

СУЧАСНІ ТЕНДЕНЦІЇ ВИКОНАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

¹*Полтавський національний технічний університет
імені Юрія Кондратюка, Україна,*

²*Інституту місцевого розвитку, м. Київ, Україна,*

В роботі розкривається методика виконання енергетичного аудиту , що базується на комплексному підході до аналізу енергоефективності будівель в умовах змінного теплового режиму роботи огорожень

Постановка проблеми. Виконання енергетичних аудитів житлових будинків, громадських і інших будівель виконується на сьогодні, як правило, виходячи з передумови стаціонарного режиму теплопередачі через огороження на основі обстежень, які виконуються в умовах змінного режиму роботи зовнішніх огорожень без урахування усіх складових теплового балансу. Іншою проблемою енергетичних аудитів є їх необов'язковість з точки зору вимог чинної нормативної документації. Такий підхід не відображає сучасних тенденцій з енергоефективності будівель і моделей розвитку систем генерування і споживання теплоти, які характеризуються переходом від стаціонарних до змінних теплових і гідравлічних характеристик роботи.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Характер обов'язкового енергетичний аудит будівель мав до червня 2015 року лише для тих бюджетних установ для яких здійснювалась реконструкція, або перебудова за рахунок державних коштів.

Наказом №12 від 29.05.2015 Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України було відмінено видачу свідоцтв на право проведення енергоаудиту . Цим документом, також, було анульовано низку інших нормативних документів. Із усіх видів і форм і видів засвідчення енергетичної ефективності будівель на сьогодні чинними залишилось ДСТУ НБА 2.2-5:2007 «Настанова з розроблення та складання енергетичного паспорта будинків при новому будівництві та реконструкції» К ., 2008.

Формулювання цілей та завдання статті. Чинні законодавчі ініціативи, а також формальний, у більшості випадків, споживацький підхід більшості енергоаудиторів до виконання енергетичних аудитів, який зводився до заповнення певної встановленої форми, а не до дійсного обстеження енергоефективності будівель, призвів до існуючої ситуації, коли єдиною формою встановлення рівня енергоефективності залишилось складання енергетичних паспортів будівель.

В статті обговорюються питання про зміст та суть виконання енергетичного аудиту систем теплопостачання і будівель, як комплексного заходу з визначення дійсної енергоефективності системи теплопостачання.

Включення питань з виконання енергетичного аудиту в проекти «Закону України про енергетичну ефективність будівель» та «Закону України про енергетичний аудит» дає можливість надіятись на створення дієвого механізму оцінки енергоефективності систем трансформування і використання теплоти.

Основна частина. Об'єктами енергетичного аудиту повинні бути не лише системи опалення будинку, але й інші системи, котрі впливають на рівень енергоспоживання і створення необхідних умов життєдіяльності людини:

- огорожувальні конструкції будівлі (стіни, вікна, двері, дах і підлога);
- система опалення, $Q_{оп}$;
- система вентиляції, $Q_{вен}$;
- система гарячого водопостачання, $Q_{гв}$;
- автоматична система управління, $Q_{авт}$;
- освітлення, $Q_{осв}$;
- різне обладнання – кухонне, пральне тощо, $Q_{інше}$;
- система кондиціонування, $Q_{конд}$.

А рівень споживання енергії у будинку $Q_{спож}$ оцінюється як загальний по усіх системах:

$$Q_{спож} = Q_{оп} + Q_{вен} + Q_{гв} + Q_{авт} + Q_{осв} + Q_{конд} + Q_{інше} \quad (1).$$

Не слід також забувати, що основу кожного аудиту повинна становити вивірена енергетична модель об'єкта, в основі якої лежить тепловий, енергетичний або матеріальний баланс.

Так, для систем опалення будівлі за умов забезпечення нормованих параметрів мікроклімату в приміщеннях і дійсних параметрів зовнішнього повітря необхідно в ході енергоаудиту скласти і вивірити тепловий баланс будівлі, до якого входять усі складові надходжень $\Sigma Q_{надх}$ і втрат теплоти $\Sigma Q_{втрат}$.

$$\Sigma Q_{надх} = \Sigma Q_{втрат} \quad (2),$$

де: $\Sigma Q_{надх}$ – сума статей надходження теплоти до будинку, включно з теплом від трубопроводів в опалюваних приміщеннях, від систем освітлення, від сонячного випромінювання, від обладнання, людей і систем опалення;

$\Sigma Q_{втрат}$ – сума статей втрат теплоти, у тому числі через огорожувальні зовнішні конструкції $Q_{транс}$, з інфільтрацією $Q_{інф}$ тощо.

Рівняння теплового балансу показує наявність тісного взаємозв'язку між окремими складовими надходження і витрат енергії. Наприклад:

- зменшення теплонадходжень від освітлювальних приладів при заміні ламп розжарювання на енергозберігаючі збільшить витрати на опалення;
- заміна дерев'яних рам на металопластикові зі зменшеною повітропроникністю скоротить надходження свіжого повітря до приміщення і зменшить втрати теплоти з інфільтрацією;
- зменшення трансмісійних втрат теплоти через огороження може призвести до надлишків теплоти у приміщеннях з надходженням тепла і до збільшення витрат енергії на потреби вентиляції.

Скорочення витрат енергії не повинно здійснюватись за рахунок погіршення умов перебування людей у приміщеннях, у тому числі – за рахунок

зменшення необхідного повітрообміну у приміщеннях. У житлових будинках він здійснюється за рахунок інфільтрації, на що витрачається значна кількість теплоти. Згідно з українськими нормативами, повітрообмін в житлових приміщеннях повинен бути не менш ніж однократним.

Витрати теплоти на потреби опалення Q_{on} житлового будинку, які будуть отримані із рівняння теплового балансу за дійсних параметрів повітря, повинні відповідати показам теплового лічильника $Q_{лич}$, встановленого у вузлі теплового вводу будинку.

Така тотожність для дійсних параметрів мікроклімату означає, що отримана розрахункова модель об'єкта відповідає дійсності і з нею можна продовжити роботу. Після підстановки в рівняння теплового балансу(2) нормованих параметрів внутрішніх і зовнішніх параметрів повітря можна отримати наступні варіанти:

1. $Q_{лич} < Q_{on}$ – у будівлі реалізуються адміністративні методи енергозбереження за рахунок погіршення параметрів мікроклімату; модель складено невірно або існують інші джерела теплоти, не враховані під час аудиту джерела тепла;

2. $Q_{лич} > Q_{on}$ – перевитрати теплоти із системи тепlopостачання на об'єкті енергоаудиту, невірно складена модель, невірно визначена середня температура внутрішнього повітря у будівлі;

3. $Q_{лич} = Q_{on}$ – модель адекватна; витрати теплоти на опалення із системи тепlopостачання відповідають дійсним теплотехнічним характеристикам будівлі.

Таким чином вивіреним за різних температур зовнішнього повітря тепловий баланс гарантує об'єктивність результатів енергоаудиту. Точність результатів енергетичних аудитів будівель залежить від вибраної методики його виконання.

В деяких енергетичних аудитах визначення обсягу втрат теплоти виконується шляхом визначення теплового потоку від зовнішньої стіни до зовнішнього повітря за залежністю (3) з використанням коефіцієнта тепловіддачі від зовнішньої стіни α і визначеної за допомогою тепловізора радіаційної температури зовнішньої поверхні стіни – t_3^{cm} :

$$Q = \alpha \cdot F \cdot (t_3 - t_3^{cm}), \text{ кВт} \quad (3),$$

де F – поверхня зовнішнього огороження, м^2 .

Рівень температури на зовнішній поверхні огороження t_3^{ct} формується під впливом різноманітних теплових потоків і залежить не лише від теплового потоку, який надходить від внутрішнього повітря назовні. За наявності сонячної радіації, як прямої, так і розсіяної температура на поверхні буде підвищуватись, що не повинно сприйматись у ході тепловізорного обстеження як результат підвищених втрат теплоти через огороження або наявності містків холоду.

Схема теплових потоків для зовнішнього огороження в умовах сонячної радіації зображена на рисунку 1.

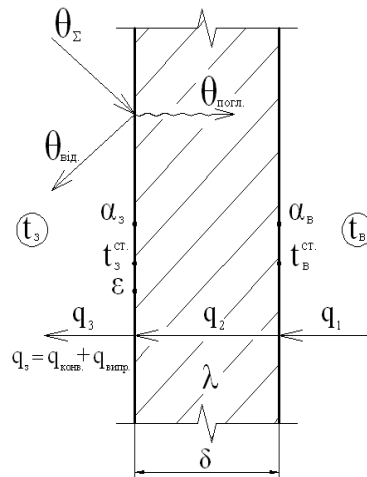


Рис. 1. Схема теплових потоків для зовнішнього непрозорого огородження:

θ_{Σ} – потік сонячної радіації, Вт/м²;

$\theta_{\text{погл.}}$ – поглинутий огороджувальною конструкцією потік сонячної радіації;

$\theta_{\text{від.}}$ – віддзеркалений поверхнею огородження потік сонячної радіації;

q_1 – тепловий потік, який надходить від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стіни, Вт/м²; q_2 – тепловий потік через стіну; q_3 – тепловий потік, що віддається

випромінюванням і конвекцією від зовнішньої поверхні стіни до зовнішнього повітря;

$t_{\text{в}}$, $t_{\text{з}}$, $t_{\text{ст.в}}^{\text{cm.}}$, $t_{\text{ст.з}}^{\text{cm.}}$ – температура внутрішнього, зовнішнього повітря, внутрішньої і зовнішньої поверхні стіни, відповідно; $\alpha_{\text{в}}$, $\alpha_{\text{з}}$ – коефіцієнти тепловіддачі конвекцією на внутрішній і

зовнішній поверхнях стіни, відповідно; δ – товщина огородження;

λ – коефіцієнт теплопровідності огородження.

У зв'язку з вищезазначеним, використання тепловізорів для визначення температури на зовнішній поверхні рекомендується поєднувати з іншими способами дослідження.

Це можливо з огляду на те, що тепловий потік, який надходить від внутрішнього повітря до внутрішньої поверхні стінки q_1 , тотожний тепловому потоку q_2 , що проходить через стіну. Він своєю чергою дорівнює тепловому потоку q_3 , котрий віддається шляхом випромінювання і конвекції від зовнішньої поверхні стіни до зовнішнього повітря і є однаковим з величиною результуючого теплового потоку від внутрішнього до зовнішнього повітря через огородження, що їх розділяє q :

$$q_1 = q_2 = q_3 = q$$

Так, за допомогою тепломірів можна визначити температури на внутрішній і зовнішній поверхнях стіни і величину теплового потоку q_2 , який проходить за рахунок теплопровідності через матеріал стіни.

Порівняння отриманої величини теплового потоку теплопровідністю q_2 з тепловим потоком від зовнішньої стіни, визначеним за допомогою тепловізора q_3 , дає можливість порівняти результати обстежень і скоригувати їх, підвищити точність обстежень або навіть уникнути грубих помилок.

В умовах нестаціонарної теплопередачі, змінної у часі температури зовнішнього або внутрішнього повітря на температуру стіни впливатиме також її теплостійкість. В результаті у періоди потепління температура стіни може бути навіть нижчою за температуру зовнішнього повітря.

Поглинута вдень теплота сонячного випромінювання може також спричиняти зростання температури на зовнішній поверхні огорожень і в темний період доби, багато годин після дії як прямої, так і розсіяної сонячної радіації. Тому тепловізорне вимірювання температур будівлі вночі не завжди гарантує коректний результат визначення температури зовнішньої поверхні як параметра, що визначає рівень трансмісійних втрат теплоти через огороження.

Отже, використання тепловізора для визначення температури зовнішнього повітря можливе лише в умовах сталих протягом тривалого часу температур зовнішнього і внутрішнього повітря, мінімально можливого сонячного випромінювання, стаціонарного процесу теплопередачі.

На рівень радіаційної температури стіни, яка визначається тепловізором, суттєво впливає ступінь чорноти поверхні стіни, що своєю чергою залежить від її структури, шорсткості, матеріалу і кольору фарби. Тому фіксація різних температур на поверхні будівлі може бути спричинена не відмінностями теплозахисних характеристик огороження або іншими теплотехнічними чинниками, а зовсім іншими факторами – різною структурою покриття стіни, різними матеріалами в оздобленні або просто їх різним кольором і різною орієнтацією до сторін горизонту.

Отже, використання тепловізора для визначення температури зовнішнього повітря можливе лише в умовах сталих протягом тривалого часу температур зовнішнього і внутрішнього повітря, мінімально можливого сонячного випромінювання, стаціонарного процесу теплопередачі. Виконання енергетичного аудиту будівель за допомогою тепловізорного обстеження і розрахунок за результатами таких обстежень величини втрат теплоти огороженням необхідно поєднувати з іншими способами дослідження теплозахисних характеристик огорожень і втрат теплоти.

Висновки. Запропонований підхід до виконання енергетичних аудитів дає можливість підвищити достовірність результатів оцінювання рівня енергоефективності будинків при виконанні натурних обстежень об'єктів, що працюють в умовах нестаціонарного процесу теплопередачі з урахуванням усіх складових надходжень і втрат теплового балансу.

Література

1. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 12 травня 1997 року № 49 «Щодо тимчасового положення про порядок проведення енергетичного обстеження та атестації спеціалізованих організацій на право його проведення».
2. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 09 квітня 1999 року № 27 «Про затвердження Положення про порядок організації енергетичних обстежень».
3. Наказ Державного комітету України з енергозбереження від 15 вересня 1999 року № 78 «Про затвердження Порядку організації та проведення енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств».

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕНДЕНЦИИ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА

Колиенко В. А., Тормосов Р. Ю., Колиенко А. Г.

В работе раскрыто методику выполнения энергетического аудита, которая основывается на комплексном подходе к анализу энергоэффективности зданий в условиях нестационарного режима работы внешних ограждающих конструкций

CURRENT TRENDS IN ENERGY AUDITING

Volodymyr Koliienko, Ruslan Tormosov, Anatoly Koliienko

This article describes the procedure of energy audit that is based on complex approach to analysis of buildings energy performance under the unsteady operating conditions of external building constructions.