

Монюк І.В., аспірантка

Науковий керівник: Колесник В.Є., д.т.н., професор кафедри екології та технологій захисту навколишнього середовища

(Національний технічний університет «Дніпровська політехніка», м. Дніпро, Україна)

МЕТОДИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ОПЕРАТИВНОГО ПРОГНОЗУВАННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕНЕРГОЕКОЛОГІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВПРОВАДЖЕННЯ ІСНУЮЧИХ І НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ З ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ МІСЬКИХ БУДИНКІВ

Термомодернізація міських будівель відповідає державній політиці з енерго-ресурсозбереження та передбачає реконструкцію будинків із низьким рівнем теплозбереження [1, 2]. Спрямована вона на зниження втрат тепла міськими будинками та відповідне скорочення споживання палива котельнями, що їх обслуговують. Пропорційно зменшаться викиди котельнями кожної екологічно небезпечної речовини [3]. Масштабна термомодернізація міських будинків потребує, з одного боку, вибору певних будівельних технологічних рішень стосовно утеплення будинків, а з іншого, – оперативного оцінювання та прогнозування енергетичної й екологічної ефективності запроваджуваних рішень, що додатково потребує виокремлення та визначення рівнів скорочення палива котельнями та відповідного зниження викидів екологічно небезпечних речовин в атмосферу, досягнутих в результаті реалізації певних технологій збереження тепла.

Мета роботи – створення методичного забезпечення для оперативного прогнозування енергетичної й екологічної ефективності впровадження існуючих і новітніх технологій з термомодернізації міських будинків.

Для досягнення поставленої мети визначалися три основні групи енергетичних і екологічних показників, пов'язаних з термомодернізацією будинків, а саме: втрати тепла міськими будинками, що підлягають реконструкції; витрати палива котельнями та виокремлення з цих витрат частки, обумовленої впровадженням технологій збереження тепла; викиди котельнями екологічно небезпечних речовин в атмосферу, включаючи парниковий газ CO₂, та рівні їх зниження за рахунок термомодернізації. Зазначені три групи показників визначалися з використанням теоретичних та практичних методів, запропонованих авторами в роботах [4–7, 9, 10, 13], які узагальнені, систематизовані та покладені в основу створюваного методичного забезпечення.

Визначення втрат тепла міськими будівлями проводилося для типового п'ятиповерхового житлового будинку. В результаті, отримано приведені втрати тепла будинком які склали близько $W = 160 \text{ кВт}/1000 \text{ м}^2$ [7], Зменшити їх шляхом термомодернізації можливо тільки до якогось певного раціонального рівня. Таким рівнем обрано втрати тепла у висотних новобудовах, збудованих за оновленим стандартом збереження тепла [8]. Для нового типового міського житлового будинку аналогічні втрати тепла склали $W^* = 139 \text{ кВт}/1000 \text{ м}^2$ [9], тобто виявилися меншими за величину $W = 160 \text{ кВт}/1000 \text{ м}^2$ на 13% яку було прийнято в якості теоретично досяжного потенціалу збереження тепла типовим міським будинком. Цей потенціал було розподілено на три основні частки, котрі можуть бути реалізовані за рахунок: теплоізоляції фасадних стін з вікнами в них – 5,5 %; нормалізації обов'язкової вентиляції – 3,7 %; усунення протягів – 3,8 %. Причому зменшити втрати тепла з вентиляційним потоком, який передбачений санітарними вимогами, не є можливим. Тому сумарний теоретично досяжний потенціал збереження тепла складе не 13 %, а близько 9,3 % (5,5 % + 3,8 %).

Оперативний контроль рівня реалізації досягнутого потенціалу рекомендовано проводити шляхом обстежень втрат тепла зовнішніми (фасадними) стінами з використання точкового інфрачервоного пірометра або інфрачервоної камери. З їх застосуванням виявлено, що після монтажу на фасадних стінах пінопластового утеплювача товщиною 100 мм, прогнозовані питомі втрати тепла будинком при атмосферній температурі – 10 °С, знизяться на 2,86 %, що менше теоретичного потенціалу – 5,5 %. Тому варто шукати перспективні технології з термомодернізації будинків з більшим ефектом. Так, з точки зору масового впровадження, за рекомендаціями будівельників [10], варто орієнтуватися на «мокрі фасади». Для таких фасадів нами рекомендований утеплювач фасадних стін на основі мінеральної вати, зокрема, широко відомий недорогий матеріал ISOVER - штукатурний. При його застосуванні, тільки за рахунок низької теплопровідності (0,034 Вт/м*К, проти 0,048 Вт/м*К – у пінопласта) практична реалізація потенціалу збереження тепла підвищиться до 4,04% замість 2,86 %, досягнутих для пінопласту, що дозволить під час термомодернізації будинків довести практично досягну реалізацію потенціалу збереження тепла до 8 % (з теоретичних 13 %). Між тим, потенціал використання будівельного пінопласту також може бути підвищений за рахунок збільшення товщини його шару до 200 мм (рис. 1– ліворуч) або шляхом використання плит товщиною 160 мм, сформованих у вигляді конструктивних елементи розміром 600 на 1250 мм з уступами висотою 80 по периметру, як у ламінаті для підлог, (рис. 1 – праворуч), що забезпечує високу технологічність монтажу на стінах з використанням будівельних клеїв (замість шурупів чи дюбелів, що руйнують стіни).



Рисунок 1 – Пінопластові утеплювачі фасадних стін:
ліворуч – з екструдованого полістиролу; праворуч – у вигляді конструктивних елементи товщиною 160 мм з уступами висотою 80 мм по периметру

Решта теоретичного потенціалу (3,8 %) пов'язана з протягами. Для його практичної реалізації рекомендовано використовувати відомі технологічні рішення [12].

Оперативне прогнозування витрат палива котельнею та відповідних викидів екологічно небезпечних речовин в атмосферу рекомендовано виконувати на основі запропонованих за участю авторів енергоекологічних індексів – K_i [4–6], які визначаються за співвідношенням:

$$K_i = V_i / V_{8C} = E_j / E_{j8C}, \quad (1)$$

де V_i , V_{8C} – відповідно поточна добова витрата палива котельнею та опорне значення його добового споживання, визначене на початку опалювального сезону для температури атмосфери 8 °С, при якій зазвичай починається обігрів будинків; E_j , E_{j8C} – відповідно поточний викид котельнею кожної j -ої екологічно небезпечної речовини (домішки у складі димових газів) та їхні опорні значення, які також розраховують одноразово за величиною – V_{8C} за типовою розрахунковою методикою [3].

Указані поточні енергоекологічні індекси – K_i , визначаються за формулою (1) для кожної котельні до i після термомодернізації при однаковій температурі атмосфери у

вигляді певних значень, що зменшуються від впровадження ресурсозберігаючих технологій чи організаційно-технічних заходів, передбачених термомодернізацією. Процедура ж визначення витрат палива котельнею та виокремлення частки її зменшення, яка обумовлена термомодернізацією будинків, запропонована на основі залежності поточних значень K_i від поточних витрат палива котельнею B_i , що є специфічною для кожної котельні.

Для ілюстрації цього положення будувалися графіки залежності індексу K_i від B_i певною котельнею, що відповідатимуть її потужності до та після термомодернізації будинків. Зроблено це для дослідженої в роботі [4] міської котельні, яка працює на природному газі. При цьому для кожного графіка визначено числові значення параметрів B_{8C} , що ідентифікують вихідні рівняння кожного графіка, а також витрату палива котельнею – B_i при температурі атмосферного повітря -10°C . Результати наведені на рис. 2.

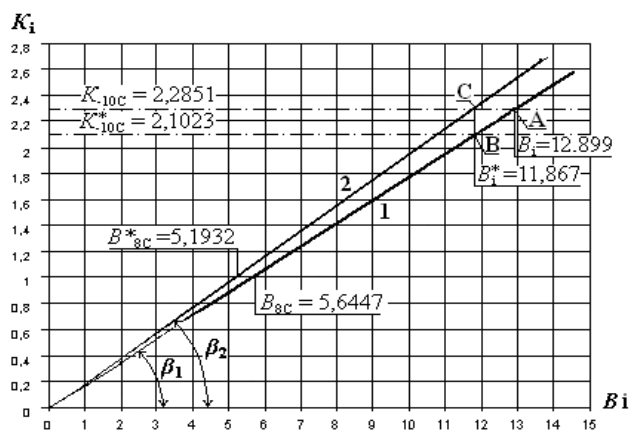


Рисунок 2 – Результати побудови лінійних залежностей поточних значень енергоекологічного індексу – K_i від поточної витрати палива котельнею – B_i , т/добу до (графік 1) та після (графік 2) масштабної термомодернізації будинків з реалізацією на практиці потенціалу збереження тепла у 8 %

Порівняння витрат палива котельнею можливо при однаковій температурі, як до, так і після термомодернізації.

Доцільно обрати температуру 0°C , прийняту за нормальну для атмосферного повітря, а також для визначення номінальної потужності котлоагрегатів. Для цієї температури одразу матимемо значення $K^{0C} = 1,5711$. Цьому індексу відповідатиме номінальна витрата палива котельнею – $B_{ин}$ та номінальні викиди основних забруднюючих речовин – $E_{ин}$, які зазвичай містяться у паспортних даних котлоагрегатів. При наявності цих даних спрощується процес розрахункового визначення величин витрати палива та викидів котельнями.

Оперативне розрахункове визначення та прогнозування викидів екологічно небезпечних речовин котельнями в атмосферу, як до, так і після масштабної термомодернізації, виконувалося на основі питомих показників, характерних для спалювання енергетичними установками котельень 1 тони різного виду палива(природний газ, мазут, вугілля), які визначені авторами для номінального режиму їх роботи [13]. В результаті виконаних розрахунків відповідно до створеного методичного забезпечення показано, що, після масштабної термомодернізації, очікувана величина витрати палива (природного газу) котельнею, наприклад потужністю 9,6 МВт, зокрема для температури 0°C , знизиться з 19,64 т/добу до 18,069 т/добу, тобто на 1,571 т/добу, сумарний викид забруднюючих речовин зменшиться з 0,2822 до 0,2596 т/добу, тобто на 0,0226 т/добу, а викид CO_2 – з 52,792 до 48,568 т/добу, отже зменшиться на 4,223 т/добу.

В перерахунку на кожний 1 МВт номінальної потужності котельні отримуємо для температури 0 °С такі питомі показники прогнозованої енергетичної й екологічної ефективності термомодернізації міських будинків, а саме:

- економію палива – 0,1636 т/МВт добу;
- зменшення сумарного викиду забруднювачів – 0,0023541, т/МВт добу;
- зменшення викиду CO₂ – 0,4399 т/ МВт добу.

Отримані у такий спосіб питомі добові показники дозволяють охарактеризувати енергетичну й екологічну ефективність впровадженої технології з термомодернізації, причому їх можливо перерахувати і для середніх температур за опалювальний сезон.

Таким чином, відповідно до поставленої мети, створено методичне забезпечення для оперативного розрахункового оцінювання та прогнозування показників енергетичної й екологічної ефективності масштабного впровадження відомих та рекомендованих перспективних технологічних рішень з термомодернізації будинків, що обслуговуються міськими котельнями, в певних кліматичних умовах.

Список використаних джерел:

1. Очеретний В. П. Термомодернізація будинку – пріоритетний напрям енергозбереження в Україні [Текст] / В. П. Очеретний, А. С. Бойко // Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. – 2012. – № 2. – С. 162–166. <http://ocheretniy.vk.vntu.edu.ua/pub>
2. Програма з енергозбереження, енергоефективності та раціонального використання паливно-енергетичних ресурсів у місті Дніпрі на 2022 – 2026 роки. Сайт Дніпровської міської ради –<https://dniprorada.gov.ua/uk>
3. ГКД 34.02.305-2002. Викиди забруднювальних речовин у атмосферу від енергетичних установок. Методика визначення. (n.d.). http://docs.dbn.co.ua/49_1583178492500.html.
4. Колесник В.Е., Павличенко А.В., Монюк І.В.. Обґрунтування розрахункового методу оперативного визначення поточних викидів міських котельень, показників їх енергоефективності та ступеня екологічної небезпеки. Зб. наук. праць Національного гірничого університету, № 60. – С 162–176. (<https://doi.org/10.33271/crpnmu/60.162>).
5. Колесник В.Е., Павличенко А.В., Монюк І.В. Оцінка ресурсозберігаючого та екологічного ефектів в системі «котельня – споживачі тепла – доквілля» від утеплення зовнішніх стін будинків / Зб. наук. праць Національного гірничого університету, № 61 (2020). – С. 116–128. (<https://doi.org/10.33271/crpnmu/61.116>).
6. Колесник В.Е., Павличенко А.В., Монюк І.В. Оцінка енергоекологічної ефективності технологій з ресурсозбереження та захисту атмосфери від викидів в системі «котельня – споживачі тепла – доквілля» / Вісник ЛДУБЖД (Bulletin of Lviv State University of Life Safety), №22, 2020, – С. 23 – 31. (DOI: [10.32447/20784643.22.2020.04](https://doi.org/10.32447/20784643.22.2020.04)) <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/Visnuk/>
7. Колесник В.Е., Монюк І.В. Оцінка втрати тепла типовим п'ятиповерховим житловим будинком як чинника екологічної безпеки міста. Опубліковано в електронному вигляді на сайті конференції/Інтернет ресурс: Challenges and Issues of Modern Science. <https://fti.dp.ua/conf/2023/05238-1650/>.
8. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні будівель ((Наказ Мінрегіону України від 27.07.2015 р. № 178, чинний з 2016-01-01. Мінрегіон України Київ 2015.139 с.).
9. Iryna Moniuk Insulation of high-storey residential buildings in the territory of urban communities and determination of its energy-environmental efficiency. *Chemical engineering*, 2023. Vol. 5 No. 3(73). – 29-34. <https://doi.org/10.15587/2706-5448.2023.290329>.

10. Монюк І.В., Колесник В.Е., Павличенко А.В.. Оцінка енергоекологічної ефективності інсоляції в системі «котельня – споживачі тепла – доквілля». // 6-й міжнародний молодіжний конгрес сталий розвиток: захист навколишнього середовища, енергоощадність, збалансоване природокористування (09 – 10 лютого 2021 р). – Львів, 2021. – С 89. Опуліковано на сайті конгресу: <http://science.lpnu.ua/uk/ekokongres-2020/molodizhnyy-kongres>

11. Нетеса, К. М. (2021). Вдосконалення та визначення раціональних організаційно-техноло-гічних рішень влаштування фасадних систем багатоповерхових цивільних будівель (Авто-реферат на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук, Дніпровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна). НБУВ <http://www.irbis-nbuv.gov.ua/aref/0421U101448>

12. Куприянова А.А Сучасні способи утеплення, звукоізоляції та гідроізоляції будинків і квартир. Новітні технології та матеріали. – Х.: Віват, 2015. – 256 с.

13. Колесник В.Е., Борисовська О.О., Монюк І.В. Аналіз визначальних чинників екологічної небезпеки та заходів по її зниженню в системі «котельня – споживачі тепла – доквілля» // Зб. наук. праць Національного технічного університету «Дніпровська політехніка», № 73 (2023). – С. 218–228. <https://doi.org/10.33271/crpnmu/73.218>