

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ енергетики, електроніки та інформаційних технологій
КАФЕДРА електротехніки та енергоефективності**

**Енергозбереження засобами промислового
електроприводу**

Конспект лекцій

*для студентів спеціальності «Електроенергетика, електротехніка та
електромеханіка»
всіх форм навчання*

Відповідальний за випуск: зав. кафедри ЕЕМ
проф. Качан Ю.Г.

Рецензенти:

Зміст

Вступ	4
1. Загальні положення	5
2. Основні етапи енергетичного аудиту	8
3. Загальні вимоги до збору інформації	13
4. Вимоги до оброблення та аналізу інформації	17
5. Вимоги щодо розроблення рекомендацій щодо впровадження енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ)	21
6. Вимоги до складання звіту за результатами енергетичного аудиту та енергоаудиторського висновку	22
7. Енергетичне обстеження об'єкту аудиторами	25
8. Аналіз ефективності використання енергії на об'єкті	61
9. Опис підприємства та будівель	71
10. Рекомендації з ефективного використання енергії	75
Література	88
ДОДАТОК А Зв'язок між фізичними величинами	90
ДОДАТОК Б Оцінка економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ)	91
ДОДАТОК В Основні характеристики засобів вимірювання	96
ДОДАТОК Г Математичне моделювання питомих витрат ПЕР	99
ДОДАТОК Д Опитувальний лист об'єкта замовника	101
ДОДАТОК Е Система електропостачання та електроспоживання	103
ДОДАТОК Ж Методичні рекомендації для визначення теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання	110

Вступ

Енергетичний аудит є однією з форм реалізації державної політики з енергозбереження, яка полягає в наданні допомоги в підвищенні рівня ефективності використання ПЕР.

Розроблення загальних вимог до організації та проведення ЕА об'єктів, що споживають ПЕР, охоплює широке коло питань, пов'язаних з організацією проведення енергетичних аудитів об'єктів, що споживають ПЕР, систем електро-, тепло-, водо-, холодопостачання, каналізації, опалення, освітлення, вентиляції, підігріву повітря і кондиціонування, постачання стисненого повітря, обліку і контролювання споживання енергоносіїв, енергетичного менеджменту, а також визначенням пріоритетності впровадження енергоощадних заходів та оцінкою їх впливу на довкілля.

Даний навчальний повібник ознайомить майбутніх енергоменеджерів з загальними положеннями, основними етапами, принципами та методами проведення енергетичного аудиту.

Ключові слова: енергозбереження, енергетичний аудит, енергоаудитор, аналіз ефективності споживання паливно-енергетичних ресурсів, об'єкт, що споживає ПЕР, паливно-енергетичний баланс.

1. Загальні положення

Енергетичний аудит (ЕА) - це вид діяльності, спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання за рахунок підвищення ефективності їх використання.

Завданнями проведення ЕА є:

- визначення загального стану об'єкта, що споживає ПЕР, його основних підрозділів та технологічних процесів як споживачів ПЕР;
- аналізування балансів споживання ПЕР окремо по кожному виду;
- аналізування балансів споживання ПЕР в енергоємних технологічних установках, технологічних процесах та підрозділах;
- аналізування втрат ПЕР на об'єктах ЕА;
- аналізування витрат коштів на ПЕР у собівартості продукції;
- оцінення потенціалу енергозбереження об'єктів ЕА;
- оцінення рівня ефективності використання ПЕР;
- аналізування енергоємності продукції;
- аналізування питомого споживання ПЕР і порівняння з чинними нормами та нормативами, підготовлення пропозицій щодо його зменшення;
- оцінення ефективності функціонування СЕМ;
- розроблення рекомендацій щодо впровадження енергоощадних заходів з їх техніко-економічним оціненням.

Основними принципами ЕА є:

- компетентність і об'єктивність виконавців ЕА під час виконання ними енергоаудиторської діяльності;
- наукова обґрунтованість і легітимність енергоаудиторського висновку;
- достовірність, повнота і конфіденційність енергоаудиторської інформації;
- врахування досягнень науково-технічного прогресу, норм і правил технічної та екологічної безпеки, вимог регламентів, стандартів, міжнародних вимог;
- незалежність енергоаудиторів під час виконання ними енергоаудиторської діяльності;
- відповідальність виконавців ЕА за організацію, проведення та якість ЕА.

Видами ЕА є: первинний, періодичний, позачерговий, локальний, експрес-аудит, специфічний.

Первинний ЕА проводять на передпусковому та передексплуатаційному етапах функціонування об'єкта ЕА, щоб перевірити відповідність монтажу та налагодження вимогам нормативно-правових актів за показниками енергетичної ефективності обладнання, яке споживає ПЕР. За результатами ЕА приймають рішення про пуск або введення в експлуатацію обладнання, яке споживає ПЕР.

Періодичний ЕА проводять через визначений період часу, щоб визначити основні показники, що характеризують ефективність використання ПЕР в умовах підприємства.

Позачерговий ЕА проводять в інтервалі між періодичними ЕА у випадках, коли достовірність результатів попереднього ЕА викликає сумніви, а також у випадках зниження ефективності використання ПЕР.

Локальний ЕА проводять, щоб оцінити ефективність використання за окремими видами ПЕР, вторинних енергоресурсів або за окремими показниками енергоефективності роботи підприємства. В локальний ЕА можуть бути включені енергетичні аудити найбільш енергоємних споживачів згідно з вимогами Замовника.

Експрес-аудит проводять на переддоговірному етапі проведення ЕА, а також за наявності обмеження на обсяг та термін проведення для визначення показників енергоефективності роботи об'єкта, що споживає ПЕР, окремих агрегатів або окремих груп агрегатів.

Специфічний ЕА проводять в разі вирішення спеціальних завдань, пов'язаних з ЕА, в яких зацікавлений Замовник (наприклад, визначення технологічної та аварійної броні об'єкта, визначення споживачів - регуляторів електричної потужності, оцінка ефективності функціонування СЕМ тощо).

Об'єктами ЕА є:

- об'єкти, що споживають ПЕР;
- окремі підрозділи об'єкта, що споживає ПЕР;
- технологічні процеси основних і допоміжних виробництв;
- енергоємні споживачі ПЕР;
- об'єкти, що знаходяться на передпусковій або передексплуатаційній стадіях;
- системи енергозабезпечення;
- будівлі та споруди;
- система обліку та контролю використання ПЕР;
- система енергетичного менеджменту;
- інвестиційні та приватизаційні пропозиції, програми, проекти, кредитні угоди тощо.

Суб'єктами ЕА є: Замовник та Виконавець енергетичного аудиту.

Правовою основою ЕА є: закони України "Про енергозбереження", "Про метрологію та метрологічну діяльність", "Про закупівлю товарів, робіт і послуг за державні кошти"; ДСТУ 4713:2007 Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт; ДСТУ 4714:2007 Енергозбереження. Паливно-енергетичні баланси промислових підприємств. Методика побудови та аналізу; ін.

За формою проведення ЕА може бути добровільним та обов'язковим.

Добровільний ЕА здійснюють стосовно будь-яких об'єктів ЕА на замовлення зацікавленого суб'єкта за згодою керівника чи власника об'єкта ЕА.

Обов'язковий ЕА здійснюють на замовлення та за рахунок коштів зацікавлених органів виконавчої влади або органів місцевого самоврядування

щодо об'єктів державної форми власності, перелік яких затверджує Кабінет Міністрів України або уповноважений ним орган.

Строк проведення ЕА залежить від виду та об'єкта, що споживає ПЕР, розмірів об'єкта, величини споживання ПЕР об'єктом, що споживає ПЕР. Термін проведення ЕА може бути скоригований до узгоджених з Замовником термінів за рахунок збільшення кількості енергоаудиторів або зменшення обсягу робіт.

Мова енергоаудитора повинна бути чіткою, зрозумілою для спілкування з фахівцями та Замовником під час проведення робіт з ЕА. Мова юридичних документів є державною, а мову звіту про ЕА визначає Замовник.

Енергетичний аудит проводять незалежні особи (енергоаудитори) чи фірми, уповноважені на це суб'єктами господарювання.

Підсумковим документом енергоаудиту є звіт, що містить підсумки вивчення стану споживання енергії та енергоносіїв на об'єкті, опис об'єкту та будівель та рекомендації з ефективного енерговикористання.

Завданням розділу звіту про вивчення стану енерговикористання є визначення кількості енергії й енергоносіїв, що використовуються різними споживачами обстежуваного об'єкту, а також їх вартості. Крім того, проводиться порівняння фактичного споживання енергії на об'єкті з прийнятими нормативами. В результаті створюється база для аналізу енергоспоживання і виявлення шляхів підвищення ефективності енерговикористання, яка дає можливість виявити ділянки об'єкта, в яких скеровані на енергоощадність інвестиції дадуть найбільший економічний ефект.

Опис об'єкту та будівель характеризує наявні на об'єкті установки і обладнання, режим їх роботи, продуктивність, а також оцінює ефективність виробничого обладнання. Наприклад, опис котельні містить інформацію про кількість і тип котлів, спосіб керування їх режимами, параметри пари та продуктивність котлів.

Рекомендаційна частина звіту містить пропозиції стосовно ефективного використання енергії, які розроблені під час проведення обстеження. Пропоновані практичні проекти повинні обґрунтовуватись техніко-економічними розрахунками. Опис заходів з заощадження енергії містить такі ключові моменти: що потрібно робити, щоб заощадити енергію; як ці дії приведуть до заощадження енергії: співвідношення потенційних заощаджень з інвестиціями на реалізацію заходів.

Контрольні питання:

1. Завдання проведення ЕА
2. Основні принципи ЕА
3. Види ЕА
4. Об'єкти ЕА

2. Основні етапи енергетичного аудиту

Основними етапами ЕА є:

а) **переддоговірний** - має передбачати зустріч представника потенційного Виконавця з Замовником, попереднє ознайомлення представника з об'єктом ЕА, відвідування енергоаудиторами об'єкта, що споживає ПЕР, отримання первинної інформації, її аналіз і розробка плану ЕА;

б) **організаційно-підготовчий** - має передбачати узгодження плану проведення ЕА з Замовником, підписання договору на проведення ЕА, визначення осіб з боку Замовника для участі в проведенні ЕА, підготовка енергоаудиторської групи, формування наказу по об'єкту;

в) **збирання інформації** - має передбачати ознайомлення з документальною інформацією та проведення вимірювань на об'єкті ЕА;

г) **оброблення та аналіз інформації** - має передбачати виконання аналізу отриманих результатів, оцінювання потенціалу енергозбереження та основних техніко-економічних показників ефективності використання ПЕР, аналізу ефективності функціонування СЕМ;

д) **розроблення рекомендацій з енергозбереження** - має передбачати розроблення та техніко-економічне оцінювання ефективності пріоритетного переліку енергоощадних заходів;

е) **складання звіту та висновку** - повинен передбачати складання звіту та енергоаудиторського висновку за результатами проведення ЕА;

ж) **презентація результатів** - має передбачати передачу Замовнику звіту та енергоаудиторського висновку, а також проведення презентації Замовнику основних результатів ЕА.

2.1. Переддоговірний етап

На переддоговірному етапі Замовник направляє потенційному Виконавцю робіт з ЕА лист-замовлення, в якому має бути зазначено мету і завдання проведення ЕА, перелік об'єктів ЕА, а також бажаний термін його проведення.

На цьому етапі Замовник повинен надати потенційному Виконавцю таку інформацію:

- галузь промисловості, в якій працює об'єкт, що споживає ПЕР;
- юридична адреса та номери контактних телефонів;
- коротка історична довідка про об'єкт, що споживає ПЕР;
- номенклатура та обсяги виробництва продукції;
- щорічне споживання ПЕР за останні 3 - 5 років;
- кількість працівників;
- загальна площа об'єкта, що споживає ПЕР;

- режим роботи об'єкта, що споживає ПЕР;
- наявність субспоживачів ПЕР;
- наявність обмежень на споживання ПЕР;
- система тарифів на ПЕР, що використовує об'єкт, що споживає ПЕР;
- характеристика систем обліку та контролю споживання ПЕР;
- наявність системи енергетичного менеджменту на об'єкті, що споживає ПЕР;
- інформація про ЕА об'єкта, що споживає ПЕР, що були проведені раніше.

Примітка: У разі неможливості з яких-небудь причин надати усю перелічену інформацію Замовник повинен навести причину, з якої він відмовляється у її наданні. Щонайменше Замовник повинен вказати, якою інформацією він володіє, а яка інформація відсутня або потребує збирання.

Потенційний Виконавець аналізує первинну інформацію про підприємство. Для аналізу первинної інформації необхідно побудувати:

- річні графіки споживання ПЕР;
- річні графіки питомого споживання ПЕР та енергоємності продукції;
- звітні баланси споживання ПЕР;
- баланс фінансових витрат на споживанні ПЕР.

Потенційний Виконавець, на підставі результатів аналізу матеріалів, що надійшли від Замовника, розробляє план проведення ЕА. За бажанням Замовника та за окрему плату Виконавець готує попередній звіт. В попередньому звіті повинен бути наведений перелік питань, які повинні бути поглиблено розглянуті під час проведення ЕА, стан споживання ПЕР об'єктом, вказано основні енергоощадні заходи, впровадження яких забезпечить підвищення рівня ефективності використання ПЕР. Після розгляду попереднього звіту Замовник ЕА готує свої пропозиції щодо переліку питань, які могли б бути поглиблено розглянуті під час проведення ЕА.

2.2. Організаційно-підготовчий етап

Організаційно-підготовчий етап починають з проведення попередньої наради представників Замовника та потенційного Виконавця.

Під час попередньої наради Виконавець:

- інформує учасників наради про мету та завдання проведення ЕА, план та методики проведення ЕА;
- установлює офіційні способи спілкування між енергоаудиторами та персоналом Замовника;
- узгоджує дату проведення заключної наради та проміжних нарад (у разі виникнення потреби в їх проведенні);
- узгоджує план проведення ЕА підрозділів та виробництв Замовника;
- з'ясовує усі незрозумілі питання плану проведення ЕА. За результатами попередньої наради представники Замовника та потенційного Виконавця складають та підписують протокол наради.

Після узгодження плану проведення ЕА Замовник та Виконавець укладають договір на проведення ЕА.

Згідно з планом проведення ЕА Виконавець та Замовник формують склад енергоаудиторської групи. Замовник визначає відповідальних осіб. До числа відповідальних осіб повинні входити: головний енергетик, керівник служби енергетичного менеджменту (при наявності), заступник директора з питань виробництва, керівник планово-економічного відділу тощо.

До початку проведення ЕА Замовник і Виконавець уточнюють питання взаємодії енергоаудиторів з представниками Замовника. Підготовка представників Замовника, залучених до проведення ЕА і надання необхідних документів, матеріалів, довідок тощо.

По закінченню організаційно-підготовчого етапу Замовник повинен видати наказ по об'єкту про проведення ЕА.

2.3. Етап збирання інформації

На етапі збирання інформації має бути передбачено збирання необхідних даних про енергогосподарство об'єкта, що споживає ПЕР, шляхом проведення опитувань, вивчення документів і здійснення необхідних вимірювань.

Для отримання інформації про об'єкт ЕА шляхом проведення опитувань використовується опитувальний лист, форма якого наведена у Додатку Д.

Для доповнення необхідних даних про об'єкт ЕА, що не знайшли відображення в документах, повинно проводитися вимірювання на об'єктах ЕА. Для проведення вимірювань застосовують стаціонарні та переносні спеціалізовані засоби вимірювальної техніки. Для проведення вимірювань можуть бути залучені працівники служби головного енергетика та служби енергетичного менеджменту об'єкта, що споживає ПЕР.

2.4. Етап оброблення та аналізу інформації

На етапі оброблення та аналізу інформації про об'єкт ЕА необхідно:

а) визначити:

- втрати ПЕР;
- питомі витрати ПЕР;
- потенціал енергозбереження;
- основні енергоекономічні показники об'єкта, що споживає ПЕР, тощо;

б) побудувати:

- енерготехнологічну схему виробництва;
- карту споживання ПЕР;
- графіки споживання ПЕР за визначені періоди часу (за добу, місяць, квартал, рік тощо);
- графіки динаміки питомого споживання ПЕР;
- аналітичні та синтетичні паливно-енергетичні баланси;

- причинно-наслідкову діаграму чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР, тощо;

в) провести аналіз:

- чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР;
- балансів споживання ПЕР;
- питомого споживання ПЕР;
- втрат ПЕР;
- чинних норм та нормативів щодо використання ПЕР;
- динаміки та досягнутого рівня ефективності використання ПЕР;
- варіантів забезпечення об'єкта, що споживає ПЕР, по фінансових та екологічних критеріях;
- основних енергоекономічних показників об'єкта, що споживає ПЕР;
- технічних та економічних результатів, досягнутих за рахунок підвищення ефективності використання ПЕР;
- ефективності функціонування СЕМ тощо.

На підставі результатів аналізу документальної інформації про об'єкт ЕА та інформації, отриманої шляхом проведення вимірювань, провадять:

- підготовки попередніх висновків про ефективність використання ПЕР підрозділами об'єкта, що споживає ПЕР, та об'єктом в цілому;
- виявлення джерел неефективного використання ПЕР;
- розроблення рекомендацій щодо впровадження енергоощадних заходів.

2.5. Етап розроблення рекомендацій з енергозбереження

На цьому етапі необхідно:

- визначити технічну суть пропонованих вдосконалень та джерела отримання економії ПЕР;
- визначити пріоритет впровадження пропонованих вдосконалень;
- визначити всі можливості зменшення витрат, що можуть бути здійснені силами самого Замовника;
- розрахувати потенційну річну економію у фізичному та вартісному вираженнях;
- визначити перелік обладнання, необхідного для реалізації рекомендацій, оцінити його вартість з урахуванням доставки, монтажу та введення в експлуатацію;
- визначити можливі екологічні та інші ефекти від впровадження рекомендацій, які впливають на реальну економічну ефективність;
- оцінити загальний економічний ефект з урахуванням всіх згаданих вище особливостей.

2.6. Етап складання звіту та висновку

На цьому етапі за результатами збирання, оброблення та аналізу інформації згідно з планом проведення ЕА енергоаудиторська група готує звіт з

ЕА. Під час проведення позачергового ЕА складання звіту має закінчуватися підготовкою енергоаудиторського висновку.

2.7. Етап презентації результатів

На цьому етапі Виконавець представляє результати проведення ЕА керівництву об'єкта, що споживає ПЕР, та персоналу, що відповідає за ефективність використання ПЕР на об'єкті, що споживає ПЕР. Результати проведення ЕА надаються у вигляді резюме обсягом не більше трьох сторінок.

Презентація повинна складатися з двох основних частин:

- результати аналізу стану споживання ПЕР на об'єкті, що споживає ПЕР;
- перелік запропонованих енергоощадних заходів, результати їх техніко-економічного оцінювання та оцінювання їх впливу на довкілля.

Результати аналізу стану споживання ПЕР на об'єкті, подаються у вигляді стислої характеристики об'єкта, що споживає ПЕР, щодо ефективності використання ПЕР з обов'язковим наведенням:

- величини втрат ПЕР;
- балансу споживання ПЕР об'єктом, що споживає ПЕР;
- балансу витрат коштів на ПЕР;
- основних напрямків економії ПЕР на об'єкті, що споживає ПЕР;
- орієнтовної величини технологічно доступного потенціалу енергоощадності у натуральному та грошовому еквіваленті по запропонованих енергоощадних заходах.

Перелік запропонованих енергоощадних заходів подається у вигляді стислого опису кожного з енергоощадних заходів відповідно до пріоритетності їх впровадження. Для кожного з енергоощадних заходів під час презентації необхідно наводити:

- опис сутності енергоощадного заходу;
- обсяг капіталовкладень, необхідних для впровадження;
- орієнтовної величини технологічно доступного потенціалу енергоощадності у натуральному та грошовому еквіваленті;
- простий термін окупності.

Презентація повинна закінчуватися підсумком роботи та переліком енергоощадних заходів, сформованим відповідно до порядку доцільності їх впровадження. Під час презентації бажано використовувати засоби мультимедіа та комп'ютерної техніки.

Контрольні питання:

1. Основні етапи енергетичного аудиту

3. Загальні вимоги до збору інформації

Збір інформації про об'єкт ЕА повинен передбачати ознайомлення з документальною інформацією про стан енергогосподарства об'єкта, що споживає ПЕР, проведення необхідних вимірювань, а також застосування засобів фото- та відеографування.

Примітка. Рекомендації щодо порядку проведення ЕА типових об'єктів наведені в Додатку Е,Ж.

Інформацію про об'єкт ЕА необхідно збирати і групувати за такими напрямками:

- а) система електропостачання;
- б) система теплопостачання;
- в) система паливопостачання;
- г) система постачання стисненим повітрям;
- д) система вентиляції, підігріву повітря і кондиціонування;
- е) система водопостачання і каналізації;
- ж) система холодопостачання;
- з) система освітлення;
- и) енергоємні споживачі технологічного процесу:
 - електротермічні установки;
 - електропривод потужністю понад 100 кВт;
 - інші споживачі;
- к) будинки та споруди;
- л) системи обліку та контролю споживання ПЕР;
- м) система енергетичного менеджменту;
- н) інші системи.

Інформацію, що отримана під час проведення ЕА, має характеризувати повнота, достатність, періодичність та достовірність.

3.1. Вимоги до документальної інформації

До документальної інформації належить:

- форми статистичної звітності підприємства (форми 1-ТЕП, 4-МТП, 6-ТП, 11-МТП, 23-Н Мінстату України);
- проектна документація на енергогосподарство об'єкта, що споживає ПЕР;
- енергетичний паспорт об'єкта, що споживає ПЕР;
- фінансово-економічні дані по об'єкту, що споживає ПЕР;
- звітна документація з комерційного і технічного обліку витрати ПЕР;
- рахунки від постачальників ПЕР;
- графіки споживання ПЕР на протязі години, доби, місяця;
- технічна документація на енергоспоживаюче устаткування (паспорти, формуляри, специфікації, технологічні регламенти, режимні карти тощо);
- документація щодо ремонтів, налагоджувальних і випробувальних робіт;

- норми питомих витрат палива, теплової та електричної енергії на виробництво продукції;
- результати опитування та анкетування керівництва і технічного персоналу;
- інформація про системи споживання ПЕР;
- документація про енергоощадні заходи;
- звіти попередніх енергетичних аудитів;
- приписи інспекції з енергозбереження;
- перспективні програми і проекти реструктуризації об'єкта, що споживає ПЕР, чи модернізації окремих його виробництв тощо.

Обсяг документальної інформації повинен визначатися енергоаудиторами залежно від об'єкта ЕА та завдань, які вирішують під час проведення ЕА.

3.2. Вимоги до проведення вимірювань

Вимірювання необхідно проводити, щоб отримати недостатню документальну інформацію або щоб перевірити достовірність наявної документальної інформації. Для здійснення зазначених вимірювань застосовуються наявні на об'єкті, що споживає ПЕР, системи обліку та контролю ПЕР, стаціонарні та переносні засоби контрольно-вимірювальної техніки.

Залежно від завдання, яке вирішують під час проведення ЕА, вимірювання поділяють на:

- а) однократні - в разі оцінення рівня енергоефективності окремого об'єкта під час роботи у визначеному режимі;
- б) балансові - в разі складання балансу розподілу ПЕР між окремими споживачами, ділянками виробництва, підрозділами об'єкта, що споживає ПЕР;
- в) реєстраційні - в разі виявлення змін будь-якого параметра режиму споживання ПЕР.

Для проведення ЕА необхідно мати мінімальний комплект засобів вимірювальної техніки, до складу якого входять:

- а) для електромеханічних вимірювань:
 - тестер (мультиметр) та/або прилади відповідного класу точності для вимірювання струму, напруги, потужності, коефіцієнта потужності;
 - аналізатор електричних сигналів (осцилограф або інші, у тому числі комп'ютеризовані прилади);
 - обладнання для отримання графіків навантажень технологічного устаткування;
 - тахометр;
 - люксметр;
 - секундомір;
- б) для вимірювань параметрів теплоти, рідин, повітря, газів:
 - газоаналізатор або інше обладнання, що дає можливість аналізувати повноту згоряння палива, а також шкідливі викиди до навколишнього середовища;
 - набір термометрів з різними датчиками: повітряними, рідинними (заглибленими), поверхневими (накладними, контактними) тощо;

- манометри;
- трубка Піто;
- витратоміри рідин та газів;
- анемометр;
- гігрометр;
- секундомір.

Залежно від специфіки ЕА комплект засобів вимірювальної техніки може бути доповнений такими приладами:

- аналізатором показників якості електроенергії;
- приладом для вимірювання опору електроізоляції;
- приладом для вимірювання опору заземлення;
- мікроомметром для перевірки опору контактів;
- кореляційним визначником місць пошкодження трубопроводів;
- витокопошукачами та детекторами газів;
- тепловізором;
- високотемпературним інфрачервоним термометром (пірометром) з верхньою межею 2000° С;
- товщиноміром для визначення товщини стінок трубопроводів і резервуарів;
- витратоміром для стоків;
- манометрами і дифманометрами на різні межі вимірювання;
- прилади для вимірювання витоків стисненого повітря в трубопроводах;
- визначником якості води (солевміст, рН);
- динамометрами для вимірювання зусилля і моменту;
- автономними приладами для тривалої реєстрації температури повітря;
- тепловірами для вимірювання теплового потоку;
- устаткуванням для вимірювання інфільтрації повітря в приміщеннях;
- іншими приладами.

Примітка. Основні характеристики засобів вимірювальної техніки, що використовуються під час проведення ЕА, наведені у Додатку В.

Для оцінювання вірогідності отриманої документальної інформації про об'єкт ЕА необхідно проводити її верифікацію шляхом порівняння її з інформацією, яка отримана за допомогою засобів контрольно-вимірювальної техніки, для цього ж об'єкта.

Примітка. У випадку неможливості проведення вимірювань необхідних параметрів технологічного процесу, верифікація документальної інформації може здійснюватися за допомогою даних, отриманих з довідникової літератури.

Обсяг інформації, отриманої шляхом проведення вимірювань, встановлюють енергоаудитори залежно від об'єкта ЕА та поставлених мети і завдань.

3.3. Вимоги до застосування засобів фото- та відеографування

Для фіксування та графічного відображення стану об'єктів ЕА та/або їх окремих складових щодо ефективності використання ПЕР необхідно застосовувати засоби фото- та відеографування.

В залежності від завдання, що вирішується шляхом використання засобів фотографування, мають застосовуватися орієнтувальний, оглядовий, вузловий та детальний фотознімки.

Орієнтувальний знімок слід застосовувати у випадку, коли необхідно зафіксувати взаємне розташування об'єкта ЕА та навколишньої обстановки чи місцевості, а також взаємне розташування окремих складових об'єкта ЕА по відношенню одного до одного. Отримання такого знімку необхідно здійснювати з височини (по можливості з найвищої точки місцевості) шляхом застосування ширококутних об'єктивів або панорамного (кругового (360°), секторного (менше 360°) та лінійного) фотографування.

Оглядовий знімок слід застосовувати у випадку, коли необхідно зафіксувати стан об'єктів ЕА та/або їх окремих складових щодо ефективності використання ПЕР ізольовано від навколишньої обстановки або інших складових об'єкта ЕА.

Вузловий знімок слід застосовувати у випадку, коли необхідно зафіксувати стан окремих складових об'єкта ЕА та їх частин щодо ефективності використання ПЕР (наприклад, місця витоків теплоти, місця пошкодження теплоізоляції тощо).

Детальний знімок слід застосовувати у випадку, коли необхідно зафіксувати предмети та об'єкти, що мають вплив на ефективність використання ПЕР, на об'єкті ЕА та/або його окремих складових.

Вузловий та детальний знімки передбачають застосування засобів вимірювання (вимірювальної лінійки, рулетки тощо), так як за отриманими фотознімками визначаються дійсні розміри та розташування зображених предметів. Для фіксації реального стану у динаміці (за часом) об'єктів ЕА та/або їх окремих складових щодо ефективності використання ПЕР необхідно застосовувати відеографування.

Контрольні питання:

1. Напрямки, за якими збирають та групують інформацію про об'єкт ЕА
2. Вимоги до документальної інформації
3. Вимоги до проведення вимірювань
4. Вимоги до застосування засобів фото- та відеографування

4. Вимоги до оброблення та аналізу інформації

Аналіз інформації про об'єкт ЕА повинен проводитися за такими напрямками:

- аналіз чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР;
- аналіз динаміки та досягнутого рівня ефективності використання ПЕР;
- аналіз варіантів забезпечення об'єкта ПЕР за фінансовими та екологічними критеріями;
- аналіз паливно-енергетичних балансів та питомих витрат ПЕР;
- аналіз чинних норм та нормативів щодо використання ПЕР;
- визначення та аналіз основних енергоекономічних показників об'єкта, що споживає ПЕР;
- аналіз технічних та економічних результатів, досягнутих за рахунок підвищення ефективності використання ПЕР.

Під час проведення аналізу інформації про об'єкт ЕА необхідно керуватись такими принципами: конкретність, комплексність, системність, регулярність, об'єктивність, дієвість, економічність, порівнянність, науковість.

Аналіз інформації про об'єкт ЕА необхідно проводити на основі попередньо розробленої методики, яка буде представляти вказівки або методичні рекомендації щодо виконання аналітичного дослідження.

Методика повинна містити такі положення:

- цілі та завдання аналізу;
- об'єкти аналізу;
- система показників, за допомогою яких буде досліджуватися кожен об'єкт аналізу;
- рекомендації щодо послідовності та періодичності проведення аналізу;
- опис способів та методики аналізу об'єктів ЕА;
- джерела інформації, на підставі якої здійснюється аналіз;
- вимоги щодо організації аналізу (які особи та служби будуть проводити окремі частини дослідження тощо);
- технічні засоби, які доцільно використати для аналітичної обробки інформації;
- порядок оформлення результатів аналізу;
- споживачі результатів аналізу.
- фактичних показників з плановими;
- фактичних показників з нормативними;
- фактичних показників з показниками минулих років;
- фактичних показників з кращими по галузі;
- фактичних показників з середніми;
- зіставлення паралельних і динамічних рядів для вивчення взаємозв'язків - досліджуваних показників;
- зіставлення різних варіантів управлінських рішень;
- зіставлення результатів діяльності до та після зміни якого-небудь фактора, що впливає на ефективність використання ПЕР.

Для приведення показників до порівнянного виду необхідно проводити нейтралізацію впливу вартісного, об'ємного, якісного та структурного факторів шляхом приведення їх до єдиного базису, а також використовувати середні та відносні величини, поправкові коефіцієнти, методи перерахування тощо.

Для аналізу інформацію необхідно подавати у вигляді таблиць, діаграм та графіків [11], що дасть змогу полегшити проведення порівняння.

Подання інформації у вигляді таблиць дає змогу виконувати одночасне порівняння однакових фізичних величин як в іменованих одиницях, так і у відсотках.

Подання інформації у вигляді діаграм дає змогу виконувати наглядне відображення відсоткового співвідношення споживання ПЕР та витрат коштів на них. В залежності від поставленого завдання, для аналізу можуть застосовуватися такі види діаграм:

а) для порівняння долі споживання декількох енергоносіїв одним об'єктом за певний проміжок часу (або долі споживання одного виду енергоносія декількома об'єктами):

- кругові секторні діаграми (об'ємні та площинні);
- односмугові діаграми (об'ємні та площинні);
- одностовпчикові діаграми (об'ємні та площинні) тощо.

б) для порівняння долі споживання за призначенням (наприклад, на технологію, на освітлення тощо) одного виду енергоносія окремими об'єктами або підприємством в цілому:

- балансові діаграми;
- кругові секторні діаграми (об'ємні та площинні);
- односмугові діаграми (об'ємні та площинні);
- одностовпчикові діаграми (об'ємні та площинні) тощо.

в) для порівняння долі споживання одного виду енергоносія окремими об'єктами або підприємством в цілому з урахуванням втрат енергоносія:

- балансові діаграми;
- кругові секторні діаграми (об'ємні та площинні);
- односмугові діаграми (об'ємні та площинні);
- одностовпчикові діаграми (об'ємні та площинні) тощо.

Для аналізу динаміки та досягнутого рівня ефективності використання ПЕР застосовують:

- методи регресійного аналізу [10];
- часові ряди [11];
- контрольні карти [8, 9];
- діаграми розкиду тощо.

Для аналізу варіантів забезпечення об'єкта ПЕР за фінансовими та екологічними критеріями:

- енерго-технологічні схеми технологічного процесу;
- карти споживання ПЕР;

- деревоподібні діаграми [8, 9];
- балансові діаграми [11];
- оптимізаційні методи (методи лінійного та нелінійного програмування) тощо.

Для аналізу чинних норм та нормативів щодо використання ПЕР:

- розрахунки, макети;
- методи порівняльного аналізу [11];
- балансові діаграми [11] тощо.

Для аналізу основних енерго-економічних показників підприємства (питомих витрат ПЕР, енергоємності продукції та потенціалу енергозбереження по окремих видах ПЕР і об'єктах):

- індексний метод [11];
- гістограми [8, 9];
- контрольні карти [8, 9];
- діаграми розкиду [8, 9];
- методи порівняльного аналізу [11] (абсолютних та відносних різниць) тощо.

Для аналізу технічних та економічних результатів, досягнутих за рахунок підвищення ефективності використання ПЕР:

- індексний метод [11];
- методи фінансово-економічного аналізу (термін окупності, внутрішня норма прибутку, чистий приведений прибуток тощо);
- методи порівняльного аналізу тощо.

Примітка: Опис основних засобів аналізу інформації про енергоспоживання наведено у Додатку Б.

Оброблення отриманої інформації мають проводити з використанням наявних пакетів прикладних програм.

Енерго-економічний та фінансово-економічний аналіз необхідно проводити згідно з ДСТУ 2155.

Аналіз паливно-енергетичних балансів необхідно проводити згідно з ДСТУ 2804, ДСТУ 3176 (ГОСТ 30341), ДСТУ 4714.

Аналіз ефективності споживання ПЕР об'єктами ЕА необхідно проводити за показниками, що наведені в ДСТУ 3755.

Аналіз питомих витрат ПЕР на об'єктах ЕА необхідно проводити згідно з рекомендаціями [7].

Оцінку потенціалу енергоощадності об'єкта, що споживає ПЕР, проводять в натуральному, відносному і вартісному вираженні.

Оцінка потенціалу енергоощадності в натуральному вираженні здійснюється за допомогою можливої кількості зекономлених ПЕР.

Оцінка потенціалу енергоощадності у відносному вираженні передбачає використання питомої ваги резервів енергоощадності в загальному споживанні ПЕР (тобто частки, що становлять резерви енергоощадності в загальному споживанні ПЕР).

Оцінка потенціалу енергоощадності у вартісному вираженні припускає використання вартісних еквівалентів одиниці резервів енергоощадності (наприклад, тарифів на споживані ПЕР).

Для оцінки величини загального потенціалу енергоощадності об'єкта, що споживає ПЕР, в деякий момент часу необхідно визначити фізичні значення потенціалів його складових елементів, а саме: сумарні електричний, тепловий та паливний потенціали енергоощадності.

Сумарний електричний потенціал енергоощадності визначається як сума фізичних значень:

- сумарного електричного потенціалу енергоощадності загальнозаводської розподільної мережі об'єкта, що споживає ПЕР;
- електричного потенціалу енергоощадності кожного цеху об'єкта, що споживає ПЕР;
- електричного потенціалу енергоощадності загальноцехової розподільної мережі кожного цеху об'єкта, що споживає ПЕР;
- електричного потенціалу енергоощадності всіх відділень кожного цеху;
- електричного потенціалу енергоощадності загальних для відділення розподільних мереж кожного відділення кожного цеху;
- електричного потенціалу енергоощадності всіх електроприймачів (установок, агрегатів, апаратів), розташованих у кожному відділенні всіх цехів.

Сумарні тепловий та паливний потенціали енергоощадності визначають аналогічно.

Для визначення енергетичного і загального потенціалів енергоощадності в натуральних одиницях виміру необхідно привести часткові потенціали енергоощадності (електричний, тепловий, паливний) до єдиної уніфікованої одиниці - тон умовного палива.

Контрольні питання:

1. Напрямки аналізу інформації
2. Види діаграм, що застосовуються для аналізу споживання ПЕР та витрат коштів
3. Методи аналізу інформації про енергоспоживання

5. Вимоги щодо розроблення рекомендацій щодо впровадження енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ)

Обґрунтування та оцінення економічної ефективності впровадження ЕЗЗ необхідно здійснювати згідно ДСТУ 2155.

Для обґрунтування та оцінення економічної ефективності впровадження ЕЗЗ, що потребують значних фінансових інвестицій та залучення коштів банківських установ, необхідно проводити фінансовий аналіз, який базується на визначенні:

- прибутку від впровадження запропонованих ЕЗЗ;
- чистого приведеного (дисконтованого) прибутку;
- внутрішньої норми прибутковості;
- простого періоду окупності.

Під час оцінення ефективності впровадження ЕЗЗ необхідно проводити оцінення впливу споживачів ПЕР на довкілля, яке передбачає:

- розрахунок зменшення шкідливих викидів в атмосферу за рахунок запропонованих Замовнику ЕЗЗ окремо по кожному виду ПЕР;
- складання узагальненої таблиці зменшення величини шкідливих викидів за рахунок запропонованих Замовнику ЕЗЗ;
- розрахунок зменшення витрат Замовника на сплату податку та штрафів за забруднення довкілля.

Фінансове оцінення екологічної ефективності ЕЗЗ необхідно проводити згідно з урахуванням змін, внесених в [5].

6. Вимоги до складання звіту за результатами енергетичного аудиту та енергоаудиторського висновку

Звіт за результатами проведення ЕА підготовлює енергоаудиторська група. При цьому кожний енергоаудитор подає звіт про стан тих об'єктів ЕА, на яких він проводив ЕА. Звіт підписують усі члени енергоаудиторської групи і затверджує керівник Виконавця.

Структура та правила оформлення документу "Звіт з енергетичного аудиту" повинні відповідати вимогам ДСТУ 3008 та [3].

Звіт з ЕА повинен містити такі частини:

а) загальну частину

- титульну сторінку;
- список Виконавців;
- реферат;
- зміст;
- перелік умовних позначень, символів, скорочень та термінів;
- передмову;

б) основну частину

- вступ;
- опис об'єкта, що споживає ПЕР;
- план проведення ЕА;
- аналіз стану споживання ПЕР;
- аналіз стану СЕМ об'єкта, що споживає ПЕР;
- енергоощадні заходи на об'єкті, що споживає ПЕР;
- оцінення економічної ефективності енергозберігаючих заходів;
- джерела фінансування енергозберігаючих заходів;
- результати та висновки;
- перелік використаних джерел;

в) додатки.

У розділі "**Вступ**" наводять:

- обґрунтування проведення ЕА;
- інформація про те, чи є він частиною загальнодержавної, регіональної чи - місцевої програми з енергозбереження;
- джерела фінансування проведення ЕА;
- наявність звітів з попередніх ЕА на об'єкті, що споживає ПЕР;
- відповідальні особи за проведення ЕА;
- інформація про субпідрядників;
- терміни проведення ЕА тощо.

У розділі "**Опис об'єкта, що споживає ПЕР**" наводять:

- коротка історична довідка про об'єкт, що споживає ПЕР;
- основні виробництва об'єкта, що споживає ПЕР;

- енерго-технологічна схема процесу виробництва;
- опис будівель тощо.

Примітка: Будівлі, процеси і установки повинні бути визначеними в даному розділі під відповідними позначеннями, які будуть використані в наступних розділах.

У розділі "**План проведення ЕА**" наводять:

- перелік запланованих енергоаудиторських робіт (конкретні об'єкти і суть енергетичного обстеження), терміни їх виконання та відповідальних виконавців робіт як з боку Виконавця, так і з боку Замовника;
- відомості стосовно збирання інформації (для інформації, отриманої шляхом вимірювань, вказується доцільність та обсяг проведення вимірювань, вимірювальне обладнання, що застосовувалось, терміни вимірювань).

У розділі "**Аналіз стану споживання ПЕР**" наводять інформацію як про об'єкт, що споживає ПЕР, в цілому, так і про окремі енергоємні підрозділи. До неї належить:

- енерго-технологічна схема виробництва;
- динаміка споживання ПЕР за минулі терміни часу;
- величина фінансових витрат за споживані ПЕР;
- величина потенціалу енергозбереження;
- паливно-енергетичні баланси;
- питомі витрати ПЕР;
- карти споживання ПЕР тощо.

У розділі "**Аналіз стану СЕМ об'єкта, що споживає ПЕР**" наводять пропозиції стосовно впровадження чи вдосконалення діяльності служби енергетичного менеджменту на об'єкті, що споживає ПЕР.

У розділі "**Енергоощадні заходи на об'єкті, що споживає ПЕР**" наводять перелік та опис запропонованих заходів. На основі запропонованих заходів може бути розроблена програма енергозбереження об'єкта, що споживає ПЕР. Програма енергозбереження розробляється окремим документом і може бути включена у розділ звіту "Додатки".

У розділі "**Оцінення економічної ефективності енергозберігаючих заходів**" наводять:

- результати проектного аналізу енергозберігаючих заходів;
- пріоритетність впровадження енергозберігаючих заходів тощо.

У розділі "**Джерела фінансування енергозберігаючих заходів**" наводять перелік можливих джерел фінансування енергозберігаючих заходів.

Примітка: У випадку залучення банківських інвестицій для реалізації довгострокових проектів з енергозбереження зазначається термін реалізації проекту та банківська ставка кредиту.

У розділі "**Результати та висновки**" наводять: основні джерела нераціонального використання ПЕР; перелік чинників, які впливають на ефективність використання ПЕР;

стислі результати проведення ЕА та висновки тощо.

У розділі "**Перелік використаних джерел**" наводять літературні та інші джерела інформації, що використовувались під час проведення ЕА і складання звіту.

У розділі "**Додатки**" може бути наведено додаткову інформацію, отриману за період проведення ЕА (наприклад, перелік електричних двигунів, дані вимірювань тощо).

Енергоаудиторський висновок є окремим документом, який складають у довільній формі, але в ньому повинні бути такі розділи:

- заголовок;
- вступ;
- об'єкт ЕА;
- висновок про ефективність використання ПЕР;
- дата складання енергоаудиторського висновку;
- адреса Виконавця;
- підпис та печатку Виконавця.

Енергоаудиторський висновок необхідно складати обов'язково у разі проведення позачергового ЕА. Для інших видів ЕА складання енергоаудиторського висновку є обов'язковим, якщо це зазначено в договорі на проведення ЕА.

Контрольні питання:

1. Структура звіту з ЕА

7. Енергетичне обстеження об'єкту аудитором

Знаючи вартість і спожиту кількість кожного виду енергії (енергоносія) можна перейти до визначення місць їх споживання, щоб для кожного виду енергії (енергоносії) визначити найважливіший споживачів за обсягом та за вартістю. Для крупних споживачів слід зробити розподіл енергії стосовно окремих агрегатів чи електроприймачів. Це дає енергоаудитору чітку уяву про технологічних процес та про конкретне обладнання, а порівняння конкретних показників з плановими чи) кращим досвідом лаг можливість оцінити потенціал енергозбереження.

7.1. Знайомство з технологічним процесом

Для одержання інформації про те де саме і в якій кількості споживається енергія, необхідно ознайомитися якомога ґрунтовніше з виробничим процесом на об'єкті.

Як правило для одержання цих знань необхідне обговорення з керівництвом виробничих дільниць, екскурсія на підприємство і складання схеми технологічного процесу (блок-схеми процесу). Для кожного елемента блок-схеми визначається вхідні потоки енергії і сировини, потоки виробів, а також відгалуження і втрати.

На основі доступної інформації і візуальних перевірок оцінюють відносні танення потоків енергії і втрат та складають список основних споживачів енергії як на виробничі потреби так і на опалення та інші погребі для створення належних, умов праці

Для визначення споживання енергії кінцевими енергоприймачами корисним може бути використання інформації від додаткових лічильників, чи інших вимірювачів, якщо вони наявні.

Особливу увагу слід звернути на крупних споживачів енергії. Невелика відносна економія для крупного споживача часто виявляється значнішою (й легше досяжною), ніж велика відносна економія для малого споживача Це, однак, не означає, то дрібними споживачами можна нехтувати, але початкові зусилля слід зосередити на тих ділянках, де одержання значних заощаджень є найімовірнішим.

Час, необхідний для ознайомлення з технологічним процесом, залежить від розмірів підприємства і рівня інформаційного забезпечення. Нижче кожен із згаданих кроків розглянутий детальніше.

7.1.1. Екскурсія на підприємство

Екскурсія на підприємство є дуже важливим етапом для одержання достовірної інформації про виробничий цикл підприємства. Необхідно з'ясувати всі етапи технологічного виробничого процесу, приділивши особливу увагу таким питанням:

- вхідні та вихідні потоки енергії кожного етапу;
- потоки сировини і матеріалів;

- потоки в грат і відгалужень.

Важливе значення має також і організація виробничого процесу на підприємстві. Чи працює воно в одну зміну, в дві, чи цілодобово? Якщо мова йде про дискретний процес, то коли він розпочинається і коли завершується? З чим це пов'язане? Відповіді на ці й інші питання можуть бути одержані лише під час бесід на виробництві з ключовими особами, до яких можна віднести:

- менеджерів виробництва;
- диспетчерів технологічного процесу;
- технологів;
- менеджерів технічного обслуговування;
- інженерів проекту;
- співробітників планового відділу;

бухгалтерів з обліку видатків на виробництво.

Дуже важливо переговорити зі згаданими працівниками. Часто вони знають більше, ніж керівники. У спілкуванні з ними слід пояснити чому і з якою метою проводиться аудит, в чому він полягає. Слід задавати якомога більше питань, до відповідей потрібно ставитися критично. Зокрема, цікаво з'ясувати, чи бачать працівники свої можливості впливати на енергоспоживання. Аудитор повинен дивитися на речі ширше, задавати питання і пробувати дискутувати. В іншому випадку у людей може створитися враження, то все, що і як вони роблять - добре і нічого не потрібно змінювати. Разом з тим не слід створювати враження, що аудит вирішує всі проблеми видатків підприємства на енергоресурси.

7.1.2. Схема технологічного процесу

На схемі технологічного процесу умовно зображають основні етапи, через які проходить сировина до перетворення на кінцевий продукт виробництва та зв'язки між ними етапами. На схемі обов'язково повинні бути показані також основні вводи та вили енергії, що використовуються. Кожен з виділених етапів (чи підрозділів виробництва) розглядають як окремий об'єкт обстеження. Вказується будь-яка вторинна переробка відходів в межах технологічного процесу а також перероблення відходів, що поступають на підприємство зовні. Справа в тому, що на відходи певної о етапу виробництва була витрачена енергія попередніх етапів, коли відходи ще були якісним продуктом тих етапів. Сторонній погляд аудитора часто може легше зауважити причину відходів і шляхи їх зменшення.

Як приклад, на рис. 7.1 наведена схема технологічного процесу виробництва склотари. Зауважимо, то відходи процесів формування і термооброблення подають як вторинну сировину після відповідної підготовки дробилкою.



Рис.7.1. Схема технологічного процесу

7.1.3.Список важливих споживачів енергії

Список важливих споживачів енергії складають, з розділом їх за видами споживаної енергії.

До основних споживачів електроенергії належать, зокрема:

- освітлення;
- електропечі;
- сушильні шафи;
- опалення приміщень;
- кондиціонування повітря;
- повітряні компресори;
- компресори холодильників;
- помпи води і технологічних рідин;
- вентилятори (системи вентиляції);
- виробничі машини і механізми (технологічне нагрівання, електротяга, електропривод);
- вакуумні помпи;
- гідравлічні помпи;
- мішалки;
- нагрівачі рідин і газів.

До основних споживачів теплової енергії належать, зокрема:

- парові котли;
- водогрійні котли;
- парогенератори;
- термальні рідинні нагрівачі;
- печі;
- спалювачі сміття;
- сушильні шафи;
- нагрівачі рідин;
- опалення приміщень.

На підприємстві обов'язково повинен бути облік використання пари і гарячої води.

7.2. Поточний стан енерговикористання

Визначення дійсного обсягу споживання енергії досягається комбінацією вимірювання, оцінки та розрахунку. Хоч слід намагатися одержати завжди якомога точніший результат, все ж певні неув'язки є неминучими. Але не стільки важливою є точна цифра, як масштаб споживання.

Рис.7.2. ілюструє методи, які застосовують для визначення кількості спожитої енергії.



Рис.7.2. Методи визначення споживання енергії

П'ять кіл, зосереджених навколо центрального кола "Співставлення і перехресна перевірка даних", подають різні прийоми вимірювання і оцінки кількості енергії, що споживаються різними категоріями енергоприймачів. Одержані в результаті значення порівнюють, групують за окремими категоріями споживачів, додають і порівнюють з загальним обсягом енергоспоживання на об'єкті. Для уточнення даних проводиться перехресна перевірка.

Всі об'єкти, на яких проводиться енергоаудит, повинні мати вимірювальне обладнання, принаймні, це можуть бути лічильники підприємства, за якими здійснюють розрахунки за комунальні послуги. Деякі підприємства можуть мати розвинену мережу додаткових лічильників Крім того, завжди є можливість використати тимчасові портативні вимірні прилади. Безпосереднє вимірювання саме енергії здійснюють по суті лише лічильники електроенергії. За допомогою, наприклад, амперметра чи струмовимірних клещів вимірюють лише один показник споживаної енергії, а саме - струм Термометром можна виміряти концентрацією енергії. Визначити енергію, що пішла на нагрівання води, можна за показами лічильника гарячої води. Вимірюючи параметри викидів, наприклад, димових газів, можна визначити втрати енергії з цими викидами.

Навіть коли неможливе безпосереднє вимірювання витрат енергії, існують посередні методи їх оцінки. Ці методи базуються на елементарних законах фізики і здійснюються за допомогою простого і недорогого обладнання.

7.2.1. Безпосереднє вимірювання витрат енергії та енергоносіїв
Безпосереднє (пряме) вимірювання витрат енергії - це найточніший спосіб визначення обсягу спожитої енергії, як об'єктом в цілому, так і окремими його споживачами, рис.7.3.



Рис.7.3. Безпосередні вимірювання

Першим кроком узагальнення інформації, одержаної від тимчасових вимірників, є побудова зміни навантаження протягом певного часу - графіка навантаження, рис.7.4.

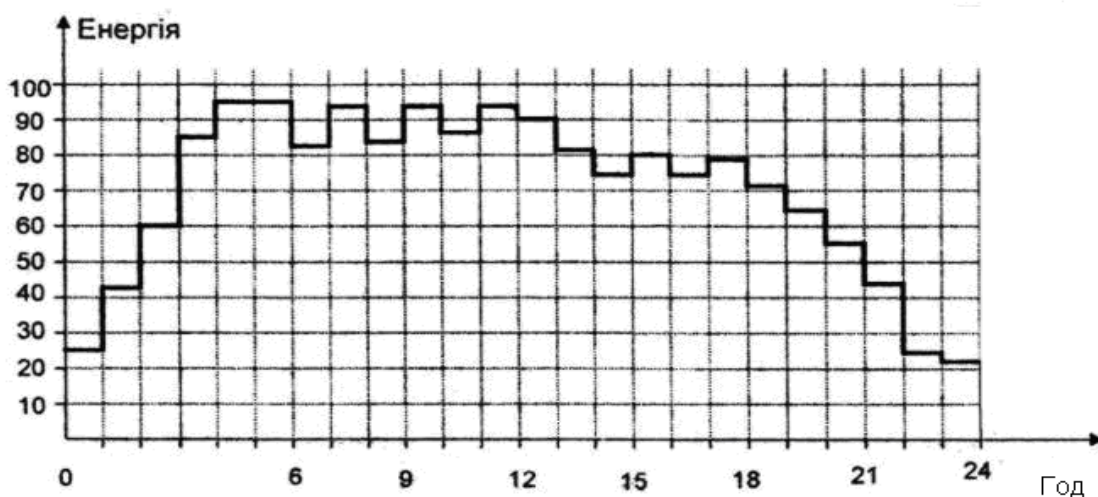


Рис.7.4. Добовий графік навантаження

Для цього використовують показники вимірників, які можуть вимірювати витрати енергії за певний проміжок часу (наприклад, лічильників електроенергії чи ультразвукових витратомірів). Важливість подібних графіків полягає в тому, що вони наочно демонструють зміну кількості спожитої енергії протягом певного часу (на рис.7.4 показано добовий графік).

Ця інформація допомагає порівняти фактичну зміну обсягу спожитої енергії з очікуваною, а також показує на скільки успішно функціонують ручна і автоматична система керування споживанням.

Графіки навантаження містять ознаки потенційної енергоощадності і

- можуть вказувати на такі фактори:
- систему контролю пошкоджень;
- ручні системи керування;
- відмінності ефективності споживання енергії різними робочими змінами;
- втрати і витрати

Графіки навантаження (а також графіки витрат води) обов'язково включають у звіт з енергетичного обстеження, оскільки вони наглядно відображають наявні проблеми і, таким чином, виявляють конкретні шляхи заощадження енергії.

7.2.2. Часткові вимірювання параметрів витрат енергії й енергоносіїв

Споживання енергії чи енергоносіїв можна також визначити за показами стаціонарних або тимчасових, вимірників, які дають значення певних параметрів, що стосуються споживання енергії. Щоб звести ці покази до одиниць

споживання енергії, необхідні певні припущення щодо інших параметрів процесу споживання енергії. Так для визначення потужності споживання електроенергії за величиною струму, одержуваною з допомогою стаціонарного амперметра чи струмовимірних кліщів, необхідно знати також значення напруги і коефіцієнта потужності без великої похибки їх можна прийняти номінальними для даного електроприймача (вказані на його щитку). Для визначення витрат енергії за показами параметра необхідно знати ентальпію пари та ентальпію конденсату. Визначення споживання енергії за вимірниками тривалості роботи можливе для обладнання, яке працює зі сталим навантаженням.

Однак, в багатьох випадках досвідчений енергоаудитор може оцінити вплив кожного з тих факторів, значення яких за часткових вимірювань не визначається, і відповідно скорегувати показники енергоспоживання.

7.2.3 Посередні вимірювання витрат енергії і енергоносіїв

Споживання енергії може бути виміряне також посередньо. Аналіз даних, одержаних для змінних виробничих умов, часто дає кількісні показники для розподілу виміряних витрат енергії на компоненти енергоспоживання. Найчастіше для нього використовують метод регресивного аналізу і метод тестового контролю.

Метод регресивного аналізу являє собою математичний прийом, що ґрунтується на порівнянні кількості використаної енергії з іншою змінною, від якої може залежати споживання енергії. Наприклад, можна порівнювати значення місячного споживання енергії з випуском продукції підприємством за відповідний місяць. Регресивний аналіз поділяє обсяг спожитої енергії на сталі споживання (тобто на ту кількість енергії, яка необхідна для підтримання на підприємстві нульового рівня виробництва) та змінне споживання (кількість енергії, яка витрачається на виробництво продукції і залежить від її обсягу). Регресивний аналіз також дає характер залежності зміни кількості енергії від кількості продукції, що виробляється. Найпростішою є лінійна залежність - так звана лінійна регресія. Існують також різного виду нелінійні залежності і, відповідно, квадратична, показникова, експоненційна, логарифмічна регресії. Регресивний аналіз дозволяє виявити шляхи заощадження енергії, встановити обґрунтовані рівні споживання і контролювати використання енергії.

На рис.7.5 наведено типовий приклад графіка регресивного аналізу. Положення зірочок відповідають кількості виробленої за певний проміжок часу (наприклад, за тиждень) продукції та кількості спожитої за цей час енергії. З максимальним наближенням до зірочок проведена лінія регресії - "стандартна лінія". Це зроблено наближено. Однак доцільніше використати точний математичний метод "лінійного регресивного аналізу". Практично всі інженерні калькулятори мають вбудовані програми визначення параметрів лінійної та інших видів регресії.

Відрізок ОА, який відсікає "стандартна лінія" на осі енергії, відповідає споживанню енергії підприємством у випадку відсутності виробництва

продукції - сталому споживанню. Відрізок ВС відповідає споживанню, яке зумовлене випуском певного обсягу продукції (відрізок ОД). Зрозуміло, що зі збільшенням обсягу виробництва продукції зростає лише змінна складова витрат енергії.

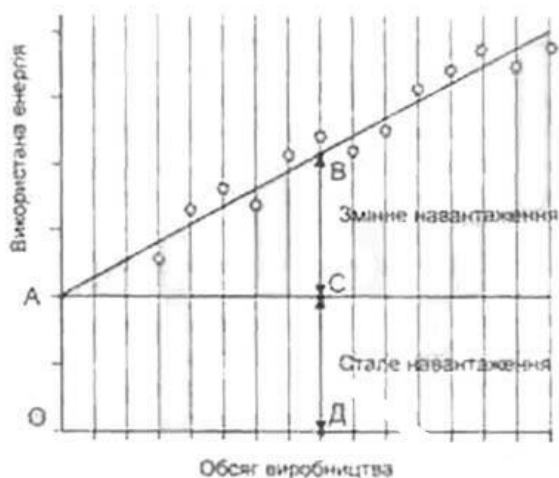


Рис.7.5. Графік регресивного аналізу

Таблиця 7.1 показує, як складові витрати енергії пов'язані з визначальними змінними величинами, а також куди, в основному йде кожна зі складових витрат. Варто зауважити, що будь-які витрати, такі, наприклад, як витік пари, теплопередача з поверхні труб, зумовлена їх поганою ізоляцією, відносять до сталих витрат. Іноді з витратами енергії співвідносять кілька змінних. Енергоаудитор повинен самостійно визначити найважливішу змінну. Для цього виконують регресивний аналіз стосовно кожної альтернативної змінної, а потім виділяють визначальну змінну. Однак найчастіше, цей вибір ґрунтується здоровому глузді.

Таблиця 7.1 Поділ спожитої енергії певного виду на стаке та змінне споживання

Енергія (енергоносій)	Визначальна змінна	Стаке навантаження	Змінне навантаження
Котельне паливо для опалення приміщень	Градусо-дні*	Гаряча вода для побутових потреб	Точність вимірника
Водопостачання для центрального опалення	Градусо-дні	Гаряча вода для виробничих потреб	Опалення приміщень

Котельне паливо	Кількість пари	Витрати котельній	в Технологічна пара
Пара для виробництва	Обсяг випуску продукції	Втрати розподільчій мережі	в Технологічна пара
Електроенергія для виробництва	Обсяг випуску продукції	Невиробничі витрати електроенергії	Виробничі витрати електроенергії

*Градусо-дні - об'єктивний показник потреби енергії для опалення приміщень.

Інколи застосовують "мультиплікативний регресивний аналіз", тобто співставлення кількості використаної енергії з кількома змінними одночасно. Однак, такі ситуації зустрічаються рідко.

Метод тестового контролю застосовують тоді, коли декілька споживачів одержують енергію від однієї джерела, на якому організовано вимірювання витрат енергії. Індивідуальне споживання енергії кожним із споживачів може бути визначене спостереженням за зміною загального навантаження у випадку вимкнення і вмикання різних енергоприймачів.

Рис.7.6 дає практичний приклад використання методу тестового контролю для визначення енергоспоживання однієї з двох установок, що живляться через один лічильник електричної енергії.



Рис.7.6 Метод тестового контролю

В цьому приладі хвилинне споживання енергії визначалось за кількістю обертів протягом хвилини диска електричного лічильника.

Тестовий контроль може бути застосований і для інших типів лічильників, наприклад, газових чи парових. Хоч в таких лічильниках немає обертів дисків, можна зафіксувати час, за який змінюються покази лічильника, наприклад, на одиницю молодшого розряду. Таким чином, принцип: залишається таким самим, хоч часу для знімання показів може знадобитися більше.

Для одержання достовірних результатів методом тестового контролю слід бути впевненим в тому, що енергоспоживання тестового обладнання є на нормальному рівні і не змінюється протягом часу тестування, наприклад, автоматичними системами керування.

Нижче наведені інші приклади застосування тестового контролю.

Електропостачання виробничих механізмів і системи освітлення.

Коли виробничий процес зупиняється (наприклад, під час обідньої перерви чи в кінці робочого дня), освітлення залишається увімкненим ще на кілька хвилин. За умови, що вимкнені всі виробничі механізми, ви можете точно виміряти кількість електроенергії, що споживається електричним освітленням.

Стиснене повітря. Коли виробничий процес зупиняється і нема потреби в стисненому повітрі, залишіть компресори увімкненими ще на кілька хвилин. Споживана компресорами енергія покаже розмір витоків стисненого повітря. Якщо компресори періодично вмикаються, вам слід виміряти час завантаження-незавантаження компресорів, щоб оцінити рівень втрат повітря і кількість спожитої електроенергії.

Щодо застосування тестовою контролю є певні застереження.

Тестовий контроль, найефективніший, коли а усього працюючої обладнання вимикаються деякі електроприймачі (чи їх групи) на певні проміжки часу. Ця система не завжди спрацьовує у зворотному напрямі, оскільки деякі електроприймачі (а саме люмінесцентні лампи, електродвигуни, системи стисненого повітря) споживають більше енергії в режимі увімкнення, ніж в усталеному робочому режимі.

Тестовий контроль може застосовуватися виключно до обладнання, яке споживає протягом інтервалу сталу потужність. Якщо під час тестування обладнання автоматично вмикається і вимикається (наприклад, холодильник), можна одержати хибний результат. Однак, зауважимо, що в попередньому прикладі з повітряними компресорами, залишеними для тестування втрат в робочому стані, це не має значення, оскільки компресори в умовах прикладу є єдиним контрольованим споживачем енергії

7.2.4 Оцінка споживання енергії

Одним із основних способів визначення споживання енергії, в якому вимірники не використовують, є оцінка споживання. Спосіб застосовують в ситуаціях, коли вимірювання енергії і її потоків лічильниками неможливе, а споживання енергії оцінюють за параметрами і режимом роботи наявного обладнання. На практиці (через обмеження ресурсів і часу) це один з основних методів визначення енергоспоживання різними споживачами на об'єкті. Річне споживання енергії W (кВт*год) одержують шляхом перемноження номінальної потужності обладнання P (кВт) на коефіцієнт середнього завантаження k_z , (цей добуток дає середнє завантаження обладнання) та на час використання обладнання протягом року T , (годин).

$$W = P * k_z T_e$$

Перевага методу полягає в тому, що для визначення споживання не потрібні спеціальні вимірники, а недоліком є те, що він ґрунтується на певних припущеннях. Через необхідність приймати певні припущення метод дає достовірні результати за умови, що добре відомі особливості експлуатації

обладнання. Наприклад, якщо відома кількість і потужність ламп, які освітлюють майданчик маркування машин, а також час, протягом якого впродовж року ці лампи увімкнені, то описуваний метод може дати досить точний результат. Для обладнання, яке протягом виробничого процесу змінює потужність, розрахунок енергоспоживання є складнішим. У цих випадках можуть допомогти заміри, виконані на обладнанні його виробниками. Крім того, можна використати дані опубліковані інститутами енергетичних обстежень. Дуже часто буває важко визначити точно тривалість роботи обладнання. В таких випадках можна опитати операторів. Крім того, якщо робота обладнання контролюється автоматично (наприклад, вимикачем з годинниковим механізмом), це також може дати потрібну інформацію.

Для успішного використання в енергоаудиті способу оцінки споживання аудитор повинен знати достовірне значення коефіцієнта завантаження обладнання та проводити перехресну перевірку результатів, порівнюючи їх з відомими нормами та загальним споживанням енергії.

Ключовим моментом визначення обсягу споживання за способом оцінки є збирання даних. Розглянемо можливі джерела одержання необхідної інформації детальніше.

Номінальна потужність обладнання. Цю інформацію можна одержати з кількох джерел, а саме: з інформаційної таблички (шильду) обладнання, з інструкції щодо експлуатації, з попереднього досвіду роботи за відомою потужністю чи аналогічного обладнання.

Коефіцієнт середнього завантаження. Хоч ця інформація іноді може бути одержана з інструкції чи опублікованих обстежень, аудитору часто доводиться самостійно оцінювати варіанти завантаження протягом експлуатаційного періоду. Інколи не може бути визначено за показами вимірників, наприклад, стаціонарних амперметрів чи струмовимірних кліщів.

Час використання обладнання впродовж року. Інформація може бути одержана за показами контрольних пристроїв та умови їх точної роботи. Необхідно враховувати тривалі інтервали роботи обладнання в різних режимах, наприклад, у випадку оптимізації роботи систем опалювання за умовами підтримування в приміщеннях різної температури в робочий та позаробочий час. Опитування операторів - також добре джерело для уточнення тривалості роботи обладнання, однак оператори часто не впевнені в тому, як часто використовується деяке обладнання. Тому слід розрізняти непрацююче обладнання і обладнання, яке функціонує нормально. Розраховуючи час використання обладнання впродовж року, необхідно брати до уваги простоювання обладнання у зв'язку з запланованими та незапланованими поточними ремонтами.

7.2.4.1 Оцінка споживання електроенергії системами освітлення

Оскільки певні види ламп споживають відому потужність (за винятком ламп з регуляторами освітленості), освітлення - це навантаження, споживання

електроенергії яким розраховується відносно просто. Приклад визначення енергоспоживання системами освітлення наведений в таблиці. 7.2

Таблиця 7.2 Перелік освітлювального навантаження

Приміщення, територія	Встановлена потужність, кВт	Умови експлуатації		Річне споживання енергії
		Час використання, годин	Коефіцієнт завантаження	
Офісний блок	24	2400	0,5	28800
Механічний цех	62	4900	0,8	243040
Ливарний цех	48	4900	0,8	188160
Склад	18	2400	0,5	21600
Інженерний відділ	17	2400	0,7	28560
Зовнішнє освітлення	11	3600	0,9	35640
Разом	180			545800

Під час оцінювання споживання енергії освітлювальними системами необхідно враховувати наведені нижче міркування

Максимальна потужність системи освітлення це потужність ламп (Вт). а для люмінесцентних і газорозрядних ламп ще й потужність витрат в колі керування (Вт). Лампи розжарювання з вольфрамовою спіраллю на напругу 220 В не вимагають ніякого пристрою керування окрім вимикача, втратами в якому нехтують. Втрати потужності в перетворювачах галогенних ламп низької напруги звичайно досягають 10% від потужності ламп.

Коефіцієнт середнього завантаження. Тут слід брати до уваги лампи, що працюють в режимі регульованої освітленості. Необхідно враховувати також обслуговування освітлювального обладнання. Наприклад, заводські цехи з високими проїмами можуть мати в середньому 10-20% несправних ламп між черговими поточними ремонтами.

Час використання обладнання впродовж року. Цей час оцінюється, виходячи з тривалості роботи, з врахуванням завантаження (офіси) і часу використання природного освітлення. Необхідно брати до уваги наявне автоматичне керування.

7.2.4.2 Оцінка споживання енергії електроприводами (вентиляторів і pomp)

Найбільшу кількість енергії на виробництві споживають, електродвигуни. Крім приводу верстатів і механізмів, різноманіття яких залежить від характеру виробництва, практично на всіх виробництвах електродвигуни застосовують для приведення в рух вентиляторів, pomp, ліфтів, конвеєрів та компресорів. Приклад визначення кількості енергії, що споживається вентиляторами, наведений в таблиці. 7.3

Таблиця 7.3. Визначення споживання електроенергії пристроями кондиціонування повітря

Призначення пристрою	Потужн. двигунів, кВт	Умови експлуатації: час використання*коefficient завант., годин	Річне споживання енергії, кВт*год
Постачання повітря в адмінприміщення	3,75	8760*0,5	16425
Витяжна вентиляція адмінприміщення	3,30 (оцінка)	8760*0,5	14454
Постачання повітря в палату 1/2	4,12	8760*1,0	36091,2
Постачання повітря в палату 3/4	4,12	8760*1,0	36091,2
Постачання повітря в палату 5/6	4,12	8760*1,0	36091,2
Постачання повітря в палату 11/12	4,12	8760*1,0	36091,2
Постачання повітря в палату 15/16	2,25	8760*1,0	19710
Постачання повітря в палату 17/18	2,25	8760*1,0	19710
Постачання повітря в пральню	0,50 (оцінка)	8760*0,3	1314
Витяжна вентиляція пральні	0,22	8760*0,3	5781,6

Постачання повітря в палату 9	2,25	8760*0,1	19710
Постачання повітря в їдальню	1,50	8760*1,0	13140
Постачання повітря на кухню	7,50	8760* -	-
Витяжна вентиляція кухні 1	0,82	8760*0,6	4309,9
Витяжна вентиляція кухні 2	1,20	8760*0,6	6307,2
Витяжна вентиляція кухні 2	1,20	8760*0,6	6307,2
Витяжна вентиляція кухні 3	1,10	8760*0,6	5781,6
Постачання повітря в хол	3,75	8760*1,0	32850
Витяжна вентиляція холу	3,30 (оцінка)	8760*1,0	28908
Постачання повітря в коридор	3,75	8760*1,0	32850
Постачання повітря в фізіотерапевтичне відділення	1,12	8760*1,0	9811,2
Разом	57,29		395137,3

Розглянемо деякі особливості, які слід враховувати під час визначення кількості електроенергії, що споживають двигуни вентиляторів та pomp.

Номинальна потужність електродвигунів. Номинальна потужність двигуна звичайно вказана на його інформаційній табличці (шильдї).

Коефіцієнт середнього завантаження. Коефіцієнт середнього завантаження можна визначити за допомогою наявного амперметра чи струмовимірних кліщів. Його можна також обчислити через виміряне постачання повітря (води), яке порівнюють з номінальною продуктивністю вентилятора (помпи), за цим співвідношенням визначають власне енергоспоживання (див. графік нижче). Необхідно також враховувати наявність

системи автоматичного керування приводів з регульованою швидкістю (див. графік нижче).

Робочий час впродовж року. Для визначення тривалості роботи електроприводу слід виходити з графіку роботу обладнання, що обслуговується вентиляційною чи помповою системою. Потрібно також враховувати перебування двигуна в стані гарячого (холодного) резерву, а також наявність системи автоматичного керування.

Кількість енергії, що споживається двигунами вентиляторів чи pomp Залежить від номінальної потужності двигуна і обсягу виконаної роботи. Якщо двигун, потужність якого відповідає потужності вентилятора чи насоса, постійно працює на повну потужність, то він забезпечує запланований максимальний обсяг вентилявання повітря (помпування води). Однак, часто цей обсяг є надлишковим. Зменшити його з відповідним зменшенням енергоспоживання можна за допомогою засувки або регулюванням швидкості обертання двигуна. На рис.7.7 наведено зв'язок між відносною споживаною потужністю та відносною продуктивністю (витратою) для вентилятора (а) та помпи (б) в залежності від способу регулювання продуктивності механізмів.

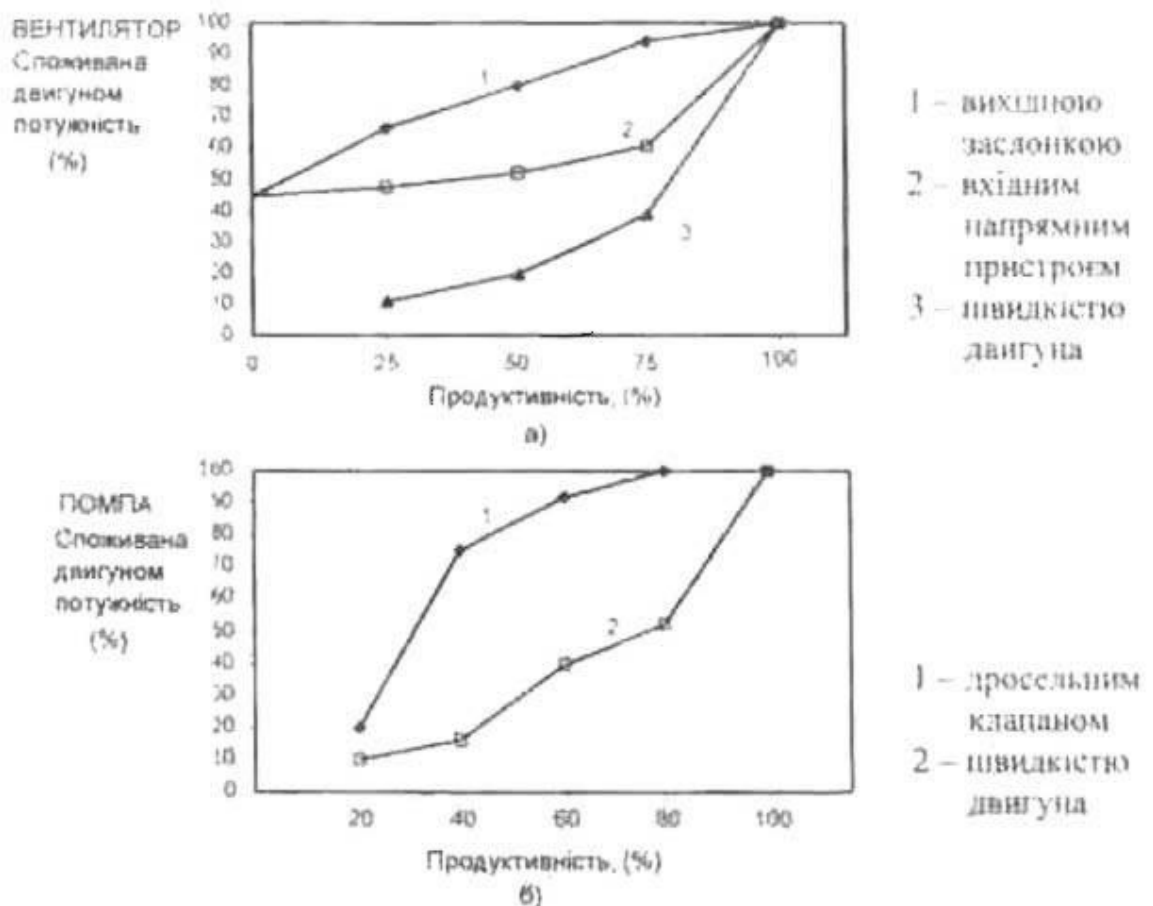


Рис.7.7. Зв'язок між відносною споживаною потужністю та відносною продуктивністю (витратою)

На рис. 7.7 видно, що для обох механізмів використаний механічних пристосувань, таких як засувки, менш ефективно, ніж електронних регуляторів швидкості двигуна, наприклад, регуляторів частоти.

Визначаючи споживання енергії обертовими електроприводами вентиляторів і pomp, енергоаудитор повинен враховувати всі перелічені вище фактори. Це допоможе виявити потенціал енергоощадності, наприклад, за рахунок ефективного керування потоками.

7.2.4.3 Оцінка споживання енергії повітряними і холодильними, компресорами

Керування повітряними і холодильними компресорами з електроприводними пристроями здійснюють чотирма головними способами.

Керування тину "увімкнути-вимкнути". Цей спосіб застосовують в основному для невеликих поршневих компресорів. Компресор підвищує тиск повітря в системі і у випадку досягнення певного значення тиску двигун компенсатора вимикається. Коли тиск знижується, компресор знову вмикається.

Керування типу "з навантаженням - без навантаження". Цей спосіб використовують для більших поршневих компресорів, для яких часті вмикання і вимикання можуть викликати пошкодження двигуна. Тому тут у випадку досягнення бажаного рівня тиску використовують клапани, які дозволяють поршням рухатися без надсилання повітря в резервуар стисненого повітря. Цей метод дозволяє заощадити велику кількість енергії, хоч компресор, працюючи без навантаження, все ще споживає значну кількість енергії.

Керування типу "повне навантаження - половина навантаження", Це варіант описаного вище способу керування, в якому існує положення між повним навантаженням і без навантаження під час якого механізм використовується наполовину, щоб зменшити рівень виробітку повітря.

Керування типу "повне регулювання". Цей спосіб звичайно використовують для ротаційних гвинтових компресорів чи турбокомпресорів і дозволяє подавати повітря відповідно до попиту на нього. В деяких випадках можлива зміна продуктивності компресора у співвідношенні 3:1, чи навіть 4:1. Звичайно для цього використовують зміну робочого об'єму циліндрів гвинта чи турбіни, хоч в деяких випадках використовують двигуни зі змінною швидкістю обертання. Однак, завжди зі зменшенням навантаження має місце зменшення ефективності.

Тепер зупинимося на деяких особливостях, які слід враховувати під час визначення кількості електроенергії, що споживають двигуни повітряних і холодильних компресорів.

Номінальна потужність електродвигунів. Номінальна потужність двигуна звичайно вказана на його інформаційній таблиці (шильдї).

Коефіцієнт середньою завантаження. Оцінка коефіцієнта завантаження звичайно базується на замірах часу роботи компресора в різних режимах.

Дані про навантаження двигуна для різних режимів компресора звичайно подають заводи-виготовлювачі компресорів.

Робочий час впродовж року. Цей показник ґрунтується на кількості годин, протягом яких потрібне стиснене повітря (охолодження).

Розглянемо процедуру оцінки споживання електроенергії на прикладі повітряного компресора.

Поршневий повітряний компресор, що постачає повітря під тиском 0,7 МПа. працює з керуванням типу "повне навантаження - половина навантаження - без навантаження". Енергоаудитор фіксує час роботи компресора в різних режимах (які відрізняють за характером звуку і за зміною тиску повітря) протягом приблизно двадцяти хвилин в умовах нормальної роботи.

Результати замірів показані на графіку і в таблиці 7.4.

Характер навантаження	Час, с	%
Повне	371	31
Половинне	697	59
Безнавантаження	115	10
Разом	1183	100

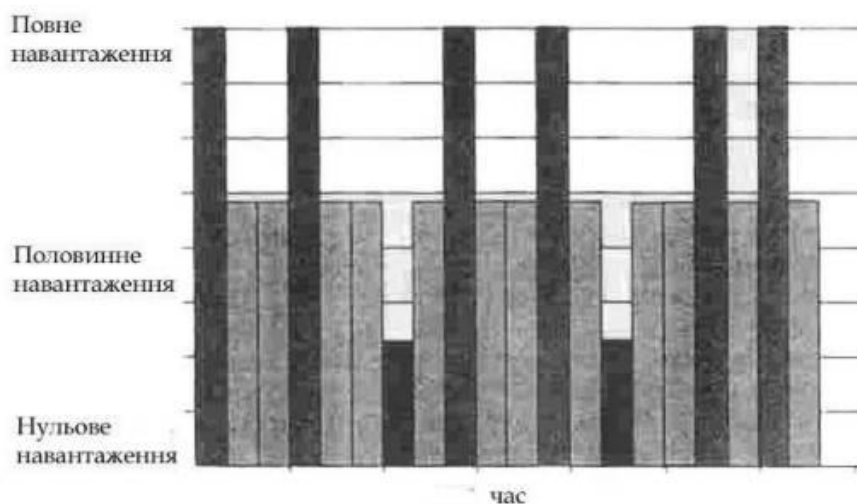


Рис.7.8. До оцінки енергоспоживання повітряного компресора

За даними спостережень на підставі даних заводу-виготовлювача компресора визначені потужність двигуна і продуктивність компресора в різних режимах, таблиця 7,5

Таблиця 7.5 Потужність двигуна і продуктивність компресора в різних режимах роботи

Режим роботи	Потужність двигуна, кВт	Продуктивність компресора, м ³ повітря/хв
Повне навантаження	120	828
Половинне навантаження	73	394
Без навантаження	34	0

З використанням даних табл. 3.6 виконано розрахунок середньої потужності двигуна:

$$P_{cp} = (120 \text{ кВт} * 371 \text{ с} + 73 \text{ кВт} * 679 \text{ с} + 34 \text{ кВт} * 115 \text{ с}) / 1185 \text{ с} = 83,95 \text{ кВт}$$

звідси коефіцієнт середнього завантаження

$$k_3 = P_{cp} / P_{ном} = 83,95 / 120 = 0,7$$

Аналогічно можна розрахувати середню продуктивність компресора. Потім для визначення розміру витoku повітря, наприклад, через неправильну експлуатацію, цю середню продуктивність можна порівняти з сумою нормального споживання повітря всім задіяним повітряно-компресорним обладнанням.

7.2.4.4 Оцінка споживання енергії іншими електроприводами і офісним обладнанням

Крім вентиляторів, pomp і компресорів обертові електроприводи застосують і в іншому обладнанні. Прикладами можуть служити ліфти, конвеєри, вакуумні насоси і серводвигуни для автоматичного обладнання. Для такого обладнання нема чітких правил оцінки електроспоживання. Кожен випадок розглядають індивідуально. Використання персональних комп'ютерів, принтерів і іншого офісного обладнання зумовлює зростання споживання енергії. Простий спосіб оцінки енергоспоживання полягає в:

- підрахунку годин використання обладнання впродовж року
- використанні даних про потужність відповідного обладнання.

Номінальна потужність персональних комп'ютерів лежить в межах 90-140 Вт, середня - в межах 49-128 Вт. моніторів - номінальна в межах 60-205 Вт. середня - в межах 32-198 Вт, лазерних принтерів - номінальна в межах 650-900 Вт,

середня - в межах 75-125 Вт, копіювальних апаратів - номінальна в межах 1250-2200 Вт, середня - в межах 120-990 Вт.

7.2.4.5 Оцінка споживання енергії електронагрівальним і холодильним обладнанням

Електронагрівальне обладнання містить широку гаму приладів різноманітного призначення. Сюди належить устаткування підприємств громадською харчування (електричні печі), пралень (сушильні камери), випробувальних стендів (кліматизаційні камери). У промисловому виробництві застосовують електричне обладнання, що генерує пару (для заводських пресів, парових стерилізаторів). Електричну енергію використовують у високотемпературних електротермічних установках (топлення алюмінію; інфрачервоне, індукційне і високочастотне нагрівання, пряме резистивне нагрівання).

Холодильне обладнання базується на парокомпресійному циклі теплової помпи, але можуть застосовуватися й електронагрівальні пароабсорбційні цикли.

Навряд чи вимагається оцінка енергоспоживання високотемпературних і електронагрівальних процесів, оскільки відповідне устаткування має власні лічильники. Однак, для невеликих користувачів оцінка споживання, як правило, єдиний практичний шлях визначення кількості спожитої енергії. Приклад визначення споживання енергії електронагрівальним обладнанням наведений в таблиці 7.6

Таблиця 7.6 Оцінка споживання енергії електронагрівальним та холодильним обладнанням

Електрообладнання	Потужність двигунів, кВт	Умови експлуатації: час використання*коefficient завант., годин	Річне споживання енергії, кВт*год
Відцентрова пральна машина	2,0	1040*0,6	1248
Тунельна пральна машина	86,0	1040*0,5	44720
Центрифуга 1	2,2	208*1,0	457,6
Центрифуга 2	2,0	26*1,0	52
Центрифуга 3	2,0	26*1,0	52
Електропіч	9,0	4992*0,2	8985,6

Сублимаційна установка 1	7,5	4680*0,1	35100
Сублимаційна установка 2	7,5	2600*0,1	19500
Сублимаційна установка 3	4,0	2340*1,0	9360
Сублимаційна установка (мікро)	1,0	3744*0,7	2620,8
Пральна машина Доусона	1,0	1040*0,6	624
Центрифуга (мікро)	2,0	26*1,0	52
Холодильник	0,22	8765*0,3	578,49
Обладнання цеха	42,0	104*0,8	577,9
Разом	168,42		126843,7

Зупиняємося тепер на обставинах, які слід враховувати під час визначення номінальної потужності обладнання, його коефіцієнта середнього завантаження та річного часу використання.

Номінальна потужність обладнання. Звичайно номінальна потужність обладнання вказується на його інформаційній табличці (шильдї). Слід звернути увагу, що для деякого обладнання може вказуватися окремо потужність приводу і потужність наїривальних елементів.

Коефіцієнт середнього завантаження. Тут слід враховувати як періоди нагрівання, коли обладнання працює на повну потужність, так і періоди підтримання температури з частковим (близько 30%) споживанням енергії. Обладнання, яке працює короткими циклами, може мати вищий коефіцієнт середнього навантаження, ніж обладнання, що працює на одному рівні протягом тривалого часу.

Робочий час впродовж року. Визначення цієї величини є проблематичним. Найкращий метод оцінки тривалості роботи протягом року - досвід операторів.

7.2.4.6 Оцінка споживання енергії паронагрівальним обладнанням

Для крупних споживачів технологічної пари обсяг споживання визначається шляхом прямих вимірів чи аналізом енергопотоків. Але для невеликих споживачів єдиним шляхом визначення кількості спожитої енергії є оцінка споживання.

Прикладами паронагрівального обладнання може бути обладнання підприємств громадського харчування (варильні казани, пароварильні апарати), обладнання пралень (пральні машини, сушильні камери), обладнання з процесами нагнітання пари (автоклавні стерилізатори, каустичні резервуари), обладнання з середньотемпературними процесами (кубові фарбники, текстильне сушіння, виробництво паперу).

Приклад оцінки енергоспоживання паронагрівальним обладнанням наведений в таблиці 7.7

Таблиця 7.7 Оцінка енергоспоживання паронагрівальним обладнанням

Обладнання, що споживає пару	Норма споживання пари, кг/год	Тривалість роботи впродовж року, год.	Річне споживання енергії, ГДж*
Пральна відцентрова машина	10	1040	24,22
Тунельна пральна машина	2*9	1040	43,60
Автоклави	400*4	780	3283,24**
Пастеризаційні ванни	30*2	2340	326,99
Сублімаційна установка 1	150	156	54,50
Сублімаційна установка 2	100	156	36,33
Сублімаційна установка 3	150	156	54,50
Автоклави (мікро)	2*250	420	683,80**
Етаноловий колектор	2*40	4992	1050,32**
Разом	2668		5556,50**

Примітки:

* Під час обчислення витрат енергії не враховані втрати в котлі. За середньої ефективності котла 82,1%, валове енергоспоживання становить 6767,97 ГДж.

** Врахований той факт, що це обладнання не повертає конденсат.

Зупинимося на обставинах, які слід враховувати під час визначення енергоспоживання паронагрівальним обладнанням.

Норма споживання пари. Норма споживання пари зазвичай вказана на інформаційній таблиці (шильдї) обладнання. Норма споживання задається стосовно певного тиску пари. Відхилення тиску пари від нормованого значення повинно бути враховане.

Коефіцієнт середнього завантаження. Цей коефіцієнт враховує як періоди нагрівання (коли обладнання працює на повну потужність), так і періоди підтримання температури (обладнання працює з 30% потужністю). Отже, обладнання, що працює в режимі короткочасних циклів, може мати більший коефіцієнт середнього завантаження, шж обладнання, що працює на одному рівні протягом тривалого періоду часу. Деяке парон айр і вальне обладнання мас лише ручне керування, а, отже, має сталу норму споживання пари.

Тривалість роботи обладнання впродовж року. Оцінка цієї величини часто є проблематичною. Найкращий метод оцінки годин роботи обладнання - опит операторів.

7.2.4.7 Оцінка споживання енергії газонагрівальним обладнанням

У випадку високотемпературних процесів кількість спожитого газу звичайно вимірюють лічильниками, або обсяї йою споживання може бути одержаний і аналізу потоків. Однак для невеликих споживачів кількість спожитого газу иоже бути визначена за способом оцінки споживання.

Прикладами типового невеликого газонагрівального обладнання може бути обладнання підприємств громадського харчування (газові печі), обладнання пралень (сушильні камери), обладнання середньотемпературних процесів (стентори, циліндри Янкї), обладнання високотемпературних процесів (топкові камери).

В таблиці 7.8 наведений приклад оцінки споживання газу газонагрівальним обладнанням.

Таблиця 7.8 Оцінка споживання енергії газонагрівальним обладнанням

Газоспоживальне обладнання	Норма споживання, м ³ /годин	Тривалість роботи впродовж року, год.	Річне споживання енергії, ГДж*	
			м ³	ГДж

Варильні казани	4*2,17	1825*0,3	4752,5	184,85
Піч опалення 1	1,57	-	-	-
Піч опалення 2	2,63	-	-	-
Піч опалення 3	3,44	3285*0,4	3285*0,4	176,07
Подвійний вулканізований цукрувальний апарат	2,00	2920*0,7	4102,1	159,59
Жаровня	0,68	73*10	49,5	1,93
Цукрувальний апарат	2*2,17	1095*0,8	3801,8	147,88
Разом	23,34		17231,4	670,32

Під час оцінювання споживання енергії газонагрівальним обладнанням слід враховувати наведені нижче міркування.

Норма споживання газу. Норма споживання газу зазвичай буває вказаною на інформаційній таблиці (шильдї) обладнання. Часто подають інтервал значень (наприклад 1,02-1,1 м³/годину), чим враховують нормальні відхилення теплотворної здатності газу.

Коефіцієнт середнього завантаження. В цьому показнику враховують періоди нагрівання (коли обладнання працює на повну потужність) та періоди підтримання температури (коли обладнання працює приблизно з 30% потужністю) Отже, обладнання, яке працює в режимі короткотривалих циклів, може мати вищий коефіцієнт завантаження, ніж обладнання, яке працює на одному рівні навантаження протягом тривалого часу.

Тривалість роботи обладнання впродовж року. Оцінка цього показника часто є проблематичною. Найкращий спосіб визначення тривалості роботи обладнання - досвід операторів.

7.3 Потоки енергії на об'єкті

Для оцінювання ефективності перетворення одного виду енергії в інший, а також визначення загального споживання енергії енергоаудитору слід проаналізувати потоки енергії. Це можуть бути первинні (енергія на вході), вторинні (енергія на виході), чи навіть третинні потоки енергії. Крім того, аналіз потоків енергії дає можливість за значенням легко вимірюваного параметра визначити значення параметра енергоспоживання, який важко виміряти безпосередньо.

7.3.1 Потоки енергії в паровому котлі

Рис.7.9 показує різні вимірювані потоки в котельній. На цьому прикладі простежимо, як можна використати виміряні потоки для визначення інших параметрів.

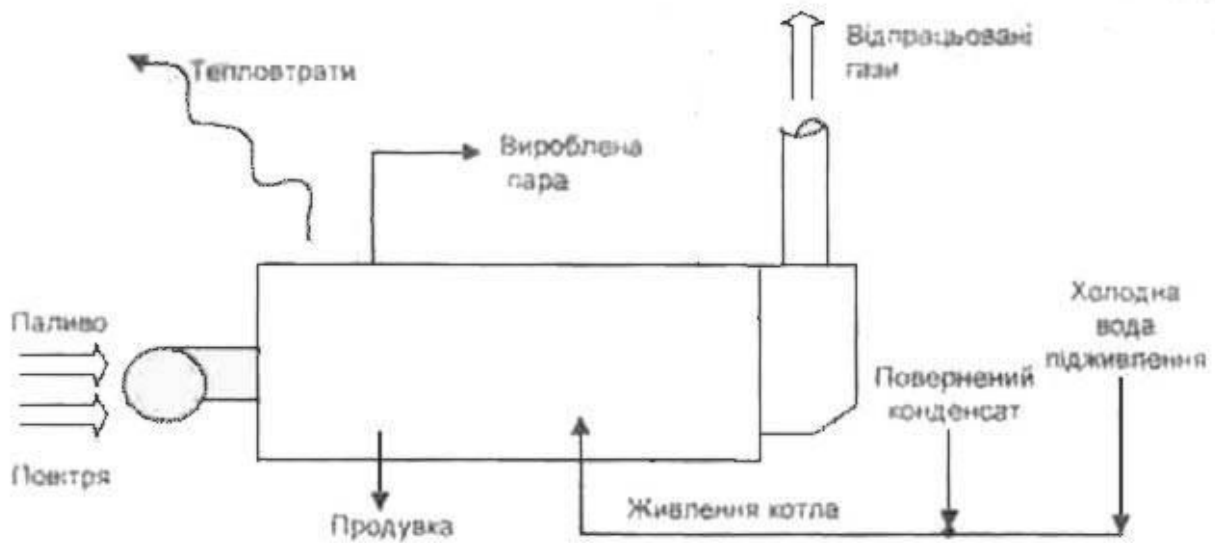


Рис.7.9. Потоки енергії в котельній

Відомо, що загальний об'єм холодної води підживлення рівний сумі об'ємів води, що продувається з котла, і інших втрат системи (а саме, заплановані втрати, такі як системи вприскування пари, та неконтрольовані втрати, такі як викиди і витіки пари). Втрати з продувкою можна легко оцінити за тиском котла, розміром і тривалістю продувки труб і, таким чином, визначити суму всіх інших втрат пари (конденсату). Цю величину можна порівняти з запланованими і незапланованими втратами, щоб виявити область покращання. Ще один корисний показник ефективності - значення втрат пари як відсоток від загальної кількості виробленої пари.

Аналогічно, вимірюючи потік палива і кількість виробленої пари, можна визначити ефективність котла за певний проміжок часу. Порівнюючи цю величину з результатами тесту процесу спалювання палива, можна виявити невідповідність величин одна одній чи використати кожен набір даних для перевірки точності інших величин. Якщо обидва розрахунки ефективності відповідають один одному, можна обчислити втрати поза процесом горіння, такі як втраги через випромінювання і конвекцію, втрати продувки і втрати коротких циклів.

7.3.2 Аналіз потоків енергії в теплообміннику

Принцип будови типового теплообмінника (калорифера) який використовує тепло пари для нагрівання води, показаний на рис.7.10

В цьому прикладі встановлення недорогого лічильника холодної води дає можливість виміряти споживання води і енергії. Споживання води обліковується

лічильником безпосередньо, а енергоспоживання можна обчислити як добуток кількості води на теплоємність і на зміну температури (задана температура на виході мінус температура вхідної холодної води). Цей добуток відповідає кількості вилученого з пари тепла, рівного сумі поглинутого водою тепла і втрат тепла з поверхні теплообмінника.

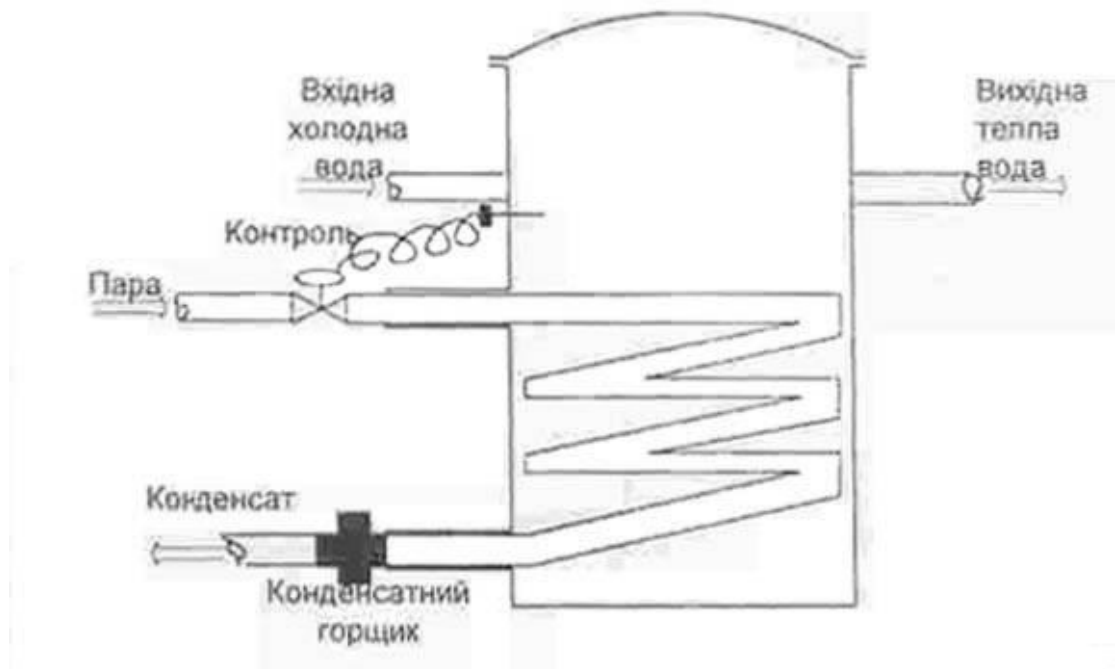


Рис.7.10. Потоки енергії в теплообміннику

7.3.3 Аналіз потоків енергії в холодильній установці

Система охолодження реалізує цикл перетворення енергії, в якому кількість тепла, що виводиться конденсатором та за рахунок поверхневих втрат, дорівнює кількості енергії, поглиненої випарником та поданої до компресора. Таким чином, вимірявши будь-які дві з них компонент, ми можемо обчислити третю. Цим ми не лише визначимо загальну кількість спожитої енергії, але й довідаємося, наскільки добре працює система.

На рис.7.11 показана пароконпрсорна система охолодження, в якій для охолодження використовується холодна вода, а також показана градирня водяного охолодження відкритою циркуляцією, в якій як засіб ефективного охолодження конденсатора використовується принцип паропоглинання.

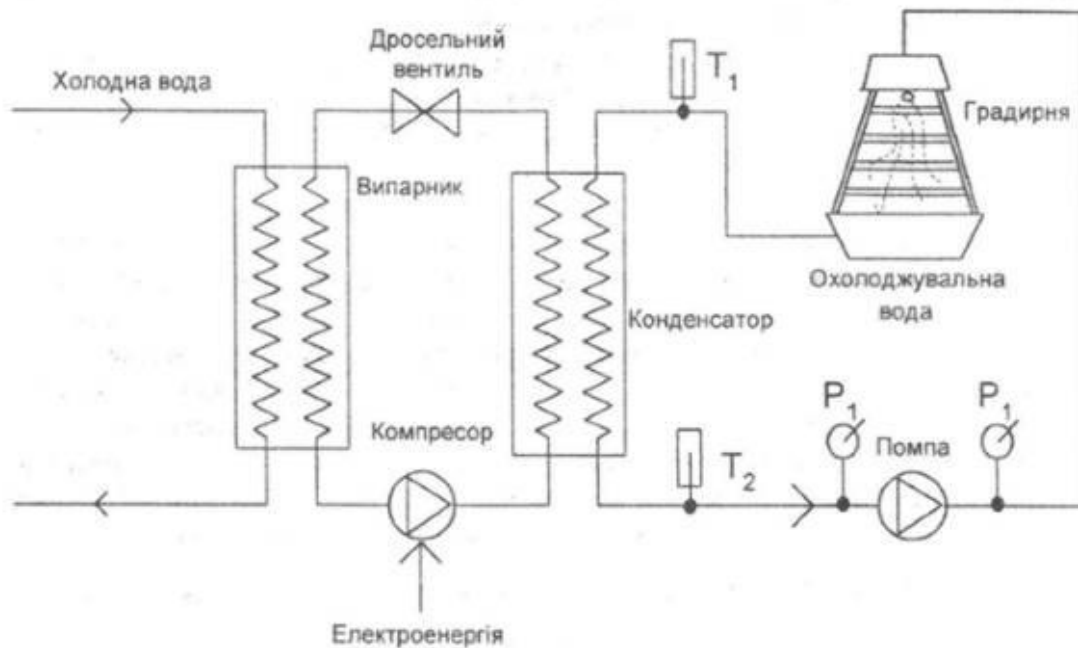


Рис.7.11. Парокомпрссорна система охолодження

Енергоаудитору слід зосередити увагу на операційній ефективності системи, зокрема, на розрахунку коефіцієнта ефективності системи і ефективності роботи стояка водяного охолодження.

В цьому прикладі споживання електроенергії вимірюється стаціонарним або тимчасовим лічильником, а кількість тепла, що відводиться в градирні водяного охолодження визначають на основі вимірювання температур в прямому і зворотному трубопроводі. Його обчислення здійснюють множенням теплоємності води на масу води, яка визначається на основі різниці тисків на вході та виході помпи (або за показами не врізаного в мережу лічильника води) на різницю температур.

Відношення виділеного тепла до спожитої електроенергії позначають , тобто коефіцієнт теплопродуктивності. За означенням співвідношення між коефіцієнтом теплопродуктивності та коефіцієнтом охолодження (відношення тепла охолодження до кількості електроенергії) задається формулою:

Таким чином, ми можемо порівняти розраховані коефіцієнти з очікуваними, що базуються на даних підприємства. Це допоможе визначити операційну ефективність та виявити резерви заощадження.

Інша область обстеження - це сама градирня водяного охолодження В цьому випадку слід виміряти параметри охолоджувального повітря і повітря, що нагнітається з вершини градирні з врахуванням показів сухого та змоченого термометрів. Якщо різниця температур охолодженої води, що повертається в конденсатор, і повітря доквілля за показами змоченого термометра лежать в межах 2°C. то для багатьох систем це є показником високої ефективності. Відносна вологість повітря, то входить в градирню водяного охолодження повинна становити біля 70-90%. Якщо вологість менша, то це свідчить про надлишкову штучну вентиляцію (якщо така наявна) стосовно кількості води, яку

потрібно охолодити, або про те, що градирня вимагає ремонту, а саме, модернізації системи розпилювання води і поверхонь теплопередачі. Якщо вологість перевищує наведену раніше, то це свідчить про те, що в градирню водяного охолодження подається недостатньо повітря, за винятком випадків, коли висока вологість є результатом дуже високої вологості доквілля.

7.3.4 Оцінка потоків рідин і газів за економічною швидкістю в трубопроводах

У правильно спроектованих установках рідини та газу переміщуються в трубопроводах з економічно доцільною швидкістю (таблиця 7.9), що дозволяє оцінити витрату за розмірами трубопроводів.

Таблиця 7.9 Діапазон економічно доцільних швидкостей в трубопроводах (м/с)

Речовина	Низький тиск (0-0,8 МПа)	Високий тиск > 0,8 МПа
Вода	1,5-2,0	3,0
Природний газ, повітря	6,0-7,0	12,0-13,0
Волога пара	20,0	25,0
Суха насичена пара	28,0-30,0	40,0-43,0
Перегріта пара	40,0	55,0

Для оцінки об'ємної витрати Q_v необхідно знати внутрішній діаметр труби d (м). За швидкості V (м/с) Q_v визначається за формулою:

$$Q_v = V\pi d^2 / 4 \text{ (м}^3\text{/с)}$$

Масова витрата Q_m для рідини з густиною ρ (кг/м³) визначається за формулою:

$$Q_m = \rho Q_v \text{ (кг/с)}$$

Наприклад, для водогону низького тиску з внутрішнім діаметром труби 50 мм масову витрату можна оцінити такими показниками:

$$Q_v = 3,14 * 0,05^2 \text{ (м}^2\text{)} * 2 \text{ (м/с)} / 4 = 3,925 * 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)}$$

$$Q_m = 1000 \text{ (кг/м}^3\text{)} * 3,925 * 10^{-3} \text{ (м}^3\text{/с)} = 3,925 \text{ (кг/с)}$$

Годинна витрата:

$$Q_{\text{за год}} = 3,925 \text{ (кг/с)} * 60 \text{ (хв/год)} * 60 \text{ (с/хв)} = 14130 \text{ (кг/год)}$$

$$Q_{m \text{ год}} = 14,13 \text{ (т/год)}$$

7.4 Співставлення і перехресна перевірка даних про енергоспоживання

Після завершення збору інформації про споживання енергії на підставі вимірювань, оцінки і аналізу потоків енергії виконують співставлення даних шляхом додавання використаної всіма споживачами електроенергії, пари, тощо. Ця процедура детально розглядається нижче. Однак, під час співставлення даних часто виявляється невідповідність, тобто сума індивідуального енергоспоживання не завжди узгоджується з виміряним загальним енергоспоживанням.

Якщо виявлені великі відмінності між сумою показів окремих лічильників, встановлених на об'єкті, і основного лічильника, то можна виконати такі дії:

- з'ясувати, чи є такого ж порядку різниця місячних показів;
- з'ясувати, чи є серед об'єктових лічильників такі, покази яких не зчитуються і не обліковуються;
- з'ясувати, чи є неконтрольовані споживачі енергії;
- провести протягом тижня щоденне зчитування лічильників і визначення розбіжностей;
- перевірити співвідношення номінальних параметрів лічильників і їх перетворювачів (наприклад, номінальних струмів трансформаторів струму) і дійсних значень потоків;
- викопати повірку підозрілих лічильників.

Для виявлення помилок, допущених в ході обстеження чи співставлення даних, проводиться перехресна перевірка даних.

- Існує кілька різних методів перевірки правильності виміряного чи оціненого енергоспоживання:
- вхідний-вихідний паливно-енергетичний баланс;
- баланс маси;
- ефективність використання енергії;
- порівняння з показниками роботи.

7.4.1 Вхідний-вихідний паливно-енергетичний баланс

Розглянемо приклад проведення аудиту електроенергії на заводі. Аудитор визначив річне споживання електроенергії, розділив його на чотири категорії використання: освітлення, вентиляція, стиснене повітря та інша енергія (таблиця 7.10).

Таблиця 7.10 Споживання підприємством електроенергії

Загальне споживання електроенергії за рік (за даними електролічильника компанії)	4203250 кВт*год
Перевірене споживання енергії	
- освітлення	980000 кВт*год
- вентиляція	250000 кВт*год
- стиснене повітря	14120000 кВт*год
- невиробнича енергія	1258500 кВт*год
Сумарене споживання	3900500 кВт*год

Різниця між загальним і сумарним споживанням - 302750 кВт-год (7,2% від загального споживання).

Обчисливши сумарні споживання, аудитор зауважив, що ця величина на 7,2% менше аналогічної величини, зафіксованої електролічильником підприємства. Ця різниця може бути віднесена на різноманітні невеликі споживачі. У випадку, якщо різниця дуже велика чи від'ємна, це вказує на помилку в аудиті, яка повинна бути виявлена.

Перейдемо тепер до розгляду, як прикладу, аудиту котельної (таблиця 7.11). Тут спожите паливо множать на теплотворну здатність, а вироблену кількість пари - на чисту ентальпію. Таким чином, одержуємо енергію палива і енергію пари в однакових одиницях енергії - в ГДж.

Оскільки парові котли не можуть досягати такої високої ефективності, як одержана в наведеному прикладі, це свідчить про помилку в аудиті. Деякі дані потребують перевірки.

Таблиця 7.11 Паливно-енергетичний баланс парового котла

Загальне споживання палива (мазут)	1570420 кг
Теплотворна здатність палива	40,6 МДж/кг
Разом паливна енергія	63759 ГДж
Всього вироблено пари	25200 тон
Ентальпія пари	2730 кДж/кг

Ентальпія живильної води котла	293 кДж/кг
Разом енергія пари	61412 Гдж
Розрахункова ефективність (ККД)	96,3%

7.4.2 Баланс маси.

Перехресна перевірка за балансом маси пари і конденсату може -бути застосована до парового котла. На рис.7.12 показані потоки пари і води, які можуть бути виміряні в системі парогенерації та утилізації.

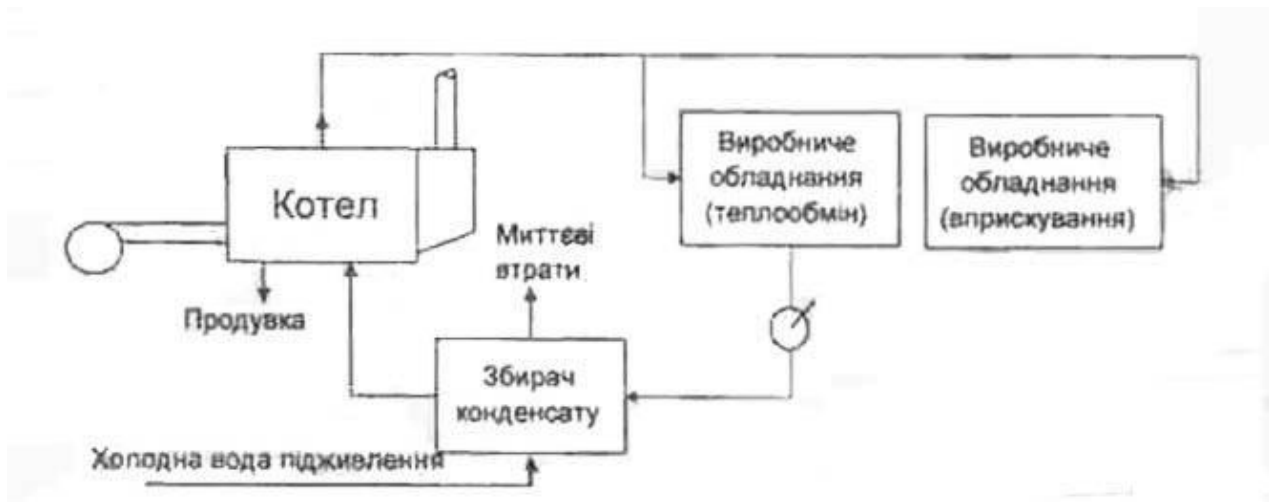


Рис.7.12. Система парогенерації та утилізації

Вироблена пара використовується в теплообмінниках і пароінжекторах (вприскувачах) виробничого обладнання і, крім того, частина пари витікає через різного роду нещільності паропроводів. Хай аудитор визначив споживання пари теплообмінниками та інжекторними установками. Ці значення додаються і порівнюються з загальною кількістю виробленої пари. Якщо ця сума виявляється більше загальної кількості виробленої пари, то стає очевидним, що принаймні одна з трьох величин виміряна невірно.

Наступним кроком може бути перевірка точності лічильника пари. Для цього порівнюють покази лічильника пари з показами лічильника живильної води (якщо він наявний), або з величиною споживання палива, помноженою на виміряну ефективність горіння. Якщо ці перевірки показують, що лічильник пари працює точно, то перебільшеним виявилось споживання пари теплообмінниками і (чи) пароінжекторами.

Наступний етап перехресної перевірки за балансом маси - порівняння кількості спожитої інжекторами кількості пари з кількістю свіжої підживлювальної води, приймаючи, що ця кількість виміряна точно. Відомо, що кількість води підживлення рівна кількості пари, спожитої інжекторами плюс продувка, витіки і миттєві втрати. Значення продувки котла визначити відносно

просто, виходячи з тиску котла, діаметра труби продувки, тривалості і частоти продувки. Існують також способи підрахунку витоків пари та миттєвих втрат пари, які можна використати після дослідження системи паророзподілу. За умови, що кількість спожитої пароінжекторами пари істотно перевищує задані вище втрати, вона може бути досить точно обчислена і тепер можна точно визначити споживання пари як теплообмінниками, так і пароінжекторами.

7.4.3 Перехресна перевірка за ефективністю використання енергії

Прикладом перевірки за ефективністю використаної енергії може бути порівняння потужності освітлення і досягнутого рівня освітленості.

Завод освітлюється люмінесцентними лампами з загальною потужністю освітлювальної системи 55 кВт з використанням одержаних від виробника характеристик ламп та врахуванням виміряних розмірів будівлі, кольору підлоги, стін і стелі аудитор розрахував очікувану освітленість на рівні 300 люксів.

Під час вимірювання фактичних рівнів освітленості аудитор виявив, що вони лежать в межах від 100 люксів до 380 люксів з середнім значенням 280 люксів.

Отже, виміряне аудитором значення освітленості досить близьке до значення, одержаного ним на основі потужності освітлювальної системи.

7.4.4 Перевірка порівнянням з типовими показниками роботи

Цей метод перехресної перевірки порівнює визначене аудитором споживання енергії з надійним показником того, скільки енергії повинно бути використано.

Наприклад, у Великобританії державні органи повідомляють для різних типів будівель (офіси, склади, промислові будівлі, холодильники) питомого енергоспоживання (на м²), які відповідають доброму, задовільному, середньому, поганому і дуже поганому рівню ефективності енерговикористання. Ці показники конкретизовані для різного розташування будівель (на горі, в долині), характеристики вітрів, тривалості перебування в будівлі працівників. Причому ці показники є не теоретично розрахованими, а практично досягненими (таблиця 7.12).

Таблиця 7.12 Показники енергоефективності будівель.

Категорія споживання	Показник енерговитрат (ГДж/м ²) для рівня енергоефективності
----------------------	--

	добрий	задовільний	посередній	поганий	дуже поганий
Опалення централізоване	<0,59	0,67	0,81	0,93	>0,93
Додаткове опалення (електроенергії)	<0,08	0,10	0,15	0,22	>0,22
Разом	<0,67	0,77	0,96	0,15	>1,15

Аналогічні показники питомого споживання визначені також для промислових підприємств їх одержали шляхом багатьох обстежень і анкетувань. Варто зауважити, що на 70% налісланих підприємствам анкет були одержані відповіді. Нижче наведені показники для молочних заводів Великобританії та конкретні дані для молокозаводу "Ешбі". (таблиця 7.13)

Таблиця 3.14. Питомі витрати води, палива і електроенергії молокозаводів

Енергоресурс	Показник	Рівень енергоефективності		Молокозавод "Ешбі"
		середній	кращий	
Вода	літр/літр	2,9	1,1	1,2
Паливо	кВт*год/літр	128,95	52,75	79,13
Електроенергія	кВт*год/літр	56	31	41

З таблиці видно, що молочний завод "Ешбі" наближається до кращого рівня за споживанням води і має середні результати за споживанням палива і електроенергії. Наведемо розмірність ще кількох типових показників енергоспоживання:

- освітлення кВт*год/м²/рік;
- опалення приміщень ГДж/м /рік;
- прання кг пари /кг білизни;
- виробництво паперу (електроенергія) кВт*год/тонна паперу;
- виробництво паперу (паливо) ГДж/тонна паперу.

Хоч ці показники дозволяють оцінити рівень споживання енергії як "добрий", "задовільний", "слабкий", вони можуть використовуватися і в перехресній перевірці енергетичних даних, щоб переконатися в реальності спожитої питомої кількості енергії.

Контрольні питання:

1. Оцінка споживання енергії
2. Показники енергоефективності
3. Потоки енергії на об'єктах
4. Співставлення та перехресна перевірка даних
5. Баланс маси

8. Аналіз ефективності використання енергії на об'єкті

Після закінчення обстеження енергоспоживання на об'єкті енергоаудитор приступає до аналізу використання енергії. Аналіз містить таблиці, графіки і короткий коментар.

Аналіз має на меті вирішити такі питання:

1. Розрахувати обсяг споживання енергії різними споживачами в межах об'єкту.
2. Розподілити фінансові видатки на енергію пропорційно між всіма споживачами.
3. Порівняти енергоспоживання з випуском продукції.
4. Визначити відхилення від норми щодо споживання енергії (тобто неочікувано високі чи низькі рівні споживання, або помилково визначене споживання під час регресивного аналізу).

Ця інформація дуже важлива для замовників аудиту, оскільки вона підтверджує чи ставить під сумнів усталену думку про розміри енергоспоживання в межах об'єкту. Особливо важливим є той факт, що ця інформація підготовлена професійними енергетичними консультантами, які оглянули на об'єкт "свіжим поглядом".

Іноді в процесі аналізу виявляються відхилення від норми. Відхилення можуть бути зумовлені невірними рахунками постачальників палива, в таких випадках інколи можна добитися повернення грошей. В інших випадках можуть бути виявлені відхилення від норм, викликані зловживаннями у використанні енергії. В такій ситуації аудитор зобов'язаний чітко окреслити цю негативну практику, спонукаючи менеджмент підприємства вжити відповідних заходів для усунення таких ексцесів.

8.1. Елементи аналізу ефективності енерговикористання

Для досягнення згаданих вище цілей енергоаудитор використовує всі або лише частину з таких елементів:

- звіт про річну закупівлю палива та енергії;
- графік регресивного аналізу;
- таблицю енергоаудиту;
- коефіцієнти вартості палива;
- діаграму Сснкі;
- кругові діаграми енергоспоживання.

Звіт про закупівлю палива та енергії протягом року звичайно подають в табличній формі. Таблиці складають на підставі щомісячних рахунків постачальників палива та енергії, вони містять всю необхідну технічну і фінансову інформацію (таблиці 8.1 - 8.2).

Таблиця 8.1 Споживання палива (енергії)

Місяць, рік	Види палива (енергії)					
	Електроенергія, кВт*год	Природн. газ, м ³	Дизельне пальне, т	Паливний мазут, т	Скrapлени й газ, кг	Кокс
Січень	531900	0	42,99	158,19	2300	0
Лютий	9952100	0	266,67	1004,44	81800	291,4
Березень	11167800	0	264,87	1046,30	31500	299,8
Квітень	7884000	0	208,72	777,28	25700	303,1
Травень	11237200	0	178,63	1075,05	21500	329,1
Червень	8527200	0	232,91	633,16	20800	314,9
Липень	3810400	161100	84,62	245,68	13800	91,6
Серпень	9301300	297800	213,25	657,67	22800	284,3
Вересень	10907900	360000	139,40	683,42	23300	370,9
Жовтень	4401000	256300	238,21	525,99	24500	95,0
Листопад	8394300	339100	204,62	650,00	34500	320,0
Грудень	11396300	418600	266,75	804,86	33600	338,5
Разом	97514400	1832900	2301,62	8280,91	286100	3038,6

Таблиця 8.2 Видатки на оплату палива (енергії), тис. грн.

Місяць, рік	Види палива (енергії)					
	Електроенергія, кВт*год	Природн. газ, м ³	Дизельне пальне, т	Паливний мазут, т	Скrapлени й газ, кг	Кокс
Січень	108,04	0	69,61	91,71	4,52	0
Лютий	2021,47	0	431,80	582,30	160,59	124,25
Березень	2268,40	0	428,89	606,56	61,84	127,83
Квітень	1601,40	0	337,97	450,61	50,45	129,24
Травень	2282,50	0	289,25	623,23	42,21	140,33

Червень	1732,05	0	377,14	367,06	40,83	134,27
Липень	773,97	72,43	137,02	142,43	27,09	39,06
Серпень	1889,28	133,89	345,30	381,27	44,76	121,22
Вересень	2215,61	161,86	225,72	396,19	45,74	158,15
Жовтень	894,54	115,23	385,64	304,93	48,10	40,51
Листопад	1705,05	152,46	331,33	377,13	67,73	136,45 6
Грудень	2314,87	188,20	431,93	466,58	65,96	144,34
Разом	19807,13	824,07	3791,60	4800,62	561,67	1295,6 5

Дані таблиці 8. незручні для порівняння, оскільки кількість спожитих енергії та енергоносіїв подані в своїх "природних" одиницях вимірювання. Тому ці дані зводять до однієї спільної одиниці вимірювання енергії, найчастіше - кВт*год (ГДж) і співставляють з вартістю відповідних енергоносіїв (таблиця 8.3).

Таблиця 8.3 Споживання палива (енергії) і його вартості

Паливо (енергія)	Коефіцієнти перерахунку в кВт*год	Енергет. еквівалент в кВт*год	% енергії	Вартість, грн.	% вартості	Питома вартість, грн./кВт*год
Електроенергія	1	97514400	36,69	19807130	63,72	0,203
Природний газ	10,8 кВт*год/м ³	19795320	7,44	824070	2,65	0,042
Дизельне пальне	11,7 кВт*год/кг	26928954	10,13	3791600	12,20	0,141
Паливний мазут	11,3 кВт*год/кг	93574283	35,21	4800625	15,45	0,051
Скраплений газ	12,8 кВт*год/кг	3662080	1,38	561670	1,81	0,153
Кокс	8,0 кВт*год/кг	24308800	9,15	1295655	4,17	0,053

Разом		265783837	100,00	31080750	100,00	
--------------	--	-----------	--------	----------	--------	--

Як видно з таблиці 8.3 за рахунокливого мазуту покривається біля 35% всіх потреб в енергії, а його вартість становить лише 15,45% від загальних видатків.

Приблизно таку ж частку потреб покриває електроенергія, але видатки на її оплату становлять майже 64% всіх видатків на оплату енергії.

З аналізу таблиці випливає перший важливий висновок: слід ретельно обстежити споживання найдорожчого виду енергії, а саме, електроенергії і пропонувати заходи з його скорочення чи заміни, в разі можливості, електроенергії енергією, одержуваною з палива.

Повніша інформація необхідна у випадку дії складної системи тарифів оплати за спожиту енергію.

Нижче в таблиці 8.4 наведено приклад такої розширеної інформації стосовно споживання електроенергії. В прикладі використана технічна інформація, що містить дані про щомісячне споживання електроенергії (в кВт*год і ГДж), про максимальне навантаження (кВА). і коефіцієнт потужності ($\cos \phi$), фінансова інформація ділить загальну вартість оплати на компоненти. У прикладі використана складна система оплати за використану електроенергію, яка містить сталу складову за договірну максимальну потужність (колонка 6), плату за перевищення цієї потужності (колонка 7, на зимові місяці встановлене нижче значення договірної потужності) та плата власне за спожиту електроенергію (колонка 8).

Таблиця 8.4 Звіт про річне придбання електроенергії

Місяць	Споживання		Макс навант., кВА	Коеф. потужн. ($\cos \phi$)	Стала оплата, грн	Оплата за макс. навант., грн.	Вартість електроенергії, грн.	Загальна вартість, грн.
	кВт*год	ГДж						
04/97	13100	47,16	85	0,976	725,0	-	5281,90	6006,90
05/97	11900	42,84	82	0,976	725,0	-	4798,10	5523,10
06/97	12800	46,08	90	0,975	725,0	-	5161,00	5886,00
07/97	9600	34,56	85	0,980	725,0	-	3870,7	4595,70
08/97	12900	46,44	92	0,965	725,0	-	5201,30	5926,30
09/97	14200	51,12	96	0,955	725,0	-	5725,4	6450,40

10/97	15800	56,88	98	0,948	725,0	-	6370,60	7095,60
11/97	15900	57,24	98	0,948	725,0	2200,00	6410,90	9335,90
12/97	14600	52,56	98	0,955	725,0	5280,00	5886,70	11891,70
01/98	18100	65,16	101	0,921	725,0	5460,00	7297,90	13482,90
02/98	19300	69,48	100	0,931	725,0	2250,00	7781,80	10756,80
03/98	15600	56,16	90	0,965	725,0	-	6289,90	7014,90
Разом	173800	625,68	-	-	8700,00	1519000	70076,20	93966,20

Для розрахунку в енергоаудиті можливих фінансових заощаджень визначені такі питомі видатки на оплату електроенергії:

- середні видатки - 0,54 грн./кВт*год (150,18 грн./ГДж);
- видатки без сталої оплати-0,49 грн./кВт*год (136,29 грн./ГДж);
- видатки без сталої оплати та оплати за максимальне навантаження - 0.40 грн./кВт*год (112 грн./ГДж).

Ця інформація дає основу для розрахунку фінансових заощаджень від впровадження заходів заощадження енергії. Слід враховувати можливе фінансове заощадження за рахунок зменшення максимального навантаження (особливо в зимові місяці) та зменшення сталої складової оплати у випадку одержання обґрунтованих підстав для переукладення договору з електропостачальною організацією на нижчу максимальну потужність. Обчислення заощаджень за середніми видатками на одиницю енергії - типова помилка неосвідчених енергоаудиторів.

Під час аналізу та у звітах з енергоаудиту застосовують два види графіків:

- графік зміни енергоспоживання в часі (так званий лінійний графік енергоспоживання), на якому крім помісячного енергоспоживання можуть бути нанесені дані про температуру навколишнього середовища та інші фактори, що впливають на споживання енергії (рис.8.1.а)
- графік регресивного аналізу (рис.8.1.б).

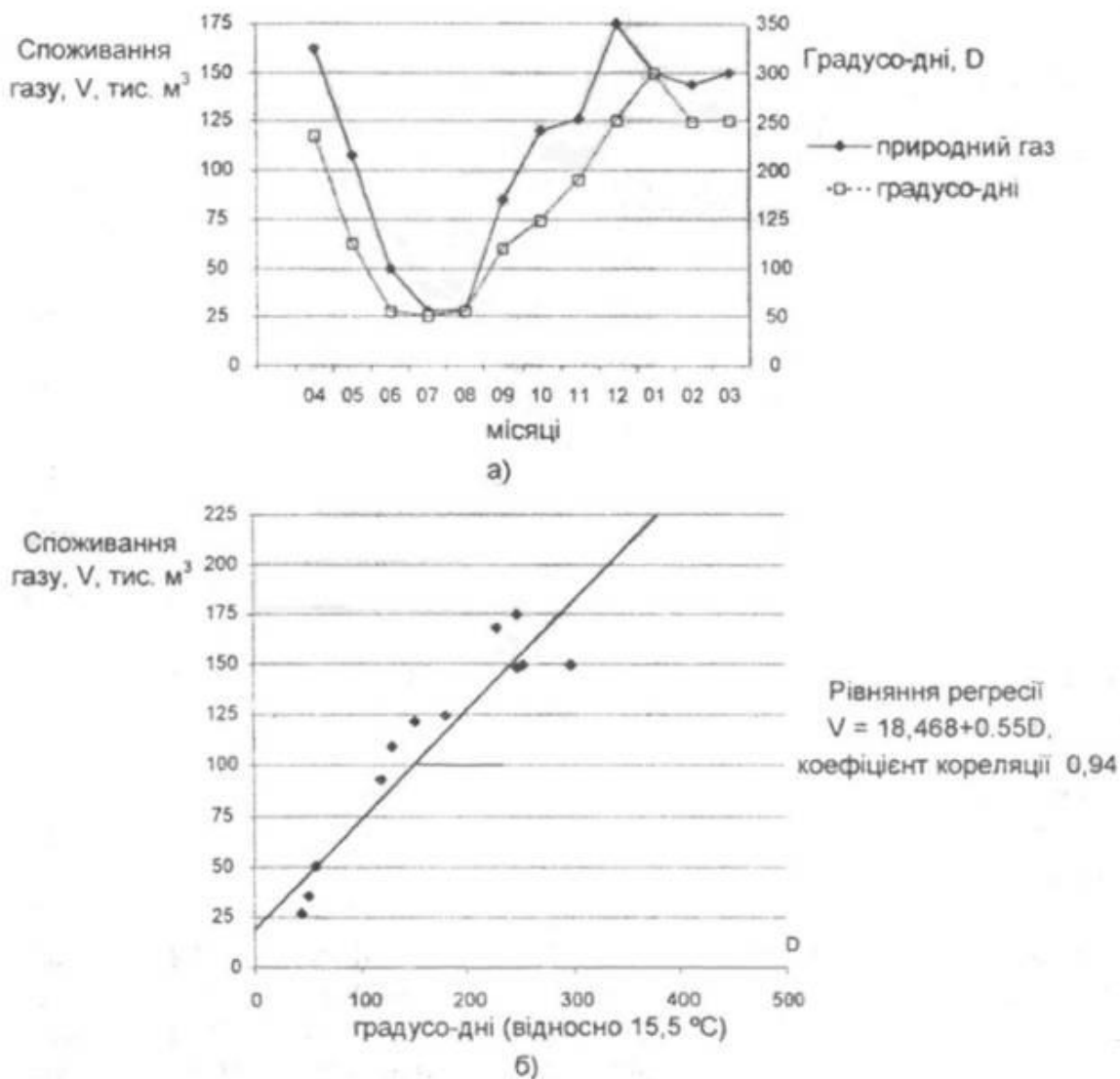


Рис.8.1. Помісячний графік споживання а) та графік регресивного аналізу б)

На рис.8.1.а як приклад наведений помісячний графік споживання газу опалювальною системою та показник зовнішньої температури - градусо-дні. Чим нижча температура оточуючого середовища, тим більше градусо-днів. Графік ілюструє вплив погодних умов на споживання газу. Зокрема, спостерігається анамалія в грудні і січні, хоч градусо-днів навпаки, в січні більше ніж у грудні. Це може бути зумовлено тим, що зчитування показів лічильника за грудень у зв'язку з новорічними святами і Різдом було відкладено на початок січня.

Графік рис.8.1.б показує результат регресивного аналізу залежності між споживанням енергії і незалежною змінною, в даному випадку, між споживанням газу на опалення і градусо-днями. На основі регресивного аналізу визначене базове споживання (18468 м³ газу) і швидкість наростання змінного споживання (550,0 м³/градусо-день), а також коефіцієнт кореляції. В нашому випадку має місце досить тісна кореляція з коефіцієнтом, рівним 0,94

В таблиці енергоаудиту всі види енергії і всі види палива, одержані об'єктом, діляться між певними групами енергоспоживачів. Фінансові видатки в

таблиці ділять пропорційно до цього енергоспоживання. Енергоспоживання кожним користувачем подають в тих одиницях, які використовують під час придбання цієї форми енергії чи енергоносія, а також в єдиних одиницях, що дозволяє порівняти між собою використання різних видів енергії. Таблиця ілюструє також частку споживання і частку вартості енергії для кожного споживача.

Приклад таблиці енергоаудиту наведено нижче (таблиця 8.5).

Таблиця 8.5 Таблиця енергоаудиту

Споживання	В натур. одиницях вимірюв.	В спільних одиницях вимірюв., ГДж	Вартість, грн.	Частка споживання, %	Частка вартості, %
Електроенергія (кВт*год)					
Внутрішнє освітлення	115340	415,22	49079,00	7,1	15,9
Зовнішнє освітлення	15811	56,92	6727,90	1,0	2,2
Котельня	18905	68,06	8044,70	1,2	2,6
Кухня	62115	233,61	26430,70	3,8	8,6
Пральня	81304	292,69	34596,00	5,0	11,2
Помпування води	96108	345,99	40896,00	6,0	13,2
Різне офісне обладнання	32116	115,62	13666,30	2,0	4,4
Разом	421699	1518,11	179440,60	26,1	58,1
Газ (м³)					
Опалення приміщень	67121,1	2611,01	78591,40	44,9	25,4
Гаряча комунально-вода	6270,4	243,92	7342,00	4,2	2,4

побутового призначення					
Кухня	15458,1	601,32	18099,77	10,3	5,9
Пральня	18139,0	705,61	21238,90	12,2	6,9
Втрати розподілу	3397,7	132,17	3978,30	2,3	1,3
Разом	4294,03	4294,03	129250,30	73,9	41,9
Підсумок	5812,14	5812,14	308690,90	100,0	100,0

Вартість спожитої конкретним приймачем енергії визначалась як добуток вартості одиниці електроенергії чи газу на кількість спожитих електроенергії чи газу. Колонка "вартість" показує скільки підприємство сплачує за кожен вид спожитої конкретним споживачем енергії. Колонка "частка споживання" та "частка вартості" ілюструють значення кожного споживача в загальній кількості використаної енергії. Можна зауважити, то "частка вартості" електроенергії вища її "частки споживання", а для газу - навпаки. Це пояснюється вищою вартістю електроенергії порівняно з газом.

Під час аналізу розглядається споживання енергії всередині об'єкту, а отже не приймаються до уваги втрати, пов'язані з виробленням енергії на електростанції і пересиланням її споживачеві. В деяких державах ці втрати традиційно включають в енергоаудит шляхом ділення фактично спожитої об'єктом енергії на середній національний коефіцієнт вироблення і розподілу електроенергії (приблизно від 25% до 35% в більшості країн).

Зауважимо, що у даному прикладі (табл. 8.5) всі втрати, пов'язані зі спалюванням газу в котлі, розподілені між кінцевими споживачами, тобто домовими системами гарячого водопостачання і районними опалювальними системами. Можливо також виділити окремим рядком втрати час спалювання (наприклад, за рахунок викидів в атмосферу через димову трубу).

Коефіцієнти вартості палива і енергії співвідносять споживання і вартість енергії з обсягом виробництва, зовнішньою температурою, розмірами будівлі, тобто з факторами, від яких залежить обсяг енергоспоживання. Таким чином, коефіцієнт вартості палива і енергії є простими показниками роботи. Ці показники використовують, як інформацію про вартість енергії, що спожита в певних зонах. Їх також використовують для порівняння ефективності використання енергії на кількох однотипних об'єктах.

Приклад типових коефіцієнтів вартості палива наведений в таблиці 8.6

Таблиця 8.6 Коефіцієнти вартості палива

Назва коефіцієнту	Кількісне значення
Енергія для освітлення 1 м ²	19,46 кВт*год (0,070 ГДж)
Вартість енергії 1 м ²	8,05 грн.
Паливо, необхідне для опалення 1 м ² приміщень	1,68 ГДж
Вартість палива для опалення 1 м ² приміщень	50,60 грн.
Паливо, необхідне для забезпечення гарячою водою комунально-побутового призначення (ГВКПП) (1 особа)	10,2 ГДж
Вартість палива для забезпечення ГВКПП (1 особа)	307,6 грн.
Паливо, необхідне для приготування 1 страви	0,006 Гдж
Вартість палива для приготування 1 страви	0,32 грн.
Паливо необхідне для прання 1 комплекту одягу	0,005 Гдж
Вартість палива для прання 1 комплекту одягу	0,25 грн.
Разом палива, що споживається на 1 м ²	2,10 ГДж
Вартість палива, що споживається на 1 м ²	94,5 грн.
Разом палива, що споживається на 1 м ³	6,3 ГДж
Вартість палива, що споживається на 1 м ³	283,5 грн.
Загальна огорожена площа приміщень	42000 м ²
Загальний огорожений об'єм будівель	126000 м ³
Кількість споживачів	800
Річна кількість приготованих страв	584000
Річна кількість випраних комплектів одягу	166400

Під час обстеження одного з офісів (майже нового будинку з доброю тепловою ізоляцією та її системою кондиціонування повітря) встановлено, що на опалення витрачається майже вдвічі більше енергії, ніж це потрібно було б за

доброго рівня енерговикористання. Однією з причин було цілодобове підтримання температури в офісі на рівні 21°C. Переналаштування регулятора системи кондиціонування повітря на підтримання в позаробочий час температура 16°C дозволило зменшити споживання енергії па опалення на 30% фактично з нульовими видатками.

Діаграма Сенкі - не графічне зображення потоків енергії, в якому товщина різних елементів діаграми пропорційна відповідній кількості енергії. Деякі діаграми Сенкі відображають циклічний рух енергопотоків. наприклад, повернення конденсату в котельню. Приклад діаграми Сенкі наведений на рис.8.2

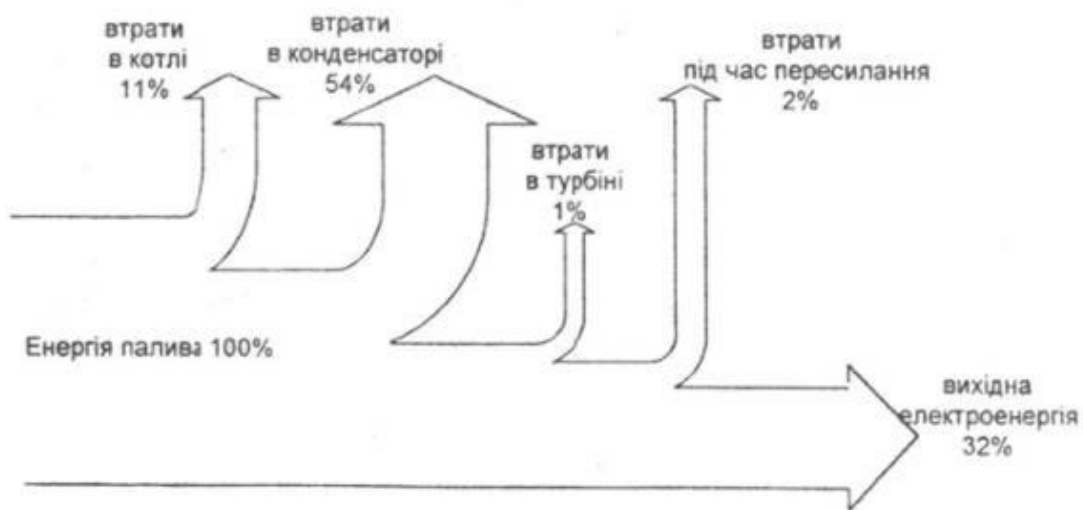


Рис.8.2. Діаграма Сенкі

Крім діаграми Сенкі в енергоаудиті використовуються кругові діаграми, за допомогою яких можна графічно зобразити споживання енергії як в натуральних, так і у відносних, одиницях. Приклад кругової діаграми наведений на рис.8.3



Рис.8.3. Кругова діаграма

Контрольні питання:

1. Види діаграм, що застосовуються в енергоаудиті
2. Таблиця енергоаудиту
3. Коефіцієнти вартості палива

9 Опис підприємства та будівель

Опис підприємства і будівель - це виклад спостережень енергоаудитора, на яких він обґрунтував перевірку і розробляв рекомендації з енергоощадності.

Опис містить деякі характеристики підприємства стосовно певних аспектів енергопостачання та енергоспоживання, коментарі та спостереження, таблиці й додатки.

Постачання енергії на об'єкт. Тут дають короткий опис обладнання, через яке здійснюється постачання енергії на об'єкт (труби, регулятори тиску, головні ввідні щити електроенергії), а також обладнання для зберігання палива, головне вимірювальне обладнання, централізовані (загальнозаводські) пристрої компенсації реактивної потужності.

Обладнання перетворення енергії. Цей пункт містить опис такого обладнання, як котли, системи комплексного виробництва теплової і електричної енергії, повітряні компресори, холодильні установки.

Розподіл енергії. В цьому пункті наводять інформацію про системи розподілу енергії, зокрема, системи розподілу холодної і гарячої води, системи конденсування пари і системи розподілу стисненого повітря. Коментарі повинні орієнтувати на підвищення ефективності згаданих систем і приділяти особливу увагу причинам витрат енергії, таким, як недостатня тепла ізоляція чи витоки.

Обладнання споживання енергії. Тут описують обладнання, що споживає первинну чи вторинну енергію, а саме: виробничі механізми, системи вентиляції і кондиціонування повітря, освітлювальні системи, офісне обладнання тощо.

Опис повинен бути не просто переліком обладнання та інформацією, на основі якої можна проводити розрахунки енергоаудиту. Він повинен містити також коментарі і спостереження про способи використання енергії. До рекомендованих елементів опису належить:

- фізичний опис обладнання (тип, номер моделі, потужність, системи керування);
- спосіб використання обладнання (його призначення, години експлуатації, система керування);
- вимірювані параметри режимів роботи (електроенергія, витрата рідини, температура, вологість, рівні освітленості);
- загальні спостереження (ефективність керування, несправності, несумісне обладнання).

В опису споживачі енергії групують швидше не за аспектами енергоспоживання, а за категоріями, зокрема:

- будівля;
- котельня;
- система паророзподілу;
- холодильна система;

- установки вентиляції і кондиціонування повітря;
- постачання гарячої води;
- виробниче обладнання, що споживає пару;
- постачання і розподіл електроенергії;
- виробниче обладнання, що споживає електроенергію;
- система стисненого повітря;
- виробниче обладнання, що працює на газі (нафтопродуктах);
- офісне обладнання (різні енергоспоживачі);
- система освітлення;
- обладнання підприємств громадського харчування;
- обладнання пралень.

Конструкція і структура будівель. Цей пункт містить опис елементів конструкції будівель з точки зору дизайну і використаних матеріалів. Наприклад, може бути зазначено, що стіни виконані з цегли чи бетону, вікна - зі склопакетів, з одинарним чи подвійним застосуванням. дах плоский чи має схили. Повинна бути характеристика наявної в будівлі системи вентиляції: природної чи штучної. Ці елементи опису разом з розмірами будівель використовують для розрахунку теоретично необхідної для опалення енергії. Після цього результати розрахунків порівнюють з фактичним споживанням енергії. В описі повинен бути вказаний час перебування в будівлі працівників. Це потрібно для перевірки роботи установок, що регулюють температуру в приміщеннях.

Для зручності більша частина інформації, яка була зібрана під час енергетичного обстеження подається у вигляді таблиць як енерго підрозділ розділу "Опис підприємства і будівель". Якщо таблиці виходять дуже об'ємними. їх можна оформити як додатки. Типовими даними, які включають в таблиці і додатки, є такі:

- перелік обладнання
- перелік освітлювального обладнання;
- перелік обладнання опалювальної системи приміщень;
- перелік електроприводів;
- перелік обладнання підприємств громадського харчування;
- перелік обладнання пралень;
- перелік виробничого обладнання;
- перелік витоків;
- перелік неізольованих трубопроводів гарячої води;
- вимірювані параметри
- дані аналізу процесу спалювання палива;
- точкові заміри температури;
- точкові заміри рівнів освітленості;
- виміри потоків повітря (рідини);
- графічні матеріали
- графіки навантаження обладнання (для якого вони -знімалися);

- фотознімки (стандартні);
- фотознімки в інфрачервоних променях.

Контрольні питання:

1. Опис споживачів енергії
2. Конструкція і структура будівель

10. Рекомендації з ефективного використання енергії

Розроблення рекомендацій є найважливішим етапом енергоаудиту, оскільки заради одержання обґрунтованих пропозицій з підвищення ефективності використання енергії проводиться енергетичне обстеження.

Важливо підкреслити, що не можна обмежуватися очевидними заходами, такими, наприклад, як запровадження енергоефективного обладнання. Слід звернути увагу на менш очевидні можливості підвищення енергоефективності, прикладами яких можуть бути зміни системи енергопостачання, застосування комплексного виробництва теплової і електричної енергії, використання як палива відходів виробництва, зміна методів виробництва на такі, що дозволяють використовувати дешевші енергетичні ресурси.

Пропоновані рекомендації з енергоощадності можна розділити стосовно категорій енергоспоживання або стосовно альтернативних вирішень однієї і тієї ж енергетичної проблеми. Однак, найчастіше засюсовують розподіл заходів за їх вартістю, як наведено нижче.

Безвитратні рекомендації:

- ошадливе використання наявних ресурсів;
- покращення до нормативного технічного обслуговування обладнання;
- придбання палива від іншого постачальника за нижчою ціною.

Низьковитратні рекомендації:

- встановлення ефективнішого обладнання;
- встановлення нових (автономних) засобів керування;
- теплова ізоляція теплотрас і приміщень;
- зміна регламенту технічного обслуговування обладнання;
- навчання персоналу;
- контроль енергоспоживання і оперативне планування.

Високозатратні рекомендації:

- зміна значної частини виробничого обладнання;
- встановлення комплексних систем керування;
- комплексне виробництво теплової і електричної енергії;
- рекуперація тепла.

Для визначення кращих рекомендацій потрібне розуміння технологічних процесів і знання доступної техніки і технологій.

Обґрунтування заходів підвищення ефективності та енерговикористання повинне містити певні елементи, головні з яких наведені нижче.

Необхідні зміни:

- модифікація підприємства і будівель;
- заміна обладнання;
- модернізація обладнання, систем керування, ізоляція;

- удосконалення технічного обслуговування обладнання;
- запровадження нових процедур керування.

Аспекти заощадження енергії з впровадженням рекомендацій:

- зменшення втрат;
- скорочення зайвих операцій (зниження температури повітря в приміщеннях в позаробочий час та у вихідні дні, виключення неробочого ходу обладнання);
- підвищення ефективності використання енергії; підвищення ефективності перетворення енергії (заміна котла на інший з вищим ККД, заміна пневмоприводу на електричний тощо);
- використання дешевих енергетичних ресурсів.

Фінансові витрати та вигоди:

- капіталовкладення;
- амортизаційні видатки,
- видатки на технічне обслуговування;
- енергетичні видатки;
- аналіз ефективності капіталовкладень.

Методика оцінювання ефективності заходів аналогічна до розрахунку нинішнього енергоспоживання та енергоспоживання за попередній репрезентативний період. Різниця полягає в тому, що під час оцінювання заходів з енергоощадності потрібно прогнозувати, як зміниться ситуація після їх впровадження. А це тягне за собою зміну багатьох коефіцієнтів, таких як норма споживання енергії, коефіцієнт використання потужності і тривалість експлуатації обладнання впродовж року.

Покажемо, як можна розрахувати обсяг заощаджень енергії шляхом порівняння нинішньої ситуації з прогнозованою покращеною. Для деяких енергоощадних рекомендацій (наприклад, усунення витоків пари) заощаджена енергія відповідає сумарним втратам енергії до впровадження рекомендацій. Розрахунок річного обсягу енергозаощаджень в інших випадках складніший і вимагає розв'язання рівняння, як показано нижче.

Таблиця 10.1. Обсяг заощадження енергії

Показник	Нинішня ситуація	Покращена ситуація
Потужність обладнання, кВт	A	X
Коефіцієнт середнього завантаження	B	Y
Тривалість роботи впродовж року, годин	C	Z
Річне енергоспоживання, кВт*год	A*B*C	X*Y*Z

Таким чином обсяг заощадженої за рік енергії обчислюємо за формулою:

$$\Delta W = (A * B * C) - (X * Y * Z), \text{ кВт*год}$$

Перерахуємо тепер основні причини, що приведуть до зниження споживання енергії після запровадження заходів з енергоощадності:

- ліквідація прямих втрат (Ізолювання труб, усунення витоків, повернення конденсату);
- скорочення надмірного енергоспоживання (керування часом і температурою опалення, ефективно пересилання енергії);
- скорочення потужності споживання (використання обладнання з меншою потужністю, усунення пересилання енергії в місця, де вона не потрібна);
- підвищення ефективності перетворення (підвищення ККД котла, компресора тощо);
- утилізація тепла викидів (рекуперація тепла, рециркуляція повітря в системах вентиляції і кондиціонування повітря);
- використання економнішого джерела енергії (дешевше паливо, відновлювальні джерела енергії).

10.1. Послідовність розроблення рекомендацій і енергетичний баланс

Добру аналогію систем енергоспоживання дає цибулина (рис.10.1.).



Рис.10.1. Діаграма-цибулина

Верхній шар цибулини відповідає втратам в процесі генерування енергії, тобто одержання зручного для використання певною групою споживачів виду енергії з іншого виду, зокрема і енергії палива. Ці процеси мають місце під час

генерування пари, електричної енергії, одержання стисненого повітря чи холодоагента.

Якщо зняти шар втрат в процесі генерування, одержимо енергію, яка поступає в розподільвальну систему.

Після шару втрат в розподільвальній системі одержуємо, нарешті, енергію, яку споживають кінцеві приймачі енергії. Це відносно невелика частина загального надходження енергії в систему.

Спочатку доцільно зосередити увагу на серцевині цибулини, тобто на мінімізації кінцевого споживання. Заощадження енергії кінцевого споживання відповідає більшому заощадженню енергії, що надходить в систему. Там, де споживання недоцільне, як, наприклад, використання стисненого повітря для очищення, можливо варто зовсім усунути це навантаження. Там, де це неможливо, можна знизити споживання енергії зменшенням витоків чи посиленням ізоляції. Однак, реально, заощадження енергії на етапі кінцевого споживання є найскладнішим.

10.2. Вплив систем енергоспоживання на ефективність енергоощадності

На Рис.10.2. показані послідовні системи енергоспоживання: система перетворення, система розподілу й система кінцевого споживання.

На Рис.10.2.а ККД системи перетворення становить 60%, системи розподілу також 60%. Тому у випадку кінцевого споживання 60 ГДж розподільвальна система повинна одержати $60 \text{ ГДж} / 0,6 = 100 \text{ ГДж}$ (втрати 40 ГДж), а енергія, що надходить в систему перетворення, повинна становити $100 \text{ ГДж} / 0,6 = 167 \text{ ГДж}$ (втрати 67 ГДж).

Рис.10.2.б відповідає випадкові, коли завдяки заходам енергоощадності кінцеве споживання зменшилося на третину і становить тепер 40 ГДж; характеристики систем розподілу і генерування залишилися такими ж, як і у попередньому випадку. Тепер розподільвальна система повинна одержувати $40 \text{ ГДж} / 0,6 = 67 \text{ ГДж}$ (втрати 27 ГДж), а в систему перетворення повинно надходити $67 \text{ ГДж} / 0,6 = 111 \text{ ГДж}$ (втрати 44 ГДж).

Рис.10.2.в відповідає випадкові, коли кінцеві споживачі отримують ту ж кількість енергії, що й у першому випадку, тобто, 60 ГДж, ККД системи розподілу залишився 60%, а ККД системи перетворення зріс на третину і становить тепер 80%. У цьому випадку розподільвальна система повинна одержати $60 \text{ ГДж} / 0,6 = 100 \text{ ГДж}$ (втрата 40 ГДж), а в систему перетворення повинно надходити $100 \text{ ГДж} / 0,8 = 125 \text{ ГДж}$ (втрати 25 ГДж).

Приклад показує, що зниження кінцевого споживання на третину заощаджує більше енергії, ніж збільшення на третину ККД системи перетворення.

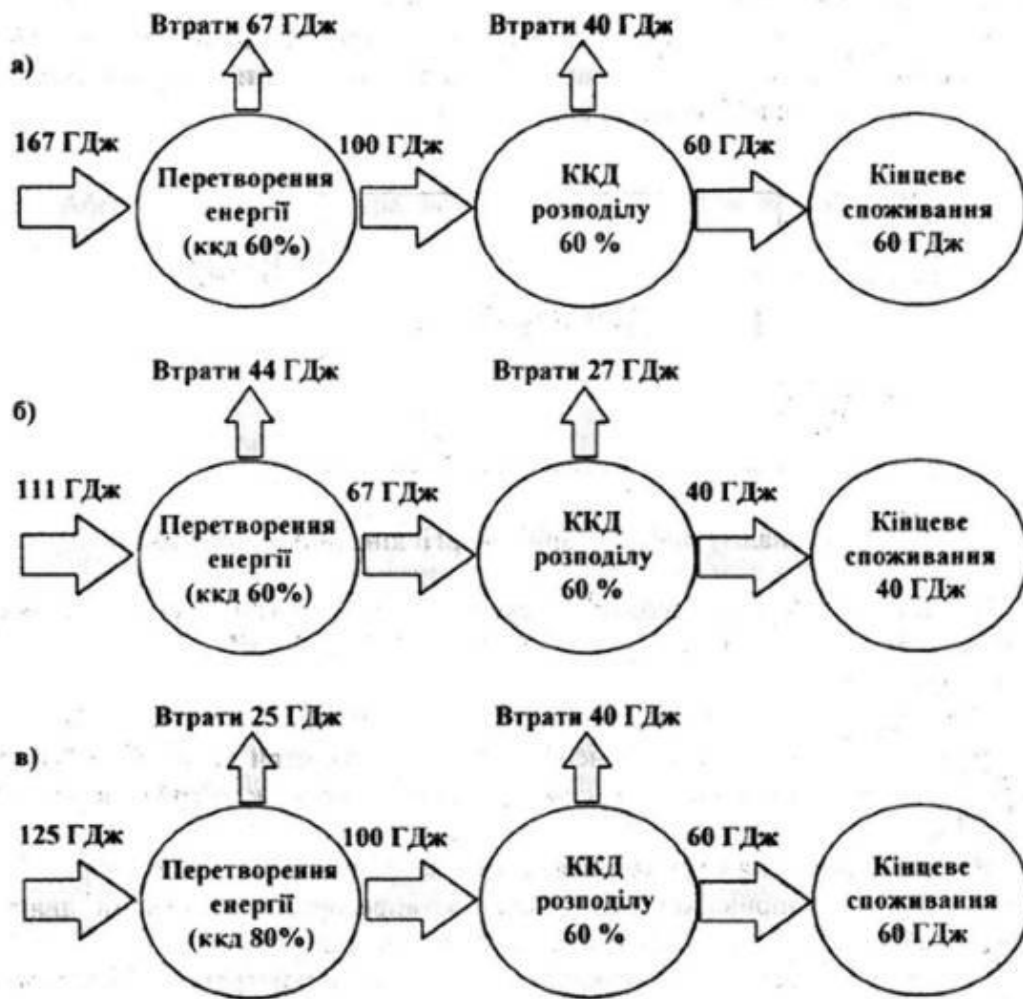


Рис.10.2. Вплив систем енергоспоживання на ефективність енергоощадності

10.3. Аналіз використання енергії кінцевим споживачем

Розглядаючи певний процес чи потужного споживача (Рис.10.3.). слід проаналізувати відповіді на такі запитання:

- що саме виконує ця установка (процес), для чого тут необхідна енергія (якщо взяти, наприклад помпу, то можна відповісти, то електроенергія необхідна для забезпечення протікання рідини в трубопроводі);
- чи необхідне це споживання енергії (чи потрібно подавати рідину саме помпою);
- які можливі заходи зі скорочення енергоспоживання (чи повинна помпа постійно працювати зі сталою витратою рідини; чи можна керувати помпою з метою зменшення споживання за умови задоволення потреби па рідину; чи не завищена потужність двигуна помпи; чи правильно вибрана помпа для вирішення поставлених завдань; чи можливе переміщення рідини за рахунок

- сил гравітації; чи вимикається автоматично двигун помпи, коли завершується цикл помпування);
- які є альтернативні способи виконання завдання (чи взагалі потрібно подавати рідину помпою; чи не можна використати напірний бак; чи існують інші способи постачання води).

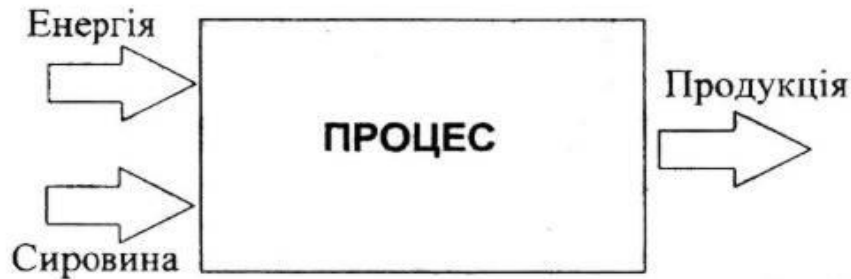


Рис.10.3. Процес споживання енергії

З часу введення установки в експлуатацію ситуація могла істотно змінитися і, можливо, помпа зараз не потрібна взагалі, чи достатньо помпи меншої потужності.

Під час аналізу використання енергії кінцевими споживачами слід звернути увагу й на те, чи дійсно необхідними є параметри енергоносія (тиск, температура) та чи оптимальним є час використання енергії як за тривалістю так і порою доби.

10.4. Ефективність систем перетворення енергії

Щоб досягти заощаджень в системі перетворення (генерування) енергії, необхідно знати відповідну технологію і сучасний кращий досвід подібних підприємств.

Номінальні паспортні дані використовуюваного на об'єкті обладнання можуть бути взяті з документації, що зберігається на об'єкті, або від фірм-виготовлювачів цього обладнання.

Виміряні експлуатаційні показники слід порівняти з паспортними чи проектними показниками, з показниками попереднього періоду експлуатації обладнання та з кращими показниками, досягненими на такому обладнанні.

Як приклад, розглянемо можливі шляхи заощадження енергії за рахунок зменшення втрат енергії з викидними газами.

Ідеальне згорання має місце, якщо в реакції беруть участь строго визначені частки палива і кисню для утворення двоокису вуглецю і води без залишків неспаленого палива чи невикористаного кисню. Цей процес відомий під назвою "згорання з нульовим надлишком кисню" чи "стехіометричне горіння".

За умови стехіометричного горіння досягається максимальна ефективність, оскільки все паливо повністю перетворюється у продукти згорання, а кількість надлишкового повітря, що виносить тепло процесу

спалювання, мінімальна. Вмість кисню за таких умов в топкових газах рівний нулю, а кількість двоокису вуглецю (CO_2) - максимальна.

Зі збільшенням кількості повітря, в топкових газах з'являється кисень, який не вступив у реакцію: це означає, що кількість палива недостатня для використання всього кисню, що міститься у повітрі для горіння. Загальна вага газів, що виходять з пальника, зростає.

На практиці ідеальне згорання досягається рідко і майже завжди потрібна певна частка надлишкового повітря. Контролюючи процес згорання, можна досягти максимальної можливої ефективності системи, що має місце за умови забезпечення мінімально необхідної для повного згорання палива надлишкового повітря. Для цього необхідно досягти максимально можливого вмісту CO_2 і мінімально можливого вмісту O_2 на виході з котла для одержання бездимних викидів з димової труби та заданої швидкості згорання.

Температура газів, що викидаються, повинна бути якомога нижчою, але не настільки, щоб наступила конденсація вологи з утворенням окислів сірки.

Графік на рис. 10.4 показує скільки енергії тратиться з викидними газами за певного рівня концентрації двоокису вуглецю (чи за відповідного рівня кисню) і температури топкових газів у випадку спалювання природного газу.

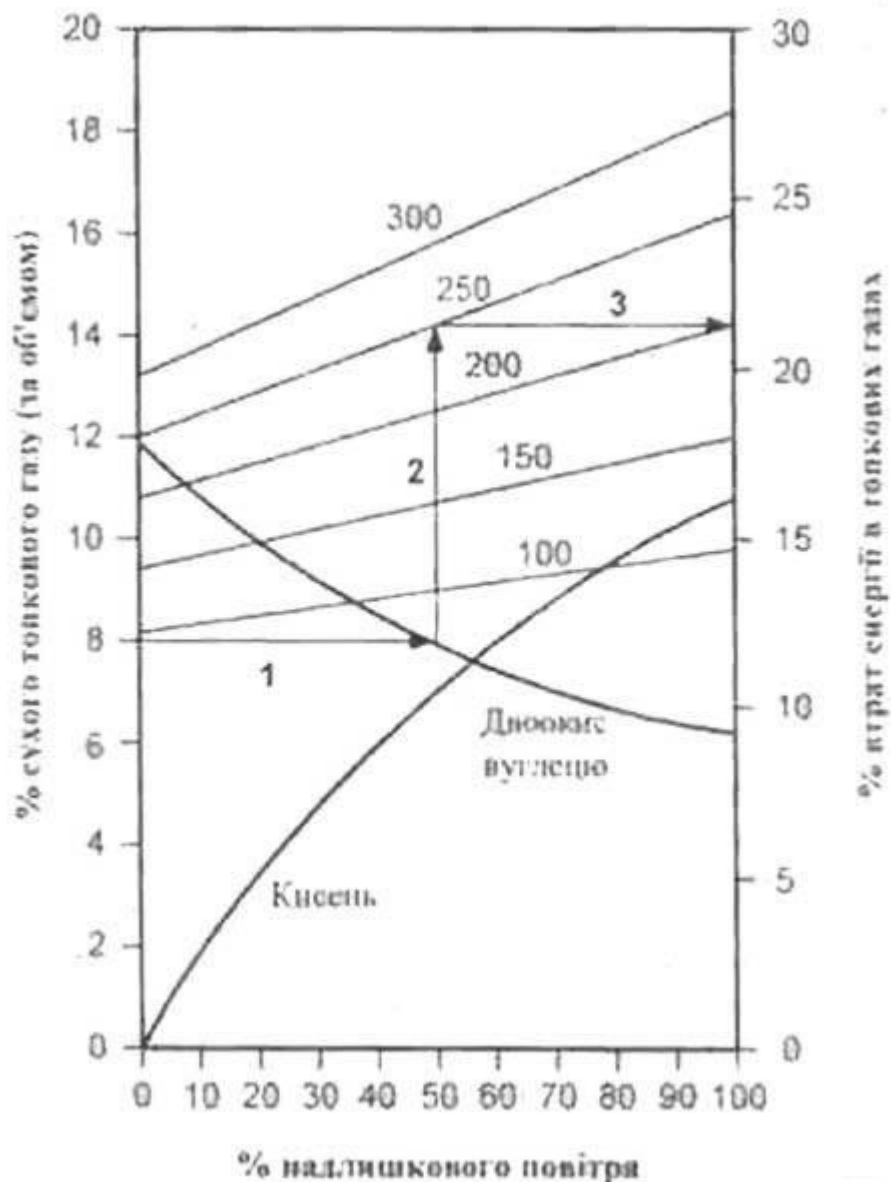


Рис.10.4. Витрата енергії з викидними газами за певного рівня концентрації CO_2 (O_2) і температури топкових газів

Щоб визначити необхідні параметри слід знайти точку на кривій двоокису вуглецю, яка відповідає об'ємній частці сухого топкового газу. Потім проводять вертикальну лінію, яка пересікає криві, що відповідають певним температурам топкових газів. З точки перетину вертикальної лінії з потрібною кривою температури газу проводять горизонтальну лінію до перетину з віссю втрат енергії в топкових газах і зчитують частку втрат. Аналогічні графіки існують для спалювання вугілля і нафти.

Для невисоких температур топкових газів (100°C) з графіка видно, що між 0% та 100% надлишкового повітря втрати в топкових газах зростають з 13% до 16%. За вищих температур (300°C) різниця стає помітнішою, від 22% до 30%.

Тепер розглянемо приклад підвищення ефективності спалювання палива в котлі.

Внаслідок проведеного тесту ефективності спалювання палива в котлі встановлено, що середній коефіцієнт ефективності (ККД) становить 79%. Котел має ручну систему продувки, яка дуже неекономна, оскільки втрати тепла на продувку за грубою оцінкою становлять 1% від загальної кількості енергії палива, спожитої котлом.

В ході проведення аудиту котельної установки визначені такі величини:

- вхідна енергія палива 62000 ГДж (100%);
- енергія втрат з викидними тазами 13020 ГДж (21%);
- перетворена в котлі енергія палива 48980 ГДж (79%).

А також

- теплові втрати через обшивку котла 700 ГДж;
- теплові втрати через иролувку 500 ГДж ;
- корисне тепло для пароутворення 47780 ГДж .
- Разом 48980 ГДж.

З метою економії енергії запропоновано всіановити в котельній систему автоматичного підтримання оптимального співвідношення газ - повітря та систему автоматичної продувки. За попередньою оцінкою перший захід підвищить ефективність спалювання палива в середньому до 83%, а другий - скоротить продувку на 50% від її нинішнього рівня.

Потрібно визначити величину щорічних заощаджень енергії, звернувши увагу також на супутні обставини впровадження рекомендацій.

Скорочення рівня продувки дозволить заощадити 50% від нинішніх втрат енергії на неї. тобто $0,5 \cdot 500 \text{ ГДж} = 250 \text{ ГДж}$.

Звідси потрібна перетворена в котлі енергія палива становить $48980 - 250 = 48730 \text{ (ГДж)}$.

З підвищенням середньої ефективності до 83% кількість енергії палива для одержання згаданої кількості перетвореної енергії становить $48730 / 0,83 = 58711 \text{ (ГДж)}$.

Щорічні заощадження паливної енергії: $62000 - 58711 = 3289 \text{ (ГДж)}$.

Але впровадження згаданих заходів вимагає капітальних вкладень та амортизаційних відрахувань на системи автоматичного керування. Крім того, збільшаться витрати на технічне обслуговування систем автоматичного керування, хоч автоматизація може дозволити скоротити інший обслуговуючий персонал. І, нарешті, можна скоротити витрати на очищення води.

10.5. Заощадження первинної і вторинної енергії

Однією з найважливіших, хоч часто нехтуваних особливостей звіту з енергозбереження, є усвідомлення відмінностей між заощадженням первинної і заощадженням вторинної енергії.

Зупинимося на цьому питанні детальніше.

Заощадження первинної енергії палива за рахунок економії вторинної енергії. Заощадження вторинної енергії виявляє вплив на споживання первинної енергії. Найпростіший шлях обчислення економії первинної енергії - розділити

кількість заощадженої вторинної енергії на коефіцієнт ефективності (електростанції чи котла). Заощадження вторинної енергії може негативно чи позитивно впливати на заощадження підприємства в цілому. Наприклад, зменшення заощадження вторинної енергії і збільшення навантаження на котел, може забезпечити його роботу в режимі оптимальних навантажень. Інколи економія вторинної енергії впливає на розподіл втрат, так скорочення рівня споживання пари може скоротити втрати пари в резервуарах збиранні конденсату.

Ефект заміни палива. Заміна одного джерела палива іншим звичайно відбувається у тих випадках, коли є можливість придбати інше паливо за нижчою ціною на одиницю вмісту енергії. Фінансовий розрахунок заощаджень повинен враховувати також можливість зміни витрат на ремонт обладнання. Крім того, заміна палива може змінити коефіцієнти перетворення. Проілюструємо сказане прикладом.

Паровий котел працює на газойлі і споживає 1033 тон палива для вироблення технологічної пари. Загальний ККД котла становить 82%. З метою заощадження коштів рекомендовано перенести котел на природний газ. Оскільки природний газ має нижчий рівень теплопередачі полум'я, ніж газойль, загальний ККД знижується з 82% до 80% (вища теплотворна здатність), однак, передбачається, що нижча вартість природного газу компенсує цей технічний недолік.

Потрібно визначити величину заощадження енергії та заощадження коштів за рахунок заміни палива.

Теплотворна здатність газойлю 42,3 МДж/кг, ціна 1,47 грн/кг. Природного газу відповідно 40,5 МДж/м³ та 0,88 грн/м³.

Показники наявного стану.

Тепло згорання газойлю:

$$1033000 \text{ кг} * 42,3 \text{ МДж/кг} = 43695900 \text{ МДж} = 43695,9 \text{ ГДж.}$$

$$\text{Річні видатки на газойль: } 1033000 \text{ кг} * 1,47 \text{ грн/кг} = 1518510 \text{ грн}$$

$$\text{Річне генерування тепла: } 43695,9 * 0,82 = 35831 \text{ ГДж}$$

Показники майбутньої ситуації:

$$\text{Річна погроби тепла } 35831 \text{ ГДж}$$

$$\text{Річне споживання природного газу: } 35831 / 0,8 = 44788 \text{ (ГДж)}$$

Річні відатки на природний газ:

$$44788 \text{ ГДж відповідають } 1105876 \text{ м}^3 \text{ газу, що за ціни } 0,88 \text{ грн/м}^3 \text{ дає } 973171 \text{ грн.}$$

Обсяги заощаджень:

$$\text{енергії палива } 43696 \text{ ГДж} * 44788 \text{ ГДж} = -1092 \text{ ГДж;}$$

$$\text{коштів } 1518510 \text{ грн} - 979171 \text{ грн} = 545340 \text{ грн.}$$

Розглядаючи варіант зміни палива слід ще врахувати зміну видатків на технічне обслуговування котла, можливу зміну очікуваного терміну служби котла та майбутню зміну вартості палива. Слід мати на увазі, що, можливо, під нове паливо потрібно буде замінити пальники котла. Ще одне питання - це утилізація непотрібного тепер резервуару для зберігання газойлю.

Рекуперация тепла. Якщо потоки енергії вилучаються з регенеративних систем чи виводяться як побічний продукт систем перетворення енергії (низькотемпературне тепло в системі комбінованого виробництва теплової та електричної енергії), то економія в цих енергопотоках не обов'язково приводить до заощаджень первинної енергії. Наприклад, коли гаряче водопостачання здійснюється системою комбінованого виробництва теплової і електроенергії, яка в іншому випадку викинула б це тепло в атмосферу, то економія гарячої води не заощаджує палива, на якому працює комбінована система. Навпаки, якщо низькотемпературне тепло в системі комбінованого виробництва покриває лише частково потреби опалення, а решту забезпечує електричне опалення, то заощадження гарячої води негативно вплине на заощадження електроенергії.

10.6. Гранична вартість заощаджень енергії

У звіті з енергообстеження природно показати заощадження енергії як заощадження коштів. Однак середня вартість палива - не завжди найкращий критерій переходу від обсягу заощаджень енергії до обсягу заощаджень коштів. Нижче висвітлені деякі обставини, які слід враховувати під час згаданого переходу.

Структура вартості енергії. Необхідно розраховувати фінансові заощадження, виходячи з тих елементів структури вартості енергії, на які впливають запропоновані заходи з заощадження енергії (пікова і нічна вартість одиниці енергії, вартість одиниці енергії під час максимуму навантаження, тощо).

Неенергетичні заощадження коштів. Заходи з ефективного використання енергії часто впливають на зміну неенергетичних видатків, таких, як наприклад, видатки на ремонт виробничого обладнання. Цей вплив може позитивним і негативним, його слід обов'язково враховувати.

Зниження (підвищення) цін. Природно під час визначення цін на енергію керуватися вже ustalеними в аудиті тарифами чи відомими поточними даними про ціни. Однак, інколи можна виходити з розрахункових чи відомих майбутніх цін на енергію та енергоносії.

10.7. Формування і оцінка проекту покращання енерговикористання на об'єкті

Після розгляду всіх можливих заходів з покращання енерговикористання здійснюється їх узагальнення і формування проекту стосовно об'єкта в цілому. Перелік можливих заходів може бути досить великим. Поірібно співставити всі ідеї і сформулювати список пріоритетних заходів.

На цьому етапі важливим є спілкування з повноважними представниками об'єкту. Це дозволить з'ясувати, які з запропонованих заходів уже впроваджувалися, але результати виявилися невдалими, а які раніше розглядалися і були відхилені внаслідок обмежень технологічного характеру чи інших обмежень. Можливо впровадження деяких з запропонованих проектів вже розпочато, а деякі вже заплановано впровадити.

Ще один важливий момент - це узгодження заходів з енергоощадності з планованою реконструкцією основного виробництва об'єкту.

Ознайомивши керівництво об'єкту з переліком пропонованих заходів, слід прислухатися до їх думки щодо можливих перешкод і труднощів впровадження заходів на об'єкті.

Після цього можна перейти до оцінювання заходів, а саме:

- перевірити, які з заходів є працездатними, тобто можливими до реалізації в конкретних умовах об'єкту;
- перевірити, які з заходів є доцільними;
- вивчити взаємодію заходів;
- визначити капіталовкладення на реалізацію заходів;
- визначити кінцеві результати (вигоди) від впровадження заходів;
- порівняти конкуруючі заходи і визначити пріоритети;
- зробити висновки.

В ході оцінювання заходів здійснюється в першу чергу їх технічна перевірка з метою гарантування того, що певний захід не виявиться неприйнятним з технічних міркувань. З'ясовується працездатність заходів в конкретних умовах виробництва взагалі, та чи буде обладнання, яке пропонується встановити, працювати в прогнозованих умовах, чи правильно визначено його потужність (продуктивність).

Враховуються також побічні ефекти заходів з енергоощадності. Наприклад, введення в живильну воду кислотних домішок для усунення осаду на стінках трубопроводів може привести до посиленої їх корозії, викликати забруднення води, яка подається в котел, що може через технологічну пару негативно вплинути на якість продукції. Впровадження деяких заходів може вимагати підвищення рівня технічного обслуговування з залученням кваліфікованішого персоналу. З іншого боку, зростає можливість впливу персоналу на виробничий процес, наприклад, зміною під час експлуатації уставки регулятора.

Серед факторів оцінювання заходів важливим є їх надійність.

Є також певний суб'єктивний фактор сприйняття заходів працівниками об'єкту, які можуть вважати їх надуманими і непотрібними.

Крім технічного аналізу здійснюється також перевірка доцільності заходів. Метою цієї перевірки є гарантування того, що даний захід не виявиться неприйнятним з інших міркувань, деякі з яких наведені нижче.

По-перше, це можуть бути вимоги екологічного характеру. Чи здійснюєма перевірка або впровадження заходів не порушує чинне законодавство про охорону довкілля. А якщо й не порушує, то чи не погіршить репутацію виробництва як екологічно нешкідливого об'єкту.

По-друге, чи пропонований захід дійсно є найкращим вирішенням. Для цього слід проаналізувати вигоду від його впровадження не лише в короткочасному, а й в довготривалому плані.

По-третє, чи прийнятний пропонований захід з причин невиробничого характеру. Наприклад, розташування нового обладнання може вимагати ліквідації спортивного клубу для працівників об'єкту.

По-четверте, чи заходи є прийнятними з точки зору капіталовкладень в їх реалізацію. Слід визначити наближені, але реальні межі можливих видатків.

Нарешті, необхідно виконати оцінку потенційних фінансових вигод і інших подібних вигод від реалізації запропонованих заходів.

Визначення видатків на впровадження проекту з енергоощадності - це ключовий момент енергоаудиту. Помилково оцінені видатки (звичайно занижені) можуть легко підірвати довіру до проекту в цілому. Як правило причина зниження видатків не в недооцінюванні видайків, а в тому, що виявляються випущеними повністю деякі її компоненти.

Нижче наведено далеко не повний перелік таких компонентів:

- вартість придбання енергоощадного обладнання;
- закупівельна вартість допоміжного обладнання (регуляторів, інструментів, охоронного обладнання);
- видатки на доставку (митні формальності, встановлення обладнання на робочому місці);
- страхування.
- видатки на ізоляцію;
- передпускове тестування і введення установки в промислову експлуатацію;
- оплата консультацій;
- видатки на цивільне будівництво;
- видатки на переміщення виробничого обладнання;
- видатки на задоволення вимог техніки безпеки і охорони праці;
- перебудова будівлі у зв'язку з встановленням нового обладнання;
- перевірка ліцензування (сертифікації);
- вартість продукції, яка не буде вироблена через зупинку виробничого процесу на час реалізації заходів з заощадження енергії;
- навчання персоналу.

Визначення видатків на компонент загальної вартості вимагає джерел вартісної інформації.

Найнадійнішим джерелом є попередній особистий досвід впровадження аналогічною проекту, але і у цьому випадку слід обережно ставитися до фактів, які можуть викликати значну різницю видатків аналогічних проектів. Наприклад, установка електронного контролю на нафтохімічному заводі може коштувати набагато дорожче, ніж аналогічна установка на пивоварні у зв'язку з необхідністю використовувати обладнання, яке сертифіковане для використання у вибухонебезпечному середовищі.

Корисно також використати нотування і бюджетні розцінки постачальників, а також ціни, взяті з різних реклам і оголошень. Однак, і тут важливо переконатися, що ці джерела не приховують всі вартісні компоненти, зокрема, доставка і налагодження обладнання.

Прайс-листи - не простий і надійний шлях визначення ціни обладнання, але їх можна використовувати лише в тому випадку, коли трудові затрати незначні, або відомі.

Отже, джерелами для оцінки видатків можуть бути:

- прайс-листи на обладнання;
- публікації про вартість обладнання, витрати на оплату праці і загальні середні витрати (а саме, на 1 м², на 1 кВт встановленої потужності тощо),
- бюджетні видатки постачальників (монтажників);
- розцінки постачальників (монтажників);
- інформація про вартість попередніх впроваджених проектів

Дуже важливо використовувати надійні фінансові критерії. Звичайно виконують аналіз дисконтованого грошового потоку, чистої зведеної вартості та (чи) внутрішньої норми прибутку для всіх, окрім найпростіших, заходів. Важливо, щоб дані фінансового аналізу були подані у формі, доступній і зрозумілій керівництву об'єкта та його підрозділів. Тепер весь матеріал для надання заходам певних пріоритетів зібраний.

Додамо ще, що якщо захід вимагає великих капіталовкладень, чи існує великий ризик того, що ошадність не буде досягнена, потрібне детальніше енергетичне обстеження.

Контрольні питання:

1. Рекомендації з енергоощадності
2. Послідовність рекомендацій і енергетичний баланс
3. Вплив систем енергоспоживання на ефективність енергоощадності
4. Аналіз використання енергії кінцевим споживачем

Література

- 1 Господарський кодекс України
- 2 Порядок організації та проведення енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств // Затверджений наказом Державного комітету України з енергозбереження N 78 від 15.09.99 р.
- 3 Тимчасове положення про порядок проведення енергетичного обстеження підприємств і атестації спеціалізованих організацій на право його проведення // Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження N 49 від 12.05.97 р.
- 4 Порядок видачі, оформлення, реєстрації "Енергетичного паспорта підприємства" та оплати послуг при його впровадженні // Затверджений наказом Державного Комітету України з енергозбереження N 89 від 10.11.98 р.
- 5 Інструкція про порядок обчислення та сплати збору за забруднення навколишнього природного середовища // Затверджено наказом Міністерства охорони навколишнього природного середовища та ядерної безпеки України, Державної податкової адміністрації України N 162/379 від 19.07.99 р. (зі змінами та доповненнями).
- 6 МИ 1967-89 ГСИ. Выбор методов и средств измерений при разработке методик выполнения измерений. Общие положения
- 7 Основні методичні положення з нормування питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів у суспільному виробництві // Затверджено наказом Державного комітету України з енергозбереження N 112 від 22.10.2002 р.
- 8 ISO/TR 10017:2003 Guidance on statistical techniques for ISO 9001:2000
- 9 ISO/TR 13425:2003 Guidelines for the selection of statistical methods in standardization and specification (Рекомендації щодо вибору статистичних методів в стандартизації та технічних вимогах (специфікації))
- 10 Рыжова В. В., Кузнецова Л. А. Математические методы в анализе хозяйственной деятельности предприятий. - М.: Финансы, 1970. - 88 с.
- 11 Чекотковский Э. В. Графический анализ статистических данных в Microsoft Excel 2000. - М.: Издательский дом "Вильямс", 2002. - 464 с.: ил.
- 12 Справочник по функционально-стоимостному анализу / А. П. Ковалев, Н. К. Моисеева, В. В. Сысун и др.; Под ред. М. Г. Карпунина, Б. И. Майданчика. - М.: Финансы и статистика, 1988. - 431 с.
- 13 Зайченко Ю. П. Дослідження операцій: Підручник. - 4-те вид., перероб. і доп. - К.: ЗАТ "ВПОЛ". 2000. - 688 с.
- 14 Бешелев С. Д., Гурвич Ф. Г. Математико-статистические методы экспертных оценок. - 2-е изд. - М.: Статистика, 1980. - 263 с.
- 15 Саати Т. Л. Принятие решений. Метод анализа иерархий. - М.: Радио и связь, 1993
- 16 Розен В. П., Соловей А. И., Чернявский А. В. Применение метода анализа иерархий при выборе энергоэффективного оборудования и технологий / Праці Міжнародного енергоекологічного конгресу "Енергетика. Екологія. Людина". - С. 166 - 171.

Зв'язок між фізичними величинами

Співвідношення між одиницями енергії

1 кВт·год = 3,6 МДж = $859,2 \cdot 10^{-6}$ Гкал = $122,74 \cdot 10^{-6}$ т у. п.

1 МДж = 0,278 кВт·год = $238,67 \cdot 10^{-6}$ Гкал = $34,09 \cdot 10^{-6}$ т у. п.

1 Гкал = 1163,87 кВт·год = 4190 МДж = $142,85 \cdot 10^{-3}$ т у. п.

1 т у. п. = 8147,30 кВт·год = 29334,12 МДж = 7 Гкал

Нормований ресурс - умовне паливо - має теплотворну здатність 29,3 ГДж/т (7000 ккал/кг).

Калорійні еквіваленти перерахунку умовного палива в натуральні види палива та енергію

Природний газ

1 т у. п. = 0,870 тис. м³

Вугілля

1 т у. п. = 1,000 т

Мазут

1 т у. п. = 0,690 т

Бензин

1 т у. п. = 0,671 т

Дизельне паливо

1 т у. п. = 0,690 т

Газ

1 т у. п. = 0,680 т

Теплова енергія

1 т у. п. = 7,000 Гкал

Електрична енергія

1 т у. п. = 8147,30 кВт·год.

Префікси та множники системи SI на позначення кратних одиниць

Преф.	тера	гіга	мега	кіло	гекто	дека	деци	санти	мілі	мікро	нано	піко
Позн.	Т	Г	М	к	г	да	д	с	м	мк	н	п
Крат.	10 ¹²	10 ⁹	10 ⁶	10 ³	10 ²	10	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁶	10 ⁻⁹	10 ⁻¹²

Оцінка економічної ефективності впровадження енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ)

Визначення економічної ефективності проводиться з метою прийняття рішень про доцільність реалізації ЕЗЗ. Вибір ЕЗЗ проводиться шляхом техніко-економічного порівняння варіантів. Оцінка економічної ефективності інвестицій в заходи з енергозбереження (капітальні вкладення) базується на визначенні показників виробничої діяльності об'єкта, що споживає ПЕР. Розмір капітальних вкладень та поточних витрат визначають по діючих тарифах, цінах, нормах та нормативах.

Критеріями економічної ефективності можуть бути:

- затрати на розробку, впровадження та експлуатацію;
- економічний ефект від впровадження (прибуток, рентабельність, період окупності);
- співвідношення затрат та економічного ефекту, вираженого у певній формі.

Показники визначення економічної ефективності ЕЗЗ

Прибуток від впровадження ЕЗЗ

$$P_t = E_t - Z_t, \quad (1)$$

де P_t – прибуток, отриманий від реалізації ЕЗЗ на t -му році, грн; E_t – економія, отримана від реалізації ЕЗЗ на t -му році, грн; Z_t – затрати на реалізацію ЕЗЗ на t -му році, грн.

Чиста поточна вартість (NPV)

Це найвідоміший і найуживаніший критерій. У літературі зустрічаються й інші його назви: чиста наведена вартість, чиста наведена цінність, дисконтовані чисті вигоди.

NPV являє собою дисконтовану цінність проекту (поточну вартість доходів або вигод від зроблених інвестицій). NPV дорівнює різниці між майбутньою вартістю потоку очікуваних вигод і поточною вартістю нинішніх і наступних витрат проекту протягом усього його циклу.

Для розрахунку NPV проекту необхідно визначити ставку дисконту, використати її для дисконтування потоків витрат та вигод і підсумувати дисконтовані вигоди й витрати (витрати зі знаком мінус). При проведенні фінансового аналізу ставка дисконту звичайно є ціною капіталу для фірми. В економічному аналізі ставка дисконту являє собою закладену вартість капіталу, тобто прибуток, який міг би бути одержаний при інвестуванні найприбутковіших альтернативних проектів.

Якщо NPV позитивна, то проект можна рекомендувати для фінансування. Якщо NPV дорівнює нулю, то надходжень від проекту вистачить лише для відновлення вкладеного капіталу. Якщо $NPV \leq 0$ – проект не приймається.

Розрахунок NPV робиться за формулою:

$$NPV = \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}, \quad (2)$$

де B_t – вигоди проекту в рік t ; C_t – витрати на проект у рік t ; i – ставка дисконту; n – тривалість проекту.

Основна перевага NPV полягає в тому, що всі розрахунки проводяться на основі грошових потоків, а не чистих доходів. Окрім того, ефективність головного проекту можна оцінити шляхом сумування NPV його окремих підпроектів. Це дуже важлива властивість, яка дає змогу використовувати NPV як основний критерій при аналізі інвестиційного проекту.

Основна вада NPV полягає в тому, що її розрахунок вимагає детального прогнозу грошових потоків на строк життя проекту. Часто робиться припущення про постійність ставки дисконту.

Правила роботи з критерієм чистої поточної вартості:

1. проекти приймаються тільки тоді, коли NPV більша нуля.
2. за наявності бюджетних обмежень обирається такий проект, який максимізує NPV.

Однак, при застосуванні NPV виникають такі труднощі:

1. складно визначити NPV у проектах, до яких входять дрібніші проекти
2. при порівнянні проектів різної тривалості за NPV необхідне використання спеціальних процедур приведення строків до порівнюваного періоду.

Внутрішня норма рентабельності (IRR)

Зустрічаються й інші назви: внутрішня ставка рентабельності, внутрішня ставка доходу, внутрішня норма прибутковості. IRR проекту дорівнює ставці дисконту, при якій сумарні дисконтовані вигоди дорівнюють сумарним дисконтованим витратам, тобто IRR є ставкою дисконту, при якій NPV проекту дорівнює нулю.

IRR дорівнює максимальному відсотку за позиками, який можна платити за використання необхідних ресурсів, залишаючись при цьому на беззбитковому рівні.

Розрахунок IRR проводиться методом послідовних наближень величини NPV до нуля при різних ставках дисконту. Розрахунки проводяться за формулою:

$$\sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t} = 0,$$

На практиці визначення IRR проводиться за допомогою такої формули:

$$IRR = A + \frac{a \cdot (B - A)}{(a - b)},$$

де A – величина ставки дисконту, при якій $NPV > 0$; B – величина ставки дисконту, при якій $NPV < 0$; a – величина позитивної NPV , при величині ставки дисконту A ; b – величина негативної NPV , при величині ставки дисконту B .

Якщо значення IRR проекту для приватних інвесторів більше за існуючу ставку рефінансування банків, а для держави – за нормативну ставку дисконту, і більше за IRR альтернативних проектів з урахуванням ступеня ризику, то проект може бути рекомендований для фінансування.

Істотна різниця NPV та IRR полягає в тому, що використання IRR завжди веде до використання одного й того самого проекту, натомість вибір за NPV залежить від вибраної ставки дисконту. Вибір проектів за NPV правильний настільки, наскільки правильно обрано ставку дисконту.

При застосуванні IRR виникають такі труднощі:

- неможливо дати однозначну оцінку IRR проектів, у яких зміна знака NPV відбувається більше одного разу
- при аналізі проектів різного масштабу IRR не завжди узгоджується з NPV
- застосування IRR неможливе для вибору альтернативних проектів відмінного масштабу, різної тривалості та неоднакових часових проміжків.

Коефіцієнт вигод/витрат (BCR)

BCR є відношенням дисконтованих вигод до дисконтованих витрат. Основна формула розрахунку:

$$BCR = \frac{\sum_{t=1}^n \frac{B_t}{(1+i)^t}}{\sum_{t=1}^n \frac{C_t}{(1+i)^t}}$$

Критерій відбору проектів полягає в тому, щоб вибрати всі незалежні проекти з коефіцієнтами BCR, більшими або рівними одиниці. При застосуванні цього критерію слід пам'ятати, що коефіцієнт BCR має такі недоліки:

- може давати неправильні ранжирування за перевагою навіть незалежних проектів

- не годиться для користування при виборі взаємовиключних проєктів
- не показує фактичну величину чистих вигод

Критерій BCR може бути використаний для демонстрації того, наскільки можливе збільшення витрат без перетворення проєкту на економічно непривабливий. Основна перевага критерію полягає в можливості швидкого з'ясування його значень для оцінки впливу на результати проєкту рівнів ризиків та невпевненостей.

Визначення модифікованої BCR (MBCR)

MBCR (i) дорівнює значенню ставці дисконту, яка прирівнює поточну вартість витрат (C_t) та поточну вартість вигод (B_t) за життєвий цикл проєкту за умови, що всі чисті вигоди реінвестуються під реальну вартість капіталу (r):

$$\sum_{t=1}^T \frac{C_t}{(1+r)^t} = \sum_{t=1}^T \frac{B_t (1+r)^{T-t}}{(1+i)^T}$$

Індекс прибутковості (PI)

PI – є відношенням суми наведених ефектів до величини інвестицій

$$PI = \frac{1}{k} \cdot \sum_{t=1}^n \frac{B_t - C_t}{(1+i)^t}$$

PI тісно пов'язаний з NPV. Якщо NPV позитивна, то й PI > 1, і навпаки. Якщо PI > 1, проєкт ефективний, якщо PI < 1 – неефективний.

Простий термін окупності (ТОК)

Використовується переважно в промисловості. Він указує кількість років, потрібних для відшкодування капітальних витрат проєкту з чистих сумарних доходів проєкту. Критерій прямо пов'язаний з відшкодуванням капітальних витрат у найкоротший період часу і не сприяє проєктам, які дають великі вигоди лише згодом. Він не може слугувати за міру прибутковості, оскільки грошові потоки після строку окупності не враховують.

$$T_{OK} = \text{Затрати} / \text{Дохід}$$

Правила використання критеріїв

Якщо існують загальні бюджетні обмеження та витрати змінюють знак не більше одного разу, то для ранжирування проєктів використовують коефіцієнт вигоди/витрати або внутрішню норму рентабельності. Якщо немає ні бюджетних обмежень, ані обмежень на доступність грошей, тоді при нестабільності знака

потоків використовують тільки чисту поточну вартість, при стабільності – NPV та IRR.

Для відбору взаємовиключних проектів застосовується NPV. При високому ступені непевності використовується строк окупності.

У разі труднощів з вираженням вигод у грошовій формі розглядаються або постійні витрати для більшості комплектуючих продуктів, або найменші витрати для менш складних продуктів.

Основні характеристики засобів вимірювання

Тепловізор

Тепловізор, призначений для знімання зображень в інфрачервоному діапазоні хвиль. Допомогає виявити проблему до того, як відбудеться відмова, що дозволить уникнути великих затрат на ремонт. Мінімальна різниця об'єкта і його фону 0,1 град. при температурі +30 град. Тепловізори поставляються з програмним забезпеченням, необхідним для зберігання і аналізу інфрачервоних зображень та для створення професійних звітів

Ультразвукові витратоміри

Призначені для вимірювання витрати рідини в заповнених трубах, без втручання в трубопровід і за відсутності бульбашок газу та суспензії в потоці. Від 0 до 1500 м³/год.; уніфікований сигнал 4 - 20 мА. Наявність накопичувача даних і порту для підключення до ЕОМ

Газоаналізатори

Призначені для визначення складових газів у пробі, що відбирається. Застосовуються для аналізу димових газів, налаштування обладнання котельень і об'єктів, що споживають ПЕР, технічного та екологічного моніторингу.

У мінімальному виконанні:

O₂ - від 0 до 20,9 %

CO₂ - від 0 до 1 %.

Вимірювання температури газів, програмування на склад палива з визначенням CO₂ розрахунковим шляхом, наявність запам'ятовувального та друкувального пристрою

Цифрові термометри

Призначені для вимірювання температури в широкому спектрі установок і діапазонів (з використанням термопар різного призначення).

Від - 50 до 1500° С

Можливість використання з термопарами різного типу

Повітряні термомпари

Призначені для вимірювання навколишньої температури і використовуються разом із цифровим термометром.

Від - 50 до 100° С

Тип будь-який

Накладні термомпари

Призначені для вимірювання температури середовища через металеву стінку і використовуються разом із цифровим термометром.

Від - 50 до 600° С

Тип будь-який

Контактні термомпари

Призначені для контактного вимірювання температури середовища і використовуються разом із цифровим термометром.

Від - 50 до 1500° С

Тип будь-який

Інфрачервоні термометри

Призначені для безконтактного (дистанційного) вимірювання температури.

Від 0 до 2000° С

Наявність підстроювання коефіцієнта випромінювання поверхні

Аналізатори електроспоживання

Призначені для вимірювання та реєстрації протягом тривалого часу параметрів трифазних та однофазних електричних мереж.

Напруга від 120 до 1000 В; струм від 0 до 2000 А; визначення $\cos\phi$ та частоти; інтервал осереднення від 15 хвилин до 12 годин.

Наявність оптичного датчика (для зчитування показань із лічильників зі стрілочними або дисковими механізмами), а також накопичувача даних і порту для підключення до ЕОМ

Струмовимірювальні лещата

Призначені для миттєвих вимірювань параметрів трифазних й однофазних електричних мереж.

Напруга від 120 до 1000 В; струм від 0 до 2000 А; визначення $\cos\phi$ та частоти

Накопичувачі даних

Призначені для записування через певні інтервали часу у внутрішній пам'яті приладу числових значень, що характеризують той або інший параметр. Є універсальним приладом, оскільки може здійснювати розпізнавання та обробляння (будучи одночасно аналого-цифровим перетворювачем) сигналів,

що надходять практично в будь-якому стандартному форматі від 4 до 20 мА, до 20 В

Обробка уніфікованих сигналів:

від 0 до 15 мА,
від 4 до 20 мА,
від 20 до 20 В;
термопарні входи від 8 шт.

Ультразвукові товщиноміри

Призначені для визначення товщини стінок труб та інших предметів. Використовується, як правило, разом з витратоміром.

Від 0 до 200 мм

Доплерівські ультразвукові витратоміри

Призначений для вимірювання витрати рідини в заповнених трубопроводах, без втручання в трубопровід і за обов'язкової наявності бульбашок газу та суспензії в потоці.

Від 0 до 1500 м³/год.

Наявність накопичувача даних і порту для підключення до ЕОМ

Анемометри

Призначені для вимірювання швидкості потоку при наявності відкритого доступу.

Від 0 до 50 м/с

Диференціальні манометри

Призначені для вимірювання швидкості потоку в закритих каналах.

Від 0 до 100 м/с

Наявність певного набору трубок Піто

Математичне моделювання питомих витрат ПЕР

Загальна математична модель витрат ПЕР

$$\hat{y} = f(x, a, b, c, \dots),$$

де \hat{y} - оціночне значення витрат ПЕР; x – обсяг виробництва продукції за рік; a, b, c – параметри моделі.

Найпростішою математичною моделлю є лінійна модель виду

$$\hat{y} = a + bx.$$

Параметри моделі визначаються за допомогою методу найменших квадратів із наступних виразів

$$a = \frac{\sum_{i=1}^N y_i \cdot \sum_{i=1}^N (x_i)^2 - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N x_i y_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

$$b = \frac{N \cdot \sum_{i=1}^N x_i y_i - \sum_{i=1}^N x_i \cdot \sum_{i=1}^N y_i}{N \cdot \sum_{i=1}^N (x_i)^2 - \left(\sum_{i=1}^N x_i \right)^2}$$

де x_i – обсяг виробництва продукції за попередні роки; y_i – витрати ПЕР по попередніх роках на виробництво продукції; N – кількість попередніх років, за які проводиться аналіз енергоспоживання.

Для оцінки щільності лінійного зв'язку використовується коефіцієнт кореляції

$$r = \frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{(N - 1) \cdot S_x \cdot S_y},$$

де \bar{x}, \bar{y} - середні значення обсягів виробництва продукції та витрат ПЕР;
 S_x, S_y – вибіркове середньоквадратичне відхилення

$$S_x = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (x_i - \bar{x})^2}{N - 1}}$$

$$S_y = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^N (y_i - \bar{y})^2}{N - 1}}$$

Показники щільності зв'язку

Величина r	0,1 – 0,3	0,3 – 0,5	0,5 – 0,7	0,7 – 0,9	>0,9
Щільність зв'язку	слабка	помірна	істотна	висока	дуже висока

Щільність лінійного зв'язку є достатньою при $r > 0,6$.

Опитувальний лист об'єкта замовника

(повна назва об'єкта, що споживає ПЕР)

1 Вид власності

2. Адреса

3 Телефон

4 Факс

5 E-mail

6 www

7 Реквізити

8 Керівники

9 Рік заснування

10 Загальна площа території, м²

11 Будівлі

12 Чисельність працюючих

13 Організаційна структура

14 Відомості про обсяг, асортимент продукції, енергоємність а також супутні товари та послуги

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

15 Відомості про споживання паливно-енергетичних ресурсів на об'єкті (електроенергія, котельно-пічне паливо, тепла енергія, стиснене повітря, моторне паливо, вода)

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

16 Відомості про продаж паливно-енергетичних ресурсів на об'єкті, за рік (електроенергія, котельно-пічне паливо, тепла енергія, стиснене повітря, моторне паливо, вода)

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

17 Відомості про ціни та тарифи на споживані паливно-енергетичні ресурси (електроенергія, котельно-пічне паливо, теплова енергія, стиснене повітря, моторне паливо, вода)

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

20_р.

18 Відомості про технічний облік споживання енергоносіїв та води

Найменування енергоносія

19 Відомості про трансформаторні підстанції (тип, кількість і сумарна потужність трансформаторів)

20 Відомості про компресорне устаткування

21 Відомості про холодильне устаткування

22 Відомості про склад і роботу котельні

23 Відомості про систему паропостачання

24 Відомості про систему опалення будівель, споруд та цехів

25 Відомості про системи гарячого та холодного водопостачання будівель, споруд та цехів об'єкта

26 Відомості про системи гарячого та холодного водопостачання будівель,

27 Відомості про технологічне устаткування, що використовує теплову енергію (пара, гаряча вода)

28 Відомості про технологічне устаткування та агрегати, що використовують паливо

29 Відомості про використання вторинних енергоресурсів, альтернативних (місцевих) і відновлюваних джерел енергії

СИСТЕМА ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ ТА ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

зі звіту "Про результати експрес-обстеження енергогосподарського авіаційного виробничого об'єднання", виконаного НТИЦ ЭТТ МЭИ й ТОО "Інтехенерго" під керівництвом Генерального директора, к.т.зв., доц. А.Г.Вакулко й зав.лаб. А.А.Злобіна, м.Москва 1997 р.

1. Загальна характеристика системи електропостачання, стан приладного обліку та контролю
2. Аналіз роботи основного електрообладнання авіаційного підприємства та міра його використання. Укрупнена оцінка потенціала енергосбереження у системі електропостачання
3. Основні напрямки та заходи енергосбереження у системі електропостачання

1. Загальна характеристика системи електропостачання, стан приладного обліку та контролю

Електропостачання авіаційного підприємства здійснюється від підстанції Зеландсько-Ленінська (Південні мережі) напругою 110 кВ (основна територія) і від підстанції "Леніно" (Міські мережі) напругою 35 кВ (філія).

На ГПП 110 кВ основній території авіаційного підприємства встановлено 2 трансформатори типу ТРДН-25000/110/6,3/6,5 з регулюванням під навантаженням. Середнє навантаження ГПП зимового добового графіка грудня 1996 р. - 18-20 МВА, тобто середній коефіцієнт завантаження K_z кожного трансформатора становить величину 0,35-0,4, що значно менше нормативного значення середнього завантаження 0,7-0,8.

Максимальне значення сумарного навантаження трансформаторів T_1 і T_2 ГПП становить 25-27 МВА ($K_z = 0,5-0,55$), що також багато менше нормативного коефіцієнта завантаження. Слід зазначити, що тривалість такого завантаження не перевищує 4-5 годин на добу в період опалювального сезону при температурі зовнішнього повітря від -10°C до -30°C .

Таким чином, можна затверджувати, що ГПП має значні резерви збільшення потужності навантаження (майже в 2 рази) по основній території авіаційного підприємства.

На підстанції 35 кВ, розташованій на території філії, встановлено також 2 трансформатори, крім навантаження території

філії авіаційного підприємства, здійснюють електропостачання ЖКХ і субабонентів.

Середнє навантаження за зимову добу 1996 р. становлять 8-9 МВА, $K_{з.сер} = 0,25-0,28$, що в 2,5-3 рази менше нормативного значення. Максимальне значення K_3 також невелике й становить величину 0,3, що свідчить про значні резерви трансформаторних потужностей.

На основній території й на площадці філії встановлено цехових 117 трансформаторів сумарною номінальною потужністю 122710 кВА, що практично дорівнює сумарної встановленої потужності навантаження авіаційного підприємства й свідчить про значне недовантаження більшої частини цехових трансформаторів.

Дійсно, якщо сумарна потужність трансформаторів напругою 110 і 35 кВ становить 82 МВА й вони завантажені не більш, ніж на половину, то $K_{з.макс}$ цехових трансформаторів становить 0,3-0,35, що дозволяє рекомендувати:

- провести додаткові обстеження цехових ТП і їхніх навантажень із метою визначення реального завантаження;
- розробити пропозиції по відключенню недовантажених трансформаторів і зміні схеми електропостачання цехів.

Це, по суті, організаційно технічний захід дозволить зменшити електроспоживання приблизно на 1% і заощадить не менш 1 млн. кВт*год у рік.

На авіаційному підприємстві налагоджений комерційний і технічний облік споживання електроенергії. На ГПП 110 кВ на стороні 6 кВ установлені 4 пари лічильників комерційного обліку активної й реактивної енергії (відповідно на кожному з уведень, що живить секції I-IV підстанції). На підстанції 35 кВ встановлена 6 пар лічильників комерційного обліку активної й реактивної енергії. На кожній з живильних підстанцій є підсумовуючі лічильники, відповідно:

$\sum M_{110}$	лічильник активної енергії на ГПП 110 кВ на стороні 6 кВ для головних споживачів авіаційного підприємства;
$\sum M_{35}$	лічильник активної енергії на підстанції 35 кВ на стороні 6 кВ, для споживачів електроенергії філії;
$\sum M_{жкх}$	лічильник активної енергії на підстанції 35 кВ на стороні 6 кВ для споживачів ЖКХ і субабонентів.

Облік ведеться, в основному, за допомогою індукційних лічильників типу САЗУ-І670М і СР4 В-І673 шляхом прямого зчитування показань із панелі лічильника й наступного визначення дійсних витрат електроенергії.

Технічний облік електроспоживання ведеться за допомогою 312 лічильників активної енергії. Недолік такого способу обліку електричної енергії очевидний і пов'язаний з відсутністю автоматизації обліку й наступного оперативного аналізу.

Пропонується під час поглибленого обстеження енергогосподарства авіаційного підприємства розглянути питання про впровадження автоматизованої системи контролю й обліку енергоносіїв (АСКОЕ). Такі системи АСКОЕ призначені для комерційного й технічного обліку відпустки й споживання енергоресурсів (електроенергія, гаряча й холодна вода, водяна пара, стиснене повітря й т.д.) і дозволяють налагодити систему збору, обробки, подання, аналізу й вироблення цілеспрямованих рішень зниження енерговитрат і фінансових засобів на енергоресурси.

Досвід впровадження й використання таких систем показали, що строк окупності їх становить, як правило, не більше 6 місяців. АСКОЕ дозволяють налагодити систему моніторингу й знизити енергоспоживання й фінансові витрати від 10 до 20% для різних енергоносіїв.

2. Аналіз роботи основного електроустаткування авіаційного підприємства й ступеня його використання. Укрупнена оцінка потенціалу енергозбереження в системі електропостачання

Сумарна встановлена потужність електроспоживаючого встаткування авіаційного підприємства становить 128436 кВт, з яких 82% установленної потужності доводиться на електроустаткування основної території (105335 кВт) і 18% - на філію (23101 кВт).

Структура встановлених потужностей електроспоживаючого встаткування по напрямках використання представлена на рис.Е.1

Як видно з рисунку, найбільша частка встановленої потужності (19,9%) доводиться на термічне встаткування. До термічного встаткування ставляться електричні нагрівальні (44 шт.) і термічні печі (71 шт.) сумарною потужністю 25553 кВт.

Ступінь і ефективність використання термічного встаткування варто особливо розглянути під час проведення поглибленого обстеження. Відзначимо, що в цей час на авіаційному підприємстві велика увага приділяється організації використання цього енергоємного встаткування. Розроблено й діє графік включення й регулювання режиму термічного встаткування, що дозволяє змістити найбільші значення графіка навантаження на нічний час і, тим самим, значно знизити витрати авіаційного підприємства на оплату за заявлений максимум.

**Структура установленных мощностей
электропотребляющего оборудования
ИАПО по направлениям использования**



$$P_{уст\Sigma} = 128436 \text{ кВт}$$

Рис.Е.1. Структура встановлених потужностей

Електроустаткування верстатного парку має ледве меншу частку в структурі встановлених потужностей і становить 18,9% або 24292 кВт. По відомостях працівників енергозавода ступінь використання

цього устаткування досить висока й, як видно, не зажадає значної уваги під час поглибленого обстеження.

Ступінь використання насосного встаткування (11,6% або 14906 кВт) і вентиляційних систем (9,1% або 11649 кВт) досить висока. Під час експрес-обстеження була відзначена необхідність додаткового поглибленого аналізу балансу повітрообміну в цехах і відділах авіаційного підприємства, що дозволить об'єктивно оцінити потенціал і резерви економії електричної й теплової енергії в системах водо- і повітропостачання.

Зварювальне встаткування має встановлену потужність 12459 кВт, що становить 9,7% у структурі потужностей електроустаткування. По експертній оцінці аудиторів і фахівців заводу, ступінь використання цього встаткування невисока й становить не більше 0,2. Тому додаткового поглибленого обстеження на подальшій стадії аудита цього встаткування, очевидно, не буде потрібно.

Установлена потужність компресорного встаткування становить 10029 кВт (7,8%). У той же час, за даними працівників енергозавода, річне споживання електроенергії в 1996 р. дорівнює 12,4 млн. кВт*год, що становить 12,5% у загальній структурі електроспоживання.

При цьому, турбокомпресорна, із зазначеного електроспоживання компресорним устаткуванням, витрачає 9,3 млн. кВт*год, тобто 75% електроенергії, споживаної всіма компресорами авіаційного підприємства в 1996 р.

Практика енергоаудита показує більшу частку втрат при виробництві, передачі й споживанні стисненого повітря, які часто становлять від 30 до 60%. У розділі 5 даного звіту докладно розглянуте питання повітропостачання й можливих резервів економії стисненого повітря, а, отже, і електроенергії.

Для детального розглянутого питання повітропостачання й розробки заходів і технічних рішень, що підвищують ефективність роботи всієї системи стисненого повітря, пропонуємо провести поглиблене обстеження. Потенціал економії електроенергії в цьому напрямку може скласти до 20% (або більше 2,5 млрд. руб. економії). Системи висвітлення мають також значну встановлену потужність, що перевищує 10Мвт. Слід зазначити, що освітлювальні установки (ОУ) на 90% виконані з використанням ламп розжарювання (ЛР), що мають не менш, ніж в 3 рази, меншу ефективність, чим лампи ДРЛ, люмінесцентні лампи (ЛЛ) або компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ).

Крім цього, термін служби ламп накаливання не перевищує 1000 год, у той час як ОУ на ДРЛ мають термін служби до 5 тис. годин.

Слід зазначити, що по експертній оцінці електроспоживання ОУ становить 6-8 млн. кВт*год або 6-8% від загального електроспоживання.

Пропонується розглянути систему висвітлення авіаційного підприємства під час поглибленого обстеження з метою забезпечення СНіП, а також значного зниження електроспоживання за рахунок застосування більше ефективних ОУ, удосконалювання організації роботи цієї системи (проведення робіт із секціонування, автоматичному включенню-відключенню ОУ залежно від освітленості приміщень). Це додатково дозволить знизити заявлений максимум на 3-5% і істотно знизити електроспоживання об'єднання (до 5%) і одержати значну економію в грошовому вираженні до 200 млн. грн.

3. Основні напрямки й заходи енергозбереження в системі електропостачання

Продовжити роботи зі створення єдиної системи обліку споживання електроенергії поряд з іншими енергоресурсами. Провести роботи з аналізу технічної можливості впровадження автоматизованої системи обліку електроенергії й інших енергоресурсів на сучасній елементній базі, оцінити можливі матеріальні й фінансові витрати для реалізації АСКУЕ й ефективність її впровадження.

Для реалізації даного заходу необхідно провести роботи з відновлення, а в ряді випадків, і розробку виконавчих схем електропостачання. При цьому варто провести інвентаризацію енергетичного встаткування, звернувши особливу увагу на відповідність реальної потужності рухового навантаження нормативним вимогам установки.

Так, при завищених потужностях двигунів і коефіцієнті навантаження менш 0,45 різко знижується ККД і $\cos\phi$ двигуна. Крім цього, при розробці (відновленні) виконавчих схем варто розглянути питання про оцінку можливості організації перемикання навантаження на одну групу трансформаторів і відключенні іншої частини цехових трансформаторів. Цим можна знизити електроспоживання заводу від 0,5 до 2%.

Особливо важливим є питання надійності електропостачання цехів, що мають верстати з ЧПУ. Тут необхідно:

- розвести силові кола двигунів навантаження й кола живлення процесорів керування;
- розглянути комплекс технічних і економічних питань забезпечення надійного електроживлення електронної частини верстатів зі ЧПУ.

- провести комплекс робіт з аналізу реального завантаження цехових трансформаторних підстанцій з метою відключення частини трансформаторних потужностей.

Як показав аналіз електроспоживання, середні значення $K_{з.тп} = 0,3-0,35$.

При реалізації робіт з перегрупування навантаження по цеховим ТП, представляється можливим відключити, як мінімум, половину трансформаторів і одержати економію електроенергії не менш 1 млн. кВт*г.

Провести поглиблене інструментальне обстеження системи освітлення об'єднання з урахуванням специфіки роботи ОУ для різних підрозділів заводу й розробити пропозиції по підвищенню ефективності роботи освітлювальних установок.

Більша частина ОУ (до 50%) виконана за допомогою ламп розжарювання (ЛР), ефективність яких становить від 9 до 15 лм/Вт. Кращі зразки ртутних ламп (ДРЛ), а також люмінесцентних ламп (ЛЛ), використовувані в промисловості, мають цей показник ефективності від 30 до 50 лм/Вт і термін служби в 6-8 разів більший, ніж у ЛР.

В останні роки на вітчизняних заводах випускаються компактні люмінесцентні лампи (КЛЛ), які без технічної переробки існуючих арматур, дозволяють знизити Руст ламп накаливання потужністю 60-100 Вт у 5 разів.

Методичні рекомендації для визначення теплоти на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання

А. Визначення витрати теплоти на опалення

Максимальну витрату теплоти на опалення визначають по так званому розрахунковому значенню зовнішньої температури для опалення $t_{з.о}$, яке дорівнює значенню середньої температури найбільш холодних п'ятиденок, узятих з восьми найбільш холодних зим за 50-ти річний період за формулою:

$$Q_o = q_o (t_{вн} - t_{з.о}) V_з, \quad (Ж.1)$$

де $t_{вн}$ - розрахункова температура повітря усередині опалювальних приміщень, прийнята для житлових і суспільних будинків 18°C , а для виробничих задній по характерній температурі в приміщеннях виробничих цехів, $^{\circ}\text{C}$;

q_o - питома витрата тепла на 1 м^3 будинку по зовнішньому обмірюванню (опалювальна характеристика будинку, дорівнює тепловтратам одного м^3 будинку при різниці внутрішньої й зовнішньої температур 1°C), $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ або $\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot ^{\circ}\text{C})$;

$V_з$ - зовнішній будівельний об'єм будинків (без підвалів), м^3 .

Питомі опалювальні характеристики житлових, суспільних і виробничих будинків можна вибирати по таблицям Ж.1-Ж.3.

Таблиця Ж.1. Опалювальні характеристики житлових будинків

Зовнішній будівельний об'єм будинків V , м^3	Питома опалювальна характеристика будинків q_o , $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{К})$ [$\text{ккал}/(\text{м}^3 \cdot \text{ч} \cdot ^{\circ}\text{C})$]	
	будівлі до 1958р.	будівлі після 1958р.
100	0,86 (0,74)	1,07 (0,92)
200	0,77 (0,66)	0,95 (0,82)
300	0,72 (0,62)	0,91 (0,78)
400	0,70 (0,60)	0,86 (0,74)
500	0,68 (0,58)	0,83 (0,71)

600	0,65 (0,56)	0,80 (0,69)
700	0,63 (0,54)	0,79 (0,68)
800	0,62 (0,53)	0,78 (0,67)
900	0,61 (0,52)	0,77 (0,66)
1000	0,59 (0,51)	0,76 (0,65)
1100	0,58 (0,50)	0,72 (0,62)
1200	0,57 (0,49)	0,70 (0,60)
1300	0,56 (0,48)	0,69 (0,59)
1400	0,55 (0,47)	0,68 (0,58)
1500	0,55 (0,47)	0,66 (0,57)
1700	0,54 (0,46)	0,64 (0,55)
2000	0,52 (0,45)	0,62 (0,53)
2500	0,51 (0,44)	0,61 (0,52)
3000	0,50 (0,43)	0,58 (0,50)
3500	0,49 (0,42)	0,56 (0,48)
4000	0,46 (0,40)	0,55 (0,47)
4500	0,45 (0,39)	0,54 (0,46)
5000	0,44 (0,38)	0,52 (0,45)
6000	0,43 (0,37)	0,50 (0,43)
7000	0,42 (0,36)	0,49 (0,42)
8000	0,41 (0,35)	0,48 (0,41)
9000	0,39 (0,34)	0,46 (0,40)
10000	0,38 (0,33)	0,45 (0,39)
11000	0,37 (0,32)	0,44 (0,38)
12000	0,36 (0,31)	0,44 (0,38)

13000	0,35 (0,30)	0,43 (0,37)
14000	0,35 (0,30)	0,43 (0,37)
15000	0,34 (0,29)	0,43 (0,37)
20000	0,33 (0,28)	0,43 (0,37)
25000	0,33 (0,28)	0,43 (0,37)
30000	0,33 (0,28)	0,42 (0,36)
35000	0,33 (0,28)	0,41 (0,35)
40000	0,31 (0,27)	0,41 (0,35)
45000	0,31 (0,27)	0,39 (0,34)
50000	0,30 (0,26)	0,39 (0,34)

Таблиця Ж.2. Питомі теплові характеристики адміністративних, лікувальних та культурно-просвітніх будинків дитячих установ

Найменування будинків	Об'єм будинків V, тис.м ³	Питомі теплові характеристики Вт/(м ³ ·К) [ккал/(м ³ ·год·°С)]		Розрахункова внутрішня температура (усереднена)
		опалення q _o	вентиляція q _в	t _в , °С
Адміністративні будинки	до 5	0,5 (0,43)	0,11 (0,09)	18
	до 10	0,44 (0,38)	0,09 (0,08)	
	до 15	0,41 (0,35)	0,08 (0,07)	
	більше 15	0,37 (0,32)	0,21 (0,18)	
Клуби	до 5	0,42 (0,37)	0,29 (0,25)	16
	до 10	0,38 (0,38)	0,27 (0,23)	
	більше 10	0,35 (0,30)	0,23 (0,20)	
Кінотеатри	до 5	0,42 (0,36)	0,50 (0,43)	14
	до 10	0,37 (0,32)	0,45 (0,39)	
	більше 10	0,35 (0,30)	0,44 (0,38)	
Театри	до 10	0,34 (0,29)	0,48 (0,41)	15
	до 15	0,31 (0,27)	0,46 (0,40)	

	до 20	0,26 (0,22)	0,44 (0,38)	
	до 30	0,23 (0,20)	0,42 (0,36)	
	більше 30	0,21 (0,18)	0,36 (0,31)	
Універмаги	до 5	0,44 (0,38)	—	15
	до 10	0,38 (0,33)	0,09 (0,08)	
	більше 10	0,36 (0,31)	0,31 90,27)	
Дитячі ясла й сади	до 5	0,44 (0,38)	0,13 (0,11)	20
	більше 5	0,39 (0,34)	0,12 (0,10)	
Шкільні й вищі	до 5	0,45 (0,39)	0,11 (0,09)	16
навчальні заклади	до 10	0,41 (0,35)	0,09 (0,08)	
	більше 10	0,38 (0,33)	0,08 (0,07)	
Лікарні	до 5	0,46 (0,40)	0,34 (0,29)	20
	до 10	0,42 (0,36)	0,33 (0,28)	
	до 15	0,37 (0,32)	0,30 (0,26)	
	більше 15	0,35 (0,30)	0,29 (0,25)	

Лазні	до 5	0,33 (0,28)	1,16 (1,00)	25
	до 10	0,29 90,25)	1,11 (0,95)	
	більше 10	0,27 (0,23)	1,05 (0,90)	
Пральні	до 5	0,44 (0,38)	0,93 (0,80)	15
	до 10	0,38 (0,33)	0,91 (0,78)	
	більше 10	0,36 (0,31)	0,87 (0,75)	
Підприємства	до 5	0,41 90,35)	0,81 90,70)	16
суспільного	до 10	0,38 (0,33)	0,76 (0,65)	
харчування, їдальні	більше 10	0,35 (0,30)	0,70 (0,60)	

Таблиця Ж.3. Питомі теплові характеристики підприємств

Найменування будинків	Об'єм будинків V, тис.м ³	Питомі теплові характеристики Вт/(м ³ ·К) [ккал/(м ³ · год · °С)]	
		для опалення q _o	для вентиляції q _v
Чавуноливарні цехи	10 - 15	0,35 - 0,29	1,28 - 1,16
		(0,30 - 0,25)	(1,10 - 1,00)
	50 - 100	0,29 - 0,26	1,16 - 1,04

		(0,25 - 0,22)	(1,00 - 0,90)
	100 - 150	0,26 - 0,21	1,05 - 0,93
Мідноливарні цехи	5 - 10	0,46 - 0,41	2,91 - 2,33
		(0,40 - 0,35)	(2,50 - 2,00)
	10 - 20	0,41 - 0,29	2,33 - 1,74
		(0,35 - 0,25)	(2,00 - 1,50)
	20 - 30	0,29 - 0,23	1,74 - 1,40
		(0,25 - 0,20)	(1,50 - 1,20)
Термічні цехи	до 10	0,46 - 0,35	1,51 - 1,49
		(0,40 - 0,30)	(1,30 - 1,20)
	10 - 30	0,35 - 0,29	1,40 - 1,16
		(0,30 - 0,25)	(1,20 - 1,00)
	30 - 75	0,29 - 0,23	1,16 - 0,70
		(0,25 - 0,20)	(1,00 - 0,60)
Ковальські цехи	до 10	0,46 - 0,35	0,81 - 0,70
		(0,40 - 0,30)	(0,70 - 0,60)
	10 - 50	0,35 - 0,29	0,70 - 0,58
		(0,30 - 0,25)	(0,60 - 0,50)

	50 - 100	0,29 - 0,18	0,58 - 0,35
		(0,25 - 0,15)	(0,50 - 0,30)
Механоскладальні,	5 - 10	0,64 - 0,52	0,46 - 0,29
механічні й		(0,55 - 0,45)	(0,40 - 0,25)
слюсарні відділення	10 - 15	0,52 - 0,46	0,29 - 0,18
інструментальних цехів		(0,45 - 0,40)	(0,25 - 0,15)
	50 - 100	0,46 - 0,44	0,18 - 0,14
		(0,40 - 0,38)	(0,15 - 0,12)
	100 - 200	0,44 - 0,41	0,14 - 0,09
		(0,38 - 0,35)	(0,12 - 0,08)
Деревообробні цехи	до 5	0,70 - 0,64	0,70 - 0,58
		(0,60 - 0,55)	(0,60 - 0,50)
	5 - 10	0,64 - 0,52	0,58 - 0,52
		(0,55 - 0,45)	(0,50 - 0,45)
	10 - 50	0,52 - 0,46	0,52 - 0,46
		(0,45 - 0,40)	(0,45 - 0,40)
Цехи металевих	50 - 100	0,44 - 0,41	0,62 - 0,52

конструкцій		(0,38 - 0,35)	(0,53 - 0,45)
	100 - 150	0,41 - 0,35	0,52 - 0,41
		(0,35 - 0,30)	(0,45 - 0,35)
Цехи покриттів	до 2	0,77 - 0,70	5,80 - 4,63
(гальванічних і ін.)		(0,66 - 0,60)	(5,00 - 4,00)
	2 - 5	0,70 - 0,64	4,65 - 3,49
		(0,60 - 0,55)	(4,00 - 3,00)
	5 - 10	0,64 - 0,52	3,49 - 2,33
		(0,55 - 0,45)	(3,00 - 2,00)
Ремонтні цехи	5 - 10	0,70 - 0,58	0,23 - 0,18
		(0,60 - 0,50)	(0,20 - 0,15)
	10 - 20	0,58 - 0,52	0,18 - 0,12
Паровозне депо	до 5	0,81 - 0,76	0,46 - 0,35
		(0,70 - 0,65)	0,40 - 0,30)
	5 - 10	0,76 - 0,70	0,35 - 0,29
		(0,65 - 0,60)	(0,30 - 0,25)
Котельні цехи	100 - 250	0,29 (0,25)	0,70 (0,60)
Котельні	2 - 5	0,12 (0,10)	0,35 - 0,58

(опалювальні й			(0,30 - 0,50)
парові)			
	5 - 10	0,12 (0,10)	0,35 - 0,58
			(0,30 - 0,50)
	10 - 20	0,09 (0,08)	0,23 - 0,46
			(0,20 - 0,40)
Майстерні	5 - 10	0,58 (0,50)	0,58 (0,50)
	10 - 15	0,46 (0,40)	0,35 (0,30)
	15 - 20	0,41 (0,35)	0,29 (0,25)
	20 - 30	0,35 (0,30)	0,23 (0,20)
Насосні	до 0,5	1,22 (1,05)	
	0,5 - 1	1,16 (1,00)	
	1 - 2	0,70 (0,60)	
	2 - 3	0,58 (0,50)	
Компресорні	до 0,5	0,81 (0,70)	
	0,5 - 1	0,81 - 0,70	
		(0,70 - 0,60)	
	1 - 2	0,70 - 0,52	
		(0,60 - 0,45)	

	2 - 5	0,52 - 0,46	
		(0,45 - 0,40)	
	5 - 10	0,46 - 0,41	
		(0,40 - 0,35)	
Газогенераторні	5 - 10	0,12 (0,10)	2,09 (1,80)
Регенерація масел	2 - 3	0,87 - 0,70	0,70 - 0,58
		(0,75 - 0,60)	(0,60 - 0,50)
Склад хімікатів, фарб і т.п.	до 1	0,99 - 0,87	—
		(0,85 - 0,75)	
	1 - 2	0,87 - 0,76	—
		(0,75 - 0,65)	
	2 - 5	0,76 - 0,68	0,70 - 0,52
		(0,65 - 0,58)	(0,60 - 0,45)
Побутові й адміністра-	0,5 - 1	0,70 - 0,52	—
тивно-допоміжні		(0,60 - 0,45)	
приміщення	1 - 2	0,52 - 0,46	—
		(0,45 - 0,40)	
	2 - 5	0,46 - 0,38	0,16 0 14

		(0,40 - 0,33)	(0,14 - 0,12)
	5 - 10	0,38 - 0,35	0,14 - 0,13
		(0,33 - 0,30)	(0,12 - 0,11)
	10 - 20	0,35 - 0,29	0,13 - 0,12
		(0,30 - 0,25)	(0,11 - 0,10)

Джерело: Налагодження й експлуатація теплових мереж : Довідник/В.И.Манюк, Я.И.Каплинский, Э.Б.Хиж і ін. М.:Стройиздат, 1988.-432 с.:іл.

Б. Визначення витрати теплоти на вентиляцію

1. Для спрощеного визначення максимальних годинних витрат тепла на вентиляцію застосовують питомі вентиляційні характеристики будинків q_v , (питома витрата тепла 1 м³ вентилязованого будинку по зовнішньому об'ємі на 1°С різниці температур між усередненою розрахунковою температурою повітря усередині вентилязованих приміщень $t_{вн}$ і розрахунковою температурою зовнішнього повітря $t_{зв}$).

2. Максимальна годинна витрата теплоти на вентиляцію:

$$Q_v = q_v (t_{вн} - t_{зв}) V_z \quad (\text{Ж.2})$$

3. При температурі зовнішнього повітря нижче розрахункової приймають витрату теплоти на вентиляцію рівним максимальній годинній витраті теплоти за формулою (Б.1).

4. При температурі зовнішнього повітря вище розрахункової приймають витрату теплоти на вентиляцію пропорційним розрахункової різниці температур за виразом:

$$Q_v^x = Q_v \frac{t_{вн} - t_z^x}{t_{вн} - t_{зв}} \quad (\text{Ж.3})$$

5. При відсутності вихідних даних про тип будівлі й кратності обміну повітря у вентилязованих приміщеннях, максимальна витрата теплоти на вентиляцію суспільних будинків визначають за формулою:

$$Q'_v = k_1 k_2 q_o A, \quad (\text{Ж.4})$$

де k_1 – коефіцієнт, що враховує витрата теплоти на опалення суспільних будинків (при відсутності даних приймають $k_1 = 0,25$)

k_2 – коефіцієнт, що враховує витрата теплоти на вентиляцію суспільних будинків, (для будинків, побудованих до 1985 р. $k_2 = 0,4$; для будинків побудованих після 1985 г $k_2 = 0,6$);

q_0 – укрупнений показник максимальної витрати теплоти на опалення 1 м^2 загальної площі житлових приміщень, Дж/(с* м^2);

A – загальна площа житлових приміщень, м^2

6. Середній за опалювальний сезон годинна витрата теплоти на вентиляцію визначають по формулі:

$$Q_6^{cp} = Q_6 \frac{t_{\text{вн}} - t_3^{cp}}{t_{\text{вн}} - t_{36}} \quad (\text{Ж.5})$$

7. Річна витрата теплоти на вентиляцію:

$$Q_6^{pik} = Q_6 \frac{Z_6}{24} \left(n_6 + \frac{t_{\text{вн}} - t_{36}^{cp}}{t_{\text{вн}} - t_{36}} \cdot (n_0 - n_6) \right) \quad (\text{Ж.6})$$

де t_{36}^{cp} - середня температура зовнішнього повітря в діапазоні опалювального періоду для вентиляції;

n_0 - тривалість опалювального періоду в годинниках;

n_6 - число годин в опалювальному періоді з температурами зовнішнього повітря для вентиляції нижче розрахункової;

Z_6 - число годин роботи вентиляції протягом доби.

В. Визначення витрати теплоти на гаряче водопостачання

1. Середньодобова витрата теплоти за добу найбільшого водоспоживання для гарячого водопостачання визначають за формулою:

$$Q_{cp}^{доб} = C \cdot G(t_2 - t_x) \quad (13)$$

де C – питома теплоємність води ($C = 4,19 \text{ кДж/кг*град}$);

G – добова витрата води, л; t_2 - температура гарячої води;

t_x - температура холодної води, що подається в систему гарячого водопостачання.

2. За СНиП 2.04.01.-85 температуру гарячої води в місцях водорозбіра приймають не вище 75°C для будь-яких систем гарячого водопостачання й не нижче 55°C для систем централізованого

гарячого водопостачання, приєднаних до відкритих систем тепlopостачання, і систем місцевого гарячого водопостачання; не нижче 50⁰С для систем централізованого гарячого водопостачання, приєднаних до закритих систем тепlopостачання.

3. Температуру холодної води при відсутності даних приймають узимку + 5⁰С, улітку - +15⁰С.

4. Норму витрати гарячої води приймають із табл. Ж.4

Таблиця Ж.3. Орієнтовні норми витрати гарячої води

Споживачі	Одиниці виміру	Норма витрати гарячої води на добу найбільшого водоспоживання, л
Житлові будинки квартирною типу, обладнані:	1 мешканець	
а) умивальниками, мийками, душами		100
б) сидячими ваннами й душами		110
а) ваннами довжиною 1500 - 1700мм і душами		120
Житлові будинки квартирною типу при висоті будинку більше 12 поверхів і підвищених вимогах до їхнього благоустрою	те ж	130
Гуртожитки із загальними душовими	те ж	60
Гуртожитки із загальними душовими, їдальнями й пральнями		80

Готелі, мотелі, пансіонати із загальними ваннами й душами	те ж	70
Готелі з ваннами в окремих номерах:	те ж	
а) до 25% загального числа номерів		100
б) до 75% загального числа номерів		160
в) в усіх номерах		200
Готелі з душами в усіх окремих номерах	те ж	140
Лікарні, санаторії загального типу, будинку відпочинку (із загальними ваннами й душами)	1 ліжко	180
Санаторії, будинки відпочинку з ваннами при всіх житлових кімнатах	те ж	200
Поліклініки, амбулаторії	1 хворий	6
Пральні:		
немеханізовані	1 кг сухої білизни	15
механізовані	те ж	25
Прибирання приміщень	1 м ³	3
Будинки та приміщення установ управління	1 працюючий	7

Навчальні заклади, загальноосвітні школи й душеві при гімнастичних залах	1 учень і викладач у зміну	8
Школи - інтернати	1 місце	100
Дитячі ясла- сади з денним перебуванням	1 дитина	30
Дитячі ясла - сади із цілодобовим перебуванням	1 дитина	35
Підприємства громадського харчування:	1 блюдо	
а) готування їжі, яка споживається на підприємстві		2
б) готування їжі, яка продається додому		1,5
Виробничі магазини	1 робоче місце	100
Перукарні	те ж	70
Театри	1 місце глядача	5
Стадіони, спортивні зали для фізкультурників (з урахуванням прийому душу)	1 фізкультурник	30
Плавальні басейни (із прийомом душу)	1 спортсмен	60
Лазні:		

а) миття у помивочній з тазами на лавах з обмиванням у душі	1 відвідувач	120
б) миття у помивочній з тазами на лавах із прийомом оздоровчих процедур	те ж	190
в) душова кабіна	те ж	290
г) ванна кімната	те ж	360
д) прибирання підлоги приміщень помивочних, душових, парильних	1м ²	3
Обслуговуючий персонал суспільних будинків	1 чоловік у зміну	7
Холодильники:		
а) мийка підлог	1 м ²	3
б) мийка інвентарю	1 м ² поверхні	4
в) мийка підземнотранспортних засобів (електропогрузчиків, електрокарів та ін.)	1 машина	150
Цехи з перевищенням наявного тепла більше 83,8°кДж (20 ккал) на 1м ³ приміщень у годину	1 робітник у зміну	24
Інші цехи	те ж	11
<i>Примітка:</i> Середню температуру води в системах централізованого гарячого водопостачання з безпосереднім водорозбіром гарячої води із трубопроводу теплової мережі варто		

приймати 65°С, а норми витрати води приймати з коефіцієнтом 0,85.

Джерело: Налагодження й експлуатація теплових мереж :
Довідник/В.И.Манюк, Я.И.Каплинский, Э.Б.Хиж і ін. М.:Стройиздат,
1988.-432 с.:іл.

Методичне видання

Сергій Андрійович Левченко
к.т.н., доцент

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Навчально-методичний посібник

*для студентів спеціальності «Енергетичний менеджмент»
всіх форм навчання ЗДІА*

Підписано до друку 201 р. Формат 60x84 1/32. Папір офсетний.
Умовн. друк. арк. . Наклад прим.
Замовлення № .

Запорізька державна інженерна академія
Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 2958 від 03.09.2007 р.

Віддруковано друкарнею
Запорізької державної інженерної академії
з оригінал-макету авторів

69006, м. Запоріжжя, пр. Леніна, 226
ЗДІА,
тел. 2238-240