

УДК 621.3:620.96

МЕТОДИКА ТА ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

І. П. Радько, кандидат технічних наук, доцент

В. А. Наливайко, кандидат технічних наук, доцент

О. В. Окушко, кандидат технічних наук, доцент

А. В. Міщенко, кандидат технічних наук, доцент

Є. О. Антипов, кандидат технічних наук, старший викладач

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: ievgeniy_antypov@ukr.net

Анотація. *Метою дослідження був пошук можливостей енергозбереження й допомоги суб'єктам господарювання у визначенні напрямків їх ефективного енерговикористання.*

Проведено аналіз використання енергоресурсів з метою їх енергоефективного використання та наведено основні напрямки, що будуть сприяти цьому. Обґрунтована доцільність проведення енергетичного аудиту та наведені основні етапи. Розглянуто основні поняття та означення стосовно цієї проблематики.

Ключові слова: *енергозбереження, природні енергетичні ресурси, енергозберігаюча технологія, аудит, енергетичний менеджмент*

Актуальність. Зростання вартості та вичерпність традиційних енергоресурсів зумовлює людство до пошуку шляхів їх більш раціонального використання та економії. В Європі це відчули під час паливної кризи в 20 столітті, в Україні ми почали це відчувати зараз, після чергового суттєвого підвищення вартості енергоносіїв. Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-технологічній перебудові економіки України, створенні адміністративних, нормативно-правових і економічних механізмів, які сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Останнє передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування,

припинення випуску неенергоефективної продукції, впровадження у виробництво новітніх технологій, обладнання та побутових приладів оскільки, у перспективі, це – енергонезалежність нашої держави. Тому питання пошуку можливих шляхів енергозбереження та визначення напрямків їх ефективного використання залишається відкритим і актуальним [1, 2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Протягом 1974–1986 років виконувалися енергетичні обстеження і натурні експерименти в системах електропостачання на підприємствах виробничих об'єднань «Укрзахідвугілля», «Ураласбест», «Беларускалій», на заводах «Запоріжтрансформатор», «Точелектроприлад» та ін. На даний час для українських замовників різних сфер діяльності виконуються енергетичні аудити і впроваджуються енергозберігаючі технології на договірних умовах.

Протягом 1997–2004 років були реалізовані Проекти Агенції міжнародного розвитку США (USAID) «Енергоефективність у промисловості України» (всього 24 промислових підприємства різних галузей економіки), разом з болгарськими партнерами – Проект USAID «Еколінкс» (чавуноливарне підприємство), кілька Проектів за підтримкою «Tasis» (адміністративні будівлі, підприємства харчової промисловості). Зокрема, автори статті приймали безпосередню участь у проведенні енергетичного обстеження навчальних корпусів та студентських гуртожитків НУБіП України у 2012-2013 рр. по Програмі USAID «Енергоефективні студмістечка» [3–5].

Мета дослідження – пошук можливостей енергозбереження й допомоги суб'єктам господарювання у визначенні напрямків їх ефективного енерговикористання.

Матеріали і методи дослідження. Під енергетичним енергоаудитом розуміється проведення обстеження будівлі для визначення можливих шляхів економії енергоресурсів, а отже і коштів, та покращення умов перебування мешканців та персоналу. Головним результатом енергетичного

аудиту є перелік рекомендацій щодо зниження енергоспоживання та витрат на енергоносії із зазначенням їх вартості та окупності. Якісний енергетичний аудит повинен передувати всім проектам реконструкції будівель для максимально ефективного використання наявних (зазвичай дуже обмежених) фінансових ресурсів.

Предметом енергетичного аудиту є система обстеження споживання палива й енергії, аналізу й вироблення рекомендацій щодо ефективного використання енергоресурсів.

Об'єктом енергетичного аудиту може бути будь-яке підприємство, енергетична установка, будинок, агрегат, що виробляє, перетворює, передає або споживає енергію.

Загалом можна виділити два види енергетичного аудиту: експрес-енергоаудит та комплексний енергоаудит. Також можуть бути енергетичні аудити окремих інженерних систем [2].

Експрес-аудит передбачає поверхневе обстеження будівлі та виявлення найбільш очевидних недоліків, а також намічає план робіт для комплексного енергоаудиту. Зазвичай точність рекомендацій такого аудиту оцінюється на рівні 10-20 %.

Комплексний енергоаудит передбачає поглиблене вивчення конструкції будівлі та інженерних мереж, проведення інструментальних замірів та підготовку детального плану впровадження енергоефективних заходів в тому числі економічний аналіз.

Результати досліджень та їх обговорення. На основі аналізу літературних джерел [1, 2, 5] сформовано наступні етапи проведення комплексного енергетичного аудиту:

I етап. Одержання детальної інформації про об'єкт енергоаудиту.

– Збір первинних даних про витрати палива, води й електроенергії за попередній і поточний роки.

Це дає можливість судити про напрямки у використанні палива й енергії, визначити тенденції у використанні паливно-енергетичних ресурсів, що є базою для визначення техніко-економічних показників об'єкту в цілому.

– Аналіз структури енергоспоживання (див. рис. 1).

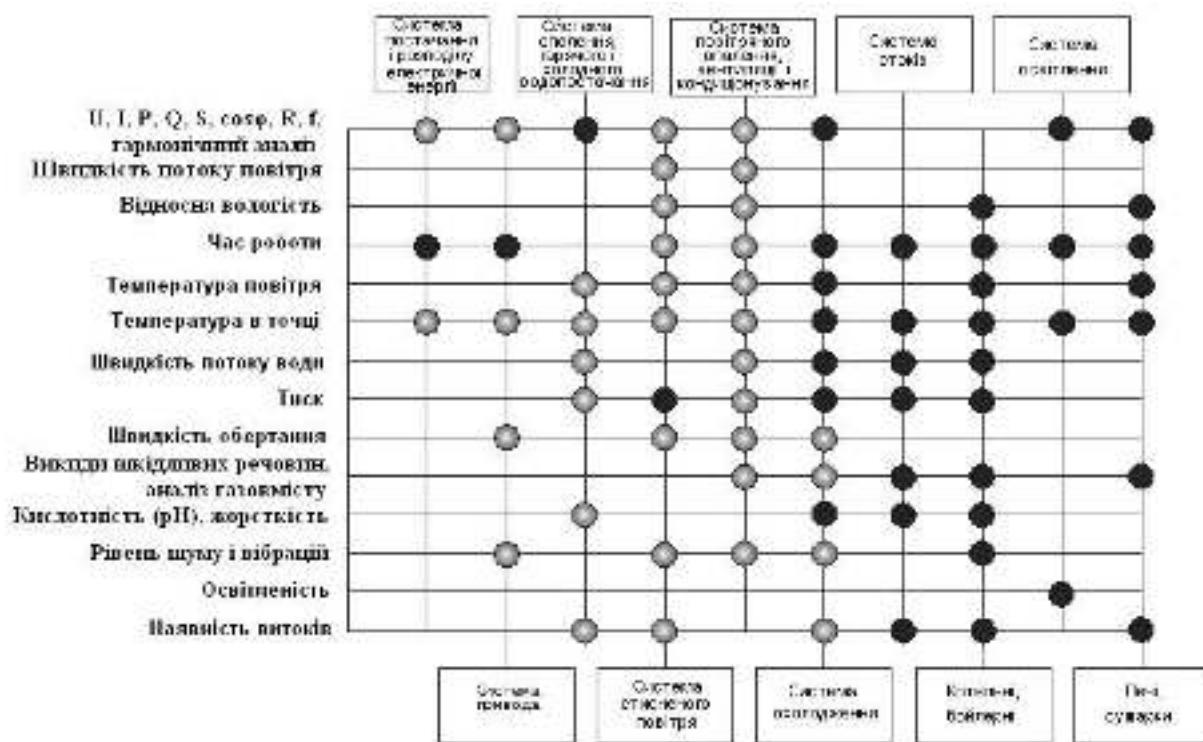


Рис. 1. Матриця вимірювань рівня споживання енергоресурсів під час проведення енергоаудиту

Дозволяє визначити структуру енерговикористання на об'єкті та сформулювати стратегію енерговикористання на перспективу.

– Аналіз структури витрат на енергію.

Аналіз частки витрат різних видів енергії в загальних витратах дозволяє намітити попередній напрямок енергетичного аудиту, звернувши увагу на види енергії з найбільшою часткою витрат.

– Визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції, що випускається підприємством та окремими підрозділами.

Це дозволяє оцінити питому витрату енергії основного й допоміжного виробництв на одиницю продукції, що випускається, у порівнянні з аналогічними передовими виробництвами, дозволяє оцінити частку вартості енергоносіїв у собівартості продукції.

II етап. Вивчення паливно-енергетичних потоків на об'єкті в цілому та в окремих підрозділах.

– Вивчення технологічної схеми основного виробництва.

До складу схеми входить послідовність окремих технологічних операцій, їх взаємозв'язок для одержання основної й допоміжної продукції. Схема необхідна для подальшого обліку енергії та оцінки правильності прийнятих технологічних операцій.

– Складання схеми споживання енергетичних ресурсів об'єктом.

На технологічну схему наносяться місця споживання й передачі паливно-енергетичних ресурсів.

– Складання карти використання енергетичних ресурсів.

Карта використання енергетичних ресурсів являє собою нанесений на план об'єкта у відповідному масштабі рівень споживання різних видів енергії окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити транспортні потоки різних видів енергії й визначити найбільш енергоємні підрозділи.

– Складання балансу підприємства з окремих видів енергоресурсів.

Баланс з окремих енергоресурсів об'єкту дозволяє в цілому оцінити ефективність використання різних енергоносіїв, звернути увагу на окремі споживачі енергії для поглибленого їх дослідження.

– Складання паливно-енергетичного балансу підприємства.

Паливно-енергетичний баланс об'єкту є основою для оцінки правильності вибору енергоносіїв та прогнозу оцінки їх споживання.

– Виявлення найенергоємніших споживачів і збирання даних по них.

Визначення найенергоємніших споживачів об'єкту, для яких встановлюються вихідні дані каталожного характеру, схеми енерговикористання, а також визначаються за допомогою відповідних вимірювань режимні параметри їх роботи для подальшої оцінки ефективності використання енергоносіїв.

– Визначення питомих норм споживання енергії окремими споживачами.

Питомі норми споживання енергії окремими споживачами і об'єкту в цілому дають можливість порівняння з аналогічними нормами високопродуктивних виробництв, а також виявити окремих споживачів з низькими нормами для подальшого обстеження.

– Складання енергетичного балансу для окремих енергоємних споживачів.

Енергетичний баланс окремих енергоємних споживачів дозволяє оцінити ефективність використання різних видів енергії, виявити ділянки її нераціонального використання, намітити шляхи економії.

III етап. Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів об'єктом.

– Аналіз ефективності використання окремих технологічних процесів.

На підставі аналізу роблять висновок про правильність прийнятих в умовах діючого об'єкту окремих технологічних рішень або про заміну деяких з них на прогресивні, при цьому визначаються витрати на зміну технології та обґрунтовується висновок про доцільність інвестицій.

– Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів підрозділами об'єкту.

На підставі аналізу робиться висновок про доцільність використання того або іншого енергоносія на різних рівнях технологічного процесу в підрозділах об'єкту. У випадку заміни енергоносія наводиться відповідне техніко-економічне обґрунтування. Особлива увага повинна бути приділена питанням транспортування енергоносіїв в умовах об'єкту. Це стосується в першу чергу

мережі теплопостачання й пневматичної мережі. Також повинна бути приділена увага специфічним питанням, наприклад, обґрунтування використання того або іншого тарифу на електроенергію в умовах об'єкту.

- Аналіз енерговикористання окремими споживачами.

Цей підрозділ має значний обсяг, тому більшість організацій, які проводять енергетичний аудит, обмежуються лише розглядом даного питання. Як наслідок, воно розглядається не всебічно, а за обмеженого часу енергоаудиту приймаються до розгляду лише ті споживачі енергії, які дають очевидний ефект.

- Визначення технологічно припустимих втрат палива й енергії.

- Визначення пріоритетів для поглибленого енергетичного аудиту.

На окремих об'єктах мають місце специфічні енергоспоживачі, ефективність роботи яких складно визначити без додаткового енергетичного аудиту. Додатковий енергетичний аудит включає спеціальні обстеження з використанням спеціального вимірювального обладнання або проведення наукових досліджень. До специфічних енергоспоживачів, належать холодильні, компресорні установки, електричні печі нагрівання й т. ін. Дослідницькі розробки проводяться до вирішення специфічних питань, вказаних у договорі на енергетичний аудит.

IV етап. Поглиблений енергетичний аудит окремих технологічних процесів і енергоспоживачів.

- Проведення додаткових вимірювань проміжних параметрів і визначення робочих режимів.

- Виявлення ефективності роботи споживачів.

- Вирішення специфічних питань (за домовленістю з керівництвом).

V етап. Підведення підсумків енергетичного аудиту.

- Розроблення енергозберігаючих заходів.

- Техніко-економічний аналіз ефективності впровадження заходів.

- Порівняльний аналіз отриманих результатів.

– Вибір нових пріоритетів і постановка завдань на подальше зниження енергоємності продукції та споживання енергоресурсів.

– Складання звіту з енергетичного аудиту.

У підсумку, наведені етапи проведення енергетичного аудиту об'єкту дозволяють у повному обсязі проаналізувати існуючий стан, оцінити рівень його енергоспоживання та звернути увагу на окремих споживачів енергії, які потребують більш поглибленого дослідження з метою підвищення їх рівня енергоефективності. Однак, у разі необхідності проводяться додаткові вимірювання. Розглянемо приклади найбільш поширених випадків використання приладів для визначення та уточнення характеристик будівлі.

Вимірювання споживання енергоресурсів. З обліку енергоресурсів починається будь-яка економія (ми не можемо зберегти те, що не можемо порахувати) тому про встановлення приладів обліку зацікавлені споживачі дбають в першу чергу. Однак, бувають випадки, коли необхідно отримати додаткові дані, наприклад графік погодинного споживання, або лічильник не був встановлений взагалі. В цій ситуації в нагоді енергоаудитору стають портативний витратомір рідини та аналізатор параметрів електроенергії (див. рис. 2).



Рис. 2. Зовнішній вигляд аналізатора параметрів електроенергії

Тепловізійна зйомка. Останнім часом стала дуже популярною, причому часто бажані результати обстеження видаються за фактичні результати (див. рис. 3). Тепловізор фактично вимірює температуру поверхні і може дати оцінку якості теплоізоляції огорожувальних конструкцій. При цьому з достатньою точністю відповісти на питання «скільки тепла втрачається через стіни?», як би цього не хотілося, тепловізор не може. Для цього існують вже інші прилади: вимірювача теплового потоку та вимірювач опору теплоізоляції, що передбачають контактний метод вимірювання.

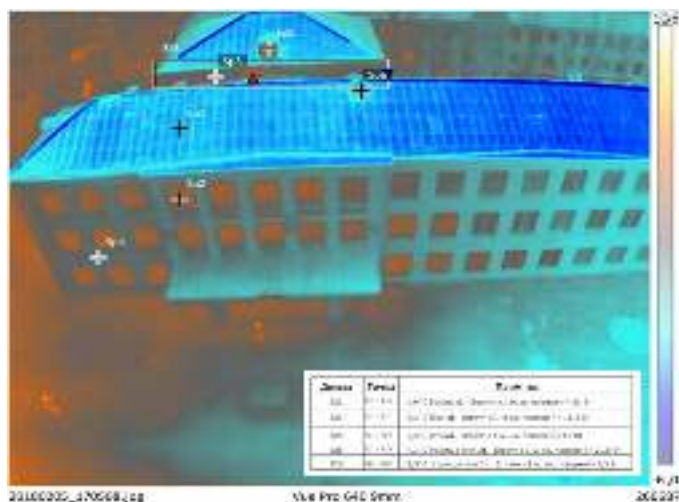


Рис. 3. Приклад тепловізійної зйомки обстежуваної будівлі

Вимірювання параметрів внутрішнього мікроклімату. Дуже важливим параметром є внутрішня температура, вологість та концентрація вуглекислого газу. Тому встановлення реєстраторів (логерів) температури (див. рис. 4), що фіксували б цю температуру протягом принаймні декількох діб, є дуже важливим з огляду на оптимізацію роботи систем опалення та вентиляції. Якщо буде зафіксовано, що температура в якісь години була вища за нормативну, – це буде приводом для проведення налаштування автоматки системи опалення; підвищена вологість та концентрація вуглекислого газу є ознаками збоїв в системі вентиляції будівлі [2].



Рис. 4. Зовнішній вигляд реєстратора температури в приміщенні

Серед інших приладів, що можуть використовуватись енергоаудиторами: струмові кліщі-ватметр (для визначення споживання електроенергії окремими приладами), люксметр (для оцінювання рівня освітленості), контактні та інфрачервоні термометри, анемометр (для перевірки систем вентиляції).

Висновки і перспективи. Існує безліч чинників, які визначають важливість і доцільність проведення енергетичного обстеження і пояснюють, чому енергокористувач може довіряти його результатам. Зокрема, енергокористувач отримує звіт з енергоаудиту й може самостійно вирішувати такі проблеми:

- визначати, як споживається енергія всередині об'єкту, формулювати пріоритети в переліку енергозберігаючих рекомендацій.
- порівнювати енергоспоживання на даному об'єкті з величинами споживання енергії на інших аналогічних об'єктах, визначаючи в такий спосіб об'єкт як «поганий» або «добрий» споживач енергії.
- показувати необхідність інвестицій для придбання й освоєння нового, економічнішого обладнання.
- обґрунтовувати запропонований проект, який не був би затверджений без підтримки зовнішнього консультанта.

Таким чином, найважливішим аспектом проведення енергоаудиту є додаткова економічна вигода, яку замовник (енергокористувач) отримує від виявлення ділянок з нераціональним і неефективним використанням різних видів енергії та пошуку шляхів її економії, що, у підсумку, призведе до енергомодернізації та енергетичної незалежності як окремого споживача, так і нашої держави у цілому.

Список літератури

1. Енергетичний аудит [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.reee.org.ua/download/trainings/ТМ_4_Аудит.pdf.
2. Асоціація енергоаудиторів. Енергетичний аудит будинку: встановлення діагнозу та план лікування [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://aea.org.ua/2014/06/energetichnij-audit-budinku-vstanovlennya-diagnozu-ta-plan-likuvannya>.
3. Козирський В. В. Результати спрощеного енергоаудиту об'єктів НУБіП України: [Електронний ресурс] / В. В. Козирський, О. М. Берека, О. В. Шеліманова, Є. О. Антипов // Енергетика і автоматика. – 2012. – № 1 (11). – С. 55–63. – Режим доступу: http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/eia/2012_1/12kvvonu.pdf.
4. Міщенко А. В. Аналіз теплового комфорту у приміщеннях навчального корпусу №8 НУБіП України після термомодернізації будівлі [Текст] / А. В. Міщенко, О. В. Шеліманова, Є. О. Антипов // Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Серія «Техніка та енергетика АПК». – 2014. – Вип. 194. – Ч. 1. – С. 119–123.
5. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://electroprivod.kpi.ua/images/books/EA_09/1.pdf.

References

1. Energy audit. Available at : http://www.reee.org.ua/download/trainings/ТМ_4_Аудит.pdf.
2. Association of energy auditors. Energy House Audit: Diagnosis and Treatment Plan. Available at : <https://aea.org.ua/2014/06/energetichnij-audit-budinku-vstanovlennya-diagnozu-ta-plan-likuvannya>.
3. Kozyrsky, V. V., Bereka, O. M., Shelimanova, O. V., Antypov, I. O. (2012). Rezul'taty sproshchenoho enerhoaudytu ob'yektiv NUBiP Ukrayiny [Results of simplified energy audit of objects of NULES of Ukraine]. Power engineering and automation, 1 (11), 55–63. – Available at : http://www.nbu.gov.ua/old_jrn/e-journals/eia/2012_1/12kvvonu.pdf.

4. Mishchenko, A.V., Shelimanova, O. V., Antypov, I. O. (2014). Analiz teplovoho komfortu u prymishchennyakh navchal'noho korpusu №8 NUBiP Ukrayiny pislya termomodernizatsiyi budivli [Analysis of thermal comfort in premises of educational building number 8 of NULES of Ukraine after thermo-modernization of the building]. Scientific herald of the NULES of Ukraine, 194 (1), 119–123.

5. Energy audit with examples and illustrations. Available at: http://electroprivod.kpi.ua/images/books/EA_09/1.pdf.

МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО АУДИТА

И. П. Радько, В. А. Наливайко, А. В. Окушко, А. В. Мищенко, Е. А.

Антипов

Аннотация. *Целью исследования был поиск возможностей энергосбережения и помощи субъектам хозяйствования в определении направления их эффективного энергоиспользования.*

Проведен анализ использования энергоресурсов с целью их энергоэффективного использования и приведены основные направления, которые будут способствовать этому. Обоснована целесообразность проведения энергетического аудита и приведены основные этапы. Рассмотрены основные понятия и определения по этой проблематике.

Ключевые слова: *энергосбережение, природные энергетические ресурсы, энергосберегающая технология, аудит, энергетический менеджмент*

METHOD AND EQUIPMENT FOR ENERGY AUDIT

I. Radko, V. Nalivayko, O. Okushko, A. Mischenko, I. Antipov

Abstract. *The aim of the study was to search for opportunities for energy conservation and assistance to business entities in determining the direction of their effective energy use.*

The article analyzes the use of energy resources for their energy-efficient use and outlines the main directions that will contribute to this. The expediency of carrying out of the energy audit is substantiated and the main stages are presented. The basic concepts and definitions concerning this problem are considered.

Key words: *energy saving, natural energy resources, energy saving technology, audit, energy management*