, (2) вартості ізоляційного матеріалу, та (3) вартості палива, що використовуватиметься для опалення будинку протягом десятиліття.

Результати досліджень

Комплексний аналіз кліматичних показників опалювального сезону для обласних центрів України, виконаний на основі чинних норм будівельної кліматології, демонструє наступне. Україна володіє деталізованою нормативною базою, яка дозволяє з високою точністю прогнозувати енергетичні потреби будівель в різних географічних широтах [6, 7]. Показники тривалості сезону від 139 до 186 діб та сума температур опалювального сезону, або градусо-добі опалювального періоду (далі – ГДОП), англійською – HDD, Heating Degree Days від 2237 °С·доба (Севастополь) до 4042 °С·доба (Суми) одиниць свідчать про глибоку кліматичну диференціацію, яка повинна обов'язково враховуватися при розробці заходів з енергоефективності. ГДОП є інтегральним показником, який характеризує суворість клімату та тривалість холодного періоду у конкретній місцевості. Цей показник прямо пропорційний кількості енергії, необхідної для компенсації трансмісійних тепловитрат будівлі через її зовнішню оболонку.

$$\text{ГДОП} = (t_{in} - t_h) / z,$$

де t_{in} – розрахункова середня температура внутрішнього повітря будівлі, °С. Згідно з [8], в подальших розрахунках приймається значення +20 °С;

t_h – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, °С;

z – тривалість опалювального періоду в добах.

В таблиці 1 наведено дані для обласних центрів України. Розрахунок ГДОП виконано для базової внутрішньої температури +20 °С, яка є стандартом для житлових приміщень в Україні. Нормативні середні місячні температури зовнішнього повітря визначено згідно з [7].

Таблиця 1 – Показники опалювального сезону за нормами будівельної кліматології

Обласний центр	Тривалість опалювального сезону, діб	Середня температура повітря, °С	ГДОП (при $t_{in}=20$ °С), °С·доба
Вінниця	183	-0,1	3678
Дніпро	172	-0,6	3543
Житомир	186	-0,4	3794
Запоріжжя	168	-0,1	3377
Івано-Франківськ	184	0,4	3606
Київ	176	-0,1	3538
Кропивницький	175	-0,6	3605
Луганськ	177	-1,7	3841
Луцьк	185	0,3	3645
Львів	179	0,4	3508
Миколаїв	161	1,4	2995
Одеса	158	1,9	2860
Полтава	179	-1,1	3777
Рівне	188	0,0	3760
Сімферополь	151	2,7	2612
Суми	188	-1,5	4042
Тернопіль	186	0,1	3701
Ужгород	170	1,7	3111
Харків	182	-1,0	3822
Херсон	158	1,5	2923
Хмельницький	188	-0,3	3816
Черкаси	178	-0,5	3649
Чернівці	178	0,7	3435
Чернігів	185	-1,4	3959

Згідно з чинними нормативно-правовими актами, територія України поділяється на дві кліматичні зони, для яких встановлено мінімальні значення опору теплопередачі через зовнішні стіни будинків [8] (табл. 2).

Таблиця 2 – Мінімумально допустиме значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель

Вид огорожувальної конструкції	Значення R_{qmin} , $m^2 \cdot K/Вт$	
	для температурної зони I	для температурної зони II
Зовнішні стінові огорожувальні конструкції	4,00	3,50

Суттєві відмінності кліматичних умов в межах однієї кліматичної зони, а також відмінності у вартості заходів з термомодернізації викликають необхідність вирішення таких питань.

Детального дослідження енергетичної та економічної ефективності утеплення з урахуванням:

- кліматичних характеристик території розташування будинку;
- індивідуальних конструктивних особливостей кожного шару зовнішніх стін будинку;
- теплотехнічних властивостей будівельних матеріалів та утеплювачів;
- технологічних параметрів наявної системи опалення;
- актуальних цін та тарифів на енергоносії, будівельні матеріали та послуги.

Формування методології для практичного визначення оптимальних параметрів для кожного конкретного об'єкта. Провідним критерієм оптимізації визначено термін окупності заходів.

Для проведення досліджень розроблено та застосовано програмний продукт, якій побудовано з урахуванням вимог чинних Методичних положень щодо розрахунку приведенного опору теплопередачі непрозорих огорожувальних конструкцій, розрахункових теплофізичних характеристик будівельних матеріалів та розрахункових значень коефіцієнтів тепловіддачі внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальних конструкцій [9].

Висновок

В результаті досліджень встановлено наступне: 1) кліматична варіативність градусо-добі опалювального періоду в межах України (2200–4000) обумовлює зміну оптимальної товщини утеплювача від 80 до 120 мм для мінімізації терміну окупності; 2) електричне опалення робить термомодернізацію безальтернативно привабливою з терміном окупності до 2–5 років, тоді як при газовому опаленні цей показник становить 9-19 років; 3) мінеральна вата є найбільш збалансованим матеріалом для багатоквартирних та громадських будівель завдяки негорючості та паропроникності, попри довший термін окупності порівняно з пінополістиролом.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ascione F., Bianco N., De Masi R., Mauro G. M., Vanoli G. P. Design of the Building Envelope: A Novel Multi-Objective Approach for the Optimization of Energy Performance and Thermal Comfort. *Sustainability*. 2015, №7(8), 10809-10836. DOI: <https://doi.org/10.3390/su70810809>.
2. Verichev K., Serrano-Jiménez A., Carpio M., Barrios-Padura Á., Díaz-López C. Influence of degree days calculation methods on the optimum thermal insulation thickness in life-cycle cost analysis for building envelopes in Mediterranean and Semi-Arid climates. *Journal of Building Engineering*. 2023, Vol. 79, 107783, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jobee.2023.107783>.
3. Hao Z., Zhang X., Xie J., Yin K. Liu J., Balance point temperature and heating degree-days in different climate conditions for building energy efficiency applications. *Building and Environment*. 2022, Vol. 214, 108957. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2022.109013>.
4. Ukey R., Rai A.C. Impact of global warming on heating and cooling degree days in major Indian cities. *Energy and Buildings*, 2021. Vol. 244, 111050. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2021.111050>.
5. Verichev K., Zamorano M., Fuentes-Sepúlveda A., Cárdenas N., Carpio M. Adaptation and mitigation to climate change of envelope wall thermal insulation of residential buildings in a temperate oceanic climate. *Energy and Buildings*. 2021, Vol. 235. 110717, Mar., DOI: [10.1016/j.enbuild.2020.110717](https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110717).
6. Canbolat A.S. An integrated assessment of the financial and environmental impacts of exterior building insulation application. *Journal of Cleaner Production*. 2024, Vol. 435, 140376, DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.140376>.
7. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Будівельна кліматологія. Мінрегіонбуд України. Київ: Укрархбудінформ, 2011. 123 с.
8. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Мінрегіон, 2021. 74 с.
9. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 108 с.

Полив'янчук Наталія Миколаївна – аспірантка групи 183-23а, кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Єфімов Олексій Сергійович – аспірант групи 183-23а, кафедра екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Полив'янчук Андрій Павлович – доктор технічних наук, професор, професор кафедри екології, хімії та технологій захисту довкілля, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: polyvianchuk_a@vntu.edu.ua

Polyvianchuk Natalia Mykolayivna – postgraduate student of group 183-23a, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Yefimov Oleksii Serhiyovych – postgraduate student of group 183-23a, Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Polyvianchuk Andrii Pavlovich – doctor of technical sciences, professor, professor of the Department of Ecology, Chemistry and Environmental Protection Technologies, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia