

# МЕТОДИ РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ І ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ ОПАЛЕННЯ І ВЕНТИЛЯЦІЇ З ВРАХУВАННЯМ ТЕПЛОТЕХНІЧНИХ НЕОДНОРІДНОСТЕЙ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

<sup>1</sup>Харківський національний університет повітряних сил

<sup>2</sup>Вінницький національний технічний університет

## Анотація

Робота присвячена дослідженню методів розрахунку параметрів і характеристик систем опалення і вентиляції з урахуванням теплотехнічних неоднорідностей огороджувальних конструкцій. Врахування таких неоднорідностей є важливим аспектом при проектуванні ефективних систем опалення і вентиляції, оскільки вони можуть впливати на розподіл тепла та енергоефективність. Розглядаються різні методи розрахунку, включаючи аналітичні та числові підходи, для визначення теплових характеристик огороджувальних конструкцій. Зокрема, розглядаються методи оцінки теплопередачі через стіни, вікна, дахи та підлоги з урахуванням їхньої теплопровідності, теплового опору та інших факторів.

Дослідження показують, що врахування теплотехнічних неоднорідностей огороджувальних конструкцій може суттєво впливати на ефективність систем опалення і вентиляції. Дотримання оптимальних параметрів і характеристик системи може забезпечити економію енергії та забезпечити комфортні умови в приміщенні.

Отримані результати можуть бути корисними для проектувальників, інженерів та дослідників, які займаються розробкою та вдосконаленням систем опалення і вентиляції. Використання розроблених методів розрахунку може сприяти підвищенню енергоефективності будівельних систем та зниженню споживання енергії.

**Ключові слова:** термомодернізація, енергоефективність, теплове навантаження, термічний опір.

## Abstract

This work is devoted to the study of methods for calculating the parameters and characteristics of heating and ventilation systems, taking into account heat-technical inhomogeneities of enclosing structures. Consideration of such inhomogeneities is an important aspect when designing efficient heating and ventilation systems, as they can affect heat distribution and energy efficiency. The work discusses various calculation methods, including analytical and numerical approaches, for determining the thermal characteristics of enclosing structures. In particular, the methods of assessing heat transfer through walls, windows, roofs and floors are considered, taking into account their thermal conductivity, thermal resistance and other factors.

Studies show that taking into account thermal technical inhomogeneities of enclosing structures can significantly affect the efficiency of heating and ventilation systems. Compliance with optimal system parameters and characteristics can ensure energy savings and provide comfortable indoor conditions.

The obtained results can be useful for designers, engineers and researchers involved in the development and improvement of heating and ventilation systems. The use of the developed calculation methods can help increase the energy efficiency of building systems and reduce energy consumption.

**Keywords:** thermo-modernization, energy efficiency, thermal load, thermal resistance.

## Вступ

В Україні, як і в більшості європейських країн, понад 30 % кінцевої енергії споживається будинками. Це найбільший сектор національної економіки з точки зору енергоспоживання, за яким ідуть промисловість і транспорт. Якщо в індустріальному секторі споживання енергії з часом зменшується (підприємства хоч і поступово, але впроваджують енергоефективні технології), то в житловому нічого не змінюється. Причина такої стагнації – наявність бар'єрів, які перешкоджають власникам житла впроваджувати енергоефективні технології у своїх будинках.

Через незабезпеченість енергоефективності будівель втрати тепла становлять 47 %, 12 % тепла втрачається через зношеність мереж, 5 % – через застаріле обладнання котельень. На думку експертів Європейсько-українського енергетичного агентства, за допомогою тепло модернізації та капітального ремонту в будинках можна зменшити щорічне споживання і втрати енергії на 10–25 %. При цьому в цілому по Україні потенціал зменшення енергоспоживання становить 75 % [1].

Термічний опір зовнішніх стін у більшості житлових будинках не перевищує  $R_{3C}=1(\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт})$ , при тому що за [2] мінімально допустиме значення опору теплопередачі зовнішніх стін для першої температурної зони  $R_{3C}=3,3(\text{м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт})$ . Тому необхідно збільшити теплотехнічні властивості огорожувальних конструкцій відповідно новим, більш високим нормативним вимогам та удосконалити інженерні системи будівлі. Для цього виконуються теплотехнічні обстеження огорожувальних конструкцій та інженерних систем і техніко-економічним порівнянням їх ефективності.

### Виклад основного матеріалу

Метою теплотехнічних обстежень огорожувальних конструкцій є виявлення їх фактичних теплозахисних показників і їх відповідності сучасним нормативним вимогам, які в останні роки суттєво змінилися у зв'язку із проблемою економії й раціонального використання енергетичних ресурсів. В ході проведення випробувань за визначенням фактичних теплотехнічних параметрів зовнішніх огорожувальних конструкцій будівель виконують вимірювання величин, які характеризують теплопередачу через стіни, покриття та вікна обстежуваної будівлі: інструментальну реєстрацію температур внутрішнього і зовнішнього повітря, температури поверхонь фрагментів огорожувальних конструкцій, а також величин теплових потоків через фрагменти огорож. Після проведення даного обстеження виконують термомодернізацію будинку, тобто комплекс ремонтно-будівельних робіт, спрямованих на підвищення теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій і забезпечення їхньої відповідності чинним нормам.

Розпочинати процес термомодернізації треба з енергетичного аудиту, у результаті якого може бути визначений комплекс заходів щодо підвищення енергоефективності, етапи та послідовність їх здійснення, окупність.

Для ефективної термомодернізації будинку важливо звернути увагу на кілька ключових аспектів.

По-перше, ізоляція огорожувальних конструкцій. Це включає утеплення стін, покрівлі, підлоги та використання вікон і дверей з високими показниками теплозахисту. Важливо вибрати оптимальні матеріали для ізоляції, які забезпечать мінімальні тепловтрати.

По-друге, покращення системи опалення і вентиляції. Застосування енергоефективних опалювальних систем, таких як конденсаційні котли, теплові насоси або сонячні колектори, може значно знизити споживання енергії на опалення. Крім того, важливо налагодити систему вентиляції з рекуперацією тепла, що дозволить зберігати тепло в будівлі.

По-третє, установка енергоефективного освітлення. Використання LED-ламп та автоматичного вимикача світла допоможе знизити споживання електроенергії.

По-четверте, вдосконалення системи управління енергією. Встановлення "розумних" термостатів, які автоматично регулюють температуру в будинку залежно від потреб, може сприяти ефективному використанню енергії та зниженню витрат.

Крім того, важливо врахувати фінансові аспекти термомодернізації. Розрахунок окупності і визначення доступних фінансових інструментів, таких як субсидії, кредити або дотації, можуть допомогти зменшити витрати на виконання робіт.

Загальне керівництво щодо термомодернізації будинку передбачає комплексний підхід і індивідуальний план дій для кожної будівлі. Професійна консультація та співпраця з експертами у цій галузі можуть бути корисними для досягнення максимальних результатів у покращенні енергоефективності будинку.

Приведення наявної будівлі лише до мінімальних сучасних вимог з утеплення та вимог до інженерних систем дозволяє заощадити 50–60% на опаленні й гарячому водопостачанні. Підвищенню теплоізоляції будівлі сприяє утеплення зовнішніх стін, горищних перекриттів, перекриттів над підвалом, а також заміна застарілих вікон і дверей на енергоефективні. Модернізація інженерних систем включає вдосконалення систем електропостачання, теплопостачання та гарячого водопостачання [3].

Як правило, термомодернізація житлового багатоквартирного будинку полягає в заходах з утеплення будівлі, іноді — заміни вікон у місцях загального користування та модернізації теплового пункту, ще рідше застосовують балансування стояків. На цьому все й закінчується. Однак це далеко не повна термомодернізація, до того ж не завжди грамотно виконана. Варто врахувати також, що утеплення будівлі — надто витратний захід, який окуповуватиметься протягом тривалого часу.

Утеплення є першочерговим завданням лише в тих випадках, коли будівля «хронічно» недогривається, і регулювати, а отже, й економити нічого.

Одним із найменш витратних і найбільш ефективних заходів є встановлення радіаторних терморегуляторів. Однак при термомодернізації житлових будівель терморегулятори майже ніколи не встановлюються, незважаючи на те що відповідно до нормативних документів ще із 1999 року це є обов'язковим [3].

Ще одна проблема утеплення «своїх» квартири генерує ще одну проблему: зазвичай утеплення закінчується на швах між панелями будинку — на умовній "межі" квартир. Саме там різниця температур, особливо в сонячні місяці, може сягати 50°C. Це спричиняє напруження матеріалу, а відтак — тріщини. З часом у них потрапляє конденсат, який взимку замерзає і їх розширює, руйнуючи фасад.

Термічний опір підбраної конструкції огороження  $R_0^\Phi$  повинен бути не менше від нормативного  $R_0^n$ , тобто  $R_0^\Phi \geq R_0^n$ .

Повний фактичний термічний опір огороження (стінки) підраховується з виразу,  $\text{м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ : з виразу

$$R_0^\Phi = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum \frac{\delta}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_{\text{з}}} \quad (1)$$

де:  $1/\alpha_{\text{в}}$  — термічний опір теплосприйяття внутрішньої поверхні стіни,  $R_{\text{в}}$ ;

$1/\alpha_{\text{з}}$  — термічний опір тепловіддачі зовнішньої поверхні стіни,  $R_{\text{з}}$ ;

$\sum \frac{\delta}{\lambda}$  — сума термічних опорів конструкції.

Але у випадку якщо це індивідуальне утеплення необхідно виконувати інший метод розрахунку треба розраховувати тепловий потік, що проходить через фрагмент захисної конструкції відповідно до розбивки по зонам.

Тоді, середній опір теплопередачі фрагмента огорожувальної конструкції може бути визначено за формулою :

$$R_c = \frac{T_2 - T_1}{q}, \text{ К/Вт} \quad (2)$$

де,  $T_2$  - температура початку ділянки, К;

$T_1$  - температура кінця ділянки, К;

$q$  - тепловий потік, Вт.

Авторами було розглянуто методи розрахунку параметрів і характеристик систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей огорожувальних конструкцій. Висновки, які можна зробити на підставі проведених досліджень, наступні:

1. Теплотехнічні неоднорідності в огорожувальних конструкціях мають значний вплив на ефективність систем опалення і вентиляції. Правильний розрахунок цих параметрів дозволяє забезпечити оптимальне функціонування системи та зменшити витрати енергії.

2. Один з методів розрахунку параметрів систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей полягає у використанні математичних моделей теплопередачі. Ці моделі дозволяють врахувати різні фактори, такі як теплові втрати через огорожувальні конструкції, теплові потоки від систем опалення та вентиляції, інші зовнішні впливи.

3. Важливим етапом розрахунку є визначення теплового балансу будівлі. Це дозволяє оцінити теплові потоки, що входять і виходять з будівлі, і встановити оптимальні параметри систем опалення і вентиляції.

4. При розрахунку параметрів систем опалення і вентиляції слід враховувати такі фактори, як місцеві кліматичні умови, коефіцієнт тепловитрат, характеристики будівельних матеріалів та інші.

5. Використання комп'ютерних програм і спеціалізованого програмного забезпечення допомагає ефективно проводити розрахунки параметрів систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей.

В цілому, розглянуті методи розрахунку дозволяють визначити оптимальні параметри систем опалення і вентиляції з врахуванням теплотехнічних неоднорідностей огорожувальних конструкцій. Це сприяє підвищенню енергоефективності будівель..

Крім основних аспектів термомодернізації, важливо також звернути увагу на додаткові фактори, які можуть покращити енергоефективність вашого будинку.

1. Заміна старих енергозатратних приладів на сучасні енергоефективні моделі. Це може включати холодильники, пральні машини, посудомийні машини та інші побутові прилади. Нові моделі часто мають режими економії енергії та використовують менше електрики або газу.

2. Встановлення сонячних панелей. Сонячна енергія є чистим та безкоштовним джерелом енергії. Встановлення сонячних панелей на даху будинку дозволить вам виробляти власну електроенергію та знизити витрати на її придбання.

3. Впровадження системи збору та використання дощової води. Збір та використання дощової води для поливу саду, мийки автомобілів та інших побутових потреб допоможе зменшити споживання прісної води та знизити витрати на її оплату.

4. Покращення теплоізоляції водопроводу та системи гарячого водопостачання. Втрати тепла через труби можуть бути значними. Встановлення теплоізоляційних матеріалів на труби допоможе зберегти тепло та знизити енерговитрати на нагрівання води.

5. Використання енергоефективних матеріалів у будівництві та ремонті. При облаштуванні або ремонті будівлі варто використовувати матеріали з високою теплоізоляційною властивістю, такі як енергозберігаючі вікна, двері, утеплювачі та інші будівельні матеріали.

Виконання термомодернізації будинку може не тільки знизити витрати на комунальні послуги, але й покращити комфортність проживання та зменшити негативний вплив на довкілля.

### Висновок

Впровадження економічно обґрунтованих технічних заходів з реконструкції, за результатами технічного обстеження і енергоаудиту, дозволить: знизити тепловитрати будівель до 70 %; забезпечити комфортні умови проживання; подовжити термін експлуатації будівель на 10-15 років; підвищити конкурентну здатність квартир, будинків, вулиць, кварталів; забезпечити архітектурно-естетичну виразність будівель. Слід пам'ятати, що кожен будинок має свої особливості, тому рекомендації можуть варіюватися в залежності від конкретної ситуації. Термомодернізація будинку може бути вигідною як з фінансової, так і з екологічної точки зору. Вона дозволить вам знизити витрати на енергію, поліпшити комфорт у будинку та зменшити вплив на навколишнє середовище.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу:

[http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com\\_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350](http://nbuviar.gov.ua/index.php?option=com_content&view=article&id=745:pidvishchennya-energoefektivnosti&catid=8&Itemid=350) – Підвищення енергоефективності – запорука забезпечення енергетичної незалежності України.

2. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель – Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України / Київ – 2017. – 162 с.

3. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: <http://www.osbb-inform.com.ua/2015/10/23/004/> – Термомодернізація житла як спосіб заощадити на тарифах.

**Бережний Олександр Іванович** — викладач факультету перепідготовки та підвищення кваліфікації авіаційного персоналу ХНУПС (Харківського національного університету повітряних сил), Харків, e-mail: berezhnyi.oi@gmail.com;

**Скуйбіда Ярина Євгенівна** – студентка групи СМ-23б, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: skuybida.yar@gmail.com

**Коц Іван Васильович** — канд. техн. наук, професор кафедри інженерних систем у будівництві, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: ivkots@vntu.edu.ua

**Berezhny Oleksandr I.** - Lecturer of the Faculty of Retraining and Advanced Training of Aviation Personnel of KhNUPS (Kharkiv National University of the Air Force), Kharkiv, e-mail: berezhnyi.oi@gmail.com;

**Skuybida Yaryna Y.** - student of group SM-23b, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: skuybida.yar@gmail.com

**Kots Ivan V.**— Ph. D., Professor of Department of Engineering Systems in Construction, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia city, email: ivkots@vntu.edu.ua