

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ЯК ОСНОВА ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ВИРОБНИЧИХ ТА ЖИТЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Обґрунтовано необхідність проведення енергетичного аудиту для скорочення втрат енергоносіїв та скорочення впливу на довкілля. Представлені принципи та порядок проведення енергетичного аудиту будівель та описана методика оцінки об'єктивних та суб'єктивних чинників, що впливають на енергоефективність об'єктів. Розглянуті інструменти та методи, що застосовуються при проведенні енергетичного аудиту. Розроблено методику оцінки енергозберігаючих параметрів основних типів вітчизняних будівель на основі рекомендацій нормативних документів ЄС та США. Дані рекомендації для представлення результатів енергетичного аудиту. Запропонована схема ідентифікації та вибору енергозберігаючих заходів для формування плану підвищення ефективності енергоспоживання досліджуваних об'єктів.

Ключові слова: енергетичний аудит, енергозберігаючі заходи, енергоефективність об'єктів.

Вступ

В умовах скорочення запасів енергоносіїв і зростання їх ринкової вартості, питання скорочення втрат енергії на всіх стадіях її виробництва і використання є пріоритетним завданням не лише окремих організацій і підприємств, але і підноситься до рівня стратегічних завдань держави.

Безліч міжнародних проектів, впроваджених Європейською комісією, програмами Tacis, Thermie, USAID та іншими організаціями, починаючи з 90-х років підняли питання енергоефективності і зробили його актуальною темою науково-дослідних робіт. Багато хто в економічно розвинених країнах вже знає і розглядає енергоефективність, економію енергоресурсів і скорочення викидів як очевидну умову конкурентоспроможності компаній і наявності доступного і чистого джерела енергозабезпечення в майбутньому.

Підвищення енергоефективності дає змогу країнам долати тиск, який на них здійснює залежність від енергоресурсів, вирішувати питання ненадійності енергопостачання, високих цін і рахунків за енергоресурси, а також обмежувати негативні наслідки для навколишнього середовища та здоров'я населення.

Постановка проблеми

Відомо, що нераціональне споживання енергоресурсів пов'язане у першу чергу з експлуатацією застарілого або несправного устаткування на енергогенеруючих і виробничих підприємствах. Значна частина втрат відбувається також при передачі енергії, як від виробника до споживача, так і при проходженні енергії в межах об'єкта. Кінцеві споживачі енергії, що не входять до складу виробничих потужностей, тобто адміністративний сектор, комунальні служби, організації і індивідуальні замовники, також можуть сприяти розсіюванню цінних енергоресурсів у довкіллі внаслідок використання недосконалих технічних засобів, порушення технічних регламентів і правил експлуатації устаткування, низького рівня обізнаності щодо принципів збереження та економії енергії. З цієї точки зору поширення інформації про енергозбереження в побуті є ключовою умовою для успішної реалізації програм економії енергоресурсів в державі. В той же час, останніми роками спостерігається зростання зацікавленості індивідуальних споживачів і організацій в скороченні своїх комунальних витрат, а також підвищенні ефективності використання отриманих об'ємів енергії.

У зв'язку з цим виникає необхідність оцінити споживання і втрати енергії, а на основі цього визначити енергозберігаючий потенціал будь-яких об'єктів, що знаходяться в експлуатації і таких, які лише готуються до здачі або тимчасово виведені з господарського обороту. Комплекс процедур, призначених для виконання даних завдань, об'єднується під назвою енергетичного аудиту.

Аналіз існуючих методик виконання енергетичного аудиту

Енергетичний аудит – це вивчення і аналіз потоків енергії, які входять і виходять з будівлі або окремого приміщення, з метою виявлення і усунення джерел втрат без зниження об'єму і якості корисної роботи, яка виконується цією енергією. На Заході існує багато процедур для оцінки енергетичної ефективності будівель і для проведення енергетичного аудиту. Один з найперших керівних документів для проведення енергетичного аудиту був “Довідник енергоаудитора”, розроблений Міжнародним енергетичним агентством наприкінці 80-х років XX ст. [1]. Сучасні тенденції у сфері енергозбереження враховані у процедурі аудиту, що була розроблена Ashrae (American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers) [2] і задіяна в рамках проектів AUDITAC і HARMONAC, ініційованих для сприяння впровадженню Директиви ЄС “Енергоефективність будівель” [3] у відповідності до сучасних Європейських тенденцій.

По суті, енергетичний аудит обов'язково включає:

- аналіз фізичних параметрів захисних конструкцій і структурних елементів споруд;
- вивчення технічних і експлуатаційних параметрів устаткування, яке споживає енергію;
- визначення закономірностей, режимів або схем споживання енергоресурсів;
- встановлення кліматичних і виробничих чинників, які впливають на споживання енергії;
- розрахунок рівня ефективності використання енергії (наприклад, відносно об'єму виробленої продукції, забезпечення необхідних параметрів життєдіяльності і тому подібне);
- виявлення основних причин і точок втрати енергії, якщо такі є;
- встановлення можливих засобів скорочення споживання або втрат енергії – оцінка енергозберігаючого потенціалу;
- формування списку рекомендацій і плану заходів, які забезпечуватимуть реалізацію енергозберігаючого потенціалу;
- розрахунок економічної ефективності запропонованих засобів скорочення споживання і втрат енергії;
- ранжування заходів за ефективністю і вагомістю внеску у енергозбереження і за об'ємом необхідних інвестицій;
- вибір оптимальних і найбільш рентабельних можливостей, засобів і заходів для економії енергії.

Ці елементи є невід'ємними складовими енергоаудиту, але їх практична реалізація, тобто конкретна методологія, залежить від об'єкта, для якого проводиться енергоаудит. Так, при дослідженні енергетичних характеристик виробництва основними етапами будуть вивчення технологічної структури і побудова енергетичних балансів для всіх елементів виробничого процесу. Кінцевим результатом цієї процедури стане скорочення собівартості виробництва продукції завдяки енергетичному компоненту.

Дещо іншу структуру робіт буде мати конструктивний енергетичний аудит. Основними об'єктами дослідження в конструктивному енергетичному аудиті є виробничі та побутові приміщення, житлові багатоквартирні будинки, приватні будинки або окремі квартири.

Особливості проведення енергоаудиту житлових і виробничих приміщень

Енергетичний аудит будинку включає опис різних характеристик зовнішніх і внутрішніх елементів конструкції будівлі, у тому числі стін, стелі, підлоги, дверей, вікон, освітлення. Метою даного дослідження є визначення загальної енергетичної ефективності будівлі. При цьому враховується характеристика не лише конструкційних елементів, але і системи опалювання, кондиціонування, вентиляції, водопостачання.

Що стосується до споруд різного призначення, то енергетичний аудит може виконуватися на різних стадіях життєвого циклу. Найбільш раціональним є проведення енергоаудиту на етапі розробки проектною документації. У цьому випадку енергоефективність майбутньої будівлі забезпечуватиметься вже самою конструкцією і доповнюватиметься спеціальними елементами благоустрою та оздоблення, а також організаційними заходами. Коли об'єктом дослідження є

будівля, яка знаходиться в експлуатації, то першочерговим завданням енергетичного аудиту є скорочення енергоспоживання, підвищення якості комунального обслуговування, людського комфорту, здоров'я і безпеки у виробничих, житлових або адміністративних приміщеннях.

Інструментарій енергетичного аудиту досить широкий і дає змогу досягнути необхідного результату із застосуванням різного рівня технічного оснащення. Виходячи з досконалості застосованого обладнання, енергоаудит визначається як професійний або базовий.

У базовому аудиті використовується набір традиційних вимірювальних приладів для визначення геометричних, географічних і кліматичних параметрів будівлі або приміщення. Отримані результати інтерпретують за допомогою спеціальних контрольних переліків або оцінювальних шкал. Одночасно проводиться аналіз наявної фактичної інформації про рівні і норми споживання енергії і енергоресурсів. Порівняння цих показників дає можливість виявити проблемні аспекти у енергетичному профілі будівлі, а це, в свою чергу, вказує на напрям подальших досліджень та підходи до економії енергії.

Конструктивний енергетичний аудит може виконуватися професіоналами з використанням професійного устаткування, перш за все витяжних дверей та інфрачервоної зйомки. Перший вид устаткування дає відповідь на питання про об'єм втрат через нещільності елементів конструкції будівлі у відповідних фізичних величинах. Застосування термографії полягає у виконанні інфрачервоної зйомки зовнішніх поверхонь будівлі з метою виявлення аномально теплих зон, які свідчитимуть про тепловтрати через конвекцію, випромінювання або провідність. Інформативність такого дослідження є високою і чітко відображає шляхи втрати енергії: температура добре ізолюваної стіни зазвичай відрізняється від зовнішнього середовища не більше, ніж на 1 градус, тоді як погана ізоляція виражається у нагріванні зовнішніх стін в середньому на 10 градусів вище за навколишню температуру. Необхідною умовою для успішного проведення такого дослідження є значна різниця між температурою зовнішнього середовища та всередині приміщення – 20 – 30°C. Тому проводити інфрачервону зйомку слід у зимовий період.

Тепловий та витяжний аналіз будинку загалом коштує від 300 до 600 доларів. Отже, виконання таких робіт за вітчизняних умов мало поширене серед приватних та комунальних замовників, і може проводитись лише для елітної забудови, яка, як правило, не відзначається високим рівнем тепловтрат. Проте найбільш нагальною потреба у дослідженні та підвищенні енергоефективності є саме серед житлових багатоквартирних та виробничих приміщень.

Означені технології охоплюють оцінку втрат теплової енергії опалення, кондиціонування та гарячого водопостачання. Але енергоефективність будівель включає також мінімальне споживання електричної енергії. Для оцінки цього компоненту енергетичного профілю будівлі використовуються розрахункові методи, які дають змогу визначити середні індивідуальні рівні використання електроенергії та порівняти їх зі стандартами та розрахунковими необхідними об'ємами споживання електроенергії виходячи з особливостей будівлі та його мешканців або працівників. Останній аспект потребує окремого дослідження. Адже навіть за умови, що максимальна частка втрат зумовлюється недоліками конструкції (65-73% [4]), підсиленими впливом кліматичних факторів та віку будівлі, решта втрат зумовлена недостатньою увагою мешканців або працівників до ощадливого використання енергії та брак навиків раціонального господарювання. Саме тому важливою частиною енергоаудиту є бесіда з мешканцями або користувачами приміщень.

Увесь комплекс методологічних інструментів енергетичного аудиту, як правило, не використовується на одному об'єкті, а висока вартість та трудомісткість певних робіт обмежує їх практичне використання загалом. Зважаючи на це, можна розподілити різні види досліджень між різними рівнями енергетичного аудиту. Кожен з цих рівнів є більш специфічним, але й кожен може стати самостійною програмою енергоаудиту, яка виконується на конкретному об'єкті без залучення інших рівнів, крім попередніх. На кожному рівні енергоаудиту на основі зібраних даних робиться висновок про необхідність чи доцільність проведення дослідження вищого рівня. Всі рівні повинні завершуватись рекомендаціями для скорочення

енергоспоживання і спеціально розробленим переліком енергозберігаючих заходів і засобів. Відповідно до цих параметрів можна виділити такі рівні енергетичного аудиту:

0 – Енергетичне нормування – визначення норм споживання енергії на досліджуваному об'єкті (за фактичними даними з відповідних документів) та їх порівняння з наявними нормативами та стандартами для даного типу приміщень, враховуючи кліматичні передумови, вік споруди та напрям використання;

1 – Оглядовий енергоаудит – візуальне обстеження досліджуваного об'єкта, що спрямоване на оцінку енергозберігаючих характеристик зовнішніх і внутрішніх елементів конструкції будівлі, а також технічних параметрів системи опалювання, кондиціонування, вентиляції, водопостачання та будь-якого обладнання, що споживає енергію;

2 – Професійний енергоаудит – залучення спеціалізованого обладнання для виконання деталізованого аудиту на ділянках, що були віднесені до проблемних під час реалізації попередніх рівнів енергоаудиту, визначення усіх можливостей скорочення енергоспоживання, а також застосування засобів математичного моделювання для аналізу просторового розподілу втрат енергії та прогнозування ефективності запропонованих енергозберігаючих заходів;

3 – Інвестиційний енергоаудит – еколого-економічний аналіз запропонованих заходів для підвищення енергоефективності та розробка обґрунтування для розподілу інвестиційних коштів за пріоритетними заходами, що мають найбільший енергозберігаючий потенціал.

За існуючих умов найбільш поширеними через простоту отримання даних та універсальність методології будуть перші два рівні.

Основною складністю енергетичного нормування, яка визначає успішність подальшої роботи на цьому рівні, є встановлення інформативних параметрів, що будуть найкраще характеризувати енергетичний профіль будівлі і використовуватимуться для оцінки ефективності заходів економії енергії. Ці індекси можуть виражатись у абсолютних або відносних одиницях та приводитись до одиниці площі або об'єму, – все це підвищує їх універсальність та забезпечує можливість проведення порівняльного аналізу типових об'єктів.

Спеціальна методика оглядового енергетичного аудиту

Оглядовий аудит, як зазначалось вище, включає оцінку об'єктивних і суб'єктивних факторів, які визначають рівень втрат енергії на досліджуваному об'єкті – конструкційні параметри будівлі, внутрішнє облаштування та поведінку, звички користувачів приміщень. Для уніфікації цих досліджень та скерування роботи виконавців енергетичного аудиту у напрямку основних аспектів, які відіграють ключову роль у формуванні енергоефективності будівлі, пропонується використати методику порівняльних таблиць, що розроблені на основі контрольних переліків для енергоаудиту. В основі методики лежить принципи, запропоновані компанією RESNET в програмі EnergySmart, яка застосовується для оцінки енергозберігаючої можливості нерухомості при її купівлі, продажу і оренді [5].

У основі цієї програми лежить шкала, за якою виставляється оцінка енергоефективності будівлі. Середньостатистичні вітчизняні житлові будівлі мають оцінку 150-170, залежно від віку і стану приміщення. Будинки нового покоління (котеджі, новобудови преміум-класу, тобто приміщення з зовнішнім утепленням, енергозберігаючими віконними та дверними пакетами, а також внутрішнім оздобленням і обладнанням) отримують оцінку близько 100-120 балів. Чим більше в будинку реалізовано енергозберігаючих можливостей, тим нижчим є його рейтинг за шкалою. Мінімальне значення (0-10) характерне для будівель, в яких застосування нової технології дає змогу виробляти стільки ж енергії, скільки необхідно мешканцям для задоволення своїх потреб і забезпечення комфортного життя без залучення зовнішніх ресурсів.

Виконання енергетичного аудиту з використанням порівняльних таблиць включає вивчення і оцінку усіх аспектів зазначених у порівняльній таблиці у балах відповідно до наведених рекомендацій. Засобом забезпечення достовірності отриманих результатів є введення базового будинку як основи для порівняння. Базовий будинок характеризується конкретними конструктивними і просторовими параметрами, порівняно з якими розглядаються і оціню-

ються параметри досліджуваної будівлі. Базовий будинок у програмі EnergySmart - це коледж певного типу. Але в Україні параметри приватних садиб будуть дуже відрізнятися від параметрів коледжів американського типу. Крім того, енергоаудит в умовах нашої держави доцільно проводити в першу чергу для багатоквартирних будинків та окремих квартир, зважаючи на те, що вони становлять переважну більшість житлового фонду. Тому для забезпечення ефективної експрес-оцінки енергоефективності вітчизняних об'єктів розроблені профілі базових будинків кількох типів: індивідуальний одно- та двоповерховий будинок, багатоквартирний житловий будинок (окремі профілі для п'ятиповерхових будинків старого і нового зразка, будинків з висотою забудови 8-16 поверхів старого і нового зразка), офісне (адміністративне) приміщення, виробниче приміщення, навчальний корпус. Усі базові об'єкти можуть розглядатись як цілісно, так і кожен блок приміщень (квартира) окремо. Рейтинг базових будинків визначений на основі наявних даних інших дослідників та власного аналізу. За основу брали будинок з найкращими усередненими параметрами, а всі виявлені в ході аудиту відхилення від них у фактичному будинку оцінюються у балах з відповідним знаком (- чи +). Отримані бали додаються чи віднімаються від значення рейтингу базового будинку і таким чином формується рейтинг досліджуваного будинку.

Аналогічний підхід використовується для аналізу суб'єктивних чинників, що впливають на нераціональне споживання енергії у приміщеннях. Але враховуючи специфічність та частково алогічність поведінкових механізмів, оцінку суб'єктивних факторів проводять за відповідним контрольним переліком, а сумарний бал визначається з урахуванням вагових коефіцієнтів. Вагові коефіцієнти також дають можливість врахувати те, що основний вплив на втрати енергії спричиняють конструкційні недоліки будівлі. Позитивні та негативні прояви цих факторів враховуються за допомогою позитивних та негативних знаків.

Порядок вибору енергозберігаючих заходів

Сформовані бальні оцінки є корисними для оцінки майна при вирішенні питань продажу, купівлі та оренди: вони дають інформацію про необхідний об'єм інвестицій для скорочення енерговтрат. Але основне значення такої оцінки полягає у виявленні тих факторів і елементів конструкції, які стають основними причинами зниження енергоефективності, а виходячи з цього виділяються найвагоміші заходи для скорочення втрат та розробляється рекомендований план дій. Рішення про повне чи часткове впровадження запропонованого плану дій приймає власник приміщення і саме він обирає, які саме заходи слід реалізувати. Приймаючи рішення виходять зі співвідношення вартості заходу і величини досягнутого скорочення втрат енергії.

Для оптимізації роботи над розробкою переліку енергозберігаючих заходів, запропоновано ряд варіантів для кожного аспекту, що розглядається у контрольній таблиці для енергетичного аудиту будівель. Варіанти заходів залежать від типу будинку, що розглядається, а також мають спеціальне чисельно-літерне кодування, що відповідає аспекту, який буде оптимізовано завдяки цьому заходу, та рангу заходу, що відображає окремими позначками його вартість та технічну складність. Наприклад, "RC1T1 – встановлення радіаторних екранів" означає, що цей захід характеризується низькою вартістю (C1 – перший рівень з чотирьох можливих) та низькою технічною складністю (T1 – перший рівень з п'яти можливих). При цьому, всі варіанти розташовані у контрольній таблиці навпроти аспектів, яких вони стосуються, відповідно до їх ефективності. Отже, при виборі заходів для плану дій є можливість одразу виділяти ті варіанти, які забезпечуватимуть максимальний ефект при мінімальних інвестиціях або мінімальній технічній складності.

Представлення результатів енергетичного аудиту замовнику є окремим завданням, оскільки потребує високого рівня візуалізації та інформативності при мінімальному використанні технічної лексики. Зазначеним параметрам найкраще відповідають графічні зображення, зокрема, кругові діаграми енергоспоживання та діаграми Сенкі. Останні дають змогу відобразити динаміку енергоносіїв, тобто джерела надходження, напрямки використання і шляхи втрат енергії, виявлені в ході енергоаудиту разом з розміром кожної з цих складових.

Представлений таким чином матеріал легко сприймається і чітко відображає поточну ситуацію і зміни, яких можна досягнути завдяки впровадженню енергозберігаючих технологій. Цифровий матеріал слід представляти не у абсолютних одиницях, а у відносних (співвідношення з нормативними чи базовими параметрами), або у грошовому еквіваленті.

Висновки

Енергетичний аудит є новим інструментом на вітчизняному ринку енергозберігаючих засобів. Спираючись на запропоновані формалізовані методики, описані у роботі, енергетичний аудит може стати засобом підвищення енергоефективності, який доступний широкому колу спеціалістів, а не лише енергетиків. При цьому, розроблені засоби проведення оцінки енергозберігаючого потенціалу житлових та виробничих приміщень відрізняють низькою вартістю і високим рівнем спеціалізації, тобто враховують особливості споруд різного типу та віку. Важливим елементом представленої системи енергоаудиту є врахування суб'єктивних факторів, що здійснюють вагомий вплив на споживання і втрати енергії. Перспективним продовженням енергетичного аудиту об'єктів є емісійний аудит, тобто визначення внеску цих об'єктів у формування забруднення навколишнього середовища, у першу чергу хімічного та фізичного (теплого) забруднення атмосферного повітря через виробництво енергії та її втрати. Тому запропоновані варіанти енергозберігаючих заходів можуть одночасно розглядатись як засоби скорочення викидів парникових газів та інших пріоритетних атмосферних забруднень.

Список літератури:

- 1. Source Book for Energy Auditors / Edited by M.D. Lyberg.** – Stockholm: International Energy Agency, Swedish Council for Building Research, 1987. – 693 p.
- 2. The ASHRAE Standard 90.1 - 2010 Energy Standard for Buildings Except Low-Rise Residential Buildings.** – Atlanta, GA: US Department of Energy, 2010. – 398 p.
- 3. EU DIRECTIVE 2002/91/EC on the energy performance of buildings // Official Journal of the European Communities.** - L 1. – 2003. – P. 65–71.
- 4. Андрижиевский А.А.** Энергосбережение и энергетический менеджмент / А.А. Андрижиевский, В.И. Володин. – Минск: Высшая школа, 2005. – 294 с.
- 5. Mortgage Industry National Home Energy Rating Systems Standards.** – Oceanside, CA: Residential Energy Services Network, 2013. – 257 p.

М.М. Радомская

ЭНЕРГЕТИЧЕСКИЙ АУДИТ КАК ОСНОВА ПОВЫШЕНИЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ И ЖИЛИЩНЫХ ОБЪЕКТОВ

Обоснована необходимость проведения энергетического аудита для сокращения потерь энергоресурсов и сокращения влияния на окружающую среду. Представлены принципы и порядок проведения энергетического аудита зданий и описана методика оценки объективных и субъективных факторов, которые влияют на энергоэффективность объектов. Рассмотрены инструменты и методы, которые применяются при проведении энергетического аудита. Разработана методика оценки энергосберегающих параметров основных типов отечественных зданий на основе рекомендации нормативных документов ЕС и США. Даны рекомендации для представления результатов энергетического аудита. Предложена схема идентификации и выбора энергосберегающих мероприятий для формирования плана повышения эффективности энергопотребления исследуемых объектов.

Ключевые слова: энергетический аудит, энергосберегающие мероприятия, энергоэффективность объектов.

ENERGY AUDIT AS A BASIS FOR ENERGY EFFICIENCY INCREASEMENT OF INDUSTRIAL AND RESIDENTIAL FACILITIES

The need of energy audit conducting for energy resources loss reduction and limitation of negative impacts on the environment are substantiated. The principles and order of buildings energy audit performance are presented and method of objective and subjective factors effecting energy efficiency of objects is described. Instruments and methods used for the conduction of energy audit are considered. The method of energy saving parameters evaluation of domestic buildings main types on the basis of EU and US normative document regulations is developed. The recommendations for the presentation of energy audit results are given. The approach to identification and choice of energy conservation measures for the plan formation of energy consumption efficiency upgrading of prototype plants is suggested.

Keywords: energy audit, energy conservation measures, objects energy efficiency.

