

УДК 697.3-52

**Д. В. ЗАЙЦЕВ**, асп. Одеського національного політехнічного університету;  
**О. А. КЛИМЧУК**, канд. техн. наук, доц.; доц. Одеського національного політехнічного університету;  
**Г. А. БАЛАСАНЯН**, д-р техн. наук, проф.; проф. Одеського національного політехнічного університету

## **АНАЛІЗ ОСНОВНИХ СПОСОБІВ ТЕРМОМОДЕРНІЗАЦІЇ БУДІВЕЛЬ ТА МЕТОДИКА ЇХ ВПРОВАДЖЕННЯ**

В статті розглядаються основні методи термомодернізації, теплофізична та економічна ефективність їх впровадження. Підвищення цін на енергоносії змусило шукати методи скорочення їх споживання. У складних економічних умовах саме процес термомодернізації будівель дозволяє суттєво економити. Різні фахівці розробляють і пропонують свої методи реалізації даного процесу. Безліч технічних рішень має місце в окремих випадках. Однак для реалізації даного процесу потрібно узагальнена методика, яка дозволить виявити найбільш ефективні методи термомодернізації і коректну послідовність їх впровадження. Спираючись на теоретичний і практичний досвід, можна з упевненістю заявити, що окремо взятий метод найбільш ефективний у певній ситуації та з урахуванням впровадження кількох попередніх методів. Максимально важливим стає завдання визначення ефективної послідовності застосування певних методів.

**Ключові слова:** термомодернізація, теплообмін, теплоємність, коефіцієнт теплопередачі, термічний опір, коефіцієнт тепловіддачі, температура.

### **Вступ**

Підвищення цін на енергоносії змусило шукати методи скорочення їх споживання. У складних економічних умовах саме процес термомодернізації будівель дозволяє суттєво економити. Різні фахівці розробляють і пропонують свої методи реалізації даного процесу. Безліч технічних рішень має місце в окремих випадках. Однак для реалізації даного процесу потрібно узагальнена методика, яка дозволить виявити найбільш ефективні методи термомодернізації і коректну послідовність їх впровадження.

**Мета роботи** – проаналізувати основні способи термомодернізації будівель та визначити методику їх впровадження.

### **Аналіз основних аспектів енергоаудиту**

Впроваджувати методи термомодернізації слід після ретельного аналізу будівлі. Таким аналізом є енергоаудит. Існують різні підходи до проведення енергоаудиту, але основою є енергетичне обстеження, яке неминуче призводить до встановлення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та визначенню заходів щодо зниження витрат. Знизити витрати енергоспоживання можна різними способами, тому пріоритетним завданням енергоаудиту є визначення напрямків енергозбереження, виходячи з призначення будівлі та її потреб, як показано на рис.1. Знаючи напрямок енергозбереження, слід вивести основний інструмент, який дозволяє економити енергоресурси – це якісно продумана і розроблена програма енергозбереження будівлі.

Формальні завдання енергоаудиту обумовлені вимогами законодавства у галузі енергозбереження. До формальних завданням енергоаудиту відносяться такі завдання:

- розробка енергетичного паспорта будівлі;
- проектування розділу «Енергоефективність», в момент реконструкції або нового будівництва;
- визначення класу енергоефективності будівлі.

---

© Д.В. Зайцев, О.А. Климчук, Г.А. Баласанян, 2015



Рис. 1 – Складові енергоаудиту будівлі

### Термомодернізація, як інструмент енергозбереження

У програму енергозбереження будівлі входить термомодернізація, як інструмент що дозволяє обґрунтувати питомі норми витрат палива на вироблення теплової енергії, норм запасу палива і норм технологічних втрат теплової енергії в розподільних мережах.

Термомодернізація будівель включає в себе виконання комплексу обов'язкових заходів:

- утеплення огорожувальних конструкцій;
- установку енергоефективних вікон і дверей;
- модернізація систем опалення, вентиляції та кондиціонування будівлі;
- організація якісного моніторингу споживання тепла.

В ході проведення енергетичного обстеження найчастіше виявляються найбільш гострі проблеми будівлі. Одне з перших заходів з аналізу якості огорожувальних конструкцій – це тепловізійна зйомка. Вона дозволяє, за допомогою тепловізора, наочно проаналізувати якість, з точки зору теплоізоляційних здібностей, огорожувальних конструкцій. Тепловізор фіксує на моніторі, невидиме людському оку, теплове, інфрачервоних випромінювання. Після отримання подібної інформації є можливість проаналізувати наскільки потрібно утеплити стіни будівель і які підібрати вікна, двері.

### Розрахунок ефективності використання додаткової ізоляції

При використанні додаткової ізоляції стін слід враховувати фактори, що впливають на якість і властивості стін.

Для утеплення стін найбільш часто використовують такі матеріали:

- мінеральна вата ( $P = 140 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,045 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ );
- пінополістирол ( $P = 50 \text{ кг/м}^3$ ,  $\lambda = 0,044 \text{ Вт/(м}\cdot\text{К)}$ ).

Одна із складових частин термомодернізації, це заміна старих вікон на нові, енергоефективні та сучасні. При заміні вікон треба зазначити, що основним критерієм якості вікна є коефіцієнт термічного опору вікна, мінімальний показник повинен бути (по ДБН В.2.6-31-2006 Изм.1)  $R_{\text{вік,ДБН}} = 0,6 \text{ м}^2 \text{ К/Вт}$ . Але не кожне змонтоване вікно має потрібний, мінімальний опір, і фінансових вкладів може просто не вистачити на заміну всіх вікон будівлі. В таких випадках є можливість використовувати термоізоляційні плівки на вікна.

Для перевірки властивостей вікон і стін розглянемо кімнату, на другому поверсі житлового будинку, площею  $S = 31 \text{ м}^2$ , з площею зовнішньої стіни  $S_{\text{зс}} = 15 \text{ м}^2$ , площею скління  $S_{\text{ск}} = 6 \text{ м}^2$  і сумарними тепловтратами  $Q_{\Sigma} = 3 \text{ кВт}$ . Прийmemo, що матеріал стін – бетон, з товщиною  $\delta_{\text{ст.}} = 250 \text{ мм}$  і  $\lambda_{\text{ст.}} = 1,3 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{К})$ , тоді термічний опір стіни без урахування теплоізоляції  $R_{\text{ст}} = 0,351 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , по залежності (1), а вікна встановлені нові з  $R_{\text{вік.ДБН}} = 0,6 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ :

$$R_{\text{ст}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \frac{\delta_{\text{ст}}}{\lambda_{\text{ст}}} + \frac{\delta_{\text{ізол}}}{\lambda_{\text{ізол}}} + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} \quad (1)$$

Слід зазначити, що мін. вата більше за щільністю на 64,3 %, ніж пінополістирол, володіє такими ж термічними властивостями.

Знаючи коефіцієнт термічного опору стін, по залежності (2), обчислимо питомі тепловтрати приміщення,  $Q_{\text{пит.}} = 96 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

$$R_{\text{пит}} = \frac{Q_{\Sigma}}{S} \quad (2)$$

Додавши, на зовнішню стіну ізоляцію товщиною  $\delta_{\text{ізол.}} = 50 \text{ мм}$ , спираючись на залежність (1), отримаємо:

- мінеральна вата (50 мм),  $R_{\text{ст}} = 1,462 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;
- пінополістирол (50 мм),  $R_{\text{ст}} = 1,487 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Показник ефективності термічного опору стіни покращився, оскільки питомі тепловтрати зменшилися на 67,7 %,  $Q_{\text{пит.}} = 31 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Так як мін. допустиме значення, для другої кліматичної зони, (по ДБН В.2.6-31-2006 Изм.1) термічного опору стін  $R_{\text{ст.ДБН}} = 2,8 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ , то для нашого прикладу мін. товщина теплової ізоляції повинна бути  $\delta_{\text{ізол.}} = 120 \text{ мм}$ , тоді по залежності (1):

- мінеральна вата (120 мм),  $R_{\text{ст}} = 3,02 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ ;
- пінополістирол (120 мм),  $R_{\text{ст}} = 3,08 \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ .

Показник ефективності термічного опору стіни покращився, оскільки питомі тепловтрати зменшилися на 77,08 %:  $Q_{\text{пит.}} = 22 \text{ Вт}/\text{м}^2$ .

Результати розрахунків наведені у табл. 1 та на рис. 2.

Таблиця 1.

Результати розрахунків термічного опору стіни

Матеріал ізоляції	$R_{\text{ст}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$	$R_{\text{ст}}, \text{ м}^2 \cdot \text{К}/\text{Вт}$ (по ДБН В.2.6-31-2006 Изм.1)	$Q_{\text{пит.}}, \text{ Вт}/\text{м}^2$
Не враховано	0,351	50,1	96,73
Мін. вата 50мм.	1,462	53,0	31,41
Пінополістирол 50мм	1,487	55,9	31,53
Мін. вата 120мм.	3,02	58,8	22,13
Пінополістирол 120мм	3,08	64,6	22,07

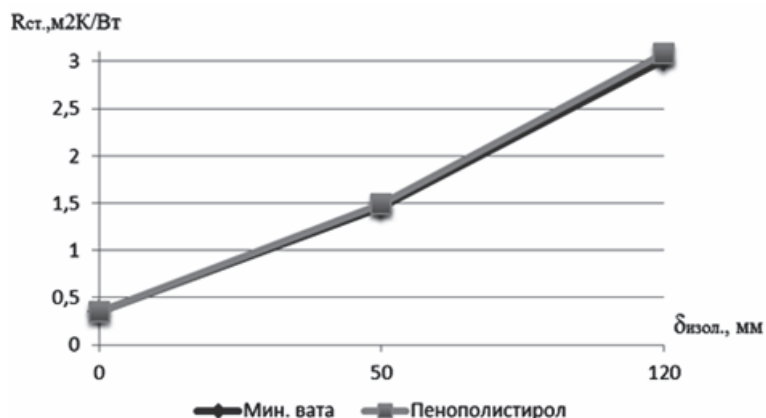


Рис. 2 – Порівняння зміни термічного опору стіни, в залежності від типу ізоляції та її товщини

Одним із ключових етапів термомодернізації є модернізація систем опалення, вентиляції та кондиціонування будівлі. Опираючись на практичний досвід, треба сказати, що системи вентиляції, кондиціонування і опалення тісно пов'язані між собою, навіть іноді заміщують один одного.

Найбільш поширеним способом організації повітрообміну в приміщеннях є природна вентиляція. Це найпростіший спосіб вентиляції, в якому постійний приплив свіжого повітря зовні відбувається через нещільності вікон і дверей, а в певні періоди часу, також через відкриті вікна. Видалення використаного повітря відбувається через вертикальні вентиляційні канали, які знаходяться в кухнях, ванних і туалетах, а іноді і в інших приміщеннях. Цей спосіб вентиляції залежить від погодних умов, повітрообмін буває недостатнім чи надмірним, що приводить к збільшенню теплоспоживання. Замінив вікна, можна посприяти зменшенню затрат на опалення, бо через старі вікна поступає надмірна кількість припливного, холодного повітря. Сучасним рішенням є вентиляція з регульованими припливом повітря, наприклад, шляхом застосування вікон із вбудованими вентиляторами. Або застосовують спеціальні отвори в стінах для регульованого припливу повітря чи, взагалі, припливно-витяжної, модульної, установки, яка монтується в стіну, типу труба в трубі, на кожне приміщення. Таким чином можна не тільки регулювати кількість припливного повітря, але і використовувати тепло витяжного.

Стан і обладнання системи опалення має основний вплив на споживання теплової енергії. Тому необхідно привести систему в стан максимально можливої справності. Основним заходом модернізації системи опалення є встановлення автоматичних терморегуляторів на кожному опалювальному приладі. Але це впровадження тягне за собою комплекс заходів, які буде необхідно впровадити, для якісного функціонування системи взагалі. Наприклад це автоматичне балансування системи, чи встановлення індивідуальних теплових пунктів. Модернізація повинна охоплювати обладнання в тепловому пункті (якщо тепла енергія постачається з тепломережі), котельні (якщо будинок має власну котельню) і всі елементи системи. На рис. 3 представлена схема модернізації існуючої, однотрубною системи опалення.

В комплекс заходів по модернізації енергоємних систем будівлі входить і моніторинг. Моніторинг споживання енергоресурсів – це суттєвий внесок в економію, з ціллю заощадження фінансів. Встановлення теплових лічильників на трубопровід, чи аналіз споживання теплоти за допомогою датчиків теплового потоку та коректної системи підрахунку, все це допомагає проаналізувати, як і коли треба економити енергоресурс.

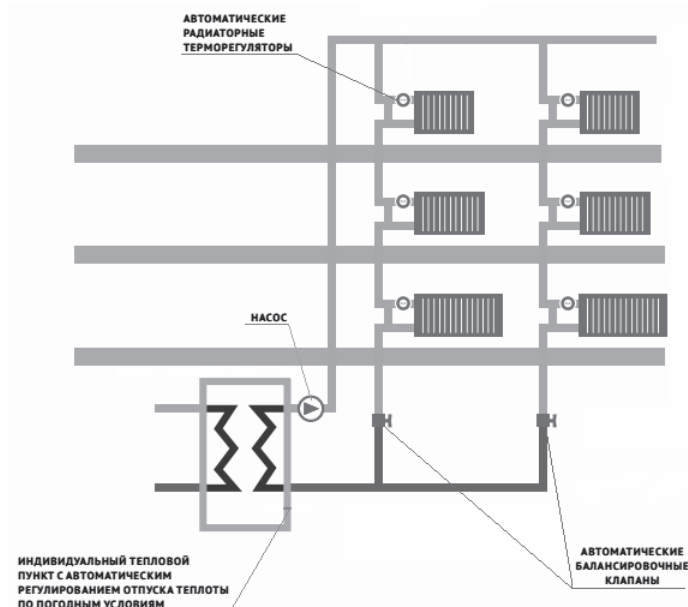


Рис. 3 – Схема автоматичного регулювання однотрубної системи опалення

### Висновки

- 1) Було зроблено аналіз способів енергоаудиту, та виявлені їх недоліки.
- 2) За допомогою математичних рівнянь було підраховано зміни термічного опору конкретної кімнати жилого будинку і побудовано графіки.
- 3) Аналізуючи різні показники термічного опору треба зазначити, що встановлення більш якісних, нових вікон та монтаж додаткової теплової ізоляції будуть покращувати показник ефективності термічного опору стіни на 60...80 %.
- 4) Були виявленні загальні недоліки сучасних систем опалення та вентиляції, та запропоновані методи по модернізації та поліпшенню функціонування цих систем.
- 5) Для підтвердження цих висновків потрібно провести ряд експеримент та техніко-економічний аналіз використання енергосистем взагалі.

**Список літератури:** 1. ДБН В.2.6-31:2006 Конструкции зданий и сооружений. Тепловая изоляция зданий. – Киев : Минстрой Украины, 2006. – 65 с. 2. Исаченко, В. П. Теплопередача [Текст] / В. П. Исаченко, В. А. Осипова, А. С. Сукомел. – Москва : Энергия, 1975. – 423 с. 3. Титар, С. С. Системы энергопостачання промислових підприємств [Текст] / С. С. Титар. – Одеса : АТ БАХВА, 2002. – 356 с. 4. Клычников, Р. Ю. Техничко-економическая оценка термомодернизации жилых зданий [Текст] / Р. Ю. Клычников, В. А. Езерский, П. В. Монастырев. – Москва : Изд-во АСВ, 2011. – 176 с. 5. Савйовский, В. В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий [Текст] / В. В. Савйовский, О. Н. Болотских. – Харьков : Ватерпас, 1999. – 287 с.

**Bibliograph (tanssliterated):** 1. DBN V.2.6-31:2006 Konstrukcii zdaniij i sooruzhenij. Teplovaja izoljacija zdaniij. Kiev : Minstroj Ukrainy, 2006. Print. 2. Isachenko, V. P., V. A. Osipova and A. S. Sukomel. *Teploperedacha*. Moscow : Jenergija, 1975. Print. 3. Titar, S. S. *Sistemy energopostachannja promyslovyh pidpryjemstv*. Odessa : AT BAHVA, 2002. Print. 4. Klychnikov, R. Ju., V. A. Ezerskij and P. V. Monastyrev. *Tehniko-jekonomicheskaja ocenka termomodernizacii zhilyh zdaniij*. Moscow : Izd-vo ASV, 2011. Print. 5. Savjovskij, V. V., and O. N. Bolotskih. *Remont i rekonstrukcija grazhdanskih zdaniij*. Kharkov : Vaterpas, 1999. Print.

Надійшла (received) 06.02.2015