# ЕТАПИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ ТА ФІНАНСОВИЙ АНАЛІЗ ЗАПРОПОНОВАНИХ ЗАХОДІВ

# Енергетичний аудит [4] - це вид діяльності, спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання за рахунок підвищення ефективності їх використання. Енергетичний аудит призначений для вирішення таких головних завдань:

# обстеження стану використання енергетичних ресурсів на об'єкті;

# аналіз ефективності споживання енергетичних ресурсів;

# розроблення організаційно-технічних заходів, спрямованих на зниження енергетичних або грошових витрат;

# визначення потенціалу заощадження енергії;

# економічне обґрунтування організаційно-технічних заходів.

# Об`єктом енергетичного аудиту може бути будь-яке підприємство, енергетична установка, будівля, агрегат, який генерує, перетворює, або споживає енергію.

# Підсумковим документом енергоаудиту є звіт, що, зазвичай, містить три розділи:

# Опис об'єкту;

# Зібрання даних про споживання енергії на об'єкті, та аналіз зібраних даних;

# Рекомендації по заощадженню енергії.

# Опис об'єкту і його 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.

# 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. На основі зібраних даних проводиться аналіз енергоспоживання і виявляються шляхи підвищення ефективності енерговикористання, яке дає можливість виявити ділянки об'єкта, в яких інвестиції дадуть найбільший економічний ефект.

# Рекомендаційна частина звіту містить пропозиції стосовно ефективного використання енергії, які розроблені під час проведення обстеження і за результатами аналізу енергоспоживання. 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.

***3.1 Основні етапи енергетичного аудиту***

#### 3.1.1 І етап. Одержання інформації про споживання енергії

* ***Первинний огляд підприємства, його основних технологічних процесів та енергоспоживаючих установок***

Енергетичний аудит розпочинається з первинного огляду підприємства, в процесі якого збираються данні про діяльність підприємства, яке обстежують, його продукцію; одержують інформацію про те, які здійснювались міри щодо енергозбереження в минулому, та чи є на підприємстві служба або посадова особа, які займаються питаннями енергозбереження.

* ***Збирання первинних даних про споживання палива і енергії за попередній і поточний роки;***

Для збирання первинних даних повинна бути розроблена форма, до якої заносять цифри щомісячного споживання різних видів енергії. Якщо це буде потрібно, ці данні збиратимуться за декілька минулих років. Доцільно цю інформацію представити у графічному вигляді (графіки місячного споживання). Важливо також зареєструвати значення теплотворної здатності нестандартних видів палива. Наявність всіх цих даних дає можливість визначити тенденції у використанні паливно-енергетичних ресурсів, що є базою для визначення техніко-економічних показників по об`єкту в цілому.

* ***Аналіз структури енергоспоживання***

Ця інформація може бути представлена у вигляді таблиці або секторної (кругової) діаграми. Аналіз структури енергоспоживання допомагає сформулювати стратегію енергоспоживання на перспективу.

* ***Аналіз структури витрат на енергію***

Аналогічно з попереднім пунктом аналізують частковий вклад різних видів енергії у грошовому вигляді. Це дозволяє намітити попередній напрямок енергетичного аудиту, звернувши увагу на види енергії з найбільшими частковими витратами.

* ***Визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції, що випускається, по підприємству і окремим підрозділам***

Якщо аудит проводиться на промисловому підприємстві, доцільно до форми щомісячного споживання енергії внести кількість виробленої продукції. Це дасть змогу оцінити питомі витрати енергії на одиницю продукції, що випускається, та оцінити частку вартості енергоносіїв у вартості продукції.

#### 3.1.2 ІІ етап. Вивчення паливно-енергетичних потоків по об’єкту в цілому і окремих підрозділах

* ***Вивчення схеми основного технологічного виробництва і його процесів***

Для того щоб мати достатнє уявлення про те, де споживається енергія, необхідно розібратися у виробничих процесах на об`єктах. Для цього можуть знадобитися екскурсія по заводу та обговорювання з керівниками виробничих дільниць та операторами і диспетчерами технологічного процесу, інженерами технологами. В результаті складається схема технологічного процесу (блок-схема процесу). До складу схеми входить вихідна сировинна база, послідовність окремих технологічних операцій, їхній взаємозв`язок для одержання основної та допоміжної продукції. Схема необхідна для наступного обліку енергетичних ресурсів на кожному рівні. Важливе значення має також і характер роботи. Треба з`ясувати графік роботи (восьмигодинний чи цілодобовий). Якщо мова йде про дискретний процес, то треба визначити час його початку і кінця.

* ***Побудова схеми споживання об’єктом енергетичних ресурсів***

Для кожного елементу складеної блок-схеми технологічного процесу повинні бути визначені вхідні і вихідні потоки енергії, а також втрати. На основі доступної інформації та візуальних перевірок треба оцінити відносні розміри потоків енергії і втрат та скласти перелік основних споживачів енергії (як на комунальні, так і на виробничі потреби). При розрахунку споживання кінцевими користувачами можуть знадобитися додаткові вимірювачі. Для відділення навантажень технологічного процесу від навантажень, пов`язаних з опаленням треба розглянути сезонні коливання енергоспоживання. Якщо навантаження технологічного процесу відносно незмінно, його оцінювання може бути зроблено шляхом визначення споживання палива в період, коли опалювальний сезон завершено.

* ***Складання карти використання енергетичних ресурсів***

На цій стадії детально досліджуються енергоспоживачі шляхом розбивання системи по корпусам, групам технологічних процесів та окремим процесам та установкам. Для кожної підсистеми визначається чисельність діючого та резервного обладнання, продуктивність кожного агрегату та кількість споживаної їм енергії. При складанні карти енергоспоживання інколи проводяться додаткові заміри у вузлових точках підприємства, а також розрахунки.

Величина потоків енергії на об`єкті може бути оцінена за допомогою:

* любих наявних та додаткових вимірювачів;
* паспортної інформації фірми-виготовлювача на обладнання (слід бути уважним при використанні такої інформації, тому що можуть мати місце великі розбіжності у використанні енергії, якщо дане обладнання було модифіковане або у нього були вмонтовані нестандартні деталі);
* розмірів труб (максимальна фактична швидкість переміщення даної рідини по трубах дає уявлення про можливі навантаження)
* при відсутності стаціонарних електричних лічильників можна використовувати портативні електричні вимірювачі, які не потребують розриву кіл (перевірка електроспоживання за допомогою токовимірювальних кліщів).

 Карта енергоспоживання дозволяє оцінити потоки різних видів енергії, а також найбільш енергоємні підрозділи.

* ***Складання паливно-енергетичного балансу підприємства в цілому та за окремими видами енергоресурсів***

Паливно-енергетичний баланс об`єкта є основним для оцінки вибору раціональних енергоносіїв та прогнозу енергоспоживання. Баланс за окремими енергоресурсами об`єкта дозволяє в цілому оцінити ефективність використання різних енергоносіїв, акцентувати увагу на окремих споживачах енергії для поглибленого вивчення.

* ***Виявлення найбільш енергоємних споживачів і збирання даних щодо них***

До важливіших споживачів електричної енергії можуть бути віднесені:

* освітлення
* опалення приміщень
* кондиціювання повітря
* печі
* компресори
* холодильники
* насоси
* вентилятори
* виробничі машини і механізми.

До важливих споживачів палива відносяться:

* парові котли
* водогрійні котли
* печі
* опалення приміщень
* система гарячого водопостачання
* генератори
* нагрівачі
* сушильні шафи

Щодо усіх споживачів встановлюють вихідні паспортні дані, схеми енергоспоживання. Визначення найбільш енергоємних споживачів проводиться за допомогою відповідних вимірювань режимних параметрів їхньої роботи.

* ***Визначення питомих норм споживання енергії окремих споживачів***

Питомі норми (витрати енергії на одиницю продукції) споживання енергії окремих споживачів і об`єкта в цілому дають можливість порівняти їх з аналогічними нормами високопродуктивних виробництв і виявити окремих споживачів з завищеними нормами для подальшого обстеження.

* ***Складання енергетичного балансу щодо окремих енергоємних споживачів***

Це дозволяє оцінити ефективність використання різних видів енергії, врахувати їх нераціональне використання, намітити шляхи економії.

#### 3.1.3 ІІІ етап. Аналіз ефективності використання об’єктом паливно-енергетичних ресурсів

* ***Аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів окремих технологічних процесів***

Метою цього етапу є аналіз поточного споживання енергії на об`єкті та визначення області, де це споживання може бути зменшено. Існує три загальних підрозділи:

* області недоцільного використання (наприклад, використання стиснутого повітря для охолодження та очистки);
* області втрат (наприклад, надмірне попереднє нагрівання печі, надмірний тиск пари чи повітря, допоміжне обладнання, не вимкнене під час простою основного обладнання);
* низька ефективність перетворення (котли, компресори, холодильне устаткування).

Після виявлення цих областей можна визначити необхідні програми для виправлення положення.

* ***Критичний аналіз потоків енергії***

Порядок аналізу:

* 1. *Аналіз кінцевого споживача*

Розглядаючи процес чи крупного споживача треба відповісти на ряд питань:

* + - для якої мети необхідна енергія? (наприклад, насос споживає енергію для того, щоб забезпечити проходження рідини по трубопроводу);
		- чи є це споживання необхідним? (чи необхідно подавати рідину насосом?);
		- чи можливо зменшення навантаження? (чи необхідно прокачувати всю рідину постійно? чи можемо ми краще керувати насосом, щоб зменшити споживання енергії? можливо електродвигун насосу більший ніж потрібно? чи правильно був вибраний насос для задачі, яку він вирішує?);
		- чи є альтернативні способи задовольняння потреб? (чи не можна використовувати напірний бак? чи нема якогось іншого способу вирішення цієї задачі?)
		- чи вірно встановлено час витрат енергії? (чи працює установка тільки тоді, коли в цьому є необхідність?)
	1. *Аналіз системи розподілу*

Після дослідження кінцевого споживача переходимо до можливої раціоналізації систем розподілу. Питання на які треба відповісти в цьому аналізі:

* чи буде економічно доцільною децентралізація деяких навантажень?
* чи можливо вилучити резервну систему трубопроводів?
* чи можливо скоротити відрізки трубопроводу?
* чи є втрати в сітях енергопостачання?
* чи нема пошкоджень ізоляції?
* чи можливо зменшити споживання електроенергії насосами шляхом використання регулювання швидкості електроприводу?
* чи не можна знизити тиск пари для зменшення втрат?
* чи не можна збільшити повернення конденсату?
	1. *Аналіз ефективності перетворювання енергії*

Конкретні питання, які потрібно вирішувати на цьому етапі залежать від того типу обладнання, яке генерує потрібний вид енергії. Щоб досягти економії в цій області потрібно знання відповідної техніки та сучасний досвід кращих аналогічних підприємств. Конструктивні данні на устаткування, що використовують, можуть бути отримані з документації, яка є на об`єкті, або від фірм виробників даного устаткування. При цьому можливо прийдеться розглянути доцільність заміни застарілого устаткування на сучасне з більшою ефективністю, або підвищення ефективності існуючого за рахунок встановлення системи автоматичного регулювання, очищення забрудненої поверхні теплообміну, тощо.

#### 3.1.4 IV етап. Формування переліку енергозберігаючих проектів

Після завершення етапу збору даних в процесі здійснення аудиту, розпочинається процес формування та оцінювання потенціальних проектів. Це дає можливість порівняти всі ідеї та сформувати пріоритетний список проектів.

При цьому важливо обговорювати ідеї з персоналом підприємства. Це дозволить з`ясувати, чи не апробувались вони раніше, але виявились невдалими та були відкинуті внаслідок обмежень технологічного процесу чи інших обмежень. При цьому доцільно отримати відповіді на такі питання:

* які міри по економії енергії на об`єкті прийняті?
* які проекти розпочаті?
* які проекти заплановані?
* які основні перешкоди мають місце за думкою керівників підприємства для планування та економії споживання енергії на даному об`єкті.

#### 3.1.5 V етап. Оцінювання проектів

* ***Мета оцінювання проектів***
	+ перевірити, які проекти будуть працювати
	+ перевірити, які проекти є доцільними
	+ вивчити взаємодії проектів
	+ розрахувати кінцеві фінансові результати проектів
	+ порівняти конкуруючі проекти та визначити пріоритети
	+ скласти виводи.
* ***Технічна перевірка проектів***

Ця перевірка має своєю метою забезпечити гарантію того, що визначений проект не стане неприйнятним за технічними міркуваннями. На цьому етапі треба по-перше з`ясувати питання пов`язані з технічним ризиком:

* + чи буде устаткування взагалі працювати?
	+ чи буде робота проходити при проектних умовах?
	+ чи правильні розміри?

По-друге треба з`ясувати які можуть бути побічні ефекти:

* + негативний вплив на якість продукції
	+ підвищене технічне обслуговування
	+ низька надійність
	+ забруднення допоміжних речовин (наприклад, води, яку подають до котла).
* ***Перевірка доцільності проектів***

Це подальша перевірка, мета якої гарантувати, що даний проект не виявиться неприйнятним за такими міркуваннями:

* + причини екологічного характеру (не порушує існуючих чи запропонованих норм)
	+ чи є це рішення найкращим у довгостроковому плані, а не лише в короткостроковому
	+ чи не є це рішення неприйнятним для компанії за якимись міркуваннями неекономічного характеру (наприклад, потребує ліквідації будинку культури).
* ***Фінансове оцінювання проектів***

Цей етап складається по-перше, з оцінювання можливої вартості проекту. Тут треба врахувати такі складові:

* + пошук бюджетів (внутрішніх чи зовнішніх)
	+ збір комерційних пропозицій від фірм постачальників обладнання
	+ контакти з колегами та вивчення досвіду попередньої аналогічної роботи

По-друге, розраховують вигоди від проекту, які повинні враховувати такі фактори:

* + економія експлуатаційних витрат
	+ чутливість до змінних цін
	+ ризик
	+ рівень забезпечення обслуговуючим персоналом.

Також треба звернути увагу на метод фінансового оцінювання. Якщо проект не є мало затратним, або строк його окупності більше одного року, треба використовувати методи, які враховують змінність вартості грошей за часом (метод чистої поточної вартості, метод розрахунку рентабельності інвестицій, метод розрахунку внутрішньої норми прибутку).

* ***Вибір програми енергозбереження***

На основі проведених технічної та фінансової оцінок розробляється конкретна програма енергозбереження для першочергового впровадження.

#### 3.1.6 VI етап. Підведення підсумків енергетичного аудиту

* ***Складання звіту***

Звіт повинен мати такі складові:

* 1. Анотація
	2. Вступ

Вступ повинен включати до себе опис суті аудиту та причини її виконання, а також загальний опис технологічного процесу та опис схеми технологічного процесу

* 1. Ревізія енергопостачання
	+ зведення споживання та затрат
	+ розбивання для кожного виду палива
	+ розбивання на випадок крупної системи
	1. Подальші розділи
	2. Додатки
* ***Презентація звіту***
* ***Впровадження програми енергозбереження (за подальшою домовленістю)***
* ***Організація системи енергетичного менеджменту***

Найкращі результати в зниженні питомих витрат будуть досягнуті, якщо по закінчені енергоаудиту на підприємстві буде організована система енергетичного менеджменту – системи керування, основаної на постійному проведенню вимірювань та перевірок (для цього адміністрація повинна ввести посаду енергоменеджера на підприємстві).

***3.2 Фінансова оцінка запропонованих заходів***

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.

Крім того необхідно враховувати, що метою є не збереження енергії, а скорочення грошових видатків і не завжди це одне й те саме. Наприклад, у випадку електроопалення, найбільш ефективним заходом є впровадження баку-акумулятору і підігріву необхідної води на опалення в нічний час за низькими тарифами. При цьому добові витрати електроенергії можуть трохи підвищитись за рахунок тепловтрат баку (загальна кількість добових витрат енергії саме на опалення не змінюється), але грошові витрати зменшаться майже в чотири рази (нічний тариф на електричну енергію складає 0,25 від звичайного).

Є різні способи класифікації пропонованих рекомендацій з енергоощадності. Їх можна розділити стосовно категорій енергоспоживання або стосовно альтернативних вирішень однієї і тієї ж енергетичної проблеми. Однак, найчастіше застосовують розподіл заходів за їх вартістю, як наведено нижче.

**Безвитратні рекомендації:**

* ощадливе 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.

Іншим шляхом є складання зведеної таблиці заходів, де в останній графі вказують пропоновану черговість впровадження заходів. Ті, що мають найбільшу віддачу, помічають як першочергові, і так далі. Питання привабливості того чи іншого заходу і порівняння одного з одним вирішують на основі фінансової експертизи кожного заходу (див. попередній розділ).

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

Зміст цього розділу звіту з енергоаудиту в цілому може бути представлено у такому вигляді. Спочатку наведена таблиця, в якій перераховані пропоновані заходи з вказівкою економії енергії (в ГДж, або кВт-год), економії коштів (грн.), капіталовкладень, строку окупності та черговість впровадження. Після цього кожний захід розглядається окремо і детальнім образом. По-перше, йде опис заходу, який містить необхідні зміни, та аспекти заощадження, наприклад:

**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.

Далі йде детальна **фінансова оцінка** заходу, для якої необхідно визначити**:**

* капіталовкладення;
* економію енергії (грошових видатків);
* амортизаційні видатки,
* видатки на технічне обслуговування;
* доход від продажу обладнання, що замінюють;
* аналіз ефективності капіталовкладень.

Два перших аспекти повинні бути обов’язково, інші не завжди мають місце.

Найважливішим кроком є оцінювання економії. Треба зазначити, що аудитор, як правило, наводячи якусь пропозицію, повинен як мінімум розрахувати економію і капіталовкладення для визначення строку окупності. Наприклад, при огляді паропроводу визначено, що ізоляція у незадовільному стані. Недостатньо просто сказати, що її заміна буде безперечно вигідною – треба розрахувати конкретне значення економії енергії від впровадження цієї міри. Для цього, наприклад, необхідно оцінити, що існуюча стара ізоляція виконує свої функції лише на 20%, і виходячи з цього визначити теплові витрати до заміни ізоляції і після неї. Аналогічно, коли пропонується заміна старих вікон, в яких є великі щілини, то необхідно оцінити витрати теплоти через ці щілини, бо в противному випадку фінансова оцінка вкаже на недоцільність цієї заміни.

В цілому, методика оцінювання економії від впровадження заходів аналогічна до розрахунку існуючого енергоспоживання. 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. Для розрахунку річного обсягу енергозаощаджень в інших випадках використовується формула, яка наведена нижче.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| **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, *кВт\*год*:

*ΔW = (A\*B\*C) – (X\*Y\*Z) (3.1)*

Визначення деяких показників в формулі (3.1) може потребувати значних розрахунків, чи досліджень. Наприклад, для обґрунтування встановлення частотного регулятора на димосос котла потрібно зібрати інформацію про кількість годин, які котел працював впродовж року в кожному режимі і потім розрахувати економію (дивись нижче приклад стосовно встановлення частотного регулятора на насос). А обґрунтування доцільності заміни димососа на такий, що має меншу потужність, може потребувати проведення аеродинамічного розрахунку котла. Як вже було вказано вище, детальність розрахунків в більшій мірі пов’язана з вартістю енергоаудиту.

***3.3 Приклади розрахунку заощадження енергії***

Наведемо кілька прикладів розрахунку економії, які покажуть різноманітність використовуваних способів, і зазначимо що такі розрахунки можуть потребувати знань процесів, що досліджуються, та принципів функціонування обладнання, що розглядається.

#### 3.3.1 Заощадження енергії, що використовується на освітлення

Автостоянка освітлюється десятьма вольфрамовими лампами потужністю 500 Вт кожна. Лампи вмикаються і вимикаються охоронниками вручну, але інколи залишаються ввімкнутими в денний час. Оцінка роботи показала, що система працює в середньому за рік по 15 годин на добу.

У цілях економії енергії запропоновано замінити ці лампи десятьма натрієвими лампами високого тиску, які мають потужність 114 Вт кожна (включаючи втрати механізму управління), але завдяки вищій світловидатності зберігають такий же рівень освітленості. Крім того, запропоновано встановити автоматичне управління фотоелементами, що дозволить скоротити час роботи системи до середньорічного значення 10 годин на добу.

1. Визначити величину економії енергії за рік.
2. Які ще фактори повинні бути враховані?

Примітка: Припускається, що в очікуванні поточного ремонту в неробочому стані знаходяться, в середньому, дві з вольфрамових ламп і, завдяки вищій надійності, тільки одна натрієва лампа високого тиску.

***Рішення:***

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
|  | Початкова ситуація | Поліпшена ситуація |
| Установлене навантаження | 5,00 кВт | 1,14 кВт |
| Коефіцієнт навантаження | 0,8 | 0,9 |
| Річна експлуатація | 5  475 годин | 3  650 годин |
| Річне енергоспоживання  | 21  900 кВт-год | 3  745 кВт-год |

Енергозбереження за рік = ( 21  900 - 3  745 ) кВт-год = 18  155 кВт-год

Треба врахувати також:

* *витрати на заміну ламп*
* *витрати на оплату техобслуговування ламп;*
* *якість освітлення*
* *продаж старого обладнання*

#### 3.3.2 Енергозберігаючий блок управління двигуном

Водяний насос приводиться до дії електродвигуном потужністю 90 кВт. Кількість води, що накачується, регулюється затвором з сервоприводом, який узгоджується з тиском в системі. Вимірювання витрати води показують наступну кількість води, що потребується в різний час дня:

10 годин/день: 100% від максимальної витрати;

6 годин/день: 70% від максимальної витрати;

6 годин/день: 40% від максимальної витрати;

2 години/день: 25% від максимальної витрати.

У цілях економії енергії пропонується встановити привод з регульованою швидкістю, який автоматично реагує на тиск в системі.

Примітка. Припускається, що насос споживає Р = 90 кВт енергії при 100% витраті, характеристики енергоспоживання дані на діаграмі (рис. 2.9). Припускається, що регулятор швидкості має внутрішні втрати, рівні 1 кВт. Насос працює 24 години на добу, 350 днів на рік.

***Рішення***

Розрахунок середніх навантажень за даними графіка.

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Навантаження | Регулювання дросельним вентилем | Регулювання швидкістю |
| 100% | 90 кВт х 1.00=90 кВт | (90 кВт х 1.00)+1 кВт = 91 кВт |
| 70% | 90 кВт х 1.00=90 кВт | (90 кВт х 0.55)+1 кВт = 50 кВт |
| 40% | 90 кВт х 0.85=76 кВт | (90 кВт х 0.25)+1 кВт = 24 кВт |
| 25% | 90 кВт х 0.50=45 кВт | (90 кВт х 0.15)+1 кВт = 15 кВт |

Звідси розраховуємо заощадження:

10 год/день\*350днів/рік\*Р = 3500 год/рік \*(90-91) кВт-год = -3500 кВт-год

6 год/день\*350 днів/рік\*Р = 2100 год/рік \*(90-50) кВт-год = 84 000 кВт-год

6 год/день\*350 днів/рік\*Р = 2100 год/рік \*(76-24) кВт-год = 109200 кВт-год

2 год/день\*350 днів/рік\*Р =700 год/рік \*( 45-15) кВт-год = 21000 кВт-год

|  |
| --- |
|  |

 Всього заощадження за рік = 210 700 кВт-год

 ***Необхідно врахувати також:***

* зміну витрат на технічне обслуговування;
* забезпечення захисту регульованого приводу від попадання води і електромагнітних перешкод;
* чи потрібна нам байпасна/дублююча система для випадку, якщо регульований привод вийде з строю?

#### 3.3.3 Заощадження енергії, що використовується повітряними компресорами

Енергетичне дослідження виявляє наступні дефекти в компресорній станції:

* Повітряно–всмоктувальні фільтри забруднені, що викликає перепад тиску на рівні 150 мм водяного стовпа (0,015 бар) замість паспортного перепаду тиску в 40 мм водяного стовпа (0,004 бар).
* Компресори всмоктують з компресорної станції повітря, температура якого в середньому на 15оС вище, ніж температура зовнішнього повітря.

Вирішено підвищити ефективність компресорної станції шляхом удосконалення графіка очищення/заміни повітряних фільтрів і установки нового трубопроводу, який всмоктує зовнішнє повітря.

1. Яким буде середній процент енергозбережень від вживання перерахованих вище заходів?
2. Які ще фактори потрібно взяти до уваги?

Примітка. Енергія, що використовується для стиснення повітря, приблизно пропорційна відношенню тиску (на виході/на вході) і абсолютній температурі засмоктуваного повітря .

Середньорічні умови приймаються на рівні 1,00 бар і 15оС, а тиск на виході – на рівні 7 бар (абс.)

***Рішення***

Співвідношення початкового тиску = 

Початкова температура всмоктування = 15оС +15оС = 30оС = 303 К

Співвідношення зменшеного тиску = 

Знижена температура = 15оС = 288К

Енергозбереження = 

***Необхідно також врахувати:***

* зміну перепаду тиску в новому трубопроводі, який всмоктує зовнішнє повітря в компресорну станцію;
* вартість робіт по очищенню фільтрів.

#### 3.3.4 Енергозбереження в котлах

У результаті проведення тесту на ефективність горіння виявилося, що коефіцієнт середньої ефективності горіння (це теплота палива за вирахуванням втрат з газами, що відходять) рівний 79%. Котел має ручну систему продування, на яке витрачається (в першому наближенні) 1% від загальної кількості теплової енергії, поглиненої котлом. В ході аудиту котельної визначені наступні величини:

Споживане паливо = 62 000 ГДж (100%)

Втрати з газами, що відходять = 13 020 ГДж (21%)

Теплота, поглинена котлом = 48 980 ГДж (79%)

**Всього = 62 000 ГДж (100%)**

Тепловтрати через обшивку котла = 1 000 ГДж

Тепловтрати при продуванні = 500 ГДж

Корисна теплота пари = 47 480 ГДж

**Всього = 48 980 ГДж**

У цілях економії енергії запропоновано встановити в котельній систему автоматичного тріміровання кисню і систему автоматичного продування. Припускається, що перший захід підвищить ефективність горіння в середньому до 83%, а другий – скоротить продування на 50% від її теперішнього рівня.

1. Визначити річну економію енергії.
2. Які ще фактори повинні бути враховані?

***Рішення:***

Скорочення рівня продування заощадить 50% поточних втрат на продування, тобто 250 ГДж.

Звідси, загальна величина необхідної теплоти:

**Всього необхідної теплоти = 48 980 ГДж – 250 ГДж = 48 730 ГДж**

З урахуванням того, що середня ефективністю горіння підвищиться до 83%, кількість енергії палива, що вимагається для генерації цієї теплоти, дорівнює:

**Необхідна енергія палива = **

**Річна економія енергії палива = (62000 – 58711) = 3289 ГДж**

***Необхідно також врахувати:***

* Капітальні витрати на системи автоматичного управління;
* Витрати на технічне обслуговування систем автоматичного управління;
* Можливу економію від зменшення кількості персоналу;
* Зниження витрат на очищення води.

***3.4 Перехресна перевірка пропозицій з заощадження енергії***

Після визначення потенціалу заощадження енергії для об'єкту обстеження енергоаудитор повинен ретельно перевірити всі розрахунки і обґрунтування перед введенням їх до звіту з енергообстеження.

Перевірка даних необхідна для того, щоб переконатися, що потенційні заощадження узгоджуються з загальним використанням енергії на об'єкті. Найчастіше застосовують такі прийоми перехресної перевірки:

* співставлення обсягу потенційного заощадження енергії з початковим енергоспоживанням; це дозволить уникнути ситуації, коли енергоаудитор проголошує можливість заощадити енергії більше, ніж нині споживає об'єкт;
* порівняння пропонованих рівнів споживання енергії на одиницю продукції з кращими практично досягнутими результатами;
* аналіз потоків енергії;
* несумісність рекомендацій, тобто фактична можливість впровадити лише одну з кількох рекомендацій, наприклад, або відремонтувати систему паророзподілу, або децентралізувати паророзподілювальне обладнання; енергоаудитор повинен пояснити, яку з пропозицій він вважає найприйнятнішою;
* зменшене граничне повернення.

***3.5 Зменшене граничне повернення***

На останньому пункті слід зупинитися детальніше. Концепція "зменшених граничних повернень" добре знайома економістам, вона в багатьох випадках може бути застосована до заходів з заощадження енергії, її суть полягає в тому, що потенційне енергозбереження від впровадження певного заходу скорочується, якщо, інший енергоощадний захід був впроваджений раніше. Інколи кажуть, що йдеться про взаємодію заходів чи взаємодію проектів. Розглядаючи кілька проектів для системи, не можна оцінювати потенційні заощадження ізольовано.

Метою проекту А (рис. 3.1) було зменшення кінцевого споживання і очікуване (розрахункове) заощадження становить 30%.



Рисунок 3.1 Схематичне зображення результатів впровадження заходу А

За проектом Б (рис.3.2а) очікуване заощадження за рахунок покращення розподілювальної системи становить 25%.



Рисунок 3.2 Результати впровадження заходів Б і В

За проектом В (рис.3.2б) покращення бойлерного господарства дає додаткове заощадження 25%.

Якщо розглядати всі три проекти (А, Б та В) ізольовано можна дійти хибного висновку, що загальне заощадження становитиме 80% хоч в дійсності це не так. Рис. 3.3 ілюструє ефект впровадження всіх трьох проектів.



Рисунок 3.3 Результат впровадження всіх трьох проектів

У вихідному стані системи для одержання кінцевим споживачем енергії 100 ГДж, коли ККД бойлерної і розподілювальної системи становили 60%, бойлерна повинна була одержувати:

$$100∙\frac{1}{0,6}∙\frac{1}{0,6}=278 (ГДж)$$

результуючий ККД становив -$ \frac{100}{278}∙100\%=36\%$

Після впровадження трьох проектів для одержання кінцевим споживачем енергії 70 ГДж, коли ККД бойлерної і розподілювальної системи зросли до 80%, бойлерна повинна одержувати:

$$70∙\frac{1}{0,8}∙\frac{1}{0,8}=109 (ГДж) $$

Результуючий ККД систем зріс і становить $ \frac{70}{109}∙100\%=64\%$. Загальне заощадження від всіх проектів:

$$ \frac{278-109}{278}∙100\%=61\%$$

Таким чином, загальна економія = 61% < 80% (=30% +25% + 25%).

***3.6*** ***Визначення величини капіталовкладень на впровадження проекту з енергозбереження***

Це також є важливим елементом енергоаудиту. Помилково оцінені видатки (звичайно занижені) можуть легко підірвати довіру до проекту в цілому. Як правило причина зниження видатків не в недооцінюванні видатків, а в тому, що виявляються повністю випущеними деякі їх компоненти.

Нижче наведено далеко не повний перелік таких компонентів:

* вартість придбання енергозберігаючого 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;
* 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 бути уважними до обставин, 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 застосовувати 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, бо, наприклад навіть провідні виготівники котлів можуть у вартість котла не включати вартість пальника, яка підвищить загальну вартість на 50-70%. Необхідно також з’ясовувати,чи входить у вартість доставка і налагодження обладнання.

Прайс-листи - це 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),
* розцінки постачальників (монтажників);
* інформація про вартість попередніх впроваджених проектів

Дуже важливо використовувати надійні фінансові критерії. Звичайно виконують аналіз дисконтованого грошового потоку, чистої приведеної вартості та (чи) внутрішньої норми прибутку для всіх, окрім найпростіших, заходів. В попередньому розділі розглянуто всі ці методи.

 Важливо, щоб дані фінансового аналізу були подані у формі, доступній і зрозумілій керівництву об'єкта та його підрозділів.

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