

## ОЦІНКА ВПЛИВУ ТЕПЛОВИХ ВТРАТ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕКСПЛУАТАЦІЇ СИСТЕМИ ГАЗОПОСТАЧАННЯ БУДИНКУ

Ю. І. Дорошенко, В. Б. Михалків

ІФНТУНГ, 76019, м. Івано-Франківськ, вул. Карпатська, 15, тел. (03422) 42166,  
e-mail: x-55@list.ru

*Актуальність теми теплових втрат та раціонального використання газу на даний час важко переоцінити. Зростання цін на енергоносії вимагає розв'язання однієї із найважливіших задач - зниження енергозатрат на опалення в процесі експлуатації споруд.*

*Житлово-комунальний комплекс України займає третє місце після металургійної і хімічної промисловості за обсягами споживання енергоносіїв і перше місце – за споживанням тепла.*

*Виходячи з різних експертних оцінок, основний об'єм тепловтрат на опалення в будинках, тільки на фасадах будівель звичайної будови, складає від 35 до 45 відсотків.*

*Створення комфортного режиму у будинках і підтримання його сталим впродовж певного часу досягається неефективними методами: встановлюються додаткові обігрівачі чи холодильні установки, але все це не усуває головної проблеми – високих тепловтрат.*

*Метою наукової роботи є дослідження доцільності та ефективності використання теплоізоляції, що полягає у вирішенні таких завдань: дослідження питань економії та комфорту; дослідження можливості збільшення терміну служби конструкцій; дослідження можливості збільшення внутрішньої площі будинку за рахунок використання теплоізоляції; позитивний екологічний вплив.*

*Об'єктом та предметом досліджень є властивості теплоізолюючих матеріалів житлових будівель та методи усунення тепловтрат.*

*Застосування сучасних технологій дає змогу скоротити затрати на опалення утричі. За результатами проведених розрахунків можна зробити основний висновок, що заміною котельного агрегату ми можемо досягти економії у 10÷15 % (або 20 ÷ 25 % у разі використання конденсаційних котлів), а грамотно утеплити будинок можна зменшити споживання природного газу в 2, а то й у 2,5 рази.*

*Ключові слова: тепловтрати, теплоізоляція, енергоспоживання, житлові будівлі, захисні конструкції, енерговитратність, енергозбереження.*

*Актуальность темы тепловых потерь и рационального использования газа на данный момент трудно переоценить. Рост цен на энергоносители подводит нас к необходимости решения одной из важнейших задач - снижения энергозатрат на отопление в процессе эксплуатации зданий.*

*Жилищно-коммунальный комплекс Украины занимает третье место после металлургической и химической промышленности по объемам потребления энергоносителей и первое место – по потреблению тепла.*

*Согласно результатам различных экспертных оценок, основной объем теплопотерь на отопление в домах, только на фасадах зданий обычного строения, составляет от 35 до 45 процентов.*

*Создание комфортного режима в домах и поддержания его долгое время достигается неэффективными методами: подключением дополнительных обогревателей или холодильных установок, однако все это не исключает главной проблемы – высоких теплопотерь.*

*Целью научной работы является исследование пользы и эффективности использования теплоизоляции, решения следующих задач: исследования вопросов экономии и комфорта, исследования возможности увеличения срока службы конструкций, исследования возможности увеличения внутренней площади здания за счет использования теплоизоляции; положительный экологический влияние.*

*Объектом и предметом исследований является теплоизоляционные материалы жилых зданий и теплопотери и методы их устранения.*

*Применение современных технологий позволяет сократить затраты на отопление в три раза. По результатам расчетов можно сделать основной вывод, что заменой котельного агрегата мы можем достичь экономии 10 ÷ 15% (или 20 ÷ 25% при использовании конденсационных котлов), то грамотно утеплить дом, можно уменьшить потребление природного газа в 2, а то и в 2, 5 раз.*

*Ключевые слова: теплопотери, теплоизоляция, энергопотребления, жилые здания, ограждающие конструкции, энергозатратность, энергосбережение.*

*Nowadays the importance of the issue of the efficient gas utilization could be hardly overestimated. The price increase for energy resources demands one of the most important issue to be solved and namely to reduce energy consumption on heating in the process of facilities maintenance.*

*The housing and municipal complex in Ukraine takes the third place after metallurgical and chemical industries due to volumes of energy consumption and the first one according to heat consumption.*

*Taking into consideration different experts' assessments the main volume of heat losses for heating only on housefront of a common building accounts for 35 to 45 per cent.*

*Creating comfortable conditions in houses and keeping them constant during a certain period of time can be achieved by means of inefficient methods: additional heaters or conditioners are installed but all of them cannot remove the main problem we mean great heat losses.*

*The purpose of the scientific work is to research expedience and efficiency of heat-insulation usage based on solving the following challenges: research into issues of savings and comfort; research into possibility to increase the term of structures usage; research into possibility to increase the internal area of the building using heat-insulation; benefit environmental influence.*

*The object and subject of the research are properties of heat-insulation material for residential buildings and methods of removing heat losses.*

*Usage of modern technologies gives an opportunity to reduce expenditures on heating three times. According to the results of calculations it can be concluded that having changed a steam generating unit we can achieve savings 10÷15% (or 20÷50% in case of using condensation boilers) and having winterized (draft-proofed) a building for winter properly gas consumption can be reduced 2 or even 2.5 times.*

Keywords: heat losses, heat-insulation, energy consumption, residential buildings, protective structures, energy losses, energy safe-keeping and integrity.

**Актуальність теми.** Серед найважливіших умов сталого та пропорційного розвитку держави є вирішення проблем енергоємності виробництва та енергозабезпечення економіки, які протягом останніх років були (і залишаються) загрозою економічної, а відтак і національної безпеки. Структурні та цінові диспропорції енергетичного балансу України суттєво посилюють ризики стабільного енергозабезпечення країни. Успішність політики енергоефективності у цьому контексті залежатиме від науково обґрунтованого економічного аналізу, прогнозування та оптимізації енергетичного балансу держави. Найбільш адекватною реакцією на сучасні виклики та загрози в енергетичній сфері для України мають стати радикальні структурні реформи одночасно у всіх напрямках енергетичної політики: енергоефективність, формування конкурентних енергетичних ринків, диверсифікація енергопостачання, збільшення в енергетичному балансі частки альтернативних джерел енергії та видів палива. Лише за таких умов країна матиме необхідний для стабільного соціально-економічного розвитку рівень національної енергетичної безпеки.

На сучасному етапі розвитку держави однією з основних перешкод для масштабної реалізації політики енергоефективності є відсутність у основних агентів нагальної потреби та мотивації щодо енергоефективних інноваційних технологій. Політичні, правові, економічні умови України дозволяють їм здійснювати виробництво на старій, енерговитратній технологічній основі. Тому рівень використання потенціалу рушійної сили досягнення Україною світових стандартів енергоефективності є вкрай низьким для забезпечення швидкого якісного прориву. Водночас, без такого переходу до світових стандартів енергоефективності Україна не зможе забезпечити гідні темпи розвитку, енергетичну та економічну національну безпеку, вигідний вихід на світові ринки як конкурентоспроможної держави.

Світовий досвід упровадження енергоефективних технологій та застосування фінансово-економічних стимулюючих інструментів в інших країнах, усвідомлення політикумом і громадськістю ролі енергоефективності, організація результативної взаємодії між бізнесом, державою на принципах державно-приватного партнерства у впровадженні інноваційних енергоефективних технологій свідчить про те, що Україна має не тільки необхідність, а й можливість швидкого досягнення світових стандартів енергоефективності.

Світовий досвід переконливо доводить, що лише там відбулось швидке досягнення міжна-

родної конкурентоздатності держави, де наріжним каменем державної політики постала енергоефективність.

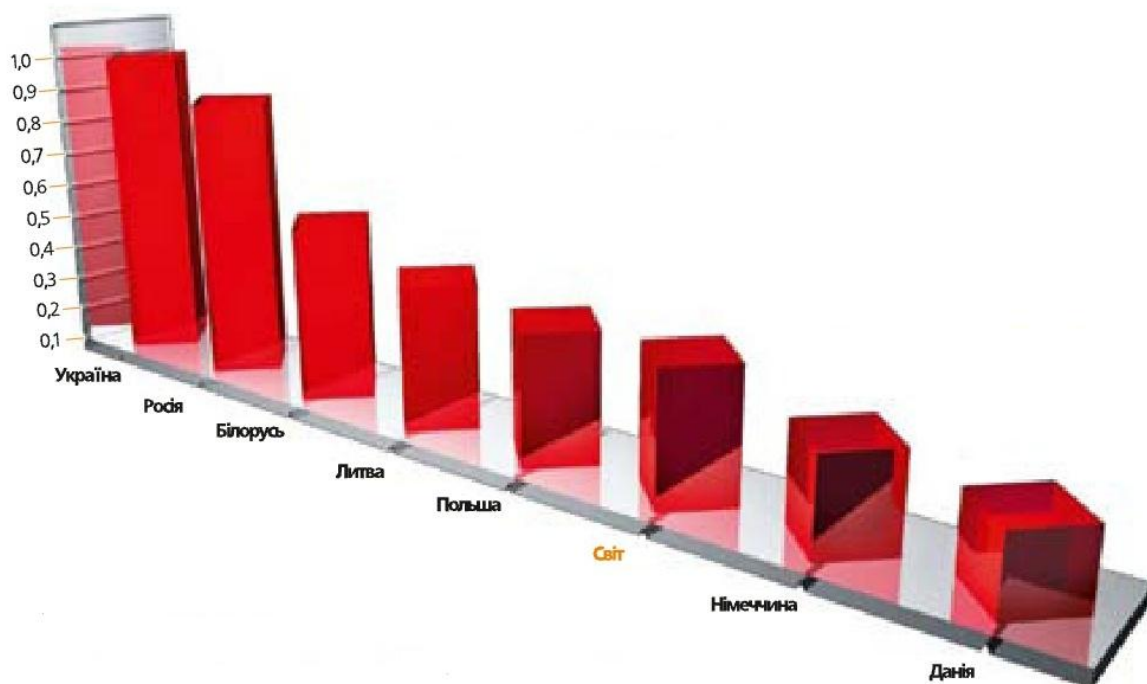
**Загальна постановка задачі.** Для економіки сучасної України характерна вкрай низька ефективність використання енергетичних ресурсів. Причиною цього є використання застарілого обладнання для виробництва електроенергії, а також значні її втрати під час транспортування та споживання.

Основним джерелом тепловтрат і шкідливих викидів у нашій країні є кінцеві споживачі енергії – житлові, комерційні, виробничі споруди. На їх опалення витрачається більше 40% всіх паливно-енергетичних ресурсів країни. При цьому значна частка енергоспоживання припадає на житлово-комунальний сектор і перевищує відповідні показники європейських країн більш ніж у два рази.

У найгіршому стані перебувають панельні будинки 50-70-х років. Саме вони найбільше втрачають тепла у холодну пору і є найбільш збитковими для житлового фонду. Обстеження цих будинків показали, що питоме споживання ними тепла перевищує споживання тепла сучасними будинками у два рази.

Розрахунок тепловтрат є найважливішим етапом проектування систем опалення. Для визначення теплової потужності, що покриває максимальне навантаження на систему опалення, необхідно знати тепловтрати будівлі в найсуворішому розрахункову частину холодного періоду року. Для вирішення питання про відповідність рівня теплоспоживання системою опалення будівлі сучасним вимогам, особливо враховуючи проблему енергозбереження, необхідно визначити тепловтрати будівлі за весь опалювальний період. Тепловтрати можна розрахувати не знаючи теплозахисних якостей огорож, коефіцієнтів теплообміну на поверхнях, розрахункових зовнішніх і внутрішніх умов. Тому в роботі досить велике місце приділено цим характеристикам.

Існують різні підходи до вибору розрахункових значень коефіцієнтів теплопровідності будівельних матеріалів. При цьому ретельність у виборі значення даного коефіцієнта вкрай важлива, беручи до уваги той факт, що виробники теплоізоляції часто в рекламних матеріалах часто вказують теплопровідність не за експлуатаційних умов, а в сухому стані. Необхідно також правильно оцінювати значення коефіцієнтів теплообміну на поверхнях огорожень, особливо коефіцієнта тепловіддачі на внутрішній поверхні, тому при завищеному його значенні буде завищена і розрахункова температу-



Рисунку 1 – Енергоспоживання в Україні на фоні інших країн

ра на внутрішній поверхні, наприклад, вікна. При визначенні тепловтрат будівлі важлива правильна оцінка коефіцієнтів теплопередачі огороджувальних конструкцій.

Тепловтрати в будівлях відбуваються, переважно, у вигляді дисперсії тепла зовнішніми огородженнями, що виникає і підсилюється з наростанням різниці температури повітря з внутрішнього і зовнішнього боку житла, а також в результаті посиленої інфільтрації зовнішнього (і відповідно, ексфільтрації внутрішнього) повітря під тиском вітру і внаслідок виникнення в забудові різних аеродинамічних ефектів (ефектів “кута”, “вихрового ролика”, Вентурі, “зв’язки”, “отворів”, “каналізації” тощо, які виникають, як вказують дослідження, за висоти забудови більше 15 м).

Україна споживає в 2,4 рази більше енергії, ніж в середньому у світі, і в 3,1 рази більше, ніж країни Європейського Союзу. Показники енергоефективності нашої країни набагато нижчі, ніж у найбільших країнах, що розвиваються, – Китаї, Індії, Бразилії.

Оскільки сучасна цивілізація не може відмовитись від споживання енергії, єдиним виходом з цієї ситуації є її раціональне споживання, засноване на використанні відновлювальних джерел енергії, економії енергоресурсів та впровадження енергоефективних технологій.

Зважаючи на те, що будинки – одні із найбільших споживачів енергії, енергозбереження в будівництві набуває особливого значення.

В той час, як вискоелективні котли та термостати забезпечують нас якісним теплом, саме “розумна” теплоізоляція оптимізує роботу цих пристроїв. Вона зберігає це тепло всередині, тим самим знижуючи рівень теплових втрат.

В умовах зростаючих цін на енергоносії теплоізоляція є одним з найпростіших рішень

зберегти тепло в наших оселях, знизити шкідливий вплив на довкілля і разом з тим заощадити кошти на опалення. На рисунку 1 наведено показники енергоспоживання в Україні на фоні інших держав за даними Міністерства палива та енергетики України.

Для вирішення проблеми надмірного енергоспоживання державою впроваджено нові будівельні норми, якими висуваються значно вищі вимоги до теплоізоляції споруд.

Так, в нових будівельних нормах ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будівель та споруд. Теплова ізоляція будівель”, що вступили в дію з 1 квітня 2007 р., вимоги до теплоізоляції нових будинків та будинків, що підлягають реконструкції, збільшені на 20-40%.

Це значить, що нові будинки будуть втрачати значно менше теплової енергії, ніж старі, а, отже, мешканці менше сплачуватимуть за спожите тепло.

Щодо вже існуючих будинків, то рішення про необхідність утеплення свого будинку кожен власник повинен прийняти сам, задавшись питанням – “А що теплоізоляція дасть мені?”.

**Огляд публікацій щодо питання дослідження.** Теплова ізоляція колекторів систем опалення в неопалювальних приміщеннях та теплова ізоляція циркуляційних трубопроводів системи гарячого водопостачання, зменшення втрат теплової енергії з поверхні були досліджені згідно з вимогами СНиП 2.04.05-91 “Отопление, вентиляция и кондиционирование”.

Зовнішнє утеплення стін для збільшення термічного опору теплопередачі зовнішніх стін, підвищення теплозахисних характеристик зовнішніх стін, теплова ізоляція перекриття, теплова ізоляція перекриття над неопалювальними підвалами і проїздами було розглянуто згідно з

вимогами ДБН В.2.6-31:2006 “Теплова ізоляція будівель”.

Дослідження режимів тепlopостачання включає вирішення таких завдань: аналіз розподілу потоків теплоносія (води), визначення теплових втрат магістральних теплопроводів, розрахунок теплових втрат по будинку в цілому і в окремо взятих квартирах, розрахунок рівноважних температур приміщень, аналіз ефективності проведення енергозберігаючих заходів, та інших.

В ході написання роботи було опрацьовано і використано інформацію доповідачів Національної доповіді з питань реалізації державної політики енергоефективності “Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку”.

**Мета досліджень.** Метою наукової роботи є дослідження користі та ефективності використання теплоізоляції, що полягає у вирішенні наступних задач:

- дослідження питань економії та комфорту;
- дослідження можливості збільшення терміну служби конструкцій;
- дослідження можливості збільшення внутрішньої площі будинку за рахунок використання теплоізоляції;
- позитивний екологічний вплив.

**Об’єктом досліджень** є теплоізолюючі матеріали житлових будівель.

**Предметом досліджень** є тепловтрати та методи їх усунення.

**Методи дослідження.** Обробка результатів теоретичних досліджень виконувалась із використанням:

- скінченно-об’ємних методів розв’язання рівнянь газодинаміки;
- методів модульного та об’єктно-орієнтованого програмування;
- методів математичної статистики.

За статистичними даними, крізь стіни та дахи втрачається до 50% тепла. Рациональне використання теплоізоляційних матеріалів в будівництві дасть змогу зберегти тепло та зменшити витрати на опалення на 50-70%. На рисунках 2–4 наведено фотографії дослідження тепловтрат будинку тепловізором.



Рисунок 2 – Фотографія дослідження тепловтрат типового будинку тепловізором

Тепловізійне обстеження нерухомості в світі – сучасний метод дистанційної діагностики. Він вирізняється незаперечними перевагами перед іншими відомими способами діагностики.

Практика обстеження будинків тепловізорами свідчить, що зазвичай з причини помилок і недбалства будівельників шість будинків із десяти перевірених несуть колосальні втрати тепла.

Абсолютно будь-який прихований дефект в конструкції будівель буде відображений на термограмі приладу. Такий прилад не здатний що-небудь приховувати або обманювати. Тепловізор показує саме те, що є насправді.



Рисунок 3 – Тепловізійна зйомка одноповерхового будинку

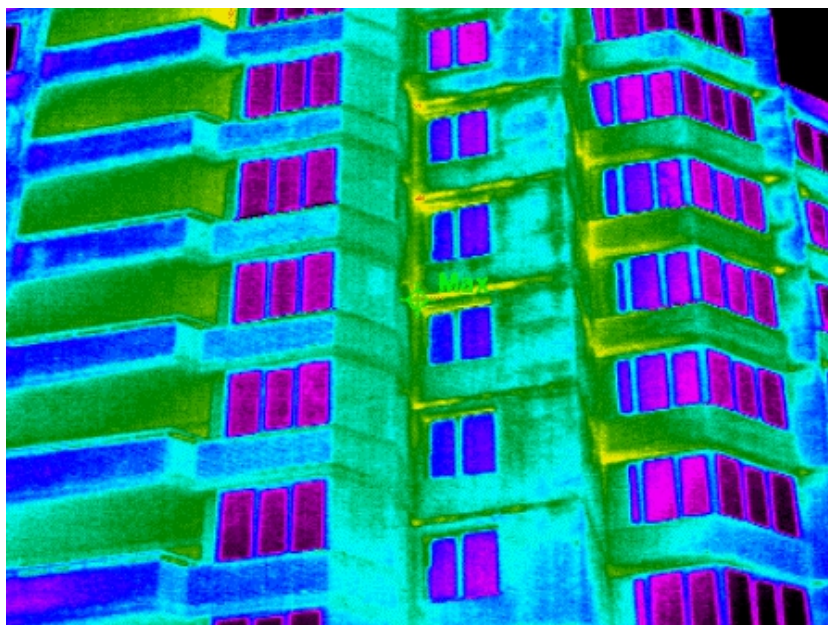
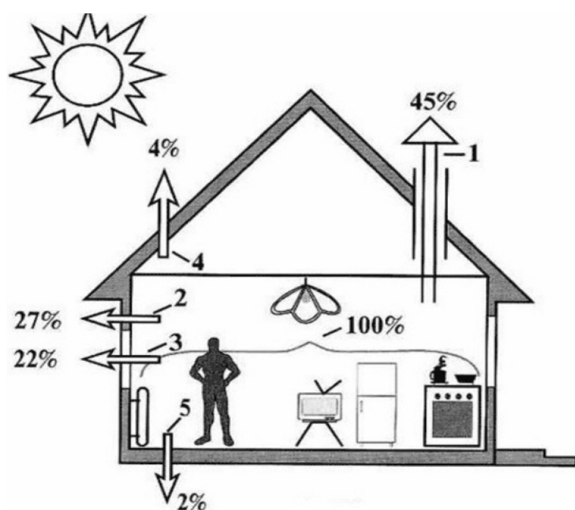


Рисунок 4 – Тепловізійна зйомка багатоповерхового будинку

На основі детального огляду літератури з даного питання можна навести приблизну структуру теплового балансу житлового будинку в опалювальний період (рис. 5).



- 1 – втрати тепла за рахунок повітрообміну;
- 2 – втрати тепла через зовнішні стіни;
- 3 – втрати тепла через вікна;
- 4 – втрати тепла через дах;
- 5 – втрати тепла через підлогу

Рисунок 5 – Приблизна структура теплового балансу житлового будинку в опалювальний період

Перевірка будинку тепловізором та усунення місць теплових втрат назавжди позбавить власника від подальших непотрібних фінансових витрат. Це й економія на опаленні будинку, яка може скласти до 65-70%. В модернізованих будинках сильно зростає ступінь комфортності, а також зручність життя, оскільки значно рідше виникає потреба у проведенні поточного ремонту, значно поліпшується стан

всіх несучих конструкцій будинку, що значною мірою впливає на довговічність будинку загалом.

Здорожчання газу, прогнози фахівців на холодні зими не дають приводу для подальшого оптимізму. На рисунку 6 відображено динаміку зростання та прогнозу ціни на газ в Україні за даними аналізу фахівців Науково-технічного центру “Біомаса”.

Як зменшити споживання газу не втративши в тепловому комфорті?

Будь-яка система опалення працює на підтримку того рівня теплового комфорту в приміщенні, який влаштовує господаря, тобто котел і система опалення лише компенсує теплові втрати. Висновок простий - зменшуючи теплові втрати, ми зменшуємо об’єми споживання газу. І якщо вдається зменшити тепловтрати в 2 рази, то і економія газу буде дворазовою.

Розглянемо спрощену методику визначення теплових втрат у будинку та оцінки їх впливу на енергоспоживання. Для цього сформуємо загальну схему системи опалення будинку (рис. 7).

Коефіцієнт корисної дії котла обчислюється за формулою:

$$ККД = \frac{Q_{повн} - Q_{втр.кот}}{Q_{повн}} = \frac{Q_{кор}}{Q_{повн}}, \quad (1)$$

де  $Q_{повн}$  – тепло, що виділяється за рахунок спалення газу;

$Q_{втр.кот}$  – тепло, що втрачається з викидними газами.

Система набуває теплової рівноваги у випадку

$$Q_{т.в} = Q_{кор}, \quad (2)$$

де  $Q_{т.в}$  – тепловтрати у будинку;

$Q_{кор}$  – корисна потужність.

Повні тепловтрати будівлі складаються з тепловтрат через захисні конструкції і затрат на інфільтрацію

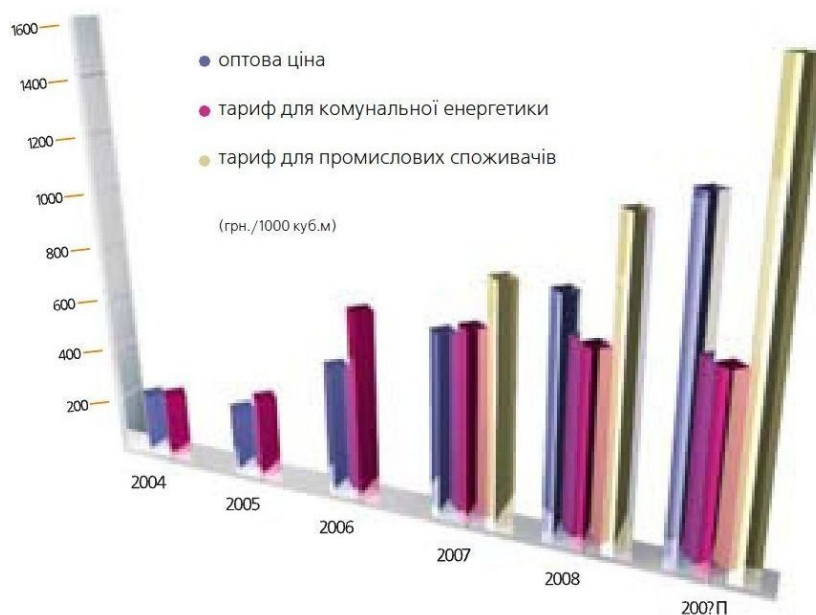
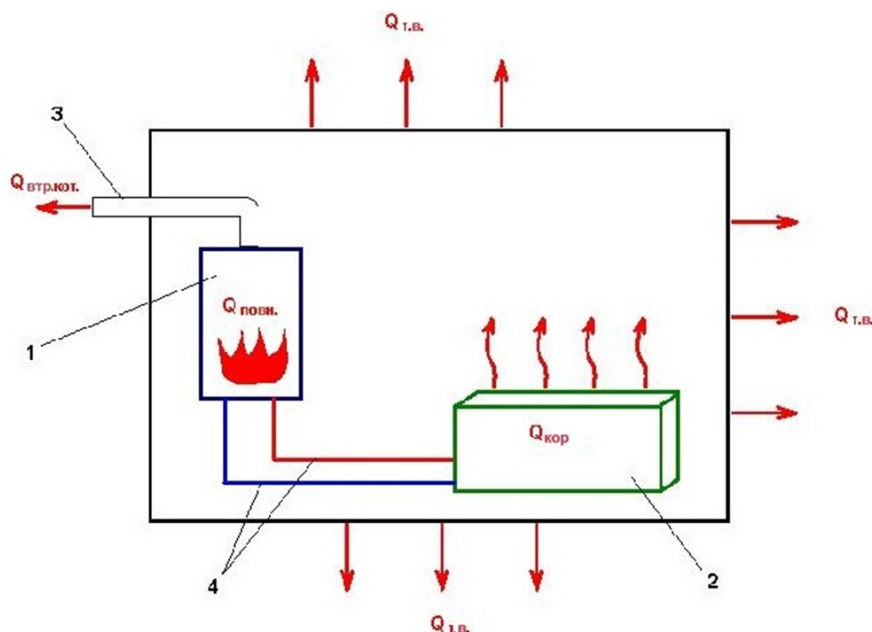


Рисунок 6 – Ціни на газ в Україні



1 – котел; 2 – опалювальні прилади; 3 – викидний патрубок; 4 – трубопроводи

Рисунок 7 – Система опалення будинку

$$\sum Q = Q_{ок} + Q_{инф}, \quad (3)$$

які обчислюються за формулами описаними нижче.

Тепловтрати через захисні конструкції обчислюються за формулою

$$Q_{ок} = 1,1 \cdot (P \cdot H \cdot (k_{стн} + g(k_e - k_{стн})) + S \cdot (0,6 \cdot k_{нід} + 0,9 \cdot k_{стл})) \cdot (t_6 - t_3), \quad (4)$$

де  $P$  – периметр будівлі, м;

$S$  – площа захисної конструкції (наприклад стіни),  $m^2$ ;

$H$  – висота будівлі, м;

$k_{стн}$ ,  $k_e$ ,  $k_{стл}$ ,  $k_{нід}$  – відповідно коефіцієнти теплопередачі зовнішніх стін, вікон, стель, підлоги, Вт/( $m^2 \cdot ^\circ C$ );

$g$  – відношення площі вікон до площі стін;

$t_6$  – розрахункова внутрішня температура,  $^\circ C$ ;

$t_6 - t_3$  – різниця температур внутрішнього і зовнішнього повітря,  $^\circ C$ ;

$t_3$  – розрахункова зовнішня температура,  $^\circ C$ .

Тепловтрати через інфільтрацію

$$Q_{инф} = 0,24 \cdot (S - B \cdot P) \cdot H \cdot (t_6 - t_3), \quad (5)$$

де  $B$  – товщина стіни, м.

Розглянемо приклад розрахунку тепловтрат через стіну до і після застосування тепло-

ізоляції. Скористаємось наступною спрощеною формулою для обчислення тепловтрат

$$Q_{m.в} = k \cdot S \cdot (t_в - t_з), \quad (6)$$

де  $k$  – коефіцієнт теплопередачі захисних конструкцій.

Аналізуючи цю формулу, бачимо, що зменшити теплові втрати через стіну можна двома способами. Перший – зменшити різницю температур (шляхом зниження температури повітря в приміщенні, оскільки зовнішню температуру ми змінити не можемо). Однак цей варіант неприйнятний, адже навряд чи комусь захочеться жити в приміщенні з температурою +12, навіть значно заощаджуючи при цьому на опаленні. Другий варіант зниження тепловтрат – зменшення коефіцієнта теплопередачі стіни  $k$ . Як цього досягти? Дуже просто, вже існуючу стіну слід покрити шаром теплоізоляції.

Формула для розрахунку коефіцієнта теплопередачі

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_{вн}} + \sum \frac{d}{\lambda} + \frac{1}{\alpha_з}}, \quad (7)$$

де  $\alpha_{вн}$  – коефіцієнт тепловіддачі з внутрішньої сторони стіни, Вт/(м<sup>2</sup>·С);

$\alpha_з$  – коефіцієнт тепловіддачі із зовнішнього боку стіни, Вт/(м<sup>2</sup>·С);

$d$  – товщина однорідного шару в багат шаровій стіні, м;

$\lambda$  – коефіцієнт теплопровідності даного шару, (м·С) / Вт.

Збільшуючи товщину шару (товщину стіни) або вибираючи матеріал для шару з меншим значенням коефіцієнта теплопровідності  $\lambda$ , ми зменшуємо коефіцієнт  $k$ , а, отже, і тепловтрат. Іншими словами, якщо нам вдасться знизити коефіцієнт теплопередачі  $k$  в два рази, то тепловтрати через дану конструкцію також зменшаться удвічі.

За описаним вище алгоритм та згідно основних вимог нормативної документації можна дослідити оцінку впливу тепловтрат на експлуатаційні характеристики житлових будівель та запропонувати найбільш оптимальні методи, щоб запобігти їм. Із цією метою проведемо розрахунок тепловтрат житлового будинку.

Зовнішня стіна довжиною 4м висотою 3м складається з цегляної кладки товщиною 50 см (кладка в дві цегли, цегла червона повнотіла на цементно-піщаному розчині). Шаром внутрішньої цементної штукатурки, товщиною 1 см можна знехтувати. Коефіцієнт теплопровідності такої кладки  $\lambda = 0,8$  Вт/(м<sup>2</sup>·С). Коефіцієнт теплопередачі такої стіни:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,8} + \frac{1}{23}} = 1,3 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{С)}.$$

Тепловтрати через стіну за різниці температур 40°С (на вулиці -20 в приміщенні+20):

$$Q_{m.n.} = 1,3 \cdot (3 \cdot 4) \cdot 40 = 624 \text{ Вт}.$$

Тепер, якщо розглянути стіну іззовні утеплити за допомогою мінеральної вати або скловати товщиною шару 5 см, теплопровідність стане  $\lambda = 0,045$  Вт/(м<sup>2</sup>·С).

Коефіцієнт теплопередачі утепленої стіни

$$k = \frac{1}{\frac{1}{8,7} + \frac{0,5}{0,8} + \frac{0,05}{0,0045} + \frac{1}{23}} = 0,53 \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{С)}.$$

Тепловтрати через утеплені стіни складе:

$$Q_{m.n.} = 0,53 \cdot (3 \cdot 4) \cdot 40 = 254 \text{ Вт}.$$

Різниця в тепловтратах до утеплення і після складає

$$\Delta Q \text{ т.п.} = 624 - 254 = 370 \text{ Вт}.$$

Як ми бачимо, утеплення - дуже ефективний спосіб зменшення споживання природного газу.

За нормами ДБН В.2.6-31: 2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель” для кліматичної зони І (центральна північна та східна частина країни) повинні забезпечуватися такі коефіцієнти теплопередачі для приватних будинків (таблиця 1).

У таблиці 2 наведено коефіцієнти теплопередачі для різних теплоізолюючих матеріалів.

Як бачимо, товщина теплоізоляції зовнішньої стіни не повинна бути меншою 100 мм. Витрати на теплоізоляцію зовнішніх стін складаються з вартості матеріалів (теплоізоляція, штукатурні суміші, сітка, дюбелі, декоративне оздоблення) і вартість робіт. Як свідчить практика, різниця між загальними витратами у разі використання теплоізоляції товщиною 50 мм і 100 мм буде близько 10%, а за ефективністю відрізняться в півтора рази. Збільшення товщини теплоізоляції понад 150 мм є економічно невигідним. Загальна вартість буде зростати набагато швидше, ніж ефект від економії тепла. Отже, оптимальною товщиною теплоізоляції при утеплення зовнішніх стін (при використанні теплоізоляції з коефіцієнтом теплопровідності  $\lambda \leq 0,041$  Вт/(м·С)) є 100 ... 150 мм.

Нанесення теплової ізоляції на 150 м трубопроводів-колекторів системи опалення діаметром 50 мм у підвалі п'яти-типоверхового 45-кв. будинку за умови середньої температури води у трубопроводі +40°С дає можливість отримати річну економію теплової енергії на потреби опалення у 33,7 Гкал, що еквівалентно заощадженню 10 000 грн. на рік.

Серед чинників, що негативно впливають на енергоефективність економіки України, слід вказати на: домінування в галузевій структурі енергоємних виробництв; зношеність основних фондів підприємств та, відповідно, великі зайві втрати енергоносіїв та енергії; недостатня оснащеність виробництва і невиробничої сфери (в першу чергу, житлового фонду) сучасними приладами обліку; брак інвестицій; недостатнє нормативно-правове та інституційне забезпечення політики енергоефективності. Вказані вище чинники призводять до зниження конкурентоздатності вітчизняної продукції на внутрішньому і зовнішньому ринках.

Таблиця 1 – Нормативні значення коефіцієнтів теплопередачі і термічного опору для приватних житлових будинків

Вид конструкції	Значення $R_q \text{ min}$ , $\text{m}^2 \cdot \text{C} / \text{Вт}$ , не менше	Значення $k (1/R_q \text{ min})$ $\text{Вт} / (\text{m}^2 \cdot \text{C})$ , не більше
Зовнішні стіни	2,8	0,36
Дахи та перекриття неопалюваних горищ	4,95	0,2
Перекриття над неопалюваними підвалами, розташованими нижче рівня землі	3,75	0,27
Перекриття над проїздами і холодними підвалами, які межують із зовнішнім повітрям	3,5	0,29

Таблиця 2 – Коефіцієнти теплопередачі за різного виду утеплення цегляної стіни

Вид теплоізоляції	Коефіцієнт теплопередачі,			
	Товщина теплоізоляції, мм			
	0	50	100	150
Пінопласт ПСБ — 25, $\lambda = 0,038 \text{ Вт/м} \cdot \text{C}$	2,2	0,56	0,32	0,23
Скловата ISOVER OL-E, $\lambda = 0,041 \text{ Вт/м} \cdot \text{C}$	2,2	0,59	0,34	0,24

Енергозбереження в будівлях – проблема досить актуальна на сьогодні, а до її розв’язання слід застосувати системний підхід. Використання активних й пасивних систем зберігання теплової енергії в малоповерхових будинках на сьогодні є не тільки бажаним, але і необхідною умовою виконання діючих норм з теплоспоживання. Рішення про енергетичну ефективність будівель має прийматися на основі комплексної оцінки будинку як енергоспоживаючої системи.

Основними чинниками енергоефективності є якість теплового захисту захисних конструкцій, забезпечення вимог теплового комфорту приміщень, використання енергозберігаючих систем, технологій та заходів.

Згідно з результатами досліджень впливу використання теплоізолюючих матеріалів у житлових будинках можна стверджувати про їх високу ефективність у зменшенні тепловтрат будівлі через захисні конструкції.

Для правильного вибору потужності котла та обігрівальних приладів необхідно розраховувати реальні тепловтрати приміщень будинку.

Теплові втрати залежать насамперед від:

- різниці температур всередині та зовні будинку (чим різниця більша, тим втрати вищі);
- теплозахисних властивостей стін, вікон, перекриттів, покриттів (захисних конструкцій). Вартість теплоізоляції відносно вартості будинку досить мала, однак у ході експлуатації будівлі основні затрати припадають саме на опалення. На теплоізоляції у жодному випадку не можна економити, особливо для комфортного проживання на великих площах. Ціни на енергоносії у всьому світі підвищуються, тому питання енергозатратності є актуальним.

Сучасні будівельні матеріали мають більш високі термічні опори, ніж традиційні. Вони дозволяють робити стіни тоншими, а, значить, дешевшими та легшими. Усе це добре, але в тонких стін менша теплоємність, тобто вони гірше запасують тепло. Опалювати доводиться постійно – стіни швидко нагріваються та швидко встигають. У старих будівлях з товстими стінами влітку прохолодно, так як стіни накопичують за ніч холод, а вдень нагріваються.

Утеплення необхідно розглядати в комплексі із повітропроникністю стін. Якщо підвищення теплового опору стін пов’язано із значним зменшенням повітропроникності, то не слід його застосовувати.

Дуже часто, неправильне застосування теплоізоляції призводить до погіршення санітарно-гігієнічних властивостей житла.

Зовнішнє утеплення стін є набагато ефективнішим за внутрішнє.

Основним резервом енергозбереження є вентиляція.

Застосувавши сучасні технології виготовлення вікон, низькотемпературні обігрівачі системи, ефективну теплоізоляцію захисних конструкцій, можна скоротити затрати на опалення у три рази.

Відома технологія створення “теплого будинку” за рахунок пінополістирольних блоків. З цих блоків спочатку формується стінова конструкція, опалубка. Потім всередину порожніх пінополістирольних блоків заливається бетон. Це дає змогу перетворити будинок на монолітну ґратчасту конструкцію з теплоізолюючим прошарком як ззовні, так і зсередини. Зовнішній шар теплоізоляції перешкоджає переохолодженню бетону у холодні пори року. Внутрішня ізоляція запобігає непродуктивним витратам теплоти на нагрівання масивних бетонних конструкцій.

Для запобігання втратам тепла через вікна одночасно з тришаровим склінням зараз широко використовуються склопакети. Віконні системи на основі склопакетів розподіляються на три групи: пластикові, алюмінієві та дерев’яні. Віконні системи на основі полівінілхлоридних профілів можуть формуватися з використанням теплоізоляційних матеріалів та армуватися металом для посилення несучих властивостей більших поверхонь. Алюмінієві віконні системи для підвищення теплоізоляції вимагають також використання теплоізолюючих матеріалів. Вік-



на з металевим профілем, враховуючи їх міцність та хімічну стійкість, найкраще використовувати у промислових і адміністративних будинках.

Тепловізійне обстеження будівель і споруд - це сучасний метод отримання достовірної інформації і визначення дефектів будівництва. Робота проводиться з використанням спеціальних приладів - тепловізорів, які вловлюють витік тепла і складають візуальну "карту тепловтра". Своєчасне обстеження дозволяє здійснювати контроль якості робіт на кожному етапі будівництва. За його результатами можна визначити наявність тріщин в конструкціях, порожнечі в стиках панелей, недостатню товщину (а іноді і відсутність) утеплювальних матеріалів. Такий контроль дає змогу виявити не якісне встановлення дверних і віконних блоків. Отримані дані вказують на рівень існуючих тепловтрат, який потім можна порівняти з нормативами.

Проведене тепловізійне обстеження дасть значний економічний ефект (десятки тисяч гривень на один будинок), дозволить заощадити кошти і матеріали на ремонт. Проведення тепловізійних обстежень має широкий суспільний резонанс, привертає увагу мешканців мікрорайонів і громадськості, привчає їх до розуміння проблеми енергозабезпечення, економії ресурсів, оцінці об'єктивності вибору рішення адміністрацією міста, енергетиків, ЖКГ та інших служб.

Ось чому для забезпечення високої ефективності реконструкції житлових будівель в рамках енергозберігаючих заходів важливе місце займає попереднє обстеження захисних конструкцій, що включає візуальний огляд та комплексні теплофізичні вимірювання.

Провівши комплекс розрахунків, можна зробити основний висновок, що заміною котельного агрегату ми можемо досягти економії 10÷15% (або 20 ÷ 25% при використанні конденсаційних котлів), то грамотно утеплити будинок, можна зменшити споживання природного газу в 2, а то й у 2,5 рази.

Поряд із утепленням будинку та врахуванням теплових режимів зовнішнього повітря необхідно здійснювати технічно грамотну експлуатацію будинків для підтримання комфортних умов проживання із одночасним впровадженням енергозберігаючих заходів та економією тепла, а отже і газу.

Таким чином, паралельно з розробкою енергоефективних технологій необхідно проводити і організаційно-правові, економічні та інформаційні заходи, метою яких з одного боку є підвищення рівня комфортабельності, життєзабезпечення і безпеки житла, а з іншого - перетворення комунального теплопостачання в прибуткову сферу економіки. Саме цим питанням практичного характеру і буде присвячена наступна робота.

## Література

- 1 Славянская Л. Мировой рынок нефти: состояние и перспективы // Нефтегазовая вертикаль. – 2001. – №16. – С. 50.
- 2 ДБН В.2.6-31: 2006. Теплова ізоляція будівель. МБАЗКГ України. – К, 2006.
- 3 СНиП 2.04.05-91\*. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Госстрой России. М., 1999.
- 4 Енергоефективність як ресурс інноваційного розвитку: Національна доповідь про стан та перспективи реалізації державної політики енергоефективності у 2009 році / С. Ф. Єрмілов, Ю. П. Яценко, В. В. Григоровський, В. М. Геєць, В. Е. Лір та ін. – К.: НАЕР, 2009. – 58 с.
- 5 Ратушняк Г.С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання / Г. С. Ратушняк, Г.С. Попова. – Вінниця: ВДТУ, 2002. – 120 с.
- 6 Табунщиков, Ю. А. Энергоэффективные здания / Ю. А. Табунщиков [и др.]. – М.: АВОК–ПРЕСС, 2003. – ISBN 5-94533-007-8.
- 7 Богословский В. Н. Тепловой режим здания / В. Н. Богословский. – М.: Стройиздат, 1979. – 248 с.
- 8 Власов О. Е. Основы строительной теплотехники / О. Е. Власов. – М.: ВИА РККА, 1938. – 90 с.
- 9 Ананьев А. И. Теплотехнические показатели строительных материалов и конструкций / А. И. Ананьев, О. А. Хоров, Л. Д. Евсеев [и др.] // Строительный эксперт. – 2005. – № 16(203). – С. 17-23.
- 10 Эккерт Э. Р. Теория тепло- и массообмена / Э. Р. Эккерт, Р. М. Дрейк. – М.: Энергоиздат, 1961. – 681 с.
- 11 Шкловер А. М. Основы строительной теплотехники жилых и общественных зданий / А. М. Шкловер, Б. Ф. Васильев, Ф. В. Ушков. – М.: Госстройиздат, 1956. – 350 с.
- 12 Михеев М. А. Основы теплопередачи / М. А. Михеев. – М.: Госэнергоиздат, 1956. – 392 с.
- 13 Малявина Е.Г. Учет теплоступлений в помещения при расчете годового энергопотребления здания / Е. Г. Малявина, С. В. Бирюков // Стройпрофиль. – 2005. – №2/1. – С. 38-40.

*Стаття надійшла до редакційної колегії  
23.01.13*

*Рекомендована до друку  
професором Грудзом В.Я.  
(ІФНТУНГ, м. Івано-Франківськ)  
д-ром техн. наук Банашевичем Ю.В.  
(ДК «Укртрансгаз», м. Київ)*