



Проект «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України»



Серія навчально - методичних матеріалів

Модуль ...

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Автор: к.т.н., доцент **Прокопенко В.В.**

Редактор серії: к.б.н. **Щербак С.Д**

Публікацію підготовлено та видано в рамках виконання проекту «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України», що виконується Агенством ООН з питань промислового розвитку (ЮНІДО) за підтримки Глобального Екологічного Фонду (ГЕФ).

Зміст публікації не є відображенням офіційної позиції ЮНІДО або ГЕФ

Не для комерційного використання

Київ 2015

© ЮНІДО 2015

УДК 658.26

Прокопенко Володимир Васильович ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Тренінговий модуль підготовлено на основі робочих навчальних програм з дисципліни «Енергетичний аудит», яка викладається на кафедрі електропостачання Інституту енергозбереження та енергоменеджменту Національного технічного університету України «КПІ» для використання в якості навчального посібника в циклі тренінгів для фахівців агро-харчової промисловості в рамках проекту ЮНІДО –ГЕФ «Підвищення енергоефективності та стимулювання використання відновлюваної енергії в агро-харчових та інших малих та середніх підприємствах (МСП) України».

Розглянуті методологія і постановка задачі енергетичного аудиту, наведені приклади і результати розрахунків, фрагменти звітів реальних енергетичних аудитів та інші матеріали з енергетичних аудитів, у яких автор безпосередньо брав участь.

Рецензент: д.б.н. проф. Кудря С.О.

Рекомендовано до друку Вченою Радою **Інституту енергозбереження та енергоменеджменту** Національного Технічного Університету України «Київський політехнічний інститут»

Протокол № ... від.....



ЗМІСТ

Передмова	5
Вступ	7
1. Основні етапи енергоефективного аудиту	9
2. Методологія енергоаудиту	13
2.1. Простий енергоаудит	13
2.2. Попередній енергоаудит	14
2.3. Комплексний енергоаудит енергоаудит	14
2.4. Виробнича система як об'єкт енергоаудиту	15
2.5. Вимоги до енергетичного енергоаудит	18
3. Профіль використання енергії	21
3.1. Розрахунок спожитого палива	21
3.2. Інтеграція показників переносних вимірювачів	22
3.3. Регресійний аналіз	23
3.4. Перевірочний тест	25
4. Аналіз потоків енергії	29
4.1. Системи вентиляції і кондиціонування	29
4.2. Системи охолодження	32
4.3. Парогенерувальні котли	33
4.4. Теплообмінники	34
5. Оцінка споживання енергоресурсів	37
5.1. Освітлення	38
5.2. Електроприводи вентиляторів і pomp	39
5.3. Повітряні і холодні компресори	41
5.4. Інші електроприводи та офісне устаткування	43
5.5. Електронагрівальне і холодильне устаткування	44
5.6. Паронагрівальне устаткування	45
5.7. Газонагрівальне устаткування	46
6. Перехресна перевірка даних	49
6.1. Вхідний/Вихідний паливно-енергетичний баланс споживання заводом електричної енергії	49
6.2. Вхідний/Вихідний паливно-енергетичний баланс парового котла	50
6.3. Баланс маси пари і конденсату	50
6.4. Потужність освітлення і досягнута освітленість	51
6.5. Порівняння з показниками роботи	52
7. Звіт з енергоаудиту	53
7.1. Загальні рекомендації	53
7.2. Опис промислового підприємства і будівель	55
7.3. Виконання енергетичного аудиту	57



7.4. Рекомендації з енергозбереження	61
7.5. Перехресна перевірка енергозаощаджень	67
7.6. Заощадження первинних і вторинних енергоресурсів	69
7.7. Життєздатність проекту	69
7.8. Оцінка витрат	70
8. Прикладне забезпечення енергоаудиту	73
8.1. Основні поняття	73
8.2. Вимірювання параметрів електричної енергії	76
Література	83



ПЕРЕДМОВА

У тренінговому модулі наведені методологія і постановка задачі енергетичного аудиту, приклади і результати розрахунків, фрагменти звітів реальних енергетичних аудитів та інші матеріали з енергетичних аудитів, у яких автор безпосередньо брав участь. У складі енергосервісної компанії виконувались роботи різних енергетичних Проектів і Програм.

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

Протягом 1997–2004 років були реалізовані Проекти Агенції міжнародного розвитку США (USAID) “Енергоефективність у промисловості України” (всього 24 промислових підприємства різних галузей економіки), разом з болгарськими партнерами – Проект USAID “Еколінкс” (чавуноливарне підприємство), кілька Проектів за підтримкою “Tasis” (адміністративні будівлі, підприємства харчової промисловості).

Важливими результатами, отриманими автором, є орієнтована на самостійну роботу теоретична підготовка і практичний досвід вирішення таких проблем у галузі енергозбереження:

- енергетичний аудит, складання енергетичних балансів, пошук резервів, розроблення і розрахунок економічної доцільності та оцінювання можливостей енергозбереження;
- вибір та впровадження сучасного енергоефективного устаткування, стаціонарних автоматизованих систем комерційного і технічного обліку енергоносіїв;
- оптимізація режимів роботи холодильних, насосних, вентиляційних систем, компресорних станцій, систем кондиціювання повітря, освітлення, іншого промислового енергетичного устаткування і систем енергоспоживання в цілому;
- оптимізація режимів роботи котельних агрегатів, тепловикористовуючого обладнання, систем опалення, та гарячого водопостачання;
- пошук партнерів, бізнес-планування, інформаційні та юридичні послуги під час фінансової та інвестиційної оцінки енергозберігаючих проектів;
- консультаційні послуги під час впровадження енергетичного менеджменту на підприємствах, розроблення галузевих і регіональних програм енергозбереження, екологічних програм, експертизи проектів енергозбереження.



ВСТУП

Основні стратегічні напрямки підвищення енергоефективності та реалізації потенціалу енергозбереження полягають в структурно-технологічній перебудові економіки України, створенні адміністративних, нормативно-правових і економічних механізмів, які сприяють підвищенню енергоефективності та енергозбереженню. Структурно-технологічна перебудова економіки країни в цілому, її окремих галузей, підприємств та технологічних процесів передбачає виведення з роботи морально застарілого та фізично зношеного устаткування, припинення випуску неенергоефективної продукції, впровадження у виробництво новітніх технологій, обладнання та побутових приладів. Важливим фактором підвищення енергоефективності є забезпечення інформаційно-аналітичної підтримки всіх суб'єктів економічної діяльності у вирішенні питань оптимізації енергоспоживання та енергозбереження. Розглянемо основні поняття та означення стосовно цієї проблематики.

Енергозбереження – діяльність (організаційна, наукова, практична, інформаційна), яка спрямована на раціональне використання та економне витрачання первинної та перетвореної енергії і природних енергетичних ресурсів у національному господарстві, і яка реалізується з використанням технічних, економічних та правових методів.

Раціональне використання ПЕР – досягнення максимальної ефективності використання ПЕР за існуючого рівня розвитку техніки й технології і одночасного зниження техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Економія ПЕР – відносне скорочення витрат ПЕР, що виявляється у зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості.

Енергозберігаюча технологія – метод виробництва продукції з раціональним використанням енергії, який дає можливість одночасно зменшити енергетичне навантаження на навколишнє природне середовище і кількість енергетичних відходів, одержуваних під час виробництва та експлуатації виготовленого продукту.

Енергозберігаюча політика – адміністративно-правове, фінансово-економічне регулювання процесів видобування, перероблення, транспортування, зберігання, виробництва, розподілення ПЕР з метою їх раціонального використання та економного витрачання.

Енергетичний менеджмент - це система керування, заснована на проведенні типових вимірювань і перевірок, що забезпечує таку роботу підприємства, за якої споживається лише необхідна для виробництва кількість енергії. Енергетичний менеджмент - це інструмент управління підприємством, який забезпечує постійне дослідження і, отже, знання про розподіл та рівень споживання енергоресурсів на підприємстві, а також про оптимальне використання енергоресурсів як для виробництва, так і для опалення та інших невиробничих потреб.

Енергетичний аудит (енергоаудит) - обстеження підприємств, організацій і окремих виробництв з їх ініціативи для визначення можливостей економії енергії, яка споживається, й допомоги підприємству в здійсненні практичної економії



шляхом застосування механізмів енергетичної ефективності, а також з метою впровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту.

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

Головною метою енергетичного аудиту є пошук можливостей енергозбереження й допомоги суб'єктам господарювання у визначенні напрямків ефективного енерговикористання.

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

Призначенням енергетичного аудиту є розв'язання таких завдань:

- складання карти використання об'єктом ПЕР;
- розроблення організаційних і технічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності енерговикористання;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка енергозберігаючих заходів.

Енергетичний аудит проводиться *енергосервісними компаніями* або незалежними експертами (енергоаудиторами), які вповноважені суб'єктами господарювання на його здійснення.

Ідеологія енергоаудиту ґрунтується на наступних основних посиланнях:

- енергоаудитори повинні не фіксувати помилки, а виявляти факти;
- результати, які надаються замовнику, - це, насамперед, звіт про енергетичний аудит, в якому визначаються конкретні шляхи енергозбереження.

Основними шляхами підвищення ефективності використання ПЕР є такі:

- впровадження нового енергоекономічного обладнання;
- впровадження нових енергозберігаючих технологій;
- удосконалення існуючих технологій, обладнання, переробки сировини та матеріалів і, як наслідок, підвищення якості продукції;
- заміщення і вибір найефективніших енергоносіїв;
- зменшення втрат сировини та матеріалів;
- скорочення втрат енергоресурсів;
- вжиття організаційно-технічних заходів, удосконалення обліку та контролю за витратами енергоресурсів;
- урахування економічних, правових та інших чинників зниження рівнів енергоспоживання.



1. ОСНОВНІ ЕТАПИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

I етап. Одержання інформації про об'єкт енергоаудиту.

- Збір первинних даних про витрати палива, води й електроенергії за попередній і поточний роки.
- Це дає можливість судити про напрямки у використанні палива й енергії, визначити тенденції у використанні паливно-енергетичних ресурсів, що є базою для визначення техніко-економічних показників об'єкту в цілому.
- Аналіз структури енергоспоживання.
- Це дозволяє визначити структуру енерговикористання на об'єкті. Аналіз структури дозволяє сформулювати стратегію енерговикористання на перспективу.
- Аналіз структури витрат на енергію.
- Аналіз частки витрат різних видів енергії в загальних витратах дозволяє намітити попередній напрямок енергетичного аудиту, звернувши увагу на види енергії з найбільшою часткою витрат.
- Визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції, що випускається підприємством та окремими підрозділами.

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

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

- Вивчення технологічної схеми основного виробництва.
- До складу схеми входить послідовність окремих технологічних операцій, їх взаємозв'язок для одержання основної й допоміжної продукції. Схема необхідна для подальшого обліку енергії та оцінки правильності прийнятих технологічних операцій.
- Складання схеми споживання енергетичних ресурсів об'єктом.
- На технологічну схему наносяться місця споживання й передачі паливно-енергетичних ресурсів.
- Складання карти використання енергетичних ресурсів.
- Карта використання енергетичних ресурсів являє собою нанесений на план об'єкта у відповідному масштабі рівень споживання різних видів енергії окремими підрозділами. Це дозволяє оцінити транспортні потоки різних видів енергії й визначити найбільш енергоємні підрозділи.
- Складання балансу підприємства з окремих видів енергоресурсів.

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

- *Складання паливно-енергетичного балансу підприємства.*



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

- *Виявлення найенергоємніших споживачів і збирання даних по них.*

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

- *Визначення питомих норм споживання енергії окремими споживачами.*

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

- *Складання енергетичного балансу для окремих енергоємних споживачів.*

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

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

- *Аналіз ефективності використання окремих технологічних процесів.*

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

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

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

- *Аналіз енерговикористання окремими споживачами.*

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

- *Визначення технологічно припустимих втрат палива й енергії.*
- *Визначення пріоритетів для поглибленого енергетичного аудиту.*



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

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

- Проведення додаткових вимірювань проміжних параметрів і визначення робочих режимів.
- Виявлення ефективності роботи споживачів.
- Вирішення специфічних питань (за домовленістю з керівництвом).

V етап. Підведення підсумків енергетичного аудиту.

- Розроблення енергозберігаючих заходів.
- Техніко-економічний аналіз ефективності впровадження заходів.
- Порівняльний аналіз отриманих результатів.
- Вибір нових пріоритетів і постановка завдань на подальше зниження енергоємності продукції та споживання енергоресурсів.
- Складання звіту з енергетичного аудиту.

Існує безліч чинників, які визначають важливість і доцільність проведення енергетичного обстеження і пояснюють, чому енергокористувач може довіряти його результатам. Найважливішим аспектом проведення енергоаудиту є додаткова вигода, оскільки дослідження проводиться кваліфікованим фахівцем, а не випадковим працівником компанії. Найчастіше більшою довірою у керівників користуються рекомендації професійного консультанта, а не поради персоналу.

Енергокористувач отримує звіт з енергоаудиту й може самостійно вирішувати такі проблеми:

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



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Скільки основних етапів енергетичного аудиту ви знаєте? Поясніть основні принципи кожного з них.
2. Що дає енергоаудитору визначення витрати енергоносіїв на одиницю продукції? Чому це важливо?
3. Для чого потрібна технологічна схема виробництва?
4. Що таке карта використання енергетичних ресурсів?
5. Що є основою оцінки правильності вибору енергоносіїв?
6. Поясніть необхідність питомих норм споживання енергії.
7. На підставі чого роблять висновок про доцільність використання того або іншого енергоносія на різних рівнях технологічного процесу?
8. В ході енергетичного аудиту з чого складається аналіз ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів об'єктом?
9. Ефективність роботи яких енергоспоживачів складно визначити? Що ви можете запропонувати?
10. На які проблеми вказує звіт з енергетичного аудиту?



2. МЕТОДОЛОГІЯ ЕНЕРГОАУДИТУ

Методологія проведення енергоаудиту залежить від інформації, яку прагне одержати й за яку готовий платити клієнт, а також від складу використовуваного в ході обстеження контрольно-вимірювального устаткування. З одного боку, енергоаудит може бути простим оглядом енергоспоживання, що ґрунтується на даних лічильників підприємства. З іншого боку, енергоаудит може бути комплексним і трудомістким процесом визначення та ідентифікації всіх напрямків витрат енергії й передбачати встановлення нового постійного вимірювального устаткування, тестування й вимірювання протягом тривалого періоду часу і в результаті детальної перевірки дозволить сформулювати детальні рекомендації. Природно, що останній тип аудиту буде значно дорожчим, ніж перший.

Професійний енергетичний аудитор повинен вміти провести обстеження підприємства, яке випускає будь-яку продукцію. Це означає, що методика проведення аудиту не повинна залежати ні від виду продукції, що випускається підприємством, ні від технології, що застосовується. Ця методика також не повинна залежати від структури обстежуваного підприємства.

Методика проведення аудиту повинна ґрунтуватися на певному стандартному (типовому) алгоритмі, що, по-перше, забезпечить якомога ефективнішу роботу самого аудитора (не треба «винаходити велосипед» - що, як і в якій послідовності обстежувати, просто треба швидко виконувати пункти стандартної програми), а по-друге, оскільки програма стандартна, забезпечити можливість настільки ж ефективного підключення інших аудиторів на певних (стандартних) етапах роботи.

Практично всі енергоаудити можна поділити на такі типи: простий енергоаудит (обхід), попередній енергоаудит (місцевий, спрощений, міні-аудит), комплексний енергоаудит (детальний, максі-аудит).

Існує безліч способів проведення енергоаудиту, і вибір одного з них залежить від таких чинників:

- кваліфікація енергоаудитора;
- наявні вимірювальні пристрої (стаціонарні й переносні);
- розуміння, чого вимагає й за що готовий платити клієнт.

2.1. ПРОСТИЙ ЕНЕРГОАУДИТ

Цей тип енергоаудиту найменш витратний і дозволяє визначити загальні можливості енергозбереження. У ході аудиту проводиться візуальне обстеження об'єкту для визначення потенціалів енергозбереження за рахунок оптимізування експлуатації устаткування, так само відбувається збір інформації для визначення потреби проведення детальнішого аналізу.

Таким чином, простий енергоаудит

- складає загальне уявлення про об'єкт енергоаудиту,
- робить загальні висновки про споживання енергії,
- дозволяє підготувати комерційну пропозицію для проведення детальнішого аналізу.



2.2. ПОПЕРЕДНІЙ ЕНЕРГОАУДИТ

Для проведення цього типу аудиту необхідне використання вимірювальних засобів і обладнання для тестування, щоб дати кількісну оцінку споживачів енергії та втрат, а також визначити очікуваний економічний ефект від впровадження енергозберігаючих заходів.

Склавши кілька перших звітів з енергоаудиту, енергоаудитор усвідомить актуальність і важливість рекомендацій щодо економії енергії, як, наприклад, використання світильників з низьким споживанням енергії, поліпшений тепловий контроль і теплоізоляція. Після цього аудитор може легко досліджувати інші аналогічні об'єкти й визначити можливості застосування технологій енергозбереження, які він з успіхом використав. Цей технічний прийом часто використовується компаніями, які продають енергозберігаюче обладнання, для знаходження ринків збуту. Крім того, такий прийом може використовуватися «внутрішніми» енергоменеджерами компанії, у якій всі об'єкти мають подібні енергетичні проблеми. Наприклад, енергоменеджер компанії, яка володіє мережею готелів, міг би визначити перелік енергозберігаючих заходів, які можна застосувати до всіх готелів даної мережі.

Цей метод рекомендується також застосовувати професійним консультантам з енергетичних питань.

Таким чином, попередній енергоаудит:

- забезпечує базове енергетичне обстеження;
- дає карту розподілу енергії;
- приділяє особливу увагу стандартним заходам щодо економії енергії;
- дозволяє визначити економічний ефект впровадження енергозберігаючих заходів.

2.3. КОМПЛЕКСНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ

Такий аудит іде на один крок далі, ніж попередній енергоаудит. У цьому випадку проводиться оцінка того, скільки енергії витрачається в кожному процесі, як, наприклад, освітлення, технологічні потреби й т. ін. Для виявлення тенденцій енергоспоживання й розроблення попередніх прогнозів на рік необхідне проведення аналізу моделі, наприклад, комп'ютерне моделювання, що враховує різні змінні фактори (погодні умови й т. ін.).

Цей метод ґрунтується на визначенні кількості використаної енергії й порівнянні цієї величини з промисловими нормативами й теоретичним енергоспоживанням. Метод допомагає виявити потенційну економію енергії. В першу чергу доцільно підрахувати кількість енергії, спожитої всіма основними видами обладнання і порівняти цю величину із загальним енергоспоживанням на підприємстві. Виконавши цю роботу, аудитор виявляє шляхи економії енергії, засновані на модернізації обладнання, новому технічному обслуговуванні та режимі експлуатації, реструктуризації споживання енергії на об'єкті (децентралізоване електропостачання, використання альтернативних процесів виробництва, комбіноване виробництво теплової й електричної енергії та ін.). Наведена методологія дозволяє провести високоякісний енергоаудит, заснований на науковому підході, дослідженні й вимірюванні різних параметрів режимів об'єкту енергоаудиту, а також на досвіді експерта.



Таким чином, комплексний енергоаудит:

- забезпечує детальне енергетичне обстеження;
- для точного визначення енергоспоживання використовує такі прийоми, як регресійний аналіз і енергетичний баланс;
- розглядає широке коло можливостей енергозбереження, включаючи структурні зміни, такі як когенерація, децентралізація або використання альтернативних джерел пального.

У реальному житті частіше зустрічається поєднання першого і другого методів проведення енергетичного обстеження. Такий підхід має на увазі використання складних аудиторських прийомів, але замість пошуку широкого кола можливостей економії енергії він фокусується на невеликій кількості технологій енергозбереження. Третій метод орієнтований на створення автоматизованого робочого місця енергоменеджера.

Всі об'єкти, на яких проводиться енергоаудит, повинні мати вимірювальне обладнання. Це можуть бути лише комерційні лічильники підприємства. Деякі підприємства можуть мати велику мережу додаткових лічильників, і завжди існує можливість використання тимчасового переносного вимірювального обладнання. Портативні аудиторські комплекти, способи, якими можуть здійснюватися вимірювання під час аудиторської перевірки, а також повна характеристика вимірювального устаткування енергосервісної компанії розглядаються в розділі 11.

У комерційних стосунках енергоаудитору дуже важливо дати клієнтові ТЕ, ЧОГО ВІН ХОЧЕ, АЛЕ НЕ БІЛЬШ ТОГО, ЗА ЦО ВІН БАЖАЄ ЗАПЛАТИТИ. На додаток до загального обсягу наданої клієнту необхідної інформації аудитор також повинен враховувати те, ЯКИМ ЧИНОМ ця інформація повинна бути представлена.

Здійснюючи енергоаудит, аудитор завжди повинен пам'ятати про те, ЧОГО ПОТРЕБУЄ КЛІЄНТ і про НАЯВНІ РЕСУРСИ (час і гроші). Ці моменти вплинуть на:

- детальність енергоаудиту;
- кількість використовуваних вимірювальних приладів;
- наголос на застосуванні певного устаткування або на заходах щодо енергозбереження;
- розподіл енергії за центрами проведення перевірки;
- види використовуваних показників роботи;
- метод розрахунку енергоспоживання.

2.4. ВИРОБНИЧА СИСТЕМА ЯК ОБ'ЄКТ ЕНЕРГОАУДИТУ

Будь-яку виробничу систему можна розбити на три основні складові (рис. 2.1):

- підсистема вироблення енергії (котел, компресор, помпа, електричний двигун або генератор);
- підсистема розподілу, перетворення і передачі енергії (трубопроводи, кабельні або повітряні лінії, ремінні передачі);
- навантаження, тобто елемент, заради якого працює все інше.

Таким останнім може бути деякий технологічний процес, де використовується вироблене тепло, або це може бути вентилятор, що обертається електричним двигуном через систему передач.

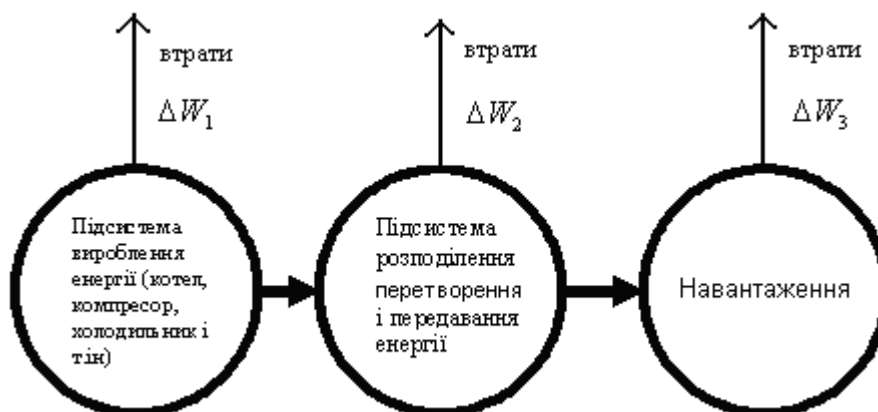


Рис. 2.1. Елементи виробничої системи

Рис 2.1 Ілюструє основні компоненти всієї виробничої системи або установки. Методика визначення можливостей економії енергії, особливо економії, яка не вимагає витрат або яка потребує їх найменшої кількості, полягає в оцінці навантаження або втрат у навантаженні з подальшою оцінкою мережі розподілу. Внесення технічних змін безпосередньо в підсистему вироблення енергії часто вимагає значних інвестицій.

Втрати енергії ($\Delta W_1, \Delta W_2, \Delta W_3$) присутні у всіх компонентах системи, однак, вартість усунення цих втрат з різних елементів системи, як правило, дуже різниться.

Розмірковуючи про можливості енергопостачання, необхідно підходити до таких систем комплексно. Дуже мудро почати розгляд не спочатку (заміна електродвигуна або компресора обійдеться недешево!), а з кінця, - як правило, найдешевші можливості економії приховані саме в навантаженні.

Наприклад, не варто змінювати нехай і не найсучасніший, але працюючий компресор холодильної камери з численними витоками холодного повітря з неї. Спочатку потрібно усунути ці витоки з камери (це практично нічого не буде коштувати, і тому фінансова ефективність цієї операції буде величезною). Потім потрібно усунути втрати із підсистеми розподілу, перетворення і передачі, і лише після того, як це буде зроблено, можна буде розглянути можливості усунення недоліків підсистеми вироблення енергії або заміни її новою.

Перелічимо найбільш типові енергетичні установки і виробничі системи:

- котли;
- сушильне устаткування;
- устаткування технологічних ліній для подачі тепла;
- опалення приміщень і водопостачання;
- різання, подрібнення матеріалів;



- плавлення;
- відлив;
- холодильні установки;
- стиснене повітря;
- вентиляція;
- освітлення;
- помпи;
- інше устаткування з електроприводом.

Основна увага повинна приділятися найенергоємнішим виробничим системам, що, як правило, характеризуються такими показниками:

- високими або низькими температурами (у порівнянні з температурою навколишнього повітря);
- інтенсивністю виробництва;
- високим рівнем споживання води, пари, стисненого повітря і т. ін.

Зазвичай, економія енергії безпосередньо пов'язана з відповідями на такі запитання:

- **Чи виправдане навантаження даної установки?** (Приклади: помпа працює цілий рік, а її робота реально потрібна лише протягом 8 годин на добу; недбале ставлення користувача системи до своїх обов'язків; незадовільна робота або відсутність керування).
- **Чи можна забезпечити навантаження використанням іншої системи?** Приклади: деревний пил транспортується на велику відстань за допомогою стисненого повітря. Можна запропонувати використання механічного транспорту (наприклад, шнекового конвеєра) як альтернативний варіант. Пневмоінструмент може бути замінений на інструмент з електроприводом. Що в даному випадку більше підходить: конвективний чи променевий теплообмін, водяне чи випарне охолодження і т. ін.
- **Чи можна знизити навантаження?** Приклади: втрати тепла можна зменшити шляхом удосконалення теплової ізоляції і зменшення потоку повітря, яке вентилює робоче приміщення. Навантаження компресора можна зменшити, використовуючи пневмоінструмент, що не має витоків повітря, скоротивши час роботи з цим інструментом; ліквідувати недбале ставлення користувача до своїх обов'язків, незадовільну роботу або відсутність пристроїв автоматичного керування, поліпшуючи теплоізоляцію, оптимізуючи аеродинаміку і т. ін.
- **Наскільки великі втрати в мережі?** (Витоки стисненого повітря в системах, втрати тепла через поверхні розігрітих трубопроводів, втрати в газопроводах, зниження тиску в трубопроводах через витоки).
- **Які втрати при передачі енергії?** (Незадовільний стан ремінних передач, незадовільне або відсутнє змащування).
- **Наскільки потужність продуктивної системи відповідає навантаженню?** (Робота систем великої потужності з малим навантаженням характеризується



низькою ефективністю; потужність системи було розраховано на інше навантаження; якщо потужність системи занадто мала, це знижує термін експлуатації системи і може бути джерелом небезпеки.)

- **Наскільки добре система обслуговується?** (Запилені фільтри, брудна поверхня теплообмінників значно знижують ефективність роботи системи).
- **Який рівень підготовки персоналу, інженерів, керівництва цехом і всім підприємством?**
- **Чи контролюється робота допоміжного устаткування?** (При вимиканні котла або холодильної установки через нульове навантаження допоміжні насоси і вентилятори іноді можуть бути також вимкнені).
- **Чи можлива рекуперація тепла для даної системи або тепла, що виробляється даною системою?** (Використання тепла компресорів і холодильних установок для систем гарячого водопостачання).

Шляхом ретельного аналізування всіх перерахованих вище аспектів для кожної установки і системи можна досягти високих результатів з економії енергії, навіть якщо деякі з них здаються на перший погляд неефективними.

2.5. ВИМОГИ ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТОРА

Кваліфікація, яка визначається:

- освітою (належна теоретична підготовка на рівні інженера);
- підготовкою в галузі аудиту;
- практичним досвідом у сфері енергозбереження;
- тим, що аудитор повинен бути скоріше фахівцем широкого профілю, а ніж вузьким фахівцем;
- комунікабельністю (уміння працювати з керівництвом підприємства і з інженерно-технічними працівниками);
- умінням складати звіти.

Вміння, яке визначається наступними видами діяльності:

- збирання ключових даних щодо споживання енергії; створення карти її споживання;
- складання переліку можливостей економії;
- оцінка термінів окупності;
- реалізація програм енергозбереження;
- впровадження системи енергетичного менеджменту на підприємстві.

Професійні знання:

- принципу роботи енергогенеруючих установок (котлів; устаткування центрального опалення; місцевих ТЕЦ);
- принципу роботи енергоспоживаючих установок (холодильні установки, компресорні станції; вентиляційні та освітлювальні системи; насоси; електропривод);
- сутності технологічних процесів (сушіння; плавлення; лиття;



термооброблення, випалення виробів; подача тепла на виробничі потреби; система опалення; водопостачання і водопідготування; різання (подрібнення матеріалів).



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Від чого залежить вибір методу проведення енергетичного аудиту?
2. Які існують типи енергоаудиту? В чому їх основні відмінності?
3. Як найдоцільніше обрати тип енергоаудиту?
4. З яких основних елементів складається виробнича система?
5. Як краще проводити огляд виробничої системи? Чому?
6. Перелічіть типові установки та виробничі системи?
7. Якими показниками характеризуються енергоємні виробничі системи?
8. Які питання доцільно розглянути для оцінки потенційних можливостей економії енергії?
9. Ґрунтуючись на яких даних, можна оцінити енергетичного аудитора?



3. ПРОФІЛЬ ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГІЇ

Існуючі технічні прийоми, які використовують енергоаудитори для отримання даних про кількість спожитих енергоресурсів різним устаткуванням, показані на рис. 3.1.

Після вимірювань порівнюють величини таким чином, щоб енергія, використана кожною категорією споживачів, підсумовувалась і порівнювалась із загальним обсягом енергоспоживання на об'єкті. Для уточнення даних здійснюється перехресна перевірка. Ця інформація включається в енергоаудит.



Рис.3.1. Структура отримання даних

3.1. РОЗРАХУНОК СПОЖИТОГО ПАЛИВА

Якщо енергоресурси постачаються у відомих кількостях, і є можливість виміряти обсяги постачань у будь-який час, лічильники для прямого вимірювання спожитого палива використовувати не обов'язково.

Розрахунок спожитого палива - це спосіб обчислення енергоспоживання первинного палива, яке не вимірюється в розрізі загального споживання енергії. Такий прийом найчастіше застосовується стосовно РІДКОГО ПАЛИВА і ВУГІЛЛЯ.

Обчислення вимагає наступної інформації:

- на початковому етапі - кількість палива на складі (S1);
- протягом періоду - кількість поставленого палива (D);
- в кінці періоду - кількість палива на складі (S2).



Звідси розраховують споживання:

$$П = S1 + D - S2.$$

Розрахунок спожитого рідкого палива зазвичай включає різні прийоми вимірювання: від традиційної масловиміральної лінійки до нафтових резервуарів з цифровими вимірниками. Об'єм вимірюють за заповненням цистерн чи поплавковими вимірниками рівня палива в цистерні. Прийоми, які вимірюють об'єм, можуть мати похибки, обумовлені зміною густини палива зі зміною температури. Для горизонтальних циліндрових резервуарів шкали масловиміральної лінійки або поплавкового рівнеміра повинні бути ретельно проградуйовані. Кількість палива в резервуарі може бути визначена через покази манометра (аналогового чи цифрового), що вимірює тиск у нижній точці резервуара.

Приклади вимірвальних пристосувань:

- цистерни відомого об'єму;
- рівнеміри поплавкові;
- манометр (аналоговий);
- манометр (цифровий).

Такі само прийоми можна застосовувати до розрахунку спожитого вугілля, хоч процес ускладнюється, якщо вугілля зберігається в шахті або звалене на землі. Вимірювання кількості вугілля в таких умовах відбувається на основі визначення геометричних розмірів або шляхом безпосереднього зважування.

3.2. ІНТЕГРАЦІЯ ПОКАЗНИКІВ ПЕРЕНЕСНИХ ВИМІРЮВАЧІВ

На *рис. 3.2* наведено приклад графіка навантаження, отриманого за допомогою складних вимірвальних приладів, таких як реєстратор споживання енергії або ультразвуковий витратомір. Важливість подібних графіків полягає в тому, що вони демонструють зміну кількості спожитої енергії за період часу. Ця інформація допомагає порівняти фактичні зміни обсягу спожитої енергії з очікуваними, а також показує, наскільки успішно функціонують ручна й автоматична системи управління. Визначаючи потенційні можливості енергозбереження, графіки навантаження можуть указувати на такі чинники:

- пошкодження систем контролю;
- системи контролю, керовані операторами вручну;
- зміни ефективності електроспоживання протягом різних робочих змін;
- втрати і витоки.

Графіки споживання енергоносіїв і води повинні бути включені в звіти з енергоаудиту, оскільки вони наочно відображають існуючі проблеми і, таким чином, виявляють конкретні шляхи економії енергії.

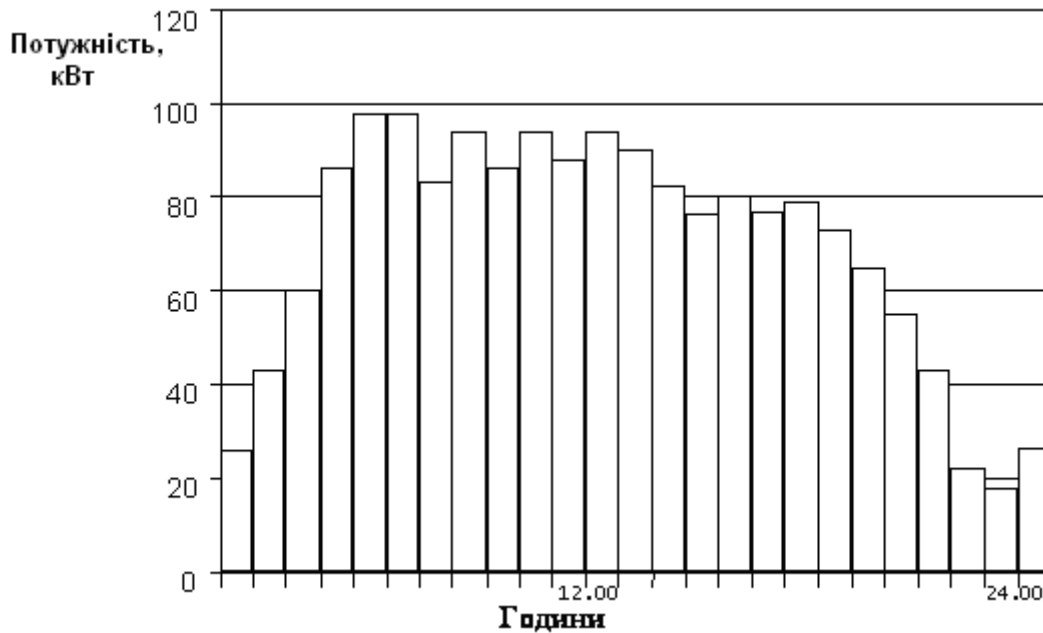


Рис. 3.2. Добовий графік навантаження

Витрата енергії може також вимірюватися стаціонарними або переносними лічильниками за допомогою відліку значень параметрів, які належать до споживання енергії. Прикладами таких параметрів є електричний струм, витрата пари і напруження в годинах. Для переведення цих параметрів у одиниці споживаної енергії необхідно знати такі параметри, як: напруга, ентальпія, пароутворення або середнє споживання потужності під час роботи.

Досвідчений енергоаудитор за деякими виміряними параметрами зможе визначити енергетичні потоки.

Наприклад, за виміряним струмом, споживання електричної енергії можна розрахувати за допомогою калькулятора, якщо відомі значення напруги і коефіцієнта потужності.

Під час обстеження тепловикористовуючого устаткування енергоспоживання можна визначити за допомогою розрахунку ентальпії пари, що подається, і конденсату, що повертається.

Для устаткування, яке працює з постійним графіком навантаження, лічильники використовуються для визначення загальної величини споживання.

Споживання енергії також може бути виміряне непрямым шляхом. Розглянемо два найчастіше використовуваних методи розрахунку: регресійного аналізу і перевірного тесту.

3.3. РЕГРЕСІЙНИЙ АНАЛІЗ

Цей метод являє собою математичний прийом, що базується на порівнянні змін кількості використаної енергії зі значенням іншої змінної, від якої може залежати споживання енергії. Наприклад, можна порівняти величину споживання енергії за місяць з місячним виробленням продукції на підприємстві. Математичний

аналіз поділяє обсяг спожитої енергії на стале навантаження (тобто на кількість енергоносія, необхідного для підтримки на підприємстві нульового рівня виробництва) і змінне навантаження (кількість енергоносія для виробництва одиниці продукції, що випускається). Регресійний аналіз також відображає зміну кількості енергії зі зміною обсягу виробництва. Крім того, він дозволяє контролювати використання енергії і виявляти шляхи економії.

На рис. 3.3 наведено загальний вигляд типового графіка регресійного аналізу. Хрестиками позначено кількість спожитої енергії за відповідного обсягу виготовленої продукції за певний проміжок часу, наприклад, за тиждень або місяць. “Ідеальною” прямою виділяють стале і змінне енергетичне навантаження. У багатьох випадках таку пряму можна побудувати на око. Проте доцільніше використовувати точний математичний метод регресійного аналізу.

У табл.3.1 показано, як сталі і змінні складові витрати енергії пов’язані з різними змінними величинами, а також наведені характеристики сталого і змінного навантаження. Слід зазначити, що будь-які втрати, як наприклад, витік пари або витік, викликаний пошкодженням чи недосконалою ізоляцією труб, включаються в постійні витрати. Іноді витрати енергії залежать від декількох параметрів, тому енергоаудитор повинен обґрунтувати визначальну змінну. Для цього стосовно кожного альтернативного параметру застосовують регресійний аналіз з визначенням коефіцієнту детермінації (квадрату коефіцієнту кореляції). Чисельне значення коефіцієнту детермінації показує, яка частка зміни споживання енергії зумовлена зміною конкретного параметра. Проте часто вибір визначального параметра здійснюється суб’єктивно.

Іноді застосовують “мультиплікативний регресійний аналіз”, тобто порівнюють значення використаної енергії з кількома змінними одночасно. Проте такі ситуації трапляються рідко.

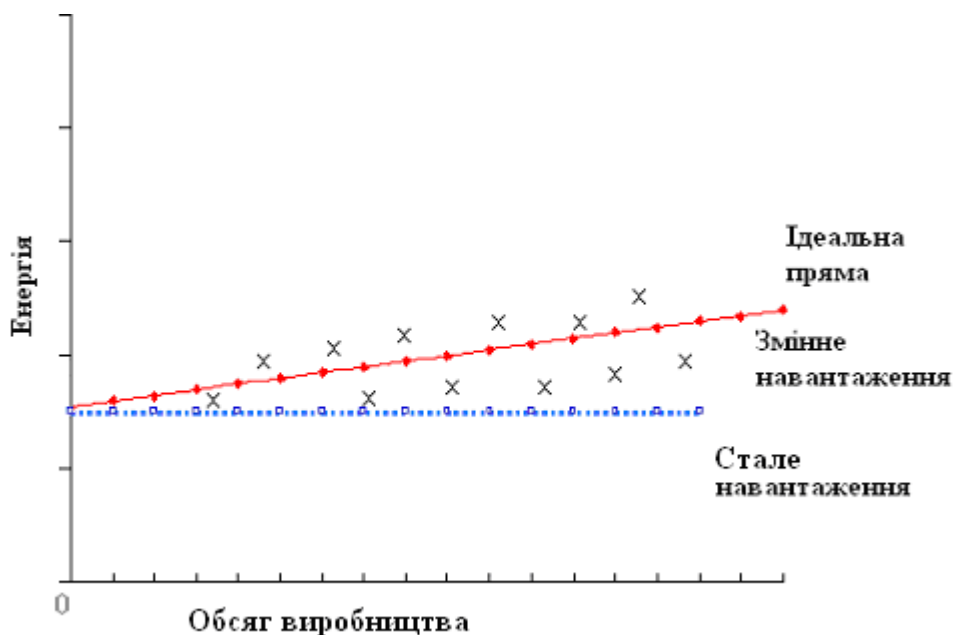


Рис. 3.3. Типовий графік регресивного аналізу



Таблиця 3.1.

Характеристики сталого і змінного навантаження

Енергія (енергоносії)	Визначальна змінна	Енергоспоживання	
		Стале навантаження	Змінне навантаження
Котельне паливо для опалювання приміщень	Градусо-дні*	Гаряча вода	Опалювання приміщень
Водопостачання для центрального опалювання	Градусо-дні*	Гаряча вода	Опалювання приміщень
Котельне паливо	Пара, що виробляється	Втрати котельні	Технологічна пара
Пара, яка поставляється на завод	Обсяг продукції	Втрати в розподільчій мережі	Технологічна пара
Електроенергія, яка поставляється на завод	Обсяг продукції	Невиробниче електроспоживання, Втрати в мережах	Виробниче електроспоживання

* - Градусо-дні – величина, пропорційна кількості енергії для опалювання приміщень.

3.4. ПЕРЕВІРОЧНИЙ ТЕСТ

Метод перевірконого тесту заснований на спостереженні за зміною рівня енергоспоживання після вимкнення приладів. У мережі, де кілька користувачів енергії приєднані до одного лічильника, цей прийом використовується для знаходження кількості енергії, що використовується одним або групою споживачів.

Якщо кілька енергоспоживачів живляться від одного вимірюваного джерела, індивідуальне споживання енергії кожним із споживачів може вимірюватися шляхом вимкнення різних навантажень з подальшим спостереженням за зміною величини енергоспоживання.

Розглянемо, як перевірочний тест використовується для виявлення величини енергоспоживання однієї з двох установок, приєднаних до одного електролічильника (рис.3.4). В наведеному прикладі споживання електроенергії розраховується шляхом визначення частоти обертання диска електролічильника.

Перевірочні тести також можуть бути застосовані до інших типів лічильників, наприклад, до газових і парових. Хоча в таких лічильниках немає дисків, частоту обертів яких можна виміряти, можна відстежити відрізок часу, за який зміняться покази лічильника. Таким чином, принцип лишається той самий, хоч тривалість зняття показів може подовжитися.

Для отримання точних результатів перевірочних тестів слід бути впевненим у тому, що енергоспоживання тестованого устаткування знаходиться на нормальному рівні і не змінюється протягом періоду тестування, наприклад, автоматичними системами управління.

Тест 1**Тест 2***Рис. 3.4. Схема перевірного тесту***Висновок**

Установка 1. Середнє навантаження = 90 кВт.

Установка 2. Середнє навантаження = 30 кВт.

Інші приклади використання перевірочних тестів.

Електропостачання виробничого устаткування і освітлення

Коли виробничий процес зупиняється (наприклад, під час обіду або в кінці робочого дня), освітлення на декілька хвилин лишається ввімкненим. За умови, що вимкнено все устаткування виробничого приміщення, прив'язане до одного лічильника, можна точно визначити кількість електроенергії, яка споживається освітленням.

Стиснене повітря

Коли виробничий процес зупиняється і немає потреби в стисненому повітрі (наприклад, у разі застосування пневматичних систем управління) повітряні компресори слід лишати ввімкненими. В цьому випадку споживана енергія дасть змогу оцінити величину витоків стисненого повітря. Якщо вмикання-вимикання



компресорів контролюється, слід виміряти час завантаження/незавантаження компресорів, щоб оцінити рівень втрат повітря і кількість спожитої електроенергії.

Перевірочні тести зазвичай найбільш ефективні у випадках ввімкнення всього устаткування і подальшого вимикання різних навантажень протягом певних інтервалів часу. Така система не завжди спрацьовує у зворотному напрямі, оскільки деякі енергокористувачі (флуоресцентні лампи, двигуни, системи вироблення стисненого повітря) споживають більше енергії при вмиканні, ніж в період робочого процесу. Перевірочні тести проведеновинятково стосовно устаткування, яке працює впродовж тестування зі сталою потужністю. Наприклад, автоматичне вмикання і вимикання устаткування в період тестування (холодильники) може дати помилковий результат.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. У яких випадках найчастіше використовується метод розрахунку спожитого палива?
2. Як розрахувати кількість палива на складі? У яких випадках це виконується?
3. Які прийоми вимірювання містить розрахунок спожитого рідкого палива? Навести приклади.
4. У чому полягає важливість отримання графіка навантаження?
5. Що необхідно знати для переведення таких параметрів, як електричний струм, витрата пари, тривалість роботи в годинах в одиниці споживаної енергії?
6. За допомогою чого можна визначити енергоспоживання при дослідженні тепловикористовуючого устаткування?
7. Яка суть методу регресійного аналізу? Поясніть різницю між сталим та змінним навантаженням.
8. Наведіть приклад типового графіка регресійного аналізу і детально поясніть його.
9. Поясніть на прикладі, як працюють перевірочні тести?



4. АНАЛІЗ ПОТОКІВ ЕНЕРГІЇ

Щоб оцінити ефективність перетворення одного виду енергії в інший або визначити загальне споживання енергії, енергоаудитор у своїх розрахунках часто спирається на результати вимірювань різних потоків енергії.

Це можуть бути первинні, вторинні або навіть третинні види енергоресурсів. Розрізняють вхідні і вихідні енергетичні потоки.

Розглянемо деякі приклади.

4.1. СИСТЕМИ ВЕНТИЛЯЦІЇ І КОНДИЦІОНУВАННЯ

Вхідні потоки: електроенергія.

Вихідні потоки: потік повітря з певними фізичними властивостями (температурою, вологістю, швидкістю).

Під час проведення енергоаудиту систем вентиляції і кондиціонування вимірюється споживана електрична енергія. Для оцінки виконаної корисної роботи можуть знадобитися вимірювання таких величин, як швидкість обертання вала двигуна, швидкість потоку повітря, створюваний перепад повного тиску тощо.

Також необхідно звернути особливу увагу на втрати тепла з повітрям, яке відводиться з приміщення, у випадку використання витяжної вентиляції.

Загальна структурна схема вентиляційної системи наведена на *рис 4.1*.

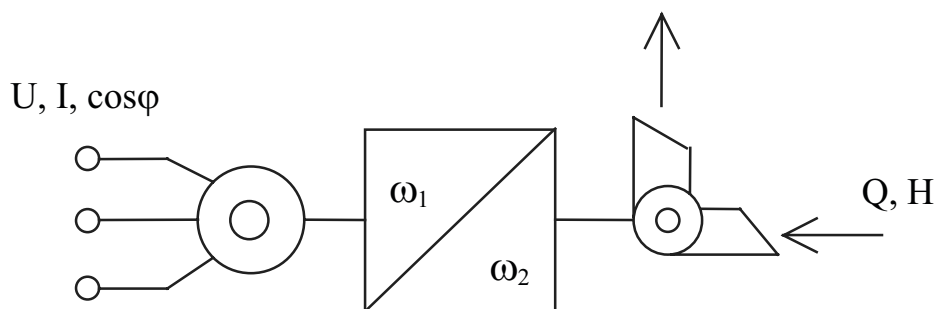


Рис. 4.1. Структурна схема вентиляційної системи

Якщо необхідні підігрівання або охолодження повітря, то в структурній схемі з'являється ще один елемент – кондиціонер, що змінює фізичні властивості робочого тіла.

Вимірювання електричної потужності, яка споживається вентиляційною установкою, як правило, здійснюється за допомогою ватметрів. Потужність трифазного струму, яку споживає двигун, може бути виміряна двома однофазними ватметрами або ватметром трифазного струму.

Необхідно відмітити, що часто застосовуються комплексні прилади, які дозволяють одночасно виконувати вимірювання споживаних активної, реактивної, повної потужностей, фазної або лінійної напруги мережі живлення, електричного струму,



який споживається електрокористувачем і коефіцієнта потужності.

За відсутності перерахованого обладнання споживана двигуном електрична потужність може бути визначена непрямим способом – вимірювання напруги живильної мережі, споживаного струму і коефіцієнта потужності. Вимірювання цих величин можна виконувати за допомогою вольтметра, амперметра і фазометра відповідно. У цьому випадку потужність розраховується за формулою:

$$P_{el} = U \cdot I \cdot \cos \varphi ,$$

де U [В] – напруга мережі живлення;

I [А] – споживаний з мережі струм;

$\cos \varphi$ – коефіцієнт потужності.

Обладнання, яке здійснює безпосереднє вимірювання механічної потужності, відсутнє, тому механічна потужність у випадку обертального руху може бути визначена непрямим способом за формулою:

$$P_{max} = M \cdot \omega ,$$

де M [Н·м] – момент, що розвивається двигуном;

ω

w	Без примусового охолодження		З примусовим охолодженням	
	M / M_n	P / P_n	M / M_n	P / P_n
1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
0,8	0,9	0,71	1,0	0,8
0,6	0,8	0,46	1,0	0,6
0,4	0,6	0,25	1,0	0,4
0,2	0,4	0,09	1,0	0,2

У таблиці прийняті такі позначення: * – фактична частота обертання, с⁻¹; *_н – номінальна частота обертання, с⁻¹; М – фактичний обертовий момент, Н·м; М_н – номінальний обертовий момент, Н·м.

Іншим, точнішим способом визначення механічної потужності, яка розвивається двигуном, є вимірювання споживаної ним електричної потужності й аналітичне визначення втрат у двигуні. Тоді потужність, яку розвиває двигун, визначається за формулою:

$$P_{mex} = P_{el} + \Delta P ,$$

де P_{el} – споживана двигуном електрична потужність;

ΔP – втрати в двигуні за фактичного завантаження.

Вимірювальне обладнання, що здійснює безпосередні вимірювання аеродинамічної потужності, відсутнє, тому аеродинамічна потужність може бути визначена непрямим способом за формулою:

$$P_{aеродин} = Q \cdot H ,$$

де H – повний тиск (напір), який розвивається вентиляторною установкою,



що являє собою різницю повних тисків потоку на виході з вентиляторної установки і на вході в неї, Па;

Q – продуктивність (об'ємна витрата) – кількість газу, що надходить у вентиляційну установку за одиницю часу, м³/с.

Повний тиск в різних перетинах повітропроводу можна визначити шляхом вимірювання статичного тиску, який мало змінюється в перетині (за допомогою отвору в стінці або трубкою), додавши до нього у нагнітальній частині повітропроводу (а у всмоктувальній – віднявши) значення динамічного тиску, обчисленого за середньою швидкістю:

$$H = P_{cm} \pm v \cdot \frac{\rho}{2},$$

де P_{cm} – виміряний статичний тиск, Па;

v – середня швидкість потоку, м/с;

ρ – густина переміщуваного повітря, кг/м³.

Якщо на розглянутій ділянці є вмонтований прилад для вимірювання витрати повітря (ротаметр, звужувальний пристрій), то використовуються покази цього пристрою. На ділянках, де таких вимірювальних приладів немає, об'ємна витрата визначається середньою швидкістю потоку і геометричними розмірами трубопроводу за формулою:

$$Q = v \cdot F,$$

де v – середня швидкість потоку, м/с;

F – площа поперечного перерізу на вимірюваній ділянці, м².

Отже, для визначення аеродинамічної потужності необхідне застосування таких приладів:

- для вимірювання тиску – рідинні манометри, мікроманометри;
- для забору повітря у трубопроводах – пневмометричні трубки;
- для вимірювання швидкості потоку – чашкові чи лопатеві анемометри, термоанемометри;
- для визначення параметрів навколишнього повітря – барометри (для вимірювання атмосферного тиску), різноманітні термометри (для вимірювання температури), психрометри (для визначення вологості повітря).

Необхідно відмітити, що на даний час виготовляються комплексні прилади, які дозволяють здійснювати вимірювання швидкості, тиску і температури потоку повітря; температури і вологості повітря довкілля тощо.

Вимірюються: електроенергія, яка споживається двигуном, напруга, струм, коефіцієнт потужності, частота обертання приводу, статичний і динамічний тиск.

Оцінюються: механічна потужність, втрати в двигуні і розподільних мережах.

Розраховуються: обертовий момент, аеродинамічна потужність, об'ємна витрата повітря.



4.2. СИСТЕМИ ОХОЛОДЖЕННЯ

Вхідні потоки: електрична енергія; теплота, яка поглинається з холодоносія.
Вихідні потоки: теплота, яка відводиться конденсатором; тепловтрати компресора.

Система охолодження - це комплекс приладів, який забезпечує цикл перетворення енергії, в якому кількість теплоти, що відводиться конденсатором (і за допомогою поверхневих втрат) дорівнює кількості енергії, яку поглинає випарник плюс електроенергія, спожита електроприводом компресора. Таким чином, виміривши будь-які два з цих компонентів, можна розрахувати третій. Цим ми не лише визначимо загальну кількість спожитої енергії, але й довідаємося, наскільки добре працює система.

На рис. 4.2 зображена парокомпресійна система охолодження, у якій як робоче тіло використовується охолоджена вода, а також градирня водяного охолодження відкритої циркуляції, у якій, як засіб ефективного охолодження конденсату, використовується принцип паропоглинання. Тут енергоаудитору варто звернути увагу на фактичну ефективність системи, зокрема, на розрахунки коефіцієнта ефективності системи й ефективності роботи стояка водяного охолодження. У цьому прикладі електроспоживання вимірюється стаціонарним або тимчасово встановленим лічильником. Кількість тепла, що відводиться, у градирні водяного охолодження обчислюється шляхом вимірювання температур охолоджувальної води в прямому і зворотному трубопроводах і перерахуванням різниці температур у коефіцієнт енергопотуку. Це обчислення здійснюється перемноженням теплоємності води і швидкості потоку, яке визначається або шляхом вимірювання різниці тиску в pompі, або шляхом використання накладного витратоміра. Відношення виділеної теплоти до спожитої електроенергії позначимо як θ (Т), тобто θ тепла (коефіцієнт теплопродуктивності). За визначенням, співвідношення між θ нагрівання і θ охолодження - θ (ТО) (відношення охолодження до спожитої електроенергії) задається формулою:

$$\theta(\text{ТО}) = \theta(\text{Т}) - 1.$$

Таким чином, можна порівняти $\theta_{\text{дiсd}}$ - розраховане з $\theta_{\text{i-oe}}$ - очікуваним, за даними підприємства. Це допоможе визначити операційну ефективність і виявити можливості енергозбереження.

Інша область дослідження - це градирня водяного охолодження. У цьому випадку є доцільним виміряти параметри навколишнього повітря і повітря, яке нагнітається з вершини градирні водяного охолодження, з урахуванням показів сухого і змоченого термометрів. Якщо температура охолодженої води, яка повертається в конденсатор, відрізняється від температури навколишнього повітря за показами змоченого термометра в межах 2°C, то для багатьох систем це показник їх високої ефективності. Повітря, що входить у градирню водяного охолодження, повинно бути насиченим приблизно на . Якщо насичення менше зазначеного, - це свідчить про надмірну штучну вентиляцію (якщо така існує) стосовно кількості води, яка підлягає охолодженню або про те, що градирня водяного охолодження потребує ремонту, а саме, модернізації системи розпилення води і поверхонь теплопередачі. Якщо насичення перевищує зазначене, то в градирню водяного охолодження



подається недостатній потік повітря, крім випадків, коли висока вологість є результатом підвищеної вологості навколишнього середовища.

Вимірюються: електроенергія, яка споживається компресором; перевищення температури в охолоджувальному контурі.

Оцінюється: норма витрати охолоджуючої води.

Розраховуються: теплота, відведена конденсатором; витрата охолоджуючої води; різниця температур; питома теплоємність; коефіцієнт ефективності.

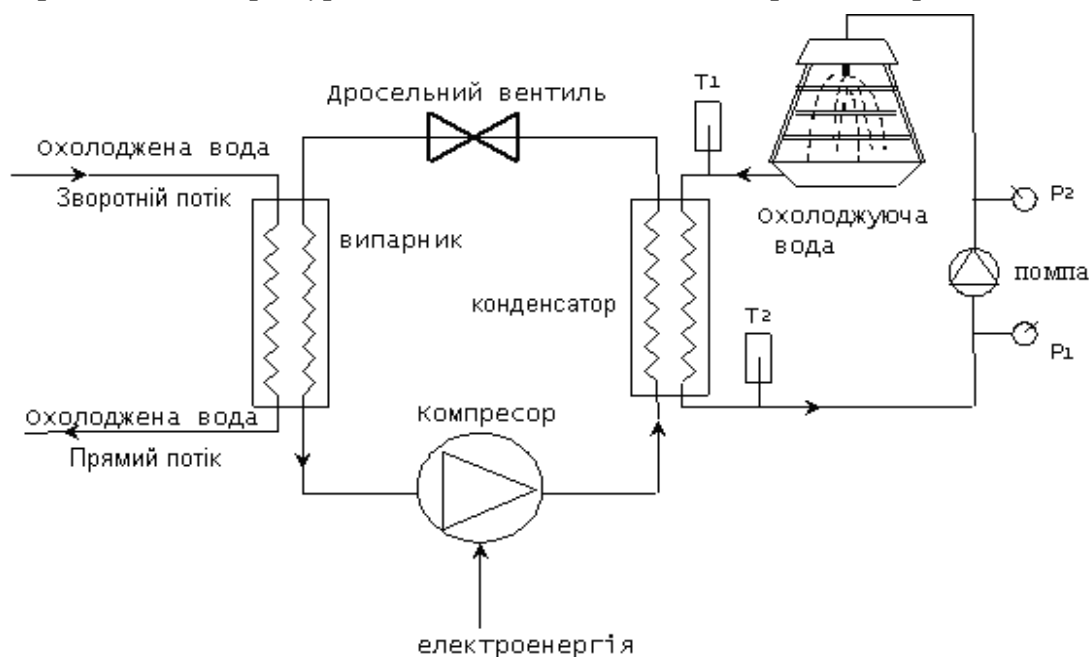


Рис. 4.2. Парокомпресійна система охолодження

4.3. ПАРОГЕНЕРУВАЛЬНІ КОТЛИ

Вхідні потоки: паливо, повітря, живильна вода.

Вихідні потоки: вироблена пара, відпрацьовані гази, продувка, тепловтрати.

У даному випадку можна виміряти не лише значення витрати палива, але й кількість спожитої живильної води, виробленої пари, а також параметри вихідних газів. Ця інформація дає відомості про ефективність роботи котла і кількість пари, а також про втрати.

На рис. 4.3 показані різні вимірювані енергетичні потоки всередині котельні. Розглянемо, як можна аналізувати ці потоки для визначення інших параметрів.

Потоки води і пари

Вимірюються: пара, холодна живильна вода.

Оцінюється: скидання конденсату.

Визначається: відсоток зворотнього конденсату.

Енергопоток

Вимірюються: витрата палива, вироблена пара.

Оцінюються: теплові втрати, викиди.

Визначаються: ефективність спалювання, інші втрати котла.

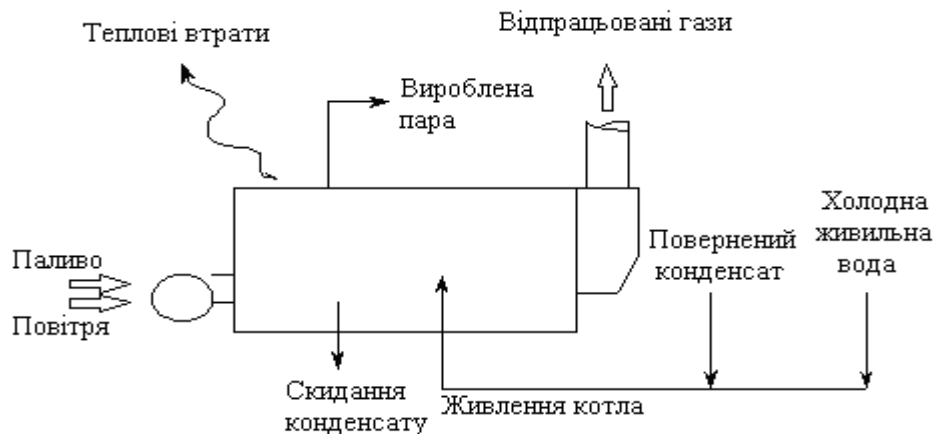


Рис. 4.3. Енергетичні потоки котельні

Загальний об'єм живильної холодної води дорівнює сумі об'єму гарячої води, що перетворюється в пару, та втрат системи, серед яких можна виділити заплановані втрати системи впорскування пари і неконтрольовані втрати, такі як викидання і витікання пари. Неважко оцінити втрати при скиданні (обумовлені тиском котла, розмірами труб для скидання, їх довжини) і, таким чином, визначити суму всіх інших втрат пари/конденсату. Цю величину можна порівняти з запланованими і незапланованими втратами для виявлення можливості поліпшення ефективності роботи установки. Ще один корисний показник ефективності - значення втрат пари - знаходиться як відсоток загальної кількості виробленої пари.

Аналогічно, якщо виміряти потік палива і кількість виробленої пари, можна підрахувати фактичну ефективність котла за період часу. Порівнюючи цю величину з результатами тесту процесу спалювання палива, можна виявити невідповідність величин одна одній, або використати кожен набір даних для перевірки точності інших величин. Якщо обидва розрахунки ефективності відповідають один одному, можна обчислити втрати поза процесом горіння, такі як втрати через випромінювання і конвекцію, втрати при скиданні конденсату і втрати коротких циклів.

4.4. ТЕПЛООБМІННИКИ

Вхідні потоки: гаряча пара (перед охолодженням), холодна пара (перед нагріванням).

Вихідні потоки: гаряча пара (після охолодження), холодна пара (після нагрівання).

Добре ізольований теплообмінник має незначні втрати тепла, тому на практиці кількість теплових втрат гарячого потоку, що надходить у теплообмінник, дорівнює кількості пари, отриманої холодним потоком, що входить у теплообмінник. Таким



чином, вимірюючи кількість енергії, спожитої з одного потоку рідини або отриманої ним, можна розрахувати енергію, отриману іншим потоком рідини або таку, що відбирається з нього. Як вхідні і вихідні потоки можуть використовуватись будь-які теплоносії, наприклад вода.

Якщо теплообмінники мають значні теплові втрати, слід підрахувати їх і визначити, враховуючи конструкцію теплообмінника, ці втрати у відповідному потоці робочого тіла.

На рис. 4.4 зображена конфігурація типового калорифера, який відбирає теплоту пари для підігрівання води.

У цьому прикладі встановлення недорогого лічильника холодної води дає можливість вимірювати споживання води й енергії. Споживання води вимірюється лічильником безпосередньо, а енергоспоживання можна розрахувати як кількість води, помножену на теплоємність і на зміну температури (тобто температура підігрітої води мінус температура холодної води, що подається). Ця величина вказує кількість виділеної з пари теплоти, яка дорівнює сумі поглиненої теплоти з води і будь-яких поверхневих втрат калорифера.

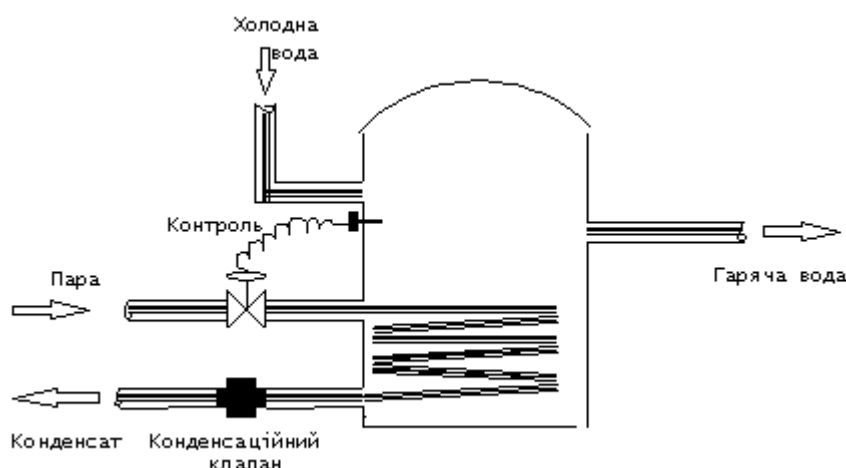


Рис. 4.4. Водяний калорифер, який нагрівається паром

Вимірюється: кількість холодної води.

Оцінюється: зростання температури (як різниця між контрольною температурою і середньою температурою холодної води).

Визначається: енергія, поглинена з пари.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як можна розділити енергетичні потоки підприємства, технологічного процесу, системи?
2. Які потоки необхідно розглядати під час енергоаудиту систем вентиляції та кондиціонування?
3. Які прилади застосовуються для обстеження систем вентиляції та кондиціонування? Що вони вимірюють?



4. Які величини вимірюються, а які необхідно розраховувати під час проведення енергоаудиту вентиляції та кондиціонування?
5. Що оцінюється під час обстеження системи вентиляції та кондиціонування?
6. Що являє собою система охолодження?
7. На чому варто загострити увагу під час обстеження системи охолодження?
8. На які параметри слід звернути увагу під час дослідження градирні? Який висновок можна зробити, скориставшись цими параметрами?
9. Що оцінюється під час обстеження системи охолодження?
10. Що необхідно виміряти для оцінки ефективності роботи котла?
11. На які дві групи можна поділити потоки всередині котельні? Що в кожному з них вимірюється, оцінюється, визначається?
12. Від чого, в першу чергу, залежать втрати тепла в теплообміннику?
13. Як отримати дані про споживання води та енергії теплообмінником?
14. Що оцінюється при обстеженні теплообмінників?



5. ОЦІНКА СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Якщо вимірювання енергії та енергопотоків лічильниками неможливе, слід оцінювати споживання енергії, спираючись на свідчення про режим роботи наявного устаткування. На практиці, через обмеженість ресурсів і часу, - це один з найпопулярніших методів розрахунку енергоспоживання. Суть цього методу відображена *рис. 5.1*. З рисунку видно, що СЕРЕДНІЙ рівень енергоспоживання розраховується шляхом перемноження НОМІНАЛЬНОЇ ПОТУЖНОСТІ устаткування на КОЕФІЦІЄНТ ЗАВАНТАЖЕННЯ. Інформацію щодо номінальної потужності устаткування можна отримати з кількох джерел: за маркуванням устаткування або інструкцією з експлуатації, хоч іноді необхідно враховувати попередній досвід обстеження роботи аналогічного устаткування відповідної потужності. КОЕФІЦІЄНТ СЕРЕДНЬОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ іноді вказується в інструкціях і опублікованих дослідженнях, проте енергоаудиторів часто доводиться самостійно оцінювати значення завантаження під час експлуатації.

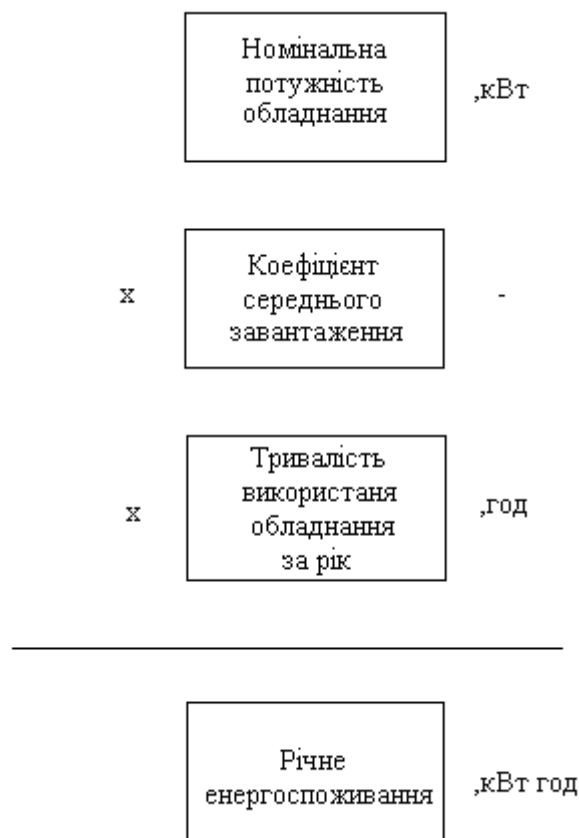


Рис.5.1. Алгоритм розрахунку середнього рівня енергоспоживання

Потім для знаходження значення споживання енергії за рік добуток номінальної потужності на коефіцієнт завантаження множиться ще на тривалість ВИКОРИСТАННЯ УСТАТКУВАННЯ ЗА РІК. Ця інформація може бути отримана з даних стосовно аналогічних установок. Опитування операторів - також якісне джерело для уточнення часу роботи, проте оператори іноді не впевнені в тому, наскільки часто використовується деяке устаткування. Тому слід розрізняти



нечинне устаткування і устаткування, що функціонує в нормальних умовах. Розраховуючи тривалість використання устаткування за рік, необхідно враховувати його простої у зв'язку з поточним ремонтом (запланованим і незапланованим).

Перевага цього методу – в тому, що при розрахунках не вимагається застосування спеціальних приладів, а недоліком є те, що метод заснований на певних припущеннях.

Через необхідність робити припущення, даний метод є надійним лише в тому випадку, коли добре відомі деталі експлуатації устаткування. Наприклад, якщо відомі кількість і потужність ламп, що освітлюють місця паркування машин, а також відомо, скільки часу протягом року ці лампи увімкнені, цей метод розрахунку забезпечить достатню точність. Для складнішого устаткування, яке автоматично змінює потужність протягом технологічного процесу, розрахунок енергоспоживання набагато складніший. У таких випадках можуть допомогти вимірювання, виконані на устаткуванні під час його тестування. Крім того, можна використовувати дані, опубліковані інститутами енергетичних досліджень. Дуже часто буває важко розрахувати точну кількість годин споживання енергії устаткуванням. У подібних ситуаціях проводиться опитування операторів та вивчаються журнали вмикання і вимикання устаткування. Крім того, якщо його робота контролюється автоматично, а саме, вимикачем з годинниковим механізмом, - це теж забезпечить отримання необхідної інформації.

Щоб успішно використовувати в енергоаудиті розраховане споживання, аудитор повинен уміти застосовувати правильні коефіцієнти використання устаткування і проводити перехресну перевірку результатів, порівнюючи їх з відомими нормами і загальним споживанням енергії (рис. 3.1).

Розглянемо приклади оцінки споживання енергоресурсів.

5.1. ОСВІТЛЕННЯ

Оскільки деякі види ламп мають відому встановлену потужність (окрім ламп з регульованою освітленістю), кількість електроенергії, що витрачається на освітлення, визначити легко.

Приклад обчислення витрати електроенергії на освітлення наведений в табл. 5.1.

Таблиця 5.1.

Витрати електроенергії на освітлення заводу

Територія	Встановлена потужність, кВт	Річна експлуатація		Річне споживання, кВт·год
		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
Відділ інженерії	17	2400	0,7	28560
Зовнішнє освітлення	11	3600	0,9	35640
РАЗОМ	180			545800



Інформація, яку необхідно враховувати, оцінюючи споживання енергії освітлювачами.

- Номінальна потужність устаткування – це потужність лампи (Вт) плюс втрати в пуско-регулювальному колі (Вт) для флуоресцентних і газорозрядних ламп. Вольфрамові лампи розжарювання і вольфрамowo-галогенні лампи напругою 220 В не потребують механізму управління. Втрати в перетворювачі вольфрамowo-галогенних ламп низької напруги зазвичай становлять 10 % їх потужності.
- Коефіцієнт середнього завантаження. Повинні братися до уваги лампи, що працюють в режимі регульованої освітленості. Необхідно враховувати технічне обслуговування освітлювального устаткування. Наприклад, заводські цехи з високими прогонами можуть мати в середньому 10-20 % несправних ламп у інтервалі між поточними ремонтами.
- Річне використання устаткування оцінюється, виходячи з тривалості роботи цього устаткування з урахуванням завантаження і періодів використання природного освітлення. Необхідно враховувати наявне автоматичне управління.

5.2. ЕЛЕКТРОПРИВОДИ ВЕНТИЛЯТОРІВ І ПОМП

Створення рушійної сили - це один з найпоширеніших видів використання електроенергії. Зазвичай двигуни застосовуються для приведення в рух такого устаткування як вентилятори, помпи, ліфти, конвеєри та компресори. Приклад розрахунку кількості електроенергії, споживаної вентиляторами районної лікарні наведено в *табл. 5.2*.

Таблиця 5.2.

Розрахунок кількості енергії, споживаної вентиляторами

Установка	Потужність двигуна (кВт)	Річна експлуатація (годХКз)	Річне споживання (ГДж)
Подача повітря в адмін. будівлю	3,75	8760Х0,5	59,13
Витяжка в адмін. приміщенні	3,30	8760Х0,5	52,03
Подача повітря в палату 5 / 6	4,12	8760Х1,0	129,93
Подача повітря в палату 3 / 4	4,12	8760Х1,0	129,93
Подача повітря в палату 1 / 2	4,12	8760Х1,0	129,93
Подача повітря в палату 15 / 16	4,12	8760Х1,0	129,93
Подача повітря в палату 17 / 18	2,25	8760Х1,0	70,96
Подача повітря в палату 19 / 20	2,25	8760Х1,0	70,96
Подача повітря в палату 11 / 12	2,25	8760Х1,0	70,96
Подача повітря в пральню	0,50	8760Х0,3	4,73
Витяжка в пральні	0,22	8760Х0,3	2,08
Подача повітря в палату 9	2,25	8760Х1,0	70,96
Подача повітря в їдальню	1,50	8760Х1,0	47,30
Подача повітря в кухню	7,50	-	-



Витяжка в кухні 1	0,82	8760X0,6	15,52
Витяжка в кухні 2	1,20	8760X0,6	22,71
Витяжка в кухні 3	1,10	8760X0,6	20,81
Подача повітря в хол	3,75	8760X1,0	118,26
Витяжка в холі	3,30	8760X1,0	104,07
Подача повітря в коридор	3,75	8760X1,0	118,26
Подача повітря у фізіотерапевтичне відділення	1,12	8760X1,0	35,32
РАЗОМ	57,29	-	1403,78

Інформація, яку необхідно враховувати під час оцінювання споживання електроенергії вентиляторами і помпами.

- Номінальна потужність устаткування. Потужність двигуна зазвичай вказана на табличці.
- Коефіцієнт середнього завантаження можна визначити за допомогою наявного амперметра. Цю величину також можна обчислити шляхом вимірювання витрати повітря/води, і потім відповідно визначити величину енергоспоживання. Необхідно враховувати системи автоматичного керування приводів з регульованою швидкістю.
- Річне використання устаткування. Мається на увазі використання устаткування, що обслуговується вентилятором або помпою. Необхідно враховувати знаходження двигуна в стані навантаженого /ненавантаженого резерву, наявність системи автоматичного управління.
- Розглянемо графіки енергоспоживання вентилятора і помпи. Кількість електроенергії, спожитої вентиляторами або помпами залежить від потужності двигуна і продуктивності робочої машини.

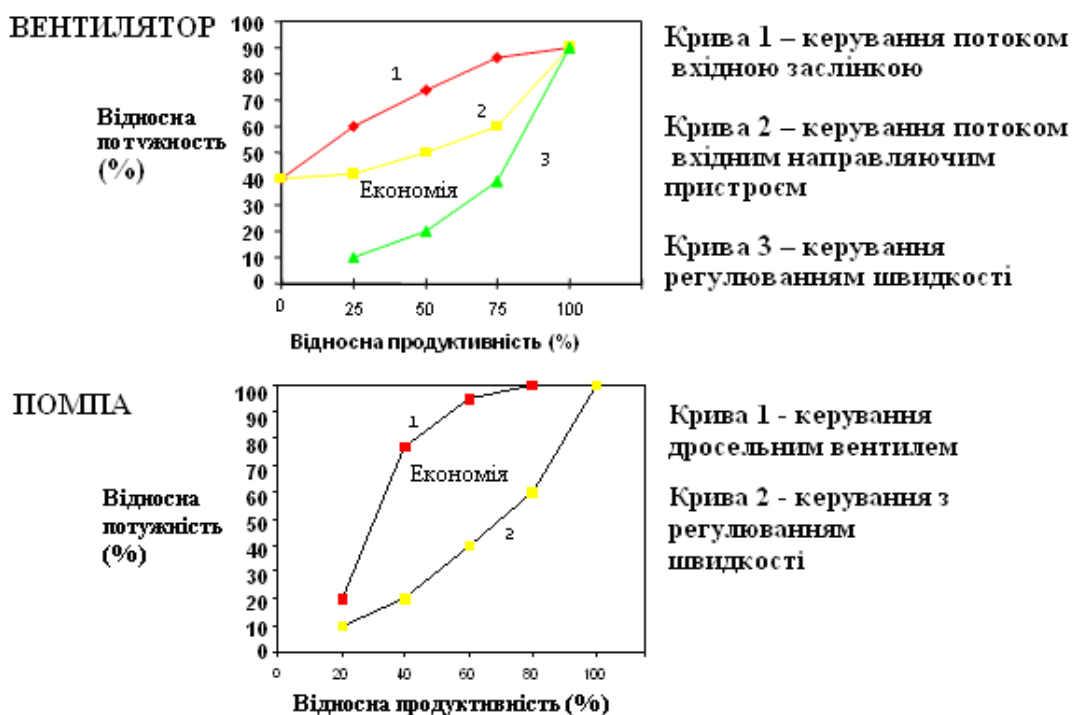


Рис. 5.2. Залежність споживання потужності приводу для різних методів керування від продуктивності вентилятора та помпи



Двигун, розрахований на повну потужність вентилявання або накачування запланованої максимальної кількості повітря або води, працюватиме з усталеним об'ємним навантаженням, а, отже, - усталеним споживанням електроенергії. Коли потік води або повітря зменшується, споживання двигуном енергії також повинно знизитись. Споживання енергії залежить від застосованого методу регулювання потоку.

Графіки на *рис. 5.2* показують співвідношення між потоком рідини або газу і споживаної двигуном потужності для різних методів регулювання потоків. У обох випадках помітно, що використання механічних пристосувань, наприклад, заслінок і засувок менш ефективне, ніж використання регульованого привода.

Таким чином, оцінюючи споживання енергії електроприводами вентиляторів і насосів, енергоаудитор повинен враховувати всі згадані чинники. Враховуючи сказане вище, можна виявити потенційні можливості енергозбереження, наприклад, за допомогою ефективнішого управління потоками.

5.3. ПОВІТРЯНІ І ХОЛОДИЛЬНІ КОМПРЕСОРИ

Керування повітряними і холодильними компресорами з електроприводами здійснюють чотирма головними способами.

Керування типу «вмикання-вимикання». Використовується, головним чином, для невеликих поршневих компресорів. Компресор підвищує тиск повітря в системі до певного рівня, а потім зупиняється. Коли тиск падає, компресор знову вмикається.

Керування типу «з навантаженням - без навантаження». Використовується для крупніших поршневих компресорів, у яких часті вмикання-вимикання можуть призвести до пошкодження двигуна. За ситуації, коли досягнуто заданого рівня тиску, спрацьовують клапани, які дозволяють поршням рухатися без подачі до приймального пристрою стисненого повітря.

Керування типу «з повним навантаженням - половиною навантаження - без навантаження». Це підваріант наведеного вище способу керування, якщо існує стадія між положеннями повного навантаження і без нього, у випадку, коли механізм використовується наполовину для зменшення кількості повітря, що його перекачує компресор.

Керування типу «повне регулювання». Цей метод зазвичай використовується під час роботи роторних гвинтових або турбокомпресорів і дозволяє регулювати кількість повітря відповідно до попиту на нього. В деяких випадках можливо досягти діапазону зменшення кількості повітря у відношенні 3:1 або 4:1. Зазвичай для цього використовується регулювання робочого об'єму циліндрів, швидкості гвинта або турбіни, хоча на деякому устаткуванні використовуються двигуни зі змінною швидкістю. Проте завжди у випадку зменшення навантаження спостерігається зниження ефективності установок.

Інформація, яку необхідно враховувати при оцінюванні кількості електроенергії, спожитої повітряними і холодильними компресорами.

- Номінальна потужність двигуна. Потужність зазвичай вказується на інформаційній табличці двигуна.



- Коефіцієнт середнього завантаження. Оцінка коефіцієнта завантаження, як правило, базується на вимірюванні часу роботи компресора. Дані про типові навантаження двигуна.
- Річне використання устаткування ґрунтується на кількості часу, протягом якого потрібне стиснене повітря/охолодження.

Розглянемо режим роботи повітряного компресора.

Поршневий повітряний компресор, який подає повітря з тиском 7 бар, для забезпечення необхідного тиску в системі розподілу стисненого повітря працює за циклом повного навантаження/половини навантаження/без навантаження. Енергоаудитор відмічає тривалість роботи компресора з різною продуктивністю (яка визначається за звуком і показником зміни тиску повітря) протягом приблизно двадцяти хвилин в умовах нормального функціонування.

Результати вимірювань показані на графіку *рис. 5.3* і в *табл. 5.3*.

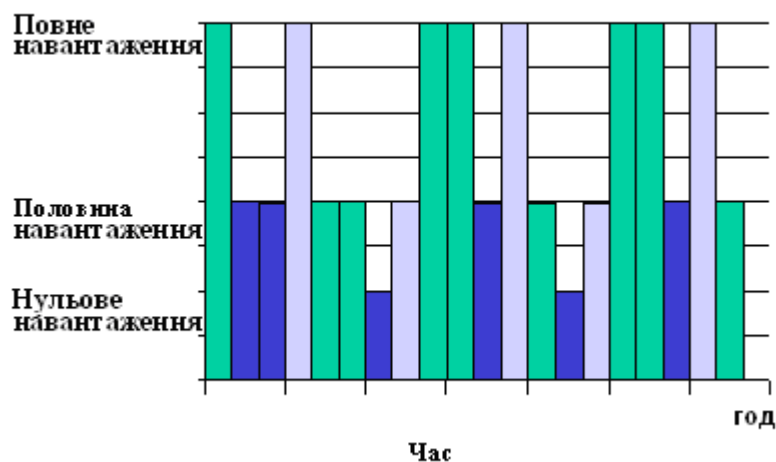


Рис. 5.3. Графік роботи повітряного компресора

Таблиця 5.3.

Параметри роботи повітряного компресора

Рівень навантаження	Тривалість, с	%
Повне навантаження	371	31
Половина навантаження	697	59
Без навантаження	115	10
ВСЬОГО	1183	100

За даними виробників визначаються такі характеристики компресора, як величина енергоспоживання і вироблення повітря (табл. 5.4).



Таблиця 5.4.

Енергетичні характеристики роботи повітряного компресора

Рівень навантаження	Потужність, кВт	Продуктивність, м³/хв
Повне навантаження	120	2,345
Половина навантаження	73	1,116
Без навантаження	34	0

Табл. 5.4 показує, як подача повітря і електрична потужність змінюються в різних режимах роботи компресора. З використанням цих даних проведений розрахунок середньої потужності компресора:

$$P_{cp} = \frac{120 \text{ кВт} \cdot 371 \text{ с} + 73 \text{ кВт} \cdot 697 \text{ с} + 34 \text{ кВт} \cdot 115 \text{ с}}{1183 \text{ с}} = 84 \text{ кВт}$$

Таким само способом можна розрахувати середню подачу повітря. Потім, для визначення розміру його витоків, наприклад, через неякісні чи несправні засоби транспортування, цю середню подачу можна порівняти з сумою номінального споживання повітря всім задіяним компресорним устаткуванням.

5.4. ІНШІ ЕЛЕКТРОПРИВОДИ ТА ОФІСНЕ УСТАТКУВАННЯ

Окрім вентиляторів, pomp і компресорів обертальні електроприводи застосовуються також в іншому устаткуванні. Як приклад можна назвати ліфти, конвеєри, вакуумні помпи і сервісні двигуни для автоматичного устаткування. Для розрахунку енергоспоживання таким устаткуванням не існує чітко фіксованих правил. Кожен випадок повинен розраховуватися індивідуально.

Таблиця 5.5.

Характеристики електроспоживання офісного устаткування

Найменування	Номінальна потужність, Вт	Середня потужність, Вт	% до паспортних даних
ПЕРСОНАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРИ	140	49	35
	140	128	91
	90	30	33
	132	58	44
МОНІТОРИ	60	32	53
	60	52	87
	205	198	97
	205	106	52
ПЕРСОНАЛЬНІ КОМП'ЮТЕРИ З МОНІТОРАМИ	185	90	49
	212	119	56
	287	102	36
ЛАЗЕРНІ ПРИНТЕРИ	850	75	9
	850	129	15
	900	95	11
	800	124	16



КОПІЮВАЛЬНІ АПАРАТИ	1250	126	10
	1600	459	29
	2200	988	45
ТОРГОВЕЛЬНІ АПАРАТИ	2800	660	24
	3000	254	9

Використання персональних комп'ютерів, принтерів та іншого офісного устаткування обумовлює зростання споживання енергії. На практиці простий спосіб розрахунку енергоспоживання перерахованим устаткуванням полягає в підрахунку тривалості використання протягом року і застосуванні норм споживання з *табл. 5.5*.

5.5. ЕЛЕКТРОНАГРІВАЛЬНЕ І ХОЛОДИЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ

Електронагрівальне устаткування можна поділити на ряд категорій, а саме:

- устаткування підприємств громадського харчування (наприклад, електричні печі);
- устаткування пралень (сушильні камери);
- випробувальне устаткування (установки кліматичного випробування);
- електричне устаткування, що виробляє пару (фабричні преси, парові стерилізатори);
- високотемпературні процеси (плавлення алюмінію);
- електротеплова технологія (інфрачервоне, індукційне, високочастотне, пряме нагрівання).

Холодильне обладнання зазвичай працює за парокомпресійним циклом теплової помпи, оснащеної електроприводом, але також можуть використовуватися електронагрівальні пароабсорбційні цикли.

Оцінка енергоспоживання високотемпературних і електронагрівальних процесів не є обов'язковою, оскільки ці процеси зазвичай контролюються власними лічильниками. Проте для невеликих користувачів оцінка споживання – чи не єдиний практичний спосіб розрахунку кількості енергії, що споживається. Результати розрахунку споживання енергії для електронагрівального і холодильного устаткування наведено в *табл. 5.6*.

Таблиця 5.6.

Споживання енергії електронагрівальним і холодильним устаткуванням

Пристрій	Кількість	Потужність (кВт)	Річне використання (год×Кз)	Річне споживання (ГДж)
Пральна машина	1	2,0	1040×0,6	4,49
Тунельна пральна машина	1	86,0	1040×0,5	160,99
Піч	1	9,0	4992×0,2	32,35
Центрифуга	1	2,2	208×1,0	1,65
Центрифуга	3	2,0	26×1,0	0,56
Центрифуга	2	2,0	26×1,0	0,37
Сублімаційна установка для сушіння ВКА 28	1	7,5	4680×1,0	126,36



Сублімаційна установка для сушіння ВКА 25	1	7,5	2600x1,0	70,20
Сублімаційна установка для сушіння ВКА 6	1	4,0	2340x1,0	33,70
Наповнююче устаткування	1	2,0	1040x1,0	5,99
Пральна машина	5	1,0	1040x0,6	11,23
Центрифуга	1	2,0	26x1,0	0,19
Сублімаційна установка	1	1,0	3744x0,7	9,43
Холодильники	4	0,22	8756x0,3	8,33
Інше устаткування цеху		42,0	104x0,8	15,71
РАЗОМ		170,42		481,56

Інформація, яку необхідно враховувати при оцінюванні електронагрівальних навантажень.

- Номінальна потужність устаткування. Ця величина зазвичай вказується на інформаційній таблиці устаткування. Необхідно враховувати дані про електроприводи та теплові навантаження у випадку, якщо вони враховуються окремо.
- Коефіцієнт середнього завантаження. Він враховує як періоди “нагрівання” (коли устаткування працює на повну потужність), так і періоди “підтримання температури” (з частковим навантаженням устаткування). Устаткування, яке працює протягом коротких циклів, матиме вищий коефіцієнт завантаження, ніж таке, що працює на одному рівні навантаження протягом тривалого періоду.
- Річне використання устаткування. Оцінка часто буває проблематичною. Найкращий метод оцінки тривалості роботи устаткування - опитування операторів.

5.6. ПАРОНАГРІВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ

Приклади типового паронагрівального устаткування:

- устаткування підприємств громадського харчування (казани для варіння, пароварочні апарати);
- устаткування пралень (пральні машини, сушильні камери);
- устаткування нагнітання пари (автоклавні стерилізатори, каустичні резервуари);
- устаткування із середньотемпературними процесами (кубові фарбники, текстильна сушка, виробництво паперу).

Для крупних споживачів технологічної пари пароспоживання може визначатися іншими способами, такими як безпосереднє вимірювання або аналіз енергопотоків. Проте для невеликих споживачів оцінка споживання - часто практично єдина можливість розрахунку кількості спожитої енергії.

Інформація, яку необхідно враховувати, оцінюючи паронагрівальні навантаження.

- Номінальна норма споживання пари. Зазвичай вона вказується на інформаційній таблиці устаткування. Норма споживання пари обумовлює



певний тиск пари. Відхилення тиску пари від номінального значення норми повинно бути враховано.

- Коефіцієнт середнього завантаження. Цей параметр враховує як періоди “нагрівання” (коли устаткування працює на повну потужність), так і періоди “підтримання температури” (при частковому завантаженні устаткування). Устаткування, що працює протягом коротких циклів, матиме вищий коефіцієнт завантаження, ніж устаткування, що працює на одному рівні навантаження протягом тривалого періоду. Деяке паронагрівальне устаткування має лише ручне управління і сталу норму споживання пари.
- Річне використання устаткування. Оцінка річного використання устаткування часто буває утрудненою. Найдоступніший метод оцінки тривалості роботи устаткування - це опитування операторів.

Приклад і характеристика устаткування, яке споживає пару, наведені в табл.5.7.

Таблиця 5.7.

Характеристика устаткування, яке споживає пару

Устаткування	Кількість	Норма споживання (кг/год)	Річне використання (год)	Річне споживання (ГДж)*
Пральна машина	1	10	1040	24,22
Пральна машина	2	9	1040	43,60
Автоклави	4	400	780	3282,24 (1)
Пастеризаційні ванни	2	30	2340	326,99
Сублімаційна установка SM600	1	150	156	54,50
Сублімаційна установка SM200	1	100	156	36,33
Сублімаційна установка ЕК4	1	150	156	54,50
Автоклави	2	250	520	683,80 (1)
Еталонний колектор	2	40	4992	1050,32 (1)
РАЗОМ	-	1139	-	5556,50

* Дані величини не враховують втрат в котлі. При середній ефективності котла 82,1% енергоспоживання складає 6767,97 ГДж.

5.7. ГАЗОНАГРІВАЛЬНЕ УСТАТКУВАННЯ

Приклади типового газонагрівального устаткування:

- устаткування підприємств громадського харчування (газові печі);
- устаткування пралень (сушильні камери);
- устаткування з середньотемпературними процесами (стендори, циліндри Янкі);
- устаткування з високотемпературними процесами (топкові камери).
- Для крупних користувачів високотемпературних процесів споживання, як правило, споживання газу вимірюється лічильниками. Кількість його споживання може бути визначена з аналізу потоків. Для дрібних споживачів оцінка споживання - зазвичай єдиний практичний шлях до розрахунку кількості використаної енергії. Приклад оцінки споживання для газонагрівального устаткування наведено в табл. 5.8.



Таблиця 5.8.

Споживання енергії газонагрівальним устаткуванням

Устаткування	Кількість	Потужність, ГДж/год	Використання (година/добу) x (коефіцієнт завантаження)	Річне споживання, ГДж
Варочні котли	4	0,0845	5,0г	184,85
Піч / Обігрівача плита	1	0,061	-	-
Піч	1	0,102	-	-
Піч	1	0,134	9,0г	176,07
Подвійний вулканізований оцукровувач	1	0,078	8,0г	159,59
Жаровня	1	0,026	0,2г	1,93
Вулканізований оцукровувач	1	0,169	3,0г	147,88
РАЗОМ				670,32

КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ
САМОПЕРЕВІРКИ

1. Чому метод оцінки споживання енергії є найбільш поширеним? Як розрахувати середній рівень енергоспоживання?
2. Коли доцільно використовувати цей метод?
3. Що потрібно враховувати, розраховуючи тривалість використання устаткування за рік?
4. Яку інформацію необхідно враховувати, оцінюючи споживання енергії освітлювальними установками?
5. Яку інформацію необхідно враховувати під час оцінювання споживання електроенергії вентиляторами і помпами?
6. Які існують методи регулювання продуктивності вентиляторів та pomp?
7. Класифікація керованих електродвигунами повітряних і холодильних компресорів за типом системи керування.
8. Які категорії електронагрівального устаткування ви знаєте?
9. Яку інформацію необхідно враховувати під час оцінювання електронагрівальних навантажень?
10. Наведіть приклади типового паронагрівального устаткування.
11. Яку інформацію необхідно враховувати, оцінюючи паронагрівальне навантаження?
12. Наведіть приклади типового газонагрівального устаткування.



6. ПЕРЕХРЕСНА ПЕРЕВІРКА ДАНИХ

Для забезпечення повноти і достовірності вихідної інформації після завершення попередньої оцінки енергоспоживання енергоаудитор повинен зайнятися перевіркою даних шляхом підсумовування результатів оцінювання всіх споживачів електроенергії, всіх споживачів пари і т.п. Під час перевірки даних часто трапляються невідповідності, тобто сума індивідуального енергоспоживання за оцінюванням не завжди збігається із загальним вимірним енергоспоживанням. Перехресна перевірка даних дозволяє виявити ці невідповідності.

Існує кілька методів перевірки правильності вимірюного або оціненого енергоспоживання:

- вхідний/вихідний паливно-енергетичний баланс,
- баланс маси,
- ефективність використання енергії,
- порівняння з показниками роботи.

Наведемо приклади використання кожного методу.

6.1. ВХІДНИЙ/ВИХІДНИЙ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС СПОЖИВАННЯ ЗАВОДОМ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Розглянемо приклад аудиту електричної енергії на заводі. Енергоаудитор розрахував річне споживання електроенергії, поділивши його на чотири категорії використання: освітлення, вентиляція, стиснене повітря і невиробничі споживачі. Потім він виміряв загальне споживання електроенергії за рік.

Загальне енергоспоживання за рік (за даними електролічильників компанії).
4 203 250 кВт·год.

Перевірене споживання енергії.

Освітлення	980 000 кВт·год.
Вентиляція	250 000 кВт·год.
Стиснене повітря	1 412 000 кВт·год.
Невиробничі споживачі	1 258 500 кВт·год.

РАЗОМ **3 900 500 кВт·год.**

Інше споживання **302 750 кВт·год (7,2 % загального споживання).**

Обчисливши суму споживання, аудитор помітив, що ця величина на 7,2% менше аналогічної величини, зафіксованої заводськими електролічильниками. У цьому випадку невелика кількість спожитої енергії, виявлена в ході перехресної перевірки, може бути легко віднесена на різноманітні невеликі споживачі без обліку електроенергії, що підтверджують його розрахунки.

Якщо різниця виявляється занадто великою або від'ємною, вона вказує на помилку в аудиті, яка повинна бути ліквідована шляхом додаткової перевірки.



6.2. ВХІДНИЙ/ВИХІДНИЙ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ПАРОВОГО КОТЛА

У цьому прикладі наведені попередні результати енергоаудиту котельні, при якому кількість спожитого палива (мазуту) і виробленого пару множаться відповідно на їхню теплотворну здатність і на чисту ентальпію. Таким чином дані величини переводять у одиниці енергії (в наведеному прикладі у ГДж).

Порівняння значень споживання палива і вироблення пари вказує на нереально високу ефективність котла і, отже, виявляє неточність даних, що потребують додаткової перевірки.

Загальне споживання палива	1 590 000 кг.
Вища теплотворна здатність	40,1 МДж/кг.
Усього паливної енергії	63 759 ГДж.
Усього виробленої пари	25 200 т.
Ентальпія пари	2 730 кДж/кг.
Ентальпія живильної води котла	293 кДж/кг.
Усього енергії пари	61 412 ГДж.
Обчислена ефективність	96,3 %.

6.3. БАЛАНС МАСИ ПАРИ І КОНДЕНСАТУ

Діаграма на *рис. 6.1* ілюструє потоки пари і води, які можуть бути виміряні в системі парогенерації й утилізації. Подібна схема вже використовувалась в розрахунку енергоспоживання. Вона може бути використана також для перехресної його перевірки. Наприклад, енергоаудитор розраховував споживання пари теплообмінниками і пароінжекторами. Ці величини додаються і в ході перехресної перевірки порівнюються із загальною кількістю виробленої пари. Якщо виявляється, що сума пари, спожитої теплообмінниками і пароінжекторами більша загальної кількості виробленої пари, то стає очевидним, що принаймні один з цих трьох вимірів помилковий.

Наступним кроком у цій ситуації повинна бути перевірка точності роботи лічильника пари. Для цього порівнюють покази парового лічильника з показами лічильника живильної води (якщо такий є в наявності) або із значенням кількості споживання палива, помноженої на виміряну ефективність горіння. Якщо ці перевірки показують, що лічильник пари працює точно, то споживання пари теплообмінниками і (або) пароінжекторами визначено вірно.

Проводячи енергоаудит цієї системи, можна використовувати наступні співвідношення балансу маси для перехресної перевірки оцінок енергетичних потоків:

вироблена пара (кг) = підживлення котла (кг) - продування (кг);

постачання котла (кг) = зворотний конденсат (кг) + холодна живильна вода (кг) - миттєві втрати конденсатовідведення (кг);

вироблена пара (кг) = виробниче устаткування (теплообмінники) (кг) + виробниче устаткування, вприскування пари (кг) + витоки пари (кг);

холодна живильна вода (кг) = виробниче устаткування (впорскування пари) (кг)



+ витоки пари (кг) + миттєві втрати (кг) + продування (кг).

Наступний етап - порівняння кількості спожитої інжекторами пари з кількістю свіжої живильної води, якщо ця величина виміряна. Відомо, що кількість живильної води дорівнює кількості пари, спожитої інжекторами плюс продувка, витоки і миттєві втрати. Величину продувки котла визначити відносно легко, виходячи з тиску котла, діаметра продувної труби, тривалості і частоти продувань. Існують також інші способи підрахунку витоків пари і миттєвих її втрат. Ці способи можна використовувати після обстеження системи паророзподілу.

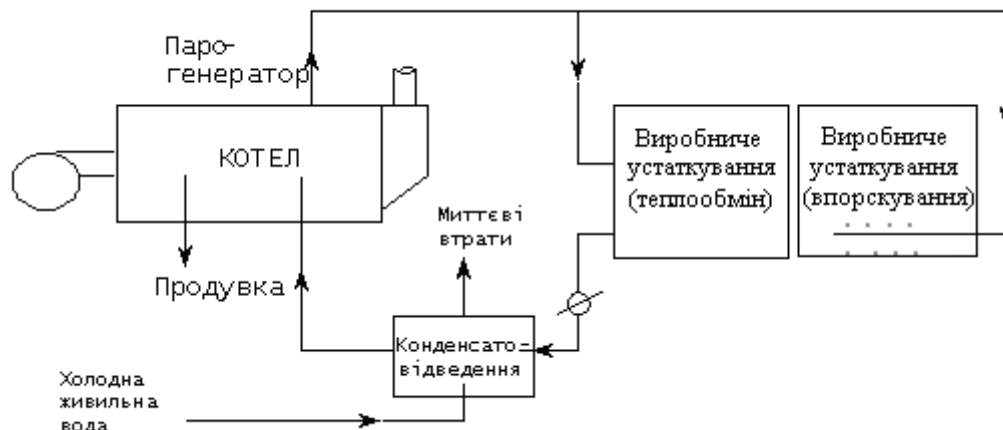


Рис. 6.1. Діаграма потоків пари та води в системі парогенерації та утилізації

За умови, що кількість пари, спожитої пароінжекторами, є суттєвою, вона може бути підрахована, і таким чином можна визначити розмір споживання пари як теплообмінниками, так і пароінжекторами.

6.4. ПОТУЖНІСТЬ ОСВІТЛЕННЯ І ДОСЯГНУТА ОСВІТЛЕНІСТЬ

На рис. 6.2 показано, як вимірювання сили світла може бути використане для оцінки електричного навантаження освітлювального обладнання.

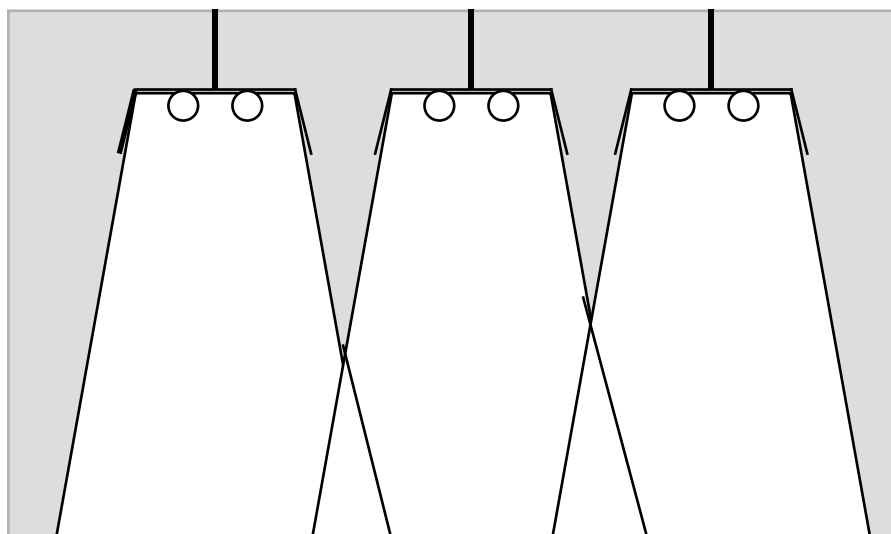


Рис. 6.2. Схема розташування освітлювального обладнання для оцінювання електричного навантаження



Завод освітлюється флюоресцентними лампами з оціненою встановленою потужністю 53 кВт.

З використанням фотометричних даних, отриманих від виробників ламп, та з урахуванням вимірних розмірів будинку, кольору підлоги, стелі і стін енергоаудитор розраховував очікувану освітленість на рівні 300 люкс.

Енергоаудитор вимірює дійсні рівні освітленості і знаходить їх такими, що відповідають діапазону від 180 лк до 380 лк, в середньому 280 лк.

Отже, вимірювана величина підтверджує оцінку енергоаудитора, зроблену на основі встановленої потужності освітлювального обладнання.

6.5. ПОРІВНЯННЯ З ПОКАЗНИКАМИ РОБОТИ

Цей метод перехресної перевірки передбачає порівняння виміряного енергоаудитором питомого споживання енергії з найкращими показниками у відповідній галузі.

У табл. 6.1 наведені приклади типових показників роботи, за допомогою яких може бути визначена кількість використаної енергії. Ці показники визначають споживання енергії як високе, низьке і дуже низьке. Вони також можуть використовуватися в перехресній перевірці енергетичних даних як індикатори швидкого реагування, коли кількість енергії різко збільшується або зменшується.

Таблиця 6.1.

Приклади показників роботи

Споживачі енергії	Типовий показник роботи
Устаткування освітлення	кВт·год /м ² /рік
Устаткування опалення приміщень	ГДж/м ² /рік
Пральня	кг пари/кг прання
Устаткування виробництва паперу	ГДж/т паперу



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Як необхідно звіряти дані для контролю достовірності інформації?
2. Для чого використовується перехресна перевірка даних?
3. Назвіть основні методи перевірки правильності оціненого або виміряного енергоспоживання.
4. Що означає виявлення різниці між обчисленим значенням енергоспоживання і показами лічильників? Які висновки можна зробити, виходячи зі значення цієї різниці?
5. Які показники можна оцінити, використовуючи перехресну перевірку даних?



7. ЗВІТ З ЕНЕРГОАУДИТУ

Звіт з енергетичного аудиту подає інформацію про кількість енергії, яка споживається різними видами енергоспоживачів (котельні, компресори, освітлення, виробниче устаткування). Енергоаудит, як правило, вказує споживання в енергетичних і грошових одиницях і відображає інформацію як в таблицях (наприклад, таблиця загальної кількості купленого палива) так і в графічній формі.

Опис промислового підприємства і будівель характеризує наявні установки і обладнання, режими їх роботи і продуктивність. Наприклад, опис котельної характеризує кількість і тип котлів, режими управління, що використовуються, а також вказує, що тиск продукрованої пари для певних споживачів за даний проміжок часу відповідає вимогам.

Рекомендації з енергозбереження містять перелік пропозицій, розроблених в ході дослідження. Ці рекомендації в загальному вигляді можуть бути реалізовані, як частина кампанії з енергозбереження, хоча деякі з них можуть бути взаємно протилежними (наприклад, установлення нових регуляторів у системі опалювання або монтаж нової опалювальної системи). Опис шляхів енергозбереження має чотири ключові моменти: (1) що потрібно зробити, щоб заощадити енергію, (2) як саме ці дії допоможуть заощадити енергію, (3) визначення кількості заощадженої енергії і капітальних витрат і (4) визначення економічної ефективності можливостей енергозбереження.

7.1. ЗАГАЛЬНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ

Звіт з енергетичного аудиту є документом, у якому відображені результати обстеження об'єкту. Порядок і повнота викладу повинні відповідати домовленостям між замовником і виконавцем.

Типовий звіт з енергоаудиту складається з чотирьох основних розділів.

Вступний розділ

- коротка експертиза;
- перелік рекомендацій;
- управління виробництвом і енергоменеджмент.

Опис промислового підприємства і будівель

- існуючі будівлі, установки і обладнання;
- режим роботи обладнання;
- оцінка ефективності виробництва.

Проведення енергоаудиту

- вимірювання споживання енергії;
- аналіз інформації;
- коментарі щодо кількості і вартості спожитої енергії.

Рекомендації з енергозбереження

- опис запропонованих рекомендацій;
- пояснення того, як запропоновані дії допоможуть заощадити енергію;



- техніко-економічне обґрунтування запропонованих рекомендацій.

Висновки

- узагальнений аналіз рекомендацій з енергозбереження;
- прогноз подальших кроків.

Нижче ми розглянемо методику оформлення змістовної частини звіту. Щодо рекомендацій з вступного і завершального розділів, то вони зводяться до наступного.

Мета вступного розділу – інформувати читача про підготовку і хід досліджень на об'єкті, а також про очікувані результати. Вступ також повинен описувати методику проведення аудиту і параметри звіту, а саме, виявити особливості енергоспоживання.

Вступ зазвичай містить наступні пункти:

- **підготовка звіту з енергоаудиту** (звіт формується компанією/консорціумом, які готують звіт, або проводять перевірку на об'єкті);
- **коротка експертиза та обґрунтування енергоаудиту** (чи є даний енергоаудит одним з декількох проектів для різних підрозділів компанії? Чи є він частиною нової кампанії енергоменеджменту?);
- **мета енергоаудиту** (виявити потенційні можливості енергозбереження);
- **параметри звіту** (чи має звіт намір підкреслити особливі аспекти енергоспоживання або виключити деякі з них, оскільки вони є частиною окремого дослідження);
- **методи проведення перевірки** (використання вимірювачів, візуальне дослідження устаткування, аналіз енергетичних даних, отриманих протягом певного часу).

Висновки з енергоменеджменту пояснюють ситуацію минулих періодів, виявлену енергоаудитом, і визначають важливі пункти, що стосуються використання енергії. Висновок повинен вказувати рекомендований напрям дій, спрямованих на поліпшення ефективності використання енергії на об'єкті, а також показувати вигоди і збитки, до яких може призвести економія. Крім цього, даний розділ повинен бути написаний зрозуміло і стисло, без надмірного вживання технічної лексики.

Висновок щодо енергоменеджменту зазвичай охоплює наступні моменти:

- **існуючий стан справ на досліджуваному об'єкті** (використання енергії як слабе, задовільне, хороше енергоспоживання в порівнянні з іншими об'єктами);
- **основні пункти дослідження енергоспоживання** (високий/низький рівень використання енергії);
- **обґрунтування необхідних змін** (рекомендований напрям діяльності, альтернативні дії);
- **прогнозований результат** (отримання економічних вигод в майбутньому за умови, що рекомендації будуть реалізовані.)

Пункти, що містяться в розділі висновків, сфокусовані на діях, зроблених енергоаудитором в ході робіт. Тому висновки містять дані про дослідження об'єкту і джерела отримання необхідної інформації. Висновок показує загальний



потенціал енергозбереження і наводить обґрунтовані аргументи на користь одних рекомендацій в порівнянні з іншими. Нарешті, висновки обґрунтовують необхідність подальших досліджень і/або дій, які повинні бути виконані з об'єктом та вказують загальну розраховану вигоду від цих дій.

Розділ висновків зазвичай охоплює наступні моменти:

- **рішення і висновки енергоаудиту** (поділ енергії на різні категорії, виявлені невідповідності (наприклад з “Правилами технічної експлуатації електроустановок споживачів”) або нераціональне енергоспоживання, порівняння енергоспоживання на об'єкті з іншими аналогічними об'єктами);
- **висновок з рекомендацій щодо енергозбереження** (вартість і вигоди від реалізації беззатратних, високо- та низькозатратних рекомендацій, альтернативні можливості енергозбереження);
- **рекомендовані дії і прогноз** (рекомендації, за якими можуть впроваджуватись енергозберігаючі заходи, прогнози наслідків вживання заходів з енергозбереження на об'єкті);
- **наступний крок** (подальші необхідні детальні дослідження, робота, яку необхідно виконати самій компанії, проведення тендеру, тощо).

7.2. ОПИС ПРОМИСЛОВОГО ПІДПРИЄМСТВА І БУДІВЕЛЬ

«Опис промислового підприємства і будівель» входить у звіт з енергоаудиту як опис спостережень енергоаудитора, якими він обґрунтовував свою перевірку і розробляв рекомендації щодо енергозбереження.

Енергія, яка постачається на об'єкт. Слід навести короткий опис обладнання з постачання енергії (труби, регулятори тиску і головні щити введення електроенергії), а також обладнання для зберігання палива, головне вимірювальне і централізоване обладнання компенсації реактивної потужності.

Обладнання перетворення енергії. Цей розділ містить опис такого обладнання, як наприклад, котли, повітряні компресори, холодильні установки.

Розподіл енергії. У цій частині міститься інформація про системи розподілення енергії, зокрема, системи розподілення охолодженої та гарячої води, пароконденсації і розподілу стисненого повітря. Коментарі повинні бути орієнтовані на ефективність роботи згаданих систем і звертати особливу увагу на причини втрат енергії, такі як слабка (погана) ізоляція або витоки.

Обладнання, яке споживає електроенергію. В цьому розділі слід описати обладнання, яке споживає первинну або вторинну енергію. Це устаткування містить виробничі механізми, системи опалювання і гарячого водопостачання (ГВП), освітлювальне та офісне обладнання і т. ін. Опис зазвичай містить назву (або тип) встановленого устаткування, норми енергоспоживання (якщо це можливо), опис автоматичних систем контролю і/або процедури ручного управління. Якщо для роботи обладнання потрібне вимірювання деяких параметрів (температура, сила світла і норма продуктивності) – це також потрібно відмітити.

Структура будівель. Цей розділ наводить опис елементів конструкції будівель з точки зору дизайну і використаних матеріалів. Наприклад, може бути вказано, що стіни складені з цегли або бетону, вікна виготовлені з склопакета або з одинарним склінням; будівля має плоский дах чи похилий. Опис також повинен містити



дані про існуюче в будівлі вентилявання: природне або примусове. Ці елементи в сукупності з розмірами будівлі можуть бути використані для розрахунків теоретично необхідного опалювання внутрішніх приміщень. Потім результати розрахунків можна порівняти з фактичним споживанням енергії на опалювання. В опис слід включити час знаходження в будівлі працівників, щоб перевірити роботу установок, які регулюють фактичний час опалювання будівлі.

Категорії споживачів енергії:

- будівлі,
- котельна установка,
- система паророзподілення,
- холодильна система,
- установка опалювання,
- система подачі гарячої води,
- виробниче обладнання, що споживає пару,
- система постачання і розподілу електроенергії,
- система вироблення стисненого повітря,
- системи вентиляції і кондиціонування,
- виробниче обладнання, що споживає електроенергію,
- виробниче обладнання, що працює на газі / нафтопродуктах,
- офісне обладнання, різнорідне енергоспоживання,
- освітлення,
- обладнання підприємств громадського харчування,
- обладнання пралень,
- інші споживачі.

Другий розділ повинен бути не просто переліком обладнання. Він повинен також включати коментарі та спостереження щодо способу використання енергії. Можна рекомендувати наступні пункти для включення в розділ:

- ***фізичний опис обладнання*** (тип, номер моделі, потужність, системи управління);
- ***як воно використовується*** (які функції виконує, тривалість експлуатації, система управління);
- ***вимірювані величини*** (електроенергія, нормативні витрати рідини, температура, вологість, рівні освітленості);
- ***загальні спостереження*** (ефективність управління, неполадки, несумісне обладнання).

Для зручності значна частина інформації, зібраної під час енергетичного обстеження, може бути представлена в табличній формі. Якщо таблиці виходять дуже великими, їх слід оформити як додатки.

Типові приклади даних, що включаються в таблиці і додатки:

- ***перелік устаткування:***
 - освітлювальне обладнання,



- обладнання, яке опалює приміщення,
- електропривід,
- обладнання підприємств громадського харчування,
- обладнання пралень,
- виробничого обладнання,
- перелік неізольованих трубопроводів гарячої води,

– **вимірювані дані:**

- дані тесту аналізу горіння,
- точкове вимірювання температури,
- точкове вимірювання рівнів освітленості,
- вимірювання потоку повітря/вологості,

– **графічні дані:**

- енергетичні діаграми обладнання,
- фотознімки стандартні,
- фотознімки в інфрачервоному промінні.

7.3. ВИКОНАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

Закінчивши аналіз передісторії енергоспоживання на об'єкті, енергоаудитор може приступати до здійснення енергоаудиту, що містить:

- розрахунок споживання енергії різними споживачами;
- розподіл фінансових витрат на енергію пропорційно між споживачами;
- складання енергобалансу;
- порівняння енергоспоживання з показниками роботи найкращих підприємств;
- виявлення відхилення в енергоспоживанні у порівнянні з галузевими нормами.

Дана інформація дуже важлива для клієнтів, оскільки вона або підтверджує, або спростовує переконання, що раніше склалося про розміри енергоспоживання в межах об'єкту. Той факт, що інформація представлена професійними енергетичними консультантами, що окинули об'єкт «свіжим поглядом», особливо важливий.

Іноді в процесі підготовки енергоаудиту виявляються відхилення від норми. Ці відхилення можуть бути викликані невірними рахунками постачальників палива, в таких випадках іноді можна добитися повернення грошей. У іншому випадку можуть бути виявлені відхилення від норми, викликані зловживанням енергією. У такій ситуації енергоаудит успішно змальовує цю негативну практику, тим самим спонукаючи менеджмент підприємства вжити відповідних заходів для уникнення повторення подібних ексцесів.

Для виконання енергетичного обстеження енергоаудитор використовує дещо (або все) з наступних матеріалів:

- звіт про річну закупівлю палива,
- графік регресійного аналізу,



- таблиця енергоаудиту,
- діаграма Сенкі,
- кругові діаграми (карти) енергоспоживання,
- енергобаланси,
- енергетичні характеристики.

У табл. 7.1 наведений приклад даних про річну кількість придбаної електроенергії. Подібні таблиці зазвичай складаються на основі рахунків постачальників енергії і містять всю необхідну технічну й фінансову інформацію. В цьому прикладі в таблиці використовується технічна інформація, що включає споживання електроенергії за місяць (у кВт•год і ГДж), величину максимального попиту і коефіцієнт потужності, тоді як фінансова інформація поділяє вартість електроенергії на складові компоненти.

Таблиця 7.1.

Приклад річного звіту за придбану електроенергію

Місяць 2006/ 2007р.	Споживання електроенергії		Максимальний попит (кВА)	Постійна оплата за до- говірний мак- симум (у.о.)	Оплата за перевищення максимуму попиту (у.о.)	Вартість елек- троенергії (у.о.)	Загальна оплата з елек- тропостачан- ня (у.о.)
	кВт·	ГДж					
4	13100	47,16	85	72,50	-	528,19	600,69
5	119000	42,84	82	72,50	-	479,81	552,31
6	12800	46,08	90	72,50	-	516,10	588,60
7	9600	34,56	85	72,50	-	387,07	459,67
8	12900	46,44	92	72,50	-	520,13	592,63
9	14200	51,12	96	72,50	-	572,54	645,04
10	15800	56,88	98	72,50	-	637,06	709,56
11	15900	57,24	98	72,50	220,00	641,09	933,59
12	14600	52,56	98	72,50	528,00	588,67	1189,17
1	18100	65,16	101	72,50	546,00	729,79	1348,29
2	19300	69,48	100	72,50	225,00	778,18	1075,68
3	15600	56,16	90	72,50	-	628,99	701,49
Всього:	173800	625,68	-	870,00	1519,00	7007,62	9396,62

Використовуючи табличні дані, можна визначити вартість палива на одиницю енергії. Для використання в енергоаудиті та розрахунку фінансових заощаджень, витрати поділені на наступні групи:

- повні питомі витрати на електроенергію 15.02 у.о./ГДж,
- питомі витрати на електроенергію без врахування постійної оплати за договірний максимум попиту 13.63 у.о./ГДж,
- питомі витрати на електроенергію без врахування постійної оплати за договірний максимум попиту та його перевищення 11.20 у.о./ГДж.

У енергоаудиті застосовуються два типи графіків:

- *лінійний графік енергоспоживання* (який також може містити дані, що належать до змінної величини продукції/погоди, з якою порівнюється кількість вимірюваної енергії),
- *графік регресійного аналізу*.



Приклад лінійного графіка енергоспоживання наведений на рис. 7.1. Цей графік відображає щомісячне споживання енергії. У нього також можна включити змінні, що впливають на споживання енергії. У цьому прикладі показано споживання газу опалювальною системою, що працює на газі і здійснено порівняння його з “Градусо-днями” – зміною температури повітря. Чим більше число градусо-днів, тим холодніше погода.

За даними графіка ми можемо спостерігати, як змінюється споживання газу зі зміною погодних умов. Зокрема, в грудні і січні спостерігається аномалія, оскільки газоспоживання в січні нижче, ніж у грудні, а градусо-дні навпаки, вище в грудні, ніж у січні. Таке відхилення може бути викликане, наприклад, тим, що зчитування з лічильника даних за грудень було відкладене на початок січня через Різдво і Новорічні свята.

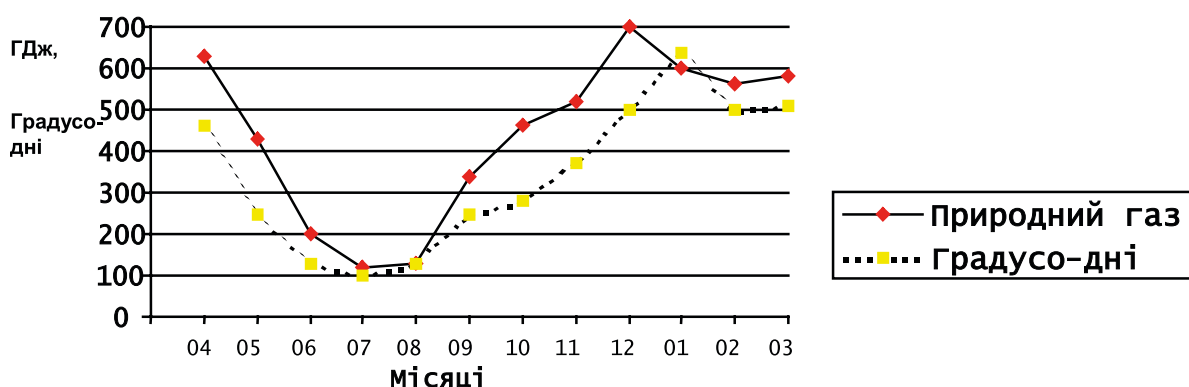


Рис. 7.1. Приклад лінійного графіка енергоспоживання

Приклад графіка регресійного аналізу наведено на рис. 7.2.. Графік показує результати регресійного аналізу між споживанням енергії та незалежною змінною, в даному прикладі, між споживанням газу і градусо-днями. В даному випадку спостерігається досить висока кореляція, що дорівнює 0,91.

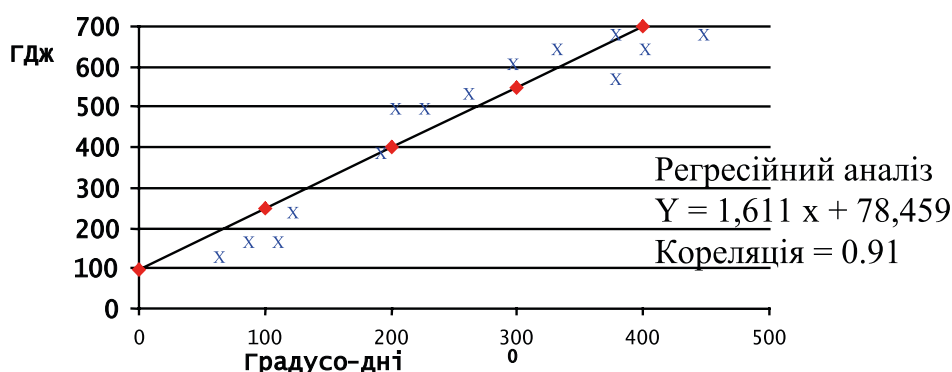


Рис. 7.2. Графік регресійного аналізу споживання енергії газу в котельні в залежності від градусо-днів в період квітень 2006 р. - березень 2007 р.

Приклад таблиці енергоаудиту наведено в табл. 7.2. Тут відображено використання енергії всіма споживачами об'єкту енергоаудиту. Енергоспоживання кожним користувачем наведено в тих одиницях, в яких дана форма енергії зазвичай купується, в даному випадку електроенергія в кВт•год, газ - в м³. Якщо перевести



ці одиниці в ГігаДжоулі, можна оцінити вартість електроенергії 11.82 у.о./ГДж, а вартість газу 3.01 у.о./ГДж.

Таблиця енергоаудиту підсумовує кількість енергії, спожитої кожною категорією енергокористувача і ділить фінансові витрати пропорційно цьому енергоспоживанню. Таблиця також ілюструє процентне споживання і процентну вартість енергії для кожного споживача.

Енергоаудит розглядає споживання енергії всередині об'єкту, а отже виключає втрати енергії, пов'язані з виробленням енергії на електростанції і передачею її споживачеві. У деяких державах ці втрати традиційно включаються в енергоаудит, поділяючи фактичне споживання енергії об'єктом на середній національний коефіцієнт корисної дії при виробленні і розподіленні електроенергії (приблизно від 25% до 35% в більшості країн).

Таблиця 7.2.

Приклад таблиці енергоаудиту

Енергоспоживач	Традиційні одиниці вимірювання	Спільні одиниці вимірювання, ГДж	Видатки на оплату, у.о.	% споживання	% вартості
Ел. енергія	кВт·				
Внутрішнє освітлення		415,22	4907,90	7,1	15,9
Зовнішнє освітлення		56,92	672,79	1,0	2,2
Котельня		68,06	804,47	1,2	2,6
Кухні		223,61	2643,07	3,8	8,6
Пральня		292,69	3459,80	5,0	11,2
Помпи водопостачання		345,99	4089,60	6,0	13,2
Офісне устаткування		115,62	1366,63	2,0	4,4
Всього:	421699	1518,11	17944,06	26,1	58,1
Газ	м³				
Устаткування опалювання приміщень	67121,1	2611,01	7859,14	44,9	25,4
Устаткування гарячого водопостачання	6270,4	243,92	734,20	4,2	2,4
Кухні	15458,1	601,32	1809,97	10,3	5,9
Пральня	15139,0	705,61	2123,89	12,2	6,9
Втрати розподілу	3397,7	132,17	397,83	2,3	1,3
Всього:	110386,3	4294,03	12925,03	73,9	41,9
Разом:		5812,14	30869,09	100,0	100,0

Діаграма Сенкі (рис.7.3) – це графічне зображення потоків енергії, на якому товщина різних елементів діаграми пропорційна вмісту в них енергії. Деякі діаграми Сенкі також відображають циклічний рух енергопотоків, наприклад, повернення конденсату в котельню.

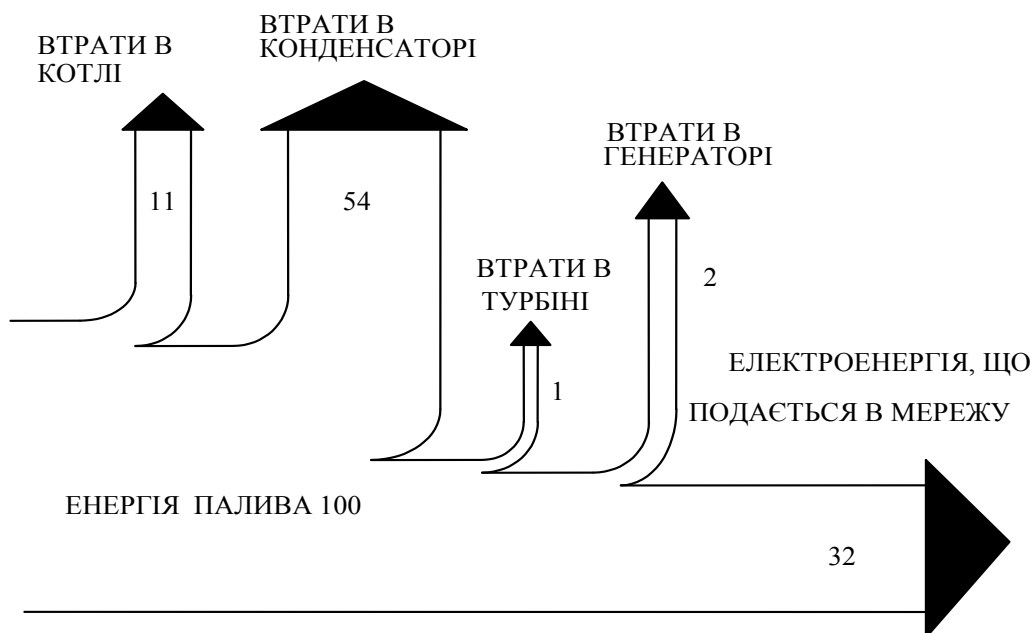


Рис. 7.3. Діаграма Сенкі для сучасної електростанції

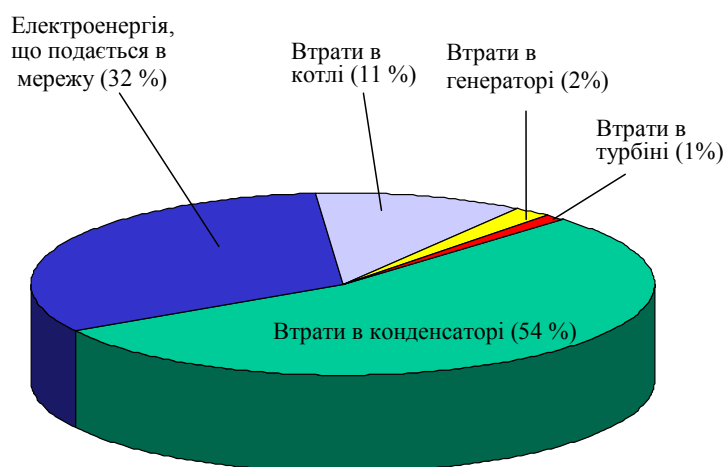


Рис. 7.4. Кругова діаграма для сучасної електростанції

Окрім діаграм Сенкі в енергоаудиті використовуються кругові діаграми, за допомогою яких можна графічно зобразити споживання енергії як в натуральних, так і у вартісних одиницях (рис. 7.4).

7.4. РЕКОМЕНДАЦІЇ З ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

Четвертий розділ звіту містить рекомендації з економії енергії. У загальному сенсі, цей розділ – найважливіший у звіті, оскільки обґрунтування дій з енергозбереження – це звичайно головна причина проведення енергоаудиту на об'єкті.

Різні аспекти рекомендацій з економії енергії.

Опис рекомендацій з енергозбереження – дії, які повинні бути зроблені, нові



процедури, встановлення нового обладнання.

Оцінка енергозбереження - розрахунок енергії і коштів, що їх буде заощаджено.

Ефект від економії енергії - як рекомендації вплинуть на показники роботи об'єкту, а саме, на показники ефективності за умов скорочення подачі енергії, на витрати з ремонту обладнання, на необхідні зміни технології виробництва.

Обчислення вартості проекту - розрахунок загальної вартості заходів щодо впровадження рекомендацій з енергозбереження відносно вартості обладнання, робочої сили, втрат виробництва.

Життєздатність проекту - визначення, наскільки життєздатне впровадження рекомендацій щодо енергозбереження за даних обмежень, а саме, за необхідних зупинок виробництва, чутливості цін на паливо, життєздатності капіталу.

Виявлення менш очевидних заходів з енергозбереження - важливо враховувати, що перераховані рекомендації з економії енергії – це не лише найочевидніші перебудови, як наприклад, модернізація енергетичного устаткування. Повинна бути приділена увага менш очевидним можливостям досягнення енергетичної ефективності. Прикладами «менш очевидних» можливостей енергозбереження є зміна систем енергопостачання, а саме, застосування когенерації або використання відходів як палива чи зміна методів виробництва для використання дешевших енергетичних ресурсів.

Можливості енергозбереження можна розбити за категоріями застосування або з альтернативними вирішеннями однієї і тієї ж енергетичної проблеми. Найпоширенішим є поділ рекомендацій енергозбереження за їх вартістю.

Безвитратні рекомендації:

- економніше використання наявних ресурсів;
- належне технічне обслуговування;
- закупівля палива з дешевого джерела.

Низьковитратні рекомендації:

- встановлення ефективнішого обладнання;
- встановлення нових (автономних) пристроїв управління;
- поліпшення теплоізоляції цехів;
- навчання персоналу;
- контроль і оперативне планування енергоспоживання.

Високовитратні рекомендації:

- заміна більшості енергетичних установок;
- встановлення комплексних систем управління;
- когенерація;
- рекуперація теплоти.

Кожна рекомендація з енергозбереження повинна бути описана за наступними пунктами:



Необхідні зміни:

- модифікація заводу і будівель;
- заміна обладнання;
- модернізація обладнання/систем управління/ізоляції;
- технічне обслуговування обладнання;
- нова процедура управління.

Як ці заходи допоможуть заощадити енергію (і/або кошти):

- скорочення втрат;
- скорочення зайвих операцій;
- підвищення ефективності використання енергії;
- застосування дешевших енергетичних ресурсів.

Фінансові витрати і вигоди:

- капітальні витрати;
- амортизація обладнання підприємства;
- витрати на технічне обслуговування;
- енергетичні витрати;
- аналіз ефективності фінансових витрат.

Розглянемо на конкретних прикладах різні заходи економії енергії. З прикладів буде видно, що методика оцінювання енергозбереження використовує ту саму логіку, що і розрахунок енергоспоживання на об'єкті за минулий період і на даний час. Різниця полягає в тому, що під час розрахунку енергозбережень слід враховувати, як зміниться ситуація внаслідок впровадження рекомендованих заходів. Це спричиняє зміну багатьох коефіцієнтів, таких як норма споживання, коефіцієнт використання потужності і річна тривалість експлуатації обладнання.

Для деяких рекомендацій з енергозбереження (як наприклад, усунення втрат пари) заощадження дорівнює сумарній втраті енергії до впровадження рекомендації. Розрахунок інших рекомендацій складніший, оскільки містить оцінки споживання після вдосконалень:

	<u>Вихідна</u> <u>ситуація</u>	<u>Покращена</u> <u>ситуація</u>
Потужність обладнання	$A, \text{кВт}$	$X, \text{кВт}$
Коефіцієнт середнього завантаження B		Y
Річна тривалість експлуатації обладнання $C, \text{год}$		$Z, \text{год}$
Річне енергоспоживання:	$A'B'C, \text{кВт} \times \text{год}$	$X'Y'Z, \text{кВт} \times \text{год}$

Таким чином, річне енергозбереження розраховується за формулою:

$$\text{Річне енергозбереження} = (ABC) - (XYZ), \text{кВт.год.}$$

Вище показано, як можна здійснити енергозбереження шляхом порівняння існуючої ситуації за існуючих умов з ситуацією, що планується. На практиці таке порівняння часто вимагає додаткових обчислень, щоб оцінити коефіцієнти, наприклад, коефіцієнт використання потужності.

Основні категорії змін в енергоспоживанні.

- Ліквідація безпосередніх втрат (ізолювання труб, усунення витоків, повернення конденсату).
- Скорочення надмірного енергоспоживання (управління тривалістю робіт і температурою, ефективна передача енергії).
- Скорочення зайвої потужності (використання обладнання з меншою потужністю, ліквідація подачі енергії в місця, де вона непотрібна).
- Максимізація ефективності перетворення енергії (підвищення ефективності котла, компресора).
- Утилізація тепла, що відводиться (рекуперація теплоти, рециркуляція повітря в системах ГВП).
- Використання найекономічнішого джерела енергії (найдешевше паливо, поновлювана енергія).

**Приклад 7.1.****Енергоефективне освітлення.**

Завдання: Автостоянка освітлюється десятьма вольфрамо-галогенними лампами потужністю **500 Вт** кожна. Лампи вмикають і вимикають охоронці вручну, але іноді випадково залишають їх увімкненими в денний час.

Пропонується для економії енергії замінити ці лампи десятьма натрієвими лампами високого тиску потужністю **114 Вт** (включаючи втрати механізму управління), які завдяки вищій ефективності забезпечують такий само рівень освітленості. Крім того, запропоновано встановити автоматичне управління системою освітлення з допомогою фотоелементів.

Питання:

1. Якою буде величина річного енергозбереження?
2. Які чинники повинні бути враховані?

Примітка Передбачається, що в очікуванні поточного ремонту в неробочому стані знаходяться, в середньому, дві з вольфрамо-галогенних ламп і, завдяки вищій надійності, - лише одна натрієва лампа високого тиску.

Розв'язання :

	<u>Вихідна</u> <u>ситуація</u>	<u>Покращена</u> <u>ситуація</u>
Встановлена потужність:	5,00 кВт	1,14 кВт
Коефіцієнт завантаження:	0,8	0,9
Тривалість роботи системи:	5 400 год	3 650 год
Річне енергоспоживання:	21 600 кВт.год	3 745 кВт.год

Річна економія електроенергії $= (21600 - 3745) \text{ кВт.год} = 17\,855 \text{ кВт.год}$.

Зауваження:

- не враховані витрати на заміну ламп;



- не враховані витрати на оплату праці з техобслуговування ламп;
- якість освітлення не повинна знижуватись.



Приклад 7.2.

Підвищення енергоефективності водяної помпи.

Завдання: Водяна помпа приводиться в рух електродвигуном потужністю **90 кВт**. Продуктивність помпи регулюється затвором з сервоприводом, робота якого узгоджується з тиском в системі. Вимірювання витрати води показують кількість води

потрібну в різний час доби:

10 годин/добу:	100% максимальної витрати;
6 годин/добу :	70% максимальної витрати;
6 годин/добу :	40% максимальної витрати;
2 години/добу :	20% максимальної витрати.

Пропонується з метою економії енергії встановити привод з регульованою швидкістю, який автоматично реагує на зростання або падіння тиску в системі.

Питання:

1. Якою буде величина річного енергозбереження?
2. Які ще чинники потрібно врахувати?

Примітка: Відомо, що помпа споживає **90 кВт** енергії при **100%** витраті, характеристики енергоспоживання наведені в діаграмі (рис.5.2). Передбачається, що регулятор швидкості має внутрішні втрати **1 кВт**. Помпа працює **24** години на добу, **350** діб у році.

Розв'язання:

Табл.7.3 містить розрахунок середніх навантажень за даними графіка.

Таблиця 7.3.

Розрахунок середніх навантажень.

Навантаження	Керування затвором з сервоприводом	Керування приводом з регульованою швидкістю
100 %	$90 \text{ кВт} \cdot 1,00 = 90 \text{ кВт}$	$(90 \text{ кВт} \cdot 1,00) + 1 \text{ кВт} = 91 \text{ кВт}$
70 %	$90 \text{ кВт} \cdot 1,00 = 90 \text{ кВт}$	$(90 \text{ кВт} \cdot 0,55) + 1 \text{ кВт} = 50,5 \text{ кВт}$
40 %	$90 \text{ кВт} \cdot 0,85 = 76 \text{ кВт}$	$(90 \text{ кВт} \cdot 0,25) + 1 \text{ кВт} = 23,5 \text{ кВт}$
20 %	$90 \text{ кВт} \cdot 0,50 = 45 \text{ кВт}$	$(90 \text{ кВт} \cdot 0,15) + 1 \text{ кВт} = 14,5 \text{ кВт}$

Звідси розраховуємо заощадження:

$10 \text{ годин/добу} \cdot 350 \text{ діб/рік} = 3\,500 \text{ годин/рік} \cdot (90 - 91) \text{ кВт} = -3\,500 \text{ кВт.год}$
 $6 \text{ годин/добу} \cdot 350 \text{ діб/рік} = 2\,100 \text{ годин/рік} \cdot (90 - 50,5) \text{ кВт} = 82\,950 \text{ кВт.год}$
 $6 \text{ годин/добу} \cdot 350 \text{ діб/рік} = 2\,100 \text{ годин/рік} \cdot (76 - 23,5) \text{ кВт} = 110\,250 \text{ кВт.год}$
 $2 \text{ години/добу} \cdot 350 \text{ діб/рік} = 700 \text{ годин/рік} \cdot (45 - 14,5) \text{ кВт} = 21\,350 \text{ кВт.год}$

**Всього заощаджено за рік****211 050 кВт•год.****Зауваження:**

- не врахована зміна витрат на технічне обслуговування затвора з сервоприводом дросельного вентиля у порівнянні з витратами на ремонт привода з регульованою швидкістю;
- не розглянутий захист регульованого приводу від потрапляння води.

**Приклад 7.3.****Підвищення ефективності горіння в котлі.**

Завдання: В результаті проведення тесту на ефективність горіння в котлі виявлено, що коефіцієнт середньої ефективності складає **79%**. Котел має ручну систему продування, яке виявляється дуже неекономним, оскільки кількість енергії продувки за приблизними підрахунками складає **1%** загальної кількості теплової енергії, поглиненої котлом. В ході аудиту котельної визначені наступні величини:

Енергія газу	62 000 ГДж	(100%)
Енергія втрат	13 020 ГДж	(21%)
Теплота, поглинена котлом	48 980 ГДж	(79%)
Всього	62 000 ГДж	(100%)
Тепловтрати обшивки котла	1 000 ГДж	
Тепловтрати продувки	500 ГДж	
Корисна теплота для пари	47 480 ГДж	
Всього	48 980 ГДж.	

Пропонується встановити в котельній систему автоматичного триммірування кисню і систему автоматичного продування. Передбачається, що перший із заходів підвищить ефективність горіння в середньому до **83 %**, а другий скоротить продувку на **50 %** рівня на даний час.

Питання:

1. Якою буде значення річних енергозбережень?
2. Які ще чинники повинні бути враховані?

Розв'язання:

Скорочення рівня продувки заощадить 50% поточного споживання, тобто
 $500 \text{ ГДж} \cdot 0,50 = 250 \text{ ГДж}.$

Звідси, загальне значення необхідної теплоти:

$$48\,980 \text{ ГДж} - 250 \text{ ГДж} = 48\,730 \text{ ГДж}.$$

З підвищеною середньою ефективністю горіння, яка дорівнює 83%, кількість енергії, потрібної для генерування цієї теплоти, складає:

$$48\,730 \text{ ГДж} / 0,83 = 58\,711 \text{ ГДж}.$$

Річні енергозбереження: $62\,000 \text{ ГДж} - 58\,711 \text{ ГДж} = 3\,289 \text{ ГДж}.$



Зауваження:

- не враховані капітальні і амортизаційні витрати на системи автоматичного управління;
- витрати на технічне обслуговування систем автоматичного управління також не враховані;
- не розглянуто зниження витрат на очищення води.

7.5. ПЕРЕХРЕСНА ПЕРЕВІРКА ЕНЕРГОЗАОЩАДЖЕНЬ

Розрахувавши потенційне енергозбереження для об'єкту дослідження, енергоаудитор повинен ретельно перевірити всі обчислення перед тим, як внести розрахунки у звіт з дослідження. Повторна перевірка даних необхідна, щоб переконатися, що економія узгоджується із загальним використанням енергії на об'єкті.

Найчастіше вживані прийоми перехресної перевірки:

- дослідження збереженої енергії як відсотка первинного енергоспоживання;
- оцінювання нормалізованих показників роботи;
- аналізування потоків енергії;
- дослідження несумісних рекомендацій;
- урахування зменшених граничних повернень.

Особливо важливо переконатися в реальності запропонованих заходів заощадження енергії, щоб уникнути ситуації, коли ви проголосите, що можете заощадити більше енергії, ніж об'єкт споживає в даний час. Також важливо встановити несумісні рекомендації щодо заощадження енергії, тобто можливість впровадження тільки однієї рекомендації з двох. Наприклад, ви рекомендуєте АБО налагодити систему паророзподілення, АБО децентралізувати паророзподільне устаткування. У подібному випадку консультант повинен пояснити, яку з рекомендацій і чому він вважає найбільш прийнятною. Звівши в таблицю всі рекомендації за проектом, найменш прийнятні з несумісних рекомендацій слід помістити в дужки і виключити із загального списку потенційних заощаджень.

Концепція «Зменшених граничних повернень» добре знайома економістам, проте та сама концепція у ряді випадків прийнятна до заходів з енергозбереження. Вона використовується, коли значення потенційного енергозбереження, отримане в результаті однієї дії, скорочується, якщо інша дія з економії енергії проведена раніше.



Приклад 7.4.

Презентація концепції “Зменшених граничних повернень”.

Завдання: На опалювання приміщень будівлі витрачається 50 000 ГДж теплоти. Енергоаудитор вважає це споживання надто марнотратним, оскільки а) будівля опалюється постійно, хоча її використання періодичне і б) будівля слабо ізольована від навколишнього середовища.

З метою економії енергії запропоновано такі заходи:

А. Встановити регулятор опалювання за часом, який скоротить опалювальне



навантаження на 40%.

В. Посилити теплоізоляцію будівлі, щоб скоротити кількість необхідної теплоти на 20%.

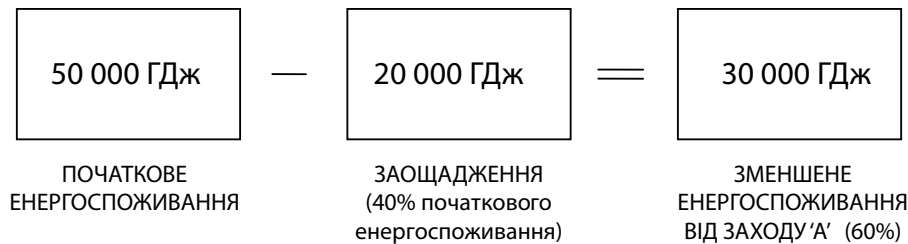
Питання:

1. Яким буде річне енергоспоживання (ГДж і %), якщо буде реалізований лише захід *А*?
2. Яким буде річне енергоспоживання (ГДж і %), якщо буде реалізований лише захід *В*?
3. Яким буде річне енергоспоживання (ГДж і %), якщо будуть реалізовані обидва заходи?

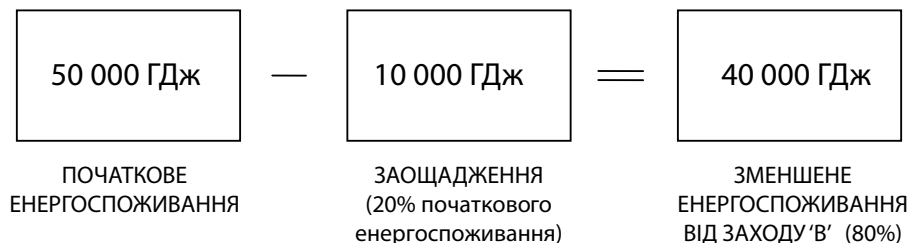
Примітка: Передбачається, що будівля вже має якісну систему регулювання температури, що забезпечує подачу теплоти у відповідності до її потреби.

Розв'язання:

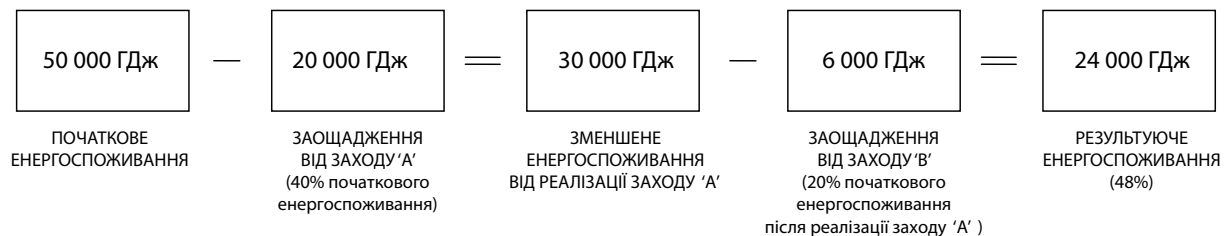
Енергоспоживання після впровадження заходу А:



Енергоспоживання після впровадження заходу В:



Енергоспоживання у випадку впровадження заходів А і В:



Всього заощаджень: $20\,000\text{ ГДж} + 6\,000\text{ ГДж} = 26\,000\text{ ГДж (52\%)}$.

Вищенаведенорозв'язок задачі, який демонструє ефект від «зменшеного граничного повернення», при якому заощадження, кожне з яких скорочує енергоспоживання відповідно 40% і на 20%, разом дають зниження енергоспоживання лише на 52% замість 60%.



7.6. ЗАОЩАДЖЕННЯ ПЕРВИННИХ І ВТОРИННИХ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

Одна з найважливіших (але якою часто нехтують) особливостей звіту з енергоаудиту – це відмінність між економією первинної і вторинної енергії.

Ці особливості полягають в наступному.

Заощадження палива шляхом економії вторинної енергії. Економія вторинної енергії впливає на споживання первинної. Найпростіший шлях обчислення економії первинної енергії - поділити розмір економії вторинної енергії на коефіцієнт перетворення (електростанції або котла). Іноді економія вторинної енергії чинить негативний вплив на завантаження заводу і впливає на розподіл втрат (зниження рівня споживання пари також може скоротити її миттєві втрати в резервуарах збирання конденсату).

Ефект від заміни палива. Заміна одного палива іншим зазвичай проводиться у випадках, коли є можливість придбати інше паливо за нижчою вартістю на одиницю вмісту енергії. Фінансовий розрахунок заощаджень повинен також враховувати можливість зміни витрат на ремонт обладнання. Крім того, заміна палива може змінити коефіцієнти перетворення.

Регенерація теплоти. Якщо потоки енергії отримуються з регенеруючих систем або виводяться як побічний продукт систем перетворення енергії (теплота низької температури виділяється з системи когенерації), економія в цих енергопотоках не обов'язково є результатом збереження первинної енергії. Наприклад, якщо гаряче водопостачання проводиться системою когенерації, яка в іншому випадку викинула б цю теплоту в атмосферу, тоді економія гарячої води не зберігає первинне паливо, на якому працює система когенерації. Навпаки, якщо теплота низької температури з установки когенерації забезпечує тільки частину необхідного запасу теплоти, а інша частина поповнюється електричним опалюванням, тоді економія гарячої води відіб'ється на заощадженні електроенергії.

7.7. ЖИТТЄЗДАТНІСТЬ ПРОЕКТУ

Одне із найчастіших заперечень рекомендаціям енергоаудитора – це те, що рекомендації в запропонованому проекті не врахували інші життєво важливі, але такі, що не стосуються енергозбереження, питання.

Приклади зауважень щодо життєздатності проекту:

- ефективність енергозбереження;
- аналіз цінової чутливості;
- вплив на виробничий процес;
- доступність палива;
- вимоги з техніки безпеки;
- законодавство про охорону навколишнього середовища;
- необхідність в додатковому навчанні персоналу;
- нормативи підприємства.



7.8. ОЦІНКА ВИТРАТ

Обчислення капітальної вартості проекту з енергозбереження – це ключовий момент звіту. Невірно оцінені витрати можуть легко підірвати довіру до звіту в цілому. Зазвичай причина недооцінки витрат викликана не власне недооцінкою витрат, а упущенням загальної вартості компонентів.

Типові приклади компонентів, які слід включити в розрахунок загальної вартості енергозберігаючого проекту (даний список не є вичерпним):

- вартість закупівлі енергозберігаючого обладнання;
- закупівельна вартість допоміжного обладнання (а саме, регуляторів, інструментів, захисного обладнання, обхідних пристроїв);
- витрати на доставку (митні формальності і установка обладнання);
- страхування;
- витрати на ізоляцію;
- тестування і введення установки в промислову експлуатацію;
- виплати за консультації;
- витрати на цивільне будівництво;
- витрати на переміщення виробничого обладнання;
- діяльність, необхідна для виконання вимог техніки безпеки;
- перебудова каркаса будівлі, зумовлена встановленням нового обладнання;
- перевірка ліцензування/сертифікації/страхування;
- навчання персоналу;
- вартість втраченої продукції.

Типові джерела оцінки витрат:

- прайс-листи на обладнання;
- публікації з оцінки витрат:
 - вартість обладнання;
 - витрати на оплату праці;
 - загальні середні витрати (а саме, на 1 м², на 1 кВт встановленої потужності);
- бюджетні витрати постачальників/монтажників;
- розцінки постачальників/монтажників;
- інформація про вартість попередніх впроваджених проектів.

Способи визначення вартості можуть бути взяті з різних джерел. Найнадійнішим з них є особистий досвід виконання аналогічного проекту у минулому, але навіть у такому випадку слід обережно ставитися до чинників, які можуть викликати значну цінову різницю в двох аналогічних проектах. Наприклад, встановлення електронного контрольного обладнання на нафтохімічному заводі може коштувати набагато дорожче, ніж аналогічна установка на пивоварному заводі, внаслідок необхідності використовувати обладнання, яке сертифіковане для використання у вибухонебезпечному середовищі.



Також корисно використовувати котирування і бюджетні розцінки постачальників та ціни, взяті з цінових брошур. Важливо переконатися, що ці джерела враховують всі вартісні компоненти, а саме, доставку, встановлення, налагодження обладнання.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які ключові моменти має опис шляхів енергозбереження?
2. З яких розділів складається типовий звіт з енергоаудиту?
3. Сформулюйте основну мету вступного розділу.
4. Що входить до розділу «Опис промислового підприємства і будівель»?
5. У якому вигляді найкраще представляти інформацію, зібрану під час енергетичного обстеження?
6. Перерахуйте складові енергоаудиту.
7. Які типи графіків застосовують у енергоаудиті?
8. Наведіть приклад лінійного графіка енергоспоживання. Поясніть його.
9. Що показує таблиця енергоаудиту?
10. Як визначається фінансова вартість?
11. Що таке діаграма Сенкі?
12. Що таке життєздатність проекту?
13. Наведіть приклади безвитратних рекомендацій.
14. Назвіть основні категорії змін в енергоспоживанні.
15. Які найчастіше вживані прийоми перехресної перевірки ви знаєте?
16. Коли використовується концепція «Зменшених граничних повернень»?
17. У чому відмінність між економією первинної і вторинної енергії?
18. Назвіть приклади компонентів, які слід включити в розрахунок загальної вартості проекту.



8. ПРИЛАДНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОАУДИТУ

8.1. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ

Енергосервісній компанії під час проведення енергетичного обстеження об'єкту, а також для розроблення заходів з енергозбереження, доволі часто доводиться проводити вимірювання, вибираючи і застосовуючи для цього необхідні методи і засоби (рис. 8.1). Найчастіше проводяться вимірювання:

- витрат рідини, пари, газу та споживання теплової енергії;
- кількості та якості електричної енергії;
- значень параметрів технологічних процесів, як наприклад: температури, рівня освітленості, рівня рідини, швидкості повітря, складу відпрацьованих газів, вологості і т.ін.;
- тривалості роботи устаткування, систем освітлення, моменту виникнення певних подій та ін.

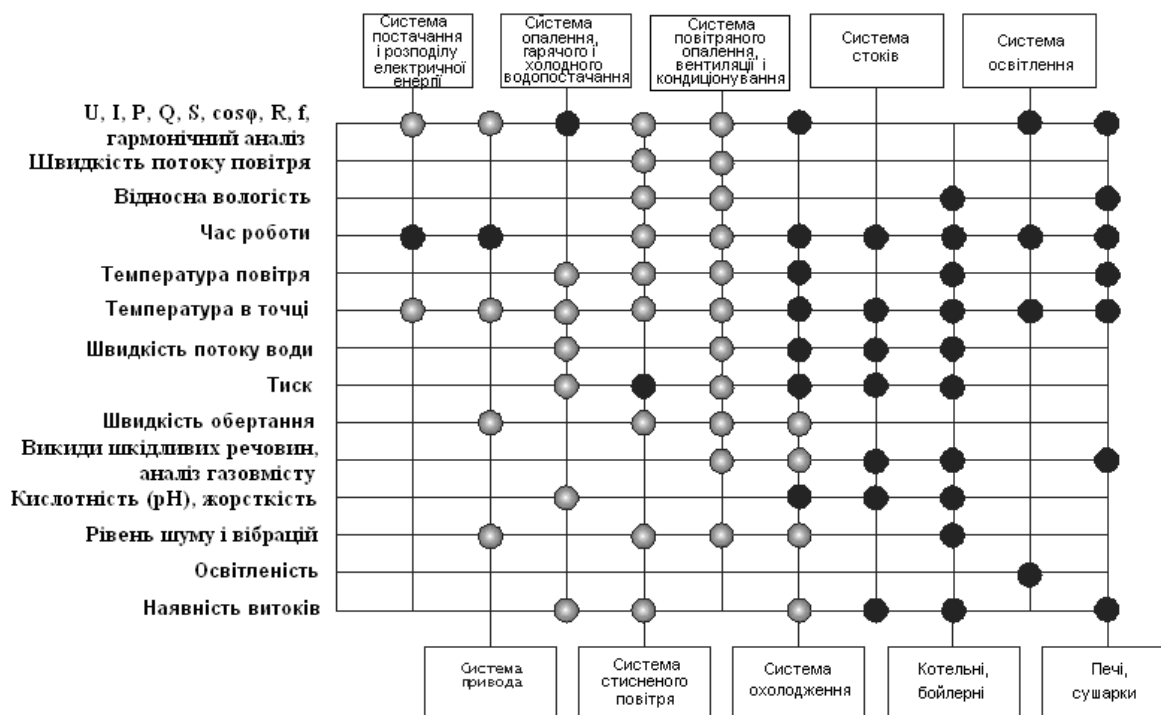


Рис. 8.1. Матриця вимірювань в енергоаудиті

Для виконання таких робіт існує багато засобів, які умовно можна поділити на такі групи:

- мобільні пересувні пристрої, які виконують безпосередні вимірювання необхідних параметрів;
- стаціонарні автоматизовані системи: комерційного та технологічного обліку енерговикористання; управління технологічними процесами (спрямовані суто на технологію виробництва); управління режимами енерговикористання (спрямовані на оптимізацію енерговикористання без погіршення якості виробництва);



- непрямі засоби, які дозволяють визначити значення необхідних параметрів у разі їх недоступності для вимірювання, через інші параметри.

Розглянемо основні терміни та означення.

Вимірювання — визначення числового значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою спеціальних технічних засобів.

Принципи вимірювань — сукупність прийомів використання принципів і засобів вимірювань.

Методи вимірювань — фізичні явища, на яких засноване вимірювання.

Засіб вимірювання — технічний пристрій, який використовується для вимірювань і має нормовані метрологічні характеристики.

Витрата - кількість речовини, що проходить через переріз трубопроводу за одиницю часу. Витрата вимірюється витратомірами.

Витрата рідини, яка вимірюється в одиницях об'єму, називається об'ємною витратою (Q_t , наприклад, $\text{м}^3/\text{с}$), а в одиницях маси — масовою (Mt , $\text{кг}/\text{с}$). Зв'язок між ними $Mt = Q_t \cdot \rho$ (де ρ ($\text{кг}/\text{м}^3$) — густина рідини). Об'єм рідини, як правило, не є показником кількості речовини, оскільки для однієї і тієї самої кількості рідини він залежить від температури і тиску (або питомого об'єму), тому об'ємну витрату відносять до певних фіксованих (нормальних) умов. Для промислових вимірювань вважають нормальними умовами температуру $t_n = 20^\circ\text{C}$ і тиск $p = 101325$ Па.

Вимірювання кількості речовини (енергії) здійснюється інтегруванням витрати за визначений інтервал часу. Призначені для цього прилади називаються лічильниками.

Вимірювальні пристрої — це пристрої, за допомогою яких вимірювана інформація передається і відображається у зручній для обробки формі. В енергоаудиторській практиці широко використовуються різні витратоміри і лічильники.

Діапазон вимірювань приладу може бути означений як ефективний або повний діапазон вимірювань. Цей параметр визначає межі вимірювань, у яких даний вимірювальний прилад здатний працювати із зазначеними похибками і достовірним відображенням результатів. Наприклад, якщо який-небудь вимірювальний прилад здатний вимірювати витрату потоку в межах від мінімального рівня $1,25$ $\text{кг}/\text{с}$ до максимального - $12,5$ $\text{кг}/\text{с}$, то повний діапазон або діапазон вимірювань дорівнюватиме $10:1$.

Зазвичай для витратомірів, наприклад турбінних, у паспортах наводяться декілька значень витрат:

$Q_{\text{макс}}$ — найбільша витрата, за якої лічильник може працювати короткочасно, наприклад, не більше години на добу, зберігаючи при цьому метрологічні характеристики;

$Q_{\text{ном}}$ — номінальна витрата – зазвичай дорівнює половині найбільшій; з такою витратою лічильник може працювати безперервно протягом терміну служби;



$Q_{\min}$ — найменша витрата, за якої і вище якої похибка нормується класом точності, а нижче похибка не нормується.

Похибка вимірювання — це відхилення результату вимірювання від дійсного значення вимірюваної величини. Похибка характеризує якість вимірювального приладу та «достовірність» його показань. Виробники приладів подають похибку своїх вимірників одним з двох способів:

- відносною похибкою приладу, тобто значенням відношення допустимої абсолютної похибки до вимірюваного значення. Наприклад, якщо прилад з похибкою $\pm 4\%$ показує витрати 6,75 кг/с, то дійсна витрата лежить в межах від 6,48 до 7,02 кг/с, тобто в межах $6,75 \pm 0,04 \cdot 6,75$;
- зведеною похибкою приладу—значенням відношення допустимої абсолютної похибки до верхньої межі шкали приладу (ВМП). Якщо вимірник має похибку $\pm 4\%$ ВМП, а сама ВМП становить 12,5 кг/с, то за фіксованої вимірником витрати 6,75 кг/с дійсне значення витрати лежить в межах від 6,25 до 7,25 кг/с, тобто в межах $6,75 \pm 0,04 \cdot 12,5$.

Основною похибкою засобу вимірювань називається його похибка за нормальних умов використання.

Додаткова похибка — похибка засобу вимірювальної техніки, що виникає додатково через відхилення хоча б однієї з величин, які спричиняють певний вплив, від нормального значення.

Вимірювальні прилади характеризуються *класом точності* — узагальненою характеристикою засобу вимірювань, яка зумовлена межами допустимих основних і додаткових похибок, а також іншими властивостями засобів вимірювань, які впливають на точність, і значення яких встановлюють у стандартах на окремі види засобів вимірювань.

Користувачі повинні з'ясувати, який із зазначених видів похибок використаний для конкретного вимірювального приладу, оскільки це істотно впливає на інтерпретацію показів витратоміра.

Під відтворенням результатів вимірювального приладу розуміють його спроможність давати однакові покази для ідентичної витрати потоку, що вимірюється, при двох або декількох послідовних вимірюваннях.

Непрямі вимірювання. Непряме вимірювання — це вимірювання під час якого вимірюване значення знаходять, ґрунтуючись на відомих залежностях між цим значенням і величинами, які безпосередньо вимірюються. Іноді дешевше вимірювати, наприклад, споживання води замість споживання палива, яке витрачено на нагрівання води (зі збереженням прийнятної точності результатів). Така ситуація може виникнути, якщо неможливо виправдати організацію вимірювань витрати пари очікуваними вигодами. Це може мати місце в тих випадках, коли витрати на енергію на об'єкті малі або коли вимоги до діапазону вимірювань такі, що система вимірювання витрати пари стає дуже дорогою. Звичайно паливні витратоміри (наприклад, витратоміри нафтопродуктів, газові лічильники, лічильники електроенергії) дешевші, ніж вимірювачі енергії на подальших етапах її перетворення, наприклад пароміри. Вимірювання витрати води простіше ніж пари, тому, наприклад, практичнішим може бути вимірювання витрати води, яка



проходить через калорифер і вимірювання збільшення температури у калорифері ніж безпосереднє вимірювання витрати пари. У деяких випадках споживання енергії можна оцінити на підставі дешевих вимірювачів тривалості роботи устаткування (наприклад, споживання електроенергії повітряним компресором).

8.2. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ

Для визначення параметрів електроенергії можуть застосовуватися такі типи вимірювальних приладів:

- амперметри, вольтметри, фазометри, ватметри, варметри та ін.;
- лічильники електроенергії.

Також існує багато типів комплексних приладів, які дозволяють здійснювати вимірювання і реєстрацію струму, напруги, активної та реактивної потужності тощо. Необхідно пам'ятати про існування такого інструменту як автоматизовані системи обліку електроенергії (АСОЕ).

Хоч проведення вимірювання параметрів електроенергії може, на перший погляд, здатися легкою справою, ймовірність зробити помилку при їх проведенні дуже велика. Усі показники режиму електричних установок базуються на вимірюванні двох визначальних параметрів - струму та напруги, а для кіл змінного струму ще й кута фазового зсуву між напругою і струмом (рис. 8.2). Багато виробників розробили прилади для проведення одного або кількох згаданих визначальних та похідних від них параметрів–потужності (активної і реактивної), електричної енергії.

Найвідомішим методом вимірювання електричного струму є вимірювання з використанням дача або трансформатора струму (ТС). ТС розташовують на кабелях живлення навантажень, наприклад, двигунів або освітлювальних мереж, як у ввідних пристроях з виведенням інформації на панелі приладів для вимірювання навантаження, так і безпосередньо на навантаженні (в ввідних коробках). Вторинні кола ТС приєднуються до амперметра, ватметра або лічильника. Вимірювання струму з використанням ТС є найпоширенішим. Цим пояснюється широка номенклатура існуючих ТС. Достатньо широко поширені ТС тороїдальних конфігурацій. Ці ТС є досить надійним та недорогими. Тороїди зазвичай є економічнішими у порівнянні з ТС у формі струмових кліщів. Обидва типи ТС працюють з достатньо високою точністю. Для достатньої безпеки більшість виробників стандартизували ТС, які обладнані внутрішніми шунтувальними резисторами. В таких ТС сигналом, пропорційним значенню струму в первинній обмотці є спад напруги на шунтувальному резисторі.

Напругу звичайно, вимірюють вольтметром, прямим приєднанням його до джерела енергії. Для вимірювання в мережах високої напруги застосовуються вимірювальні трансформатори, які понижують вимірювані напруги до відносно малих стандартизованих значень. Вольтметри та обладнання, яке вимірює потужність, приєднують до вторинних кіл таких трансформаторів.



Рис. 8.2. Схема вимірювання параметрів електричної енергії

Електрична потужність вимірюється у кіловатах (кВт), а спожита електроенергія – у кіловат-годинах (кВт·год). Ці терміни характеризують активну потужність (потужність із здатністю виконання роботи, наприклад, переміщувати повітря або перекачувати рідини). Цей тип потужності є основним для проведення на підприємстві розрахунків з постачальниками електроенергії. Інформація показує загальний, по підприємству, обсяг спожитої електроенергії (кВт·год) і накопичується в статистичних, звітних формах.

Для аналізу ефективності використання електроенергії та економічної доцільності впровадження заходів з енергозбереження спеціалісти енергосервісної компанії використовують цю інформацію, однак вона не завжди достатня для певної характеристики режиму споживання, які, майже неможливо визначити без додаткових вимірювань. Вибір або використання невідповідного для вимірювання обладнання може призвести до помилок у визначенні потужності та енергії.

Є інша форма електропотужності, а саме реактивна потужність, тобто потужність необхідна для створення магнітних полів у двигунах, трансформаторах і т. ін. Реактивна потужність «не працює». На даний час енергопостачальні компанії виставляють підприємствам рахунки за спожиту та генеровану ними реактивну потужність.

Значення реактивної потужності, разом зі значенням активної потужності,



дозволяє визначати повну потужність (ВА). Для отримання активної потужності, за відомою повною, необхідно помножити повну потужність на $\cos\phi$.

Електричне навантаження, що є резистивним за своєю природою, наприклад у лампах розжарювання та опалювальних пристроях має коефіцієнт потужності який дорівнює одиниці, отже, значення активної та повної потужності є однаковими. Електричне навантаження у флуоресцентних лампах та двигунах має коефіцієнт потужності, який не дорівнює одиниці, а отже активна потужність не дорівнює повній. Приймаючи їх рівність при розрахунках, можна отримати помилку понад 40%.

Особливо обережно слід підходити до використання вимірювання струму як заміни вимірювання потужності для аналізу роботи двигуна. Проблема полягає в тому, що струм не є прямою функцією навантаження. Коефіцієнт потужності у електродвигунах змінюється залежно від навантаження. Існування недовантажених двигунів на промислових підприємствах є скоріше нормою, ніж винятком та спричиняє завищене споживання енергії і коефіцієнт потужності. Буде помилковим для вимірювання потужності двигуна покладатися лише на вимірювання струму. Якщо припустити, що двигун завантажений на 65%, а дійсне навантаження складає 50%, то лише у коефіцієнті потужності помилка складе 15%. При підрахуванні навантаження двигуна, ефективності його роботи та коефіцієнту використання помилка швидко акумулюється. Зміни напруги системи також суттєво впливають на характеристики роботи двигуна, за умови його роботи з постійним моментом на валу. Наприклад, номінальна напруга 90% вказаної у паспорті двигуна призводить до зростання струму на 11% та до збільшення на 1% коефіцієнту потужності. Напруга у 110% від номінальної призводить до зниження струму на 7% та до зниження на 3% коефіцієнту потужності. Для отримання даних щодо потужності двигуна рекомендується використовувати загальновідому інженерну практику використання цифрової вибірки сигналів струму та напруги.

Вимірювання активної потужності зазвичай здійснюється з використанням ватметрів (приладів, які визначають потужність через вимірювання напруги та струму). Прилади, які вимірюють кількість спожитої електроенергії називаються лічильниками електричної енергії, які являють собою інтегрувальні прилади.

Лічильники поділяються на індукційні (або електромеханічні) та електронні й існують у моделях для одно- і трифазної мережі.

Як правило, всі електронні лічильники мають імпульсний вихід, на якому число імпульсів пропорційне кількості пропущеної через лічильник енергії (на ринку є універсальні перетворювачі обертів диска індукційного лічильника в послідовність імпульсів, які легко інтегруються в моделі лічильників без імпульсного виходу). Якщо лічильник вимірює активну й реактивну енергію у двох напрямках, то в нього повинні бути 4 імпульсних виходи або канали обліку.

При правильному виборі ТС, похибка показів лічильника електроенергії може сягати приблизно 0,1%. Значення первинного струму ТС повинні бути якнайближчими до значення робочого струму мережі, в яку встановлюється ТС, оскільки при зниженні струму у вимірюваному колі нижче рівня 20% від номінального струму похибка ТС сильно зростає.



8.3. ВИМІРЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ

Для контролю гарячої води, яка має високу температуру, (або гарячої води, яка має низьку температуру, для потреб гарячого водопостачання) рекомендується використовувати теплолічильник. Вимірювання лише однієї змінної - витрати, температури підведеної води або перепаду температур - може розглядатися лише в тих випадках, коли інші змінні залишаються сталими, й повний обсяг вимірювань не може бути виправданим.

Надійні дані особливо важливі при вимірюванні продуктивності котельні або у випадку імпорту або експорту послуг.

Тепломіри забезпечують пряме вимірювання кількості енергії, яка переноситься потоком. Для побутових і офісних застосувань теплоносієм звичайно виступає гаряча вода, що використовується для опалення приміщень, однак промислові застосування допускають використання для перенесення тепла дуже гарячих мастил або рідин на одному кінці температурного діапазону й охолодженої води або розсолу вторинного холодоагенту на іншому кінці цього діапазону.

Для вимірювання теплової енергії пари може бути необхідне вимірювання витрат (напр., витрат пари або конденсату), тиску пари, температури пари та температури живильної води котла, де енергоємність пари підраховується з використанням таблиць з даними для пари. У випадках з постійним обсягом вироблення пари можна обійтися вимірюваннями витрат пари або конденсату (за сталих тиску і температури пари та тиску і температури живильної води котла).

Теплолічильник (рис. 8.3) містить витратомір, придатний для вимірювання витрати теплоносія, і датчі температури, необхідні для вимірювання різниці температур між лінією, що подає і зворотною лінією. Тепловий потік розраховується шляхом інтегрування вимірюваних величин, з врахуванням через введену в нього константу властивостей конкретного теплоносія.

Оскільки різниця температур може бути малою, точність вимірювання температур повинна бути високою.

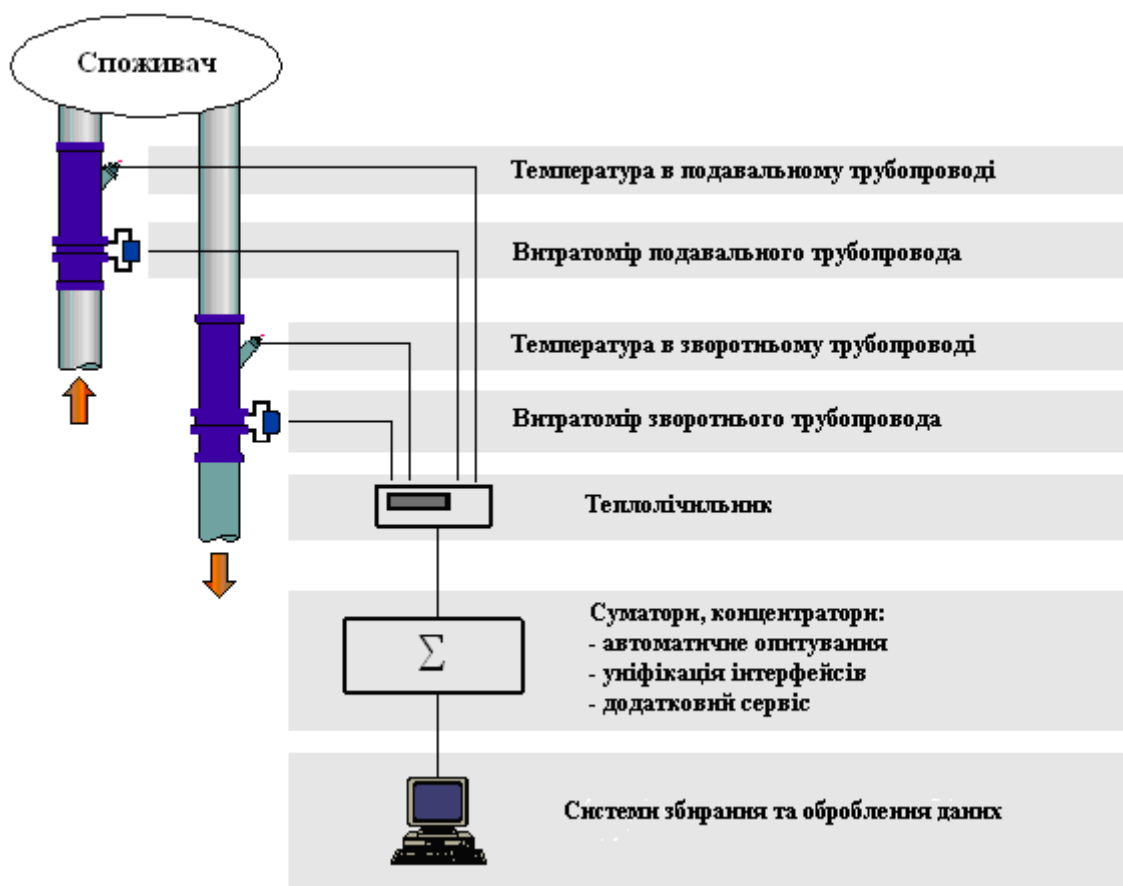


Рис. 8.3. Система збирання інформації і вимірювання теплової енергії

Теплообчислювач призначений для розрахунку кількості спожитої теплової енергії та інших параметрів теплоспоживання в складі теплолічильників, забезпечених одним або двома витратомірами і двома термометрами опору. Отримання інформації з теплолічильника може здійснюватися за допомогою вбудованого індикатора і двох кнопок, через вбудований ІЧ-порт, інтерфейс RS-232, а також через локальну інформаційну мережу, побудовану на основі шини MBUS чи інтерфейсу RS-485.

У загальному випадку теплообчислювач забезпечує безперервне вимірювання наступних параметрів теплоспоживання:

- кількості теплової енергії в ГДж, спожитої за весь час роботи теплолічильника після останнього обнулення теплообчислювача;
- об'єму теплоносія в м³, який пройшов через витратомір теплолічильника за весь час його роботи після останнього обнулення;
- температури теплоносія в подаючому трубопроводі в 0С;
- температури теплоносія в зворотному трубопроводі в 0С;
- різниці температур теплоносія в подаючому і зворотному трубопроводах в 0С;
- середньої теплової потужності в ГДж/год, обчисленої за останні 10 хв.

Параметри теплоспоживання і споживання додаткових входів можуть бути прочитані будь-яким з способів знімання даних (з індикатора, через ІЧ-порт, інтерфейси RS-232 та RS-485, по шині MBUS).



Два імпульсних виходи призначені для видавання вимірних значень теплової енергії і об'єму теплоносія у вигляді імпульсів заданої ваги на вторинні прилади обліку, наприклад, на механічні інтегратори.



КОНТРОЛЬНІ ЗАПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні вимірювання, які проводить енергоменеджер.
2. Що таке клас точності приладу?
3. Що таке основна похибка засобу вимірювань?
4. Які прилади застосовуються для визначення параметрів спожитої електроенергії?
5. В чому різниця між енергією і потужністю?
6. Які прилади застосовуються для визначення параметрів спожитої теплової енергії?



ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про енергозбереження» №74/94-ВР, 1994.
2. ДСТУ 2804-94 Енергобаланс промислового підприємства. Загальні положення. Терміни та визначення.
3. Типова методика енергетичних обстежень промислових підприємств М0013184.0.33-04. – Київ, 2004. – 80 с.
4. Методические указания по определению потерь топливно-энергетических ресурсов РД5.ЕДИВ.015-008-94. Минмашпром Украины, 1994. – 157 с.
5. В.Прокопенко, В.Свистунов, А.Силакин, А.Филиппов, Ю.Быков Энергоаудит промышленных электроустановок. //Институт энергосбережения и энергоменеджмента НТУУ «КПИ». Энергия будущего века. - №1, 1999г, с.15-17.
6. Отчет по проведению энергетического аудита предприятия / Праховник А.В., Прокопенко В.В., Иншеков Е.Н., Разумовский О.В., Свистунов В.Л., Овдиенко А.В., Кульбачный П.В., Чернявский А.В.; Нац.техн.ун-т Украины «Киев. политехн.ин-т». - Киев, 2000. - 53 с. - Рус.- Деп. в ГНТБ Украины 27.04.2000, № 100 - Ук2000.
7. Энергетический менеджмент / А.В.Праховник, А.И.Соловей, В.В.Прокопенко и др. – Киев: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. – 472 с.
8. В.В.Прокопенко, О.В.Овдієнко, П.В.Кульбачний Енергетичний баланс як складова частина енергоаудиту. –А.В.Праховник, В.І.Дешко, Е.Н.Иншеков, В.І.Шкляр, В.В.Дубровская, В.В.Прокопенко Опыт практической подготовки энергоменеджеров при проведении энергоаудита высших учебных заведений. - В кн.: Проблемы энергетики в Центральной Азии и Европе: Труды международного семинара по программе Темпус-Тасис, проект №22135-2001. Ташкент, 2004, с. 72-79.
9. Прокопенко В.В., Крамаренко Е.Р., Кульбачный П.В., Яковенко О.Н. Основные энергосберегающие мероприятия при плавке чугуна в индукционных печах промышленной частоты. – В кн. Metallургическая теплотехника: Сборник научных трудов Национальной металлургической академии Украины. – Днепропетровск: Пороги, 2005, с. 234-238.
10. Лісовський В.С., Закладний О.М., Борисюк М.Г. та ін. Автоматизація виробничих процесів у гірничій промисловості: Навч. посіб. для проф.-техн. навч. закл. – К.: Факт, 2001. – 164 с.: іл.
11. Закладной А.Н., Праховник А.В., Соловей А.И. Энергосбережение средствами промышленного электропривода. – К.: «Дия», 2001. – 343 с.: ил.
12. Енергозбереження засобами промислового електропривода: Навчальний посібник/ Закладний О.М., Праховник А.В., Соловей О.І.-К:Кондор, 2005.- 408с.
13. Электропривод: Навчальний посібник / О.М.Закладний, В.В.Прокопенко, О.О.Закладний – Київ. НТУУ «КПІ», 2007. – 316с.
14. Правила технічної експлуатації електроустановок споживачів: затв. 25.07.2006, №258/М-во палива та енергетики України. Видавництво «Індустрія», 2007.- 272с.
15. Правила технической эксплуатации теплоиспользующих установок и тепловых сетей. Киев 2007г.



16. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г.Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявский, Г.В.Кубрака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
17. Энергия будущего века. Информационный бюллетень. Шеф-редактор А.В.Праховник. Киев. 2000.
18. Ковалко М. П. Энергозбереження – досвід, проблеми, перспективи. Київ 1997.
19. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: Навчальний посібник/ В.В.Прокопенко, О.М.Закладний, П.В.Кульбачний. – Київ.: Освіта України, 2009. – 438с.
20. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України/ А.В.Праховник, В.В.Прокопенко, В.І.Дешко, та ін. – м. Луганськ, вид-во. «Місячне сяйво», 2010.- 696 с.
21. Енергозбереження в промисловості. Частина 1: Навчальний посібник/ А.В.Праховник, О.М.Суходоля, С.П.Денисюк, В.В.Прокопенко. Електронне навчальне видання. НМУ №Е11/12-104. –Київ, НТУУ «КПІ», 2011 – 517 с.
22. Енергозбереження в промисловості. Частина 2. Енергетичне обладнання: Навчальний посібник/ А.В.Праховник, О.М.Суходоля, С.П.Денисюк, В.В.Прокопенко. Електронне навчальне видання. НМУ №Е12/13-024. –Київ, НТУУ «КПІ», 2012 – 230 с.
23. В.В.Прокопенко, О.В.Коцарь, А.В.Пятова, Совершенствование и модернизация учебного модуля «Энергетический аудит»//Матеріали XV ювілейної міжнародної науково-практичної конференції: «Відновлювана енергетика XXI століття». Київ 2014 р. - С.139-143.
24. Прокопенко В.В., Коцарь О.В., Расько Ю.А., Павлова Ю.С. Полнофункциональный инструментальный для реализации перманентного энергетического аудита. // Энергетика: економіка, технології, екологія. 2014. №2(36) – с. .83-90.



Прокопенко Володимир Васильович

Заступник директора Інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ», к.т.н., доц. кафедри електропостачання

Прокопенко Володимир Васильович народився 6 травня 1948 року в м. Магнітогорськ Челябінської області.

У 1972 року закінчив факультет гірничої електромеханіки і автоматики Київського політехнічного інституту за фахом «Автоматизація і електрифікація гірничих робіт». Свою трудову діяльність почав у березні 1972 року на посаді інженера кафедри «Електрифікації і автоматизації гірничих робіт», потім був старшим науковим співробітником, аспірантом, асистентом.

З 1982 року після захисту кандидатської дисертації працює на посаді доцента кафедри електропостачання. У лютому 1986 р. Прокопенко В.В. присвоєно вчене звання доцента. У 1987-1988 рр. працював заступником декана факультету по навчально-виховній роботі. З 1988 по 1991 р. виїжджав на викладацьку роботу до Камбоджі.

Протягом 1997-1998 рр. брав участь як експерт з енергоменеджменту в реалізації Проекту Агенції міжнародного розвитку США (USAID) «Енергоефективність у промисловості України». У 2001-2002 рр. разом із болгарськими партнерами виконував Проект USAID «Еколінс».

Пройшов навчання в Центрі підготовки енергоменеджерів і одержав відповідний сертифікат. З 1998 р. член-кореспондент Академії інженерних наук України. Лауреат Державної премії України в галузі науки і техніки за 2005 рік.

З 2004 р. працює заступником директора Інституту енергозбереження та енергоменеджменту НТУУ «КПІ». Прокопенко В.В. бере участь у чисельних наукових конференціях і семінарах. Він є автором понад 120 наукових робіт, у тому числі 3 Державних стандартів України.

В співавторстві видані: книга «Енергетичний менеджмент», підручник для вищих навчальних закладів «Перехідні процеси в системах електропостачання», навчальні посібники «Електропривод» та «Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями».

