



Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Сумський державний університет

С.В.Сапожніков

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ

Опорний конспект лекцій
для студентів напряму підготовки 6.050601 "Теплоенергетика"
спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент»
усіх форм навчання

Суми
Сумський державний університет
2011

Енергетичний аудит: опорний конспект лекцій / укладач
С. В. Сапожніков. - Суми: Сумський державний університет,
2011. – 120 с.

Кафедра прикладної гідроаеромеханіки

ЗМІСТ

	С.
Вступ.....	6
1 Вступ до енергетичного аудиту.....	7
1.1 Основні поняття і терміни в енергозбереженні.....	7
1.2 Законодавча база енергетичного обстеження.....	13
1.3 Основні енергетичні проблеми в Україні.....	14
2 Ефективність енергопостачання	16
2.1 Шляхи підвищення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів	16
2.2 Характеристика основних принципів Закону України про енергозбереження	21
2.3 Правове регулювання в енергозбереженні	22
3 Генеральна стратегія енергоаудиту	23
3.1 Права, обов'язки, етика та професійна підготовка енергоаудитора	23
3.2 Суб'єкти енергоаудиту	25
3.3 Загальний підхід при проведенні енергоаудиту	26
3.4 Основні вимоги до генеральної стратегії енергоаудиту	27
3.5 Способи проведення енергоаудиту	27
3.6 Методи проведення енергоаудиту	30
3.7 Види енергоаудиту	31
3.8 Опис технічної системи як об'єкта енергоаудиту	32
3.9 Приладне та методичне забезпечення енергоаудиту	33
4 Енергоменеджмент. Облік споживання енергоресурсів	34
4.1 Поняття енергетичного менеджменту	34
4.2 Сутність, мета, завдання, функції, принципи енергоменеджменту	35
4.3 Організація і технічні засоби для обліку енергії, яка споживається	36

4.4	Обов'язки енергоменеджера	37
4.5	Циклічність енергоменеджменту	38
4.6	Порядок проведення енергоаудиту системи енергоменеджменту	39
5	Проведення енергоаудиту	41
5.1	Основні етапи енергоаудиту	41
5.2	Вартість та тривалість проведення енергоаудиту	43
5.3	Звіт про енергетичний аудит	44
5.4	Типові помилки під час проведення енергетичного аудиту	45
6	Оцінка потенціалу енергозбереження	46
6.1	Оцінка споживання енергоресурсів	46
6.2	Перехресна перевірка даних	47
6.3	Аналіз ефективності використання енергії	48
6.4	Екологічний аспект енергоаудиту	49
7	Енергетичний аудит систем стисненого повітря	50
7.1	Характеристика підсистем виробництва, передачі та споживання стисненого повітря як об'єкта енергоаудиту	50
7.2	Порядок проведення енергоаудиту систем стисненого повітря	56
7.3	Опис основних можливостей енергозбереження ..	58
7.4	Приладне забезпечення енергоаудиту систем стисненого повітря	60
8	Енергетичний аудит насосних установок та електроприводів.....	61
8.1	Характеристика насосних установок як об'єктів енергоаудиту	61
8.2	Порядок проведення енергоаудиту систем водопостачання і каналізації	67
8.3	Опис основних можливостей енергозбереження ..	70
8.4	Загальні рекомендації з енергозбереження в електроприводі	72
9	Енергетичний аудит холодильного обладнання	74
9.1	Характеристика холодильних систем як об'єктів енергоаудиту	74
9.2	Порядок проведення енергоаудиту холодильних систем	80

9.3	Опис основних можливостей енергозбереження ..	82
10	Енергетичний аудит систем вентиляції та кондиціювання	84
10.1	Характеристика систем вентиляції та кондиціювання як об'єктів енергоаудиту	84
10.2	Порядок проведення енергоаудиту систем вентиляції та кондиціювання	86
10.3	Опис основних можливостей енергозбереження	88
10.4	Приладне забезпечення і розрахунок систем вентиляції	89
11	Енергетичний аудит в освітлювальних системах, системах електропостачання	91
11.1	Характеристика джерел світла як об'єктів енергоаудиту	91
11.2	Методи розрахунку систем освітлення, визначення втрат	92
11.3	Порядок проведення енергоаудиту систем освітлення	95
11.4	Опис основних можливостей енергозбереження	97
11.5	Порядок проведення енергоаудиту в системах електропостачання	100
12	Енергетичний аудит систем тепlopостачання	103
12.1	Характеристика систем тепlopостачання як об'єктів енергоаудиту	103
12.2	Нормування споживання теплової енергії	107
12.3	Особливості енергоаудиту джерел теплової енергії та систем тепlopостачання	108
12.4	Порядок проведення енергоаудиту систем тепlopостачання	112
12.5	Опис основних можливостей енергозбереження	116
	Список літератури	119

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни є надання майбутнім спеціалістам знань методики проведення енергетичного аудиту (ЕА) технологічного устаткування, систем електропостачання, холодильного обладнання, насосних, компресорних, освітлювальних, електротермічних та електрозварювальних, інших установок і тепловикористовуючих систем, а також систем енергетичного менеджменту.

Завдання курсу - вивчення генеральної стратегії енергетичного аудиту, яка поєднує стандартний (типовий) алгоритм, розроблення пропозицій щодо зменшення споживання кожного з видів енергоносіїв та оптимізацію структури енергоспоживання.

Предметом вивчення цієї дисципліни є термінологія, технічні засоби та практичні підходи до проведення енергетичного аудиту систем електро-, водо-, повітря - та теплоспоживання, а також систем енергетичного менеджменту.

Не існує істотної різниці в термінології: енергетичне обстеження та енергоаудит. Є ряд формулювань в офіційних документах різних країн.

«Енергетичні обстеження проводяться з метою оцінки ефективного використання енергетичних ресурсів і зниження витрат споживачів на паливо- і енергозабезпечення», - стверджує Федеральний закон «Про енергозбереження» Росії.

«Енергетичне обстеження підприємств, установ, організацій проводиться з метою оцінки ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів і забезпечення їх економії» - констатує Закон «Про енергозбереження» Республіки Білорусь.

У «Правилах проведення енергетичних обстежень організацій» Міністерства палива і енергетики Росії дається майже аналогічне формулювання, але додається: «Енергоаудит — добровільне енергетичне обстеження, проведене з ініціативи споживача паливно-енергетичних ресурсів“.

За кордоном вважається, що енергетичне обстеження здійснюється самим підприємством, а енергоаудит - зовнішнім, стороннім.

Росіяни пропонують об'єднати поняття в такий спосіб: енергетичне обстеження може бути обов'язковим і добровільним; добровільним - енергоаудит. У Білорусі та Україні ці поняття ототожнюються. Конкретні визначення енергетичного аудиту для України ми розглянемо під час вивчення дисципліни.

Фахівці, які проводять енергоаудит, повинні володіти низкою професійних навичок: знанням найпоширеніших технологій, принципів роботи й схемних рішень основного енергоспоживаючого устаткування (котлів, турбін рекуперативних, регенеративних, змішувальних теплообмінних апаратів, сушарок, систем опалення, вентиляції та ін.); умінням здійснювати розрахунки енергетичних балансів підприємств, об'єктів, окремих споживачів, виконувати перевірочні й конструктивні розрахунки енергоспоживаючого обладнання.

1 ВСТУП ДО ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

1.1 Основні поняття і терміни в енергозбереженні

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.

Енерговикористання - комплекс дій персоналу об'єкта та роботи його обладнання і технологій, пов'язаних із процесами від одержання (виробництва) енергії до її споживання.

Паливо — горючі органічні речовини, основною складовою яких є вуглець, які використовуються з метою одержання теплової енергії під час їх спалювання.

За **походженням** паливо поділяється на природне (нафта, вугілля, природний газ, горючі сланці, торф, деревина) і штучне (кокс, моторні палива, генераторні гази і т. ін.).

За **агрегатним станом** паливо буває твердим, рідким і газоподібним.

Основна характеристика палива - **теплота згоряння**. Для порівняння різних видів палива й сумарного обліку його запасів прийнято **умовне паливо**, для якого нижча теплота згоряння становить 29,3 МДж (7000 ккал) на 1кг твердого палива або куб. м газоподібного.

У зв'язку з розвитком техніки термін “паливо” став застосовуватися в ширшому змісті й поширився на всі матеріали, що служать джерелом енергії (ядерне та ракетне паливо).

Енергія — загальна кількісна міра різних видів руху матерії. У фізиці відповідно до різних фізичних процесів розрізняють енергію механічну, теплову, електромагнітну, гравітаційну, ядерну та ін. Відповідно до закону збереження енергії поняття “енергія” пов'язує воедино всі явища природи.

Енергосистема - сукупність енергетичних ресурсів усіх видів, методів і засобів їх одержання, перетворювання, розподілення й використання, що забезпечують постачання споживачів усіма видами енергії. До енергосистеми входять такі системи: електроенергетична, нафто- і газопостачання, вугільної промисловості, ядерної енергетики, що зазвичай поєднуються в масштабах країни в єдину енергетичну систему.

Розрахунковий період — період часу, за який визначається кількість спожитої енергії або води та здійснюються розрахунки за потужність і спожиту енергію між споживачем та енерго-, водопостачальною організацією. Погоджений сторонами розрахунковий період вказується в договорі.

Паливно-енергетичні ресурси – сукупність усіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються у національному господарстві.

Втторинні енергетичні ресурси – енергетичний потенціал продукції, відходів, побічних і проміжних продуктів, який утворюється в технологічних агрегатах (установках, процесах) і не використовується для енергопостачання інших агрегатів (процесів).

Споживачі енергоресурсів – усі юридичні та фізичні особи, функціонування яких пов'язане з видобуванням, виробленням і споживанням паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР), а також із перетворенням одного виду палива та енергії в інший.

Базове споживання (потреба в електроенергії та воді) - розрахований рівень споживання електроенергії або води (потреба) деяким елементом обладнання або установкою до впровадження енергоощадного проекту.

Велике за рівнем споживання ПЕР підприємство – підприємство, витрати на енергоресурси якого перевищують 2-3 млн доларів США на рік; від 250-500 тис. до 2-3 млн доларів США – **середнє**; від 50-100 до 250-500 тис. доларів США – **мале**.

Вимірювання - зняття показань вимірювальних приладів зі споживання енергії та водопостачання за деякий проміжок часу.

Моніторинг - збирання даних за деякий проміжок часу з метою аналізу заощаджень, тобто споживання енергії та води, рівень температури та вологості, години експлуатації та таке інше.

Попереднє обстеження енергоспоживання /водоспоживання - швидке обстеження енергетичного та водного обладнання, що часто використовується для першого визначення існування можливих варіантів поліпшення енергетичних або водопостачальних характеристик. Не може застосовуватися для прийняття інвестиційних рішень.

Енергетичний баланс – система показників, які відображають кількісну відповідність між надходженнями та витратою всіх видів енергетичних ресурсів на промислових та інших об'єктах.

Нетрадиційні та поновлювані джерела енергії - джерела, що постійно існують або періодично з'являються в навколишньому природному середовищі у вигляді потоків енергії Сонця, вітру, тепла Землі, енергії морів, океанів, річок, біомаси.

Економія паливно-енергетичних ресурсів - відносне скорочення витрат паливно-енергетичних ресурсів, що виявляється у зниженні їх питомих витрат на виробництво продукції, виконання робіт і надання послуг встановленої якості.

Енергоефективні продукція, технологія, обладнання - продукція або метод (технологія, порядок, алгоритм) та засіб (пристрій, машина, обладнання) її виробництва, що забезпечують раціональне використання ПЕР порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками за умов мінімізації техногенного впливу на довкілля.

Норми питомих витрат палива та енергії - регламентована величина питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів для даного виробництва, процесу, даної продукції, роботи, послуги.

Питоме енергоспоживання - витрати енергоресурсів на вироблення одиниці продукції чи виконання роботи (на одну грошову одиницю, в яких вимірюють надані послуги, роботу чи вироблену продукцію).

Енергозберігаючі (енергоефективні) заходи - заходи, спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних продукції, технологій та обладнання, а також на запровадження організаційних безвитратних та маловитратних швидкоокупних заходів, що передбачають скорочення витрат на ПЕР та інші ресурси.

Енергоефективний проект - проект, спрямований на скорочення енергоспоживання, а саме: реконструкція мереж і систем постачання, регулювання та облік споживання води, газу, теплової та електричної енергії, модернізація огорожувальних конструкцій та технологій виробничих процесів

Раціональне використання паливно-енергетичних ресурсів - досягнення максимальної ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при існуючому рівні розвитку техніки та технології й одночасному зниженні техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

Нераціональне (неефективне) використання паливно-енергетичних ресурсів - прямі втрати ПЕР, їх марнотратне витрачання та використання ПЕР понад показники питомих витрат, визначених системою стандартів, а до введення в дію системи стандартів - нормами питомих витрат палива та енергії.

Марнотратне витрачання паливно-енергетичних ресурсів - систематичне, без виробничої потреби, не зумовлене вимогами технічної безпеки:

- недовантаження або використання на холостому ходу електродвигунів, електропечей та іншого електро- і теплоустаткування;
- систематична втрата стисненого повітря, води і тепла, спричинена несправністю арматури, трубопроводів, теплоізоляції трубопроводів, печей і тепловикористовуючого устаткування;
- недотримання вимог нормативної та проектної документації щодо теплоізоляції споруд та інженерних об'єктів, яке призводить до зниження теплового опору огорожувальних конструкцій, вікон, дверей в опалювальний сезон (вид нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів).

Прямі втрати паливно-енергетичних ресурсів - втрата паливно-енергетичних ресурсів поза технологічними процесами (вид нераціонального використання паливно-енергетичних ресурсів).

Енергетичний менеджмент - це система керування, що базується на проведенні деякого набору типових вимірів і перевірок, що забезпечує таку роботу підприємства, при якій споживається тільки цілком необхідна для виробництва кількість енергії.

Енергетичний аудит (згідно із Законом України “Про енергозбереження”) - визначення ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів та розроблення рекомендацій щодо її поліпшення.

Енергетичний аудит (згідно з ДСТУ 4065-2001 "Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги") – вид діяльності, спрямований на зниження споживання ПЕР суб'єктами господарювання, який полягає у проведенні енерготехнологічної і техніко-економічної експертизи, веденні обліку ПЕР, а також у розробленні та обґрунтуванні енергоощадних заходів.

Об'єкт енергоаудиту - окремі, а також взаємозв'язані економічні, інформаційні, енергетичні, технологічні та інші сторони функціонування енергетичного господарства об'єкта та режимів, пов'язаних з видобуванням, переробкою, транспортуванням, зберіганням, виробництвом та використанням ПЕР.

Загальними об'єктами енергетичного аудиту є:

- підприємства, їх структурні підрозділи, господарські об'єкти, організації, установи;
- політика і програма енергозбереження суб'єкта господарювання;
- системи електро-, тепло-, паливо-, водопостачання суб'єкта господарювання;
- виробниче та технологічне обладнання;
- технологічні процеси;
- діяльність і звітність суб'єкта господарювання у сфері енергозбереження;
- технічна і технологічна документація суб'єкта господарювання;
- відомчі нормативні документи у сфері енергозбереження;
- норми та нормативи споживання ПЕР;
- система енергетичного менеджменту суб'єкта господарювання;
- проекти планів (програм) будівництва, реконструкції, розширення, консервації і ліквідації об'єктів господарської діяльності;
- інші об'єкти, щодо яких законодавством України передбачене проведення енергетичного аудиту.

Завдання енергоаудиту:

- аналіз рівня ефективності використання ПЕР, порівняння фактичних витрат ПЕР з діючими нормами та нормативами, а також підготовки рекомендацій щодо зменшення фактичних витрат ПЕР;
- аналіз витрат коштів на ПЕР у собівартості продукції;
- аналіз енергоспоживання в окремих технологічних процесах, підрозділах та за типами обладнання;

- аналіз втрат ПЕР на об'єкті енергоаудиту;
- перевірка функціонування (впровадження) системи енергетичного менеджменту на об'єкті;
- формування переліку шляхів та засобів економії втрат ПЕР на об'єкті;
- розроблення заходів із енергозбереження з їх техніко-економічним обґрунтуванням.

Принципи енергоаудиту:

- достовірність і повнота енергоаудиторської інформації;
- наукова обґрунтованість об'єктивності й законності енергоаудиторського висновку;
- конфіденційність отриманої інформації;
- комплексність оцінки рівня ефективності споживання ПЕР;
- незалежність енергоаудиторів та енергоаудиторських компаній;
- компетентність і об'єктивність енергоаудиторів та енергоаудиторських компаній під час здійснення ними енергоаудиторської діяльності;
- урахування світового рівня науково-технічного прогресу, норм і правил технічної та екологічної безпеки, вимог стандартів, міжнародних угод;
- відповідальність суб'єктів енергетичного аудиту за організацію, проведення та якість енергетичного аудиту.

Філософія (ідеологія) енергоаудиту:

- енергоаудитори повинні виявляти факти, а не просто фіксувати помилки;
- енергетичний аудит не можна проводити потай (таємно).

1.2 Законодавча база енергетичного обстеження

Закон України "Про енергозбереження" від 01.07.94 р. № 74/94–ВР, зі змінами та доповненнями.

ДСТУ 4065-2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги. – Чинний від 01.07.02 р. - К.: Держстандарт України.

ДСТУ 4713:2007. Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт. – Чинний від 01.07.07 р. - К.: Держстандарт України.

Наказ Держкоменергозбереження від 12.05.97 р. № 49 «Щодо Тимчасового положення про порядок проведення енергетичного обстеження та атестації спеціалізованих організацій та право його проведення».

Наказ Держкоменергозбереження від 09.04.99 р. № 27 “Про затвердження Положення про порядок організації енергетичних обстежень”.

Наказ Держкоменергозбереження від 15.09.99 р. №78 “Порядок організації та проведення енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій та казенних підприємств”.

Наказ Національної агенції України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів від 05.05.09 р. № 57 «Про затвердження Угоди про взаємодію між спеціалізованою організацією, атестованою НАЕР на право проведення енергетичного аудиту (енергетичного обстеження) та Центральною групою енергетичного аудиту НАЕР».

Наказ Національної агенції України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів від 20.05.10 р. № 56 «Про затвердження Типової методики «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту».

1.3 Основні енергетичні проблеми в Україні

З часу здобуття незалежності в Україні було проведено ряд досліджень, які виявили основні проблеми, що стоять перед енергетичним сектором країни:

- дуже високий рівень енергоємності;
- велика залежність від імпорту газу, нафти і ядерного палива;
- низька ефективність використання енергії.

За цих умов необхідно вирішувати ряд фундаментальних проблем енергетичного сектора, причому варто враховувати такі обставини:

- місцеві (власні) природні джерела енергії обмежені запасами вугілля, певними запасами нафти і газу, невеликими запасами гідроресурсів і значними запасами низькоякісного урану;
- держава змушена купувати енергоносії за світовими цінами.

За розрахунками експертів:

- нафти вистачить на 43 роки,
- газу на 56 років,
- урану на 30 років,
- вугілля на 170 років.

Україна як держава входить у ринкові відносини з великим відставанням. Затримка в розвитку ринку енергозбереження у порівнянні з країнами Заходу становить майже 30 років. Показники ефективності використання енергії в промисловості, комунальному господарстві й у побуті в Україні значно поступаються досягненням Європейського Союзу.

Марнотратство у використанні ПЕР призвело до того, що саме в Україні енергетична криза носить найбільш яскраво виражений характер. Україна зараз є однією з найбільш енерговитратних країн світу. Її у світовому споживанні енергії становить 1,9 %, у той час як населення становить 1 % населення людства. За даними Інституту загальної енергетики НАН України потенціал енергозбереження України оцінюється на рівні 42-48 %. Основна економія ПЕР може бути досягнута за розрахунками експертів у промисловості – 38 %, у комунально-промисловій сфері майже 30 % і безпосередньо у паливно-енергетичному секторі 17 %. Важливо зазначити, що витрати на видобуток або на купівлю органічного палива в 2-2,5 раза вищі, аніж витрати на забезпечення економії 1 т умовного палива за рахунок енергозбереження.

Якщо визначити метою енергопостачання – економічність та надійність, то для заходів, пов'язаних з економією ПЕР, ми отримаємо такі види позитивного ефекту:

- припинення марнотратства енергії;
- зменшення залежності від імпорту;
- збереження природних непоновлюваних ПЕР;
- попередження збитків у навколишньому природному середовищі та екологічного ризику;

- урахування соціальних аспектів системи енергопостачання і особливо енергетичних технологій.

Висока енергоємність ВВП в Україні є наслідком суттєвого технологічного відставання більшості галузей економіки від рівня розвинених країн, незадовільної галузевої структури національної економіки, негативного впливу «тіньового» сектора, зокрема імпортно-експортних операцій, що об'єктивно обмежує конкурентоспроможність національного виробництва і лягає важким тягарем на економіку - особливо за умов її зовнішньої енергетичної залежності. На відміну від промислово розвинених країн, де енергозбереження є елементом економічної та екологічної доцільності, для України - це питання виживання в ринкових умовах та входження в європейські та світові ринки. Для цього підлягає розв'язанню проблема збалансованого платоспроможного попиту як на внутрішньому, так і зовнішньому ринках, а також диверсифікації імпорту паливно-енергетичних ресурсів.

2 ЕФЕКТИВНІСТЬ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

2.1 Шляхи підвищення ефективності використання ПЕР

Основними шляхами підвищення ефективності використання ПЕР є такі:

- упровадження нового енергоекономічного обладнання;
- упровадження 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.

Розглянемо пріоритетні напрямки енергозбереження за галузями економіки.

Електроенергетика:

- упровадження нових технологій експлуатації енергетичного обладнання електростанцій та його реконструкція і модернізація;
- скорочення власних потреб в енергоресурсах;
- скорочення втрат у системах розподілення електричної та теплової енергії;
- упровадження нових енергозберігаючих технологій виробництва енергії (парогенераторні установки, котли з циркулюючим киплячим шаром тощо).

Вугільна промисловість:

- створення нових та модернізація існуючих техніки й технології видобування та перероблення вугілля, в тому числі за рахунок застосування способів переведення вугілля в рухомий стан енергії вибуху та вібрації;
- використання методів газифікації, особливо для низькосортного та високосольного вугілля;
- використання шахтного метану як палива;
- удосконалення систем електропривода, у тому числі збільшення коефіцієнта завантаження, та вибір типу привода;
- обмеження режиму неробочого ходу;
- упровадження статичних регуляторів швидкості двигунів;
- перероблення та використання відходів вуглезбагачення як палива, зменшення його втрат;
- використання вторинних енергетичних ресурсів для теплофікації та виробництва холоду.

Нафтогазова промисловість:

- підвищення питомої ваги газопроводів великого діаметра та з підвищеним тиском;
- зниження гідравлічних втрат;
- охолодження природного газу;
- оптимізація режимів транспортування газу;
- зниження втрат за рахунок поліпшення стану парку агрегатів для перекачування газу;
- раціональне використання вторинних енергетичних ресурсів;
- застосування електропривода замість газотурбінного.

Нафтопереробна промисловість:

- упровадження нового високоефективного обладнання;
- підвищення рівня рекуперації тепла на установках атмосферної перегонки та використання тепла відхідних газів після гідроочищення газойлю;
- збільшення частки теплообмінних агрегатів у технологічній схемі підігрівання сировини;
- зменшення витрат нафти і нафтопродуктів під час впровадження автоматичних систем для наливних резервуарів.

Чорна металургія:

- підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів;
- заміна природного газу іншими видами палива;
- зниження енерго- та матеріалоємності виробництва;
- підвищення якості металу та металопродукату;
- упровадження нових способів та розширення масштабів використання існуючих енергозберігаючих технологій, обладнання;
- підвищення частки застосування безвідхідних технологій.

Кольорова металургія:

- створення і впровадження у виробництво технологічних процесів і агрегатів з повним внутрішнім теплообміном, що забезпечує найменші втрати тепла;
- підвищення частки вторинної кольорової металургії.

Хімічна та нафтохімічна промисловість:

- упровадження нових енерготехнологічних процесів, ефективнішого устаткування;
- реконструкція та модернізація діючого обладнання;
- удосконалення технологічних схем;
- підвищення рівня використання вторинних енергетичних ресурсів.

Промисловість будівельних матеріалів:

- упровадження нових технологій і енергозберігаючого устаткування;
- удосконалення існуючих технологічних процесів і енергоспоживаючого обладнання.

Машинобудування та металооброблення:

- упровадження в сталє- і чавуноливарне виробництво таких технологій, як позапічна обробка металу, використання кисневого дуття, поліпшення якості шихти, попереднє нагрівання шихти перед виплавою;
- оснащення вагранок дворядними формами та пристроями для підігрівання дуття дозволяє значно знизити витрати палива;
- заміна традиційних процесів термооброблення на прогресивні, з використанням концентрованих джерел електронагрівання, високочастотної та імпульсної індукції дозволяють зменшити питомі витрати електроенергії на 80-120 кВт·год на 1 т металу;
- упровадження таких енергоекономічних технологічних процесів, як електролітичне шліфування, ультразвукове, електроіскрове та електрохімічне оброблення металу, електропроменево і дифузійне зварювання, заміна механічного оброблення на холодне штампування і гаряче накатування, оброблення металу твердосплавним та алмазним інструментом та ін., можна знизити витрати електроенергії на 20-25 % загального обсягу її споживання у виробничих процесах металооброблення.

Харчова промисловість. Найкрупнішим у галузі споживачем енергоресурсів є цукрова промисловість. Ураховуючи великий ступінь спрацьованості основних фондів, ключовими напрямками підвищення ефективності енерговикористання є вдосконалення технологічних і теплових процесів виробництва, введення в дію нових технологій та устаткування.

Сільське господарство:

- оптимізація структури посівних площ за рахунок збільшення посівів малоенергоємних культур (ячмінь, горох тощо) та зменшення посівів енергоємних (буряк, кукурудза тощо) з одночасним підвищенням їх урожайності;
- зменшення рівня розораності сільськогосподарських угідь;
- упровадження енергозберігаючої технології вирощування сільськогосподарських культур (озимої пшениці, вівса, ячменю та інших);

- поліпшення структури тваринництва й птахівництва за рахунок виведення високопродуктивних порід тварин і птиці тощо.

Будівництво:

- перепрофілювання будівельної бази на створення сучасних конструкцій;
- переведення потужностей крупнопанельного домобудування на випуск огорожуючих конструкцій з підвищенням у 2,0-2,5 раза термоопору;
- забезпечення значного зниження енергоємності конструкцій тощо.

Транспорт:

- розвинення парку автомобілів вантажопідйомністю до 2 т;
- зниження маси рухомого складу для залізничного транспорту. Найефективнішим шляхом зниження маси є застосування алюмінієвих сплавів;
- використання нових двигунів типу "газова турбіна", двигунів "без камери згоряння", вантажних автомобілів з поліпшеними аеродинамічними характеристиками кузовів;
- використання автомобілів для перевезення попутних вантажів у зворотному напрямку;
- освоєння та експлуатація автомобілів, які працюють на зрідженому та скрапленому газі;
- на залізничному транспорті - збільшення вантажопідйомності вагонів, одиничної потужності локомотивів;
- використання бортових автоматичних систем управління рухом;
- на водному - використання гвинтів з протилежним обертанням і т. ін.

Житлово-комунальне господарство:

- створення та використання побутових систем та приладів з нижчим енергоспоживанням;
- модернізація існуючого обладнання, зміна режимів його роботи, автоматизація регулювання та управління режимами роботи побутових енергоспоживаючих систем та приладів;

- оснащення енергоприймачів регулювальними та вимірювальними пристроями;
- розвиток децентралізованого теплопостачання для зниження втрат теплової енергії під час транспортування до споживачів;
- стандартизація та поліпшення теплоізоляції будинків і споруд;
- проведення організаційних заходів, спрямованих на стимулювання діяльності побутових підприємств щодо скорочення непродуктивних витрат палива та енергії;
- упровадження сплати вартості енергоносіїв, яка відповідає реальним витратам;
- виключення можливості крадіжок енергоресурсів, зокрема електричної та теплової енергії;
- широка реклама використання приладів домашнього і культурно-побутового призначення з поліпшеними експлуатаційними характеристиками.

2.2 Характеристика основних принципів Закону України «Про енергозбереження»

Закон України "Про енергозбереження" прийнятий 1 липня 1994 року і введений у дію 4 серпня 1994 року, відображає загальноприйняті у світовій практиці погляди на природу і зміст державної політики в галузі енергозбереження, яка активно проведена в промислово розвинених країнах Західної Європи й Америки.

В основу побудови Закону України покладені основні **принципи управління і регулювання енергозбереження:**

- Принцип державної політики енергозбереження.
- Принцип державного управління енергозбереженням.
- Принцип державного регулювання енергозбереження.
- Принцип обов'язковості державної експертизи зі енергозбереження.
- Принцип стандартизації в енергозбереженні.
- Принцип нормування в енергозбереженні.

- Принцип комплексності заохочення і покарання за економію і марнотратне використання ПЕР.
- Принцип формування і використання фінансових засобів для реалізації на практиці політики енергозбереження.
- Принцип рівноправності постачальників і споживачів паливно-енергетичних ресурсів.
- Принцип пропаганди енергозбереження.
- Принцип міжнародного співробітництва у сфері енергозбереження.

2.3 Правове регулювання в енергозбереженні

Об'єктами правового регулювання законодавства про енергозбереження є відносини у сфері функціонування енергетичного господарства України.

Суб'єктами правового регулювання відносин у сфері енергозбереження є юридичні та фізичні особи, у результаті діяльності яких здійснюється проведення енергозберігаючої політики і заходів щодо енергозбереження у всіх галузях народного господарства, включаючи створення ефективних систем управління і способів контролю за енергозбереженням.

Управління у сфері енергозбереження спрямоване на забезпечення потреб народного господарства і населення України в паливі, тепловій та електричній енергії на основі раціонального використання енергоресурсів, скорочення усіх видів втрат ПЕР; здійснення функцій експертизи, контролю, прогнозування, інформування та іншої виконавчо-вказівної діяльності.

Державне управління у сфері енергозбереження здійснюють Кабінет Міністрів України та уповноважений ним орган - Державне агентство з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності), яке є правонаступником Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів (НАЕР), НАЕР, у свою чергу, - правонаступник Держкоменергозбереження.

Особлива увага в управлінні приділяється контролю у сфері енергозбереження і відповідальності за порушення Закону і правових актів.

Мета контролю - забезпечення дотримання норм законодавства про енергозбереження всіма державними органами, юридичними і фізичними особами.

Енергетичний аудит підприємств проводиться спеціалізованими організаціями, атестованими на цю діяльність відповідно до вимог "Тимчасового положення про порядок проведення енергетичного обстеження підприємств і атестації спеціалізованих організацій на право його проведення".

Свідоцтво на право проведення енергетичного аудиту видається спеціалізованій організації на три роки.

3 ГЕНЕРАЛЬНА СТРАТЕГІЯ ЕНЕРГОАУДИТУ

3.1 Права, обов'язки, етика та професійна підготовка енергоаудитора

Енергоаудитори повинні мати **базову освіту** згідно із одним з фахових напрямів "енергетика", "електротехніка" або "електромеханіка", а саме: інженер-електрик, інженер-електромеханік, інженер-теплотехнік, інженер-енергетик, а також інженер з автоматизації (за галузями народного господарства).

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, аніж вузьким фахівцем;
- комунікабельністю (уміння працювати з керівництвом підприємства і з інженерно-технічними працівниками);
- умінням складати звіти.

Уміння, яке визначається такими видами діяльності:

- збирання ключових даних щодо споживання енергії;
- створення карти її споживання;

- складання переліку можливостей економії;
- оцінка термінів окупності;
- реалізація програм енергозбереження;
- упровадження системи енергетичного менеджменту.

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 водопідготовлення, різання (подрібнення матеріалів)).

Енергоаудитор згідно з договором на проведення енергетичного аудиту **має право:**

- отримати від замовника всю потрібну фінансову і технічну інформацію для здійснення своєї професійної діяльності;
- безкоштовно проводити інструментальні дослідження з метою отримання об'єктивної інформації щодо стану споживання ПЕР;
- залучати до роботи потрібних йому помічників та асистентів;
- мати інші права, надані чинним законодавством.

Енергоаудитор повинен дотримуватися **правил професійної етики**, а саме:

- бути об'єктивним і не піддаватися тиску зацікавлених осіб;
- дотримуватися конфіденційності інформації, що стала доступною йому у зв'язку з проведенням енергетичного аудиту;
- утримуватися від роботи, якщо він не впевнений у достатності рівня своєї компетентності (згода енергоаудитора на надання професійних послуг означає, що він має належний рівень компетентності, знань і досвіду);
- робота енергоаудитора має відповідати технічним і професійним нормам ведення енергетичного аудиту;
- виконувати всі вимоги договору на проведення енергетичного аудиту.

Енергоаудитор зобов'язаний:

- не розголошувати інформації щодо комерційної таємниці, яка стала доступною йому у зв'язку з веденням енергетичного аудиту;
- відмовлятися в проведенні енергетичного аудиту в разі невідповідності його завдань законодавству України або міжнародним договорам.

Кожний енергоаудитор **зобов'язаний знати** чинні законодавчі акти та нормативні документи з енергозбереження.

Мова енергоаудитора повинна бути чіткою, зрозумілою для спілкування з фахівцями та замовником під час проведення робіт з енергоаудиту. Мова юридичних документів повинна бути державною.

Факти невідповідності діяльності енергоаудиторів їхнім обов'язкам та правила професійної етики підлягають розгляду на засіданні групи експертів при Центральній групі енергетичного аудиту (ЦГЕА), а за її поданням - на черговому засіданні ЦГЕА.

Особи, винні в порушенні нерозголошення інформації, отриманої під час проведення енергетичного аудиту, несуть **відповідальність** у порядку, встановленому законодавством України.

3.2 Суб'єкти енергоаудиту

Суб'єктами енергетичного аудиту є **замовники** та **виконавці** енергетичного аудиту.

Замовниками енергетичного аудиту можуть бути:

- фізичні та юридичні особи;
- центральні та місцеві органи виконавчої влади.

Виконавцями енергетичного аудиту можуть бути:

- окремі енергоаудитори;
- енергоаудиторські компанії (фірми);
- енергосервісні компанії.

Енергоаудитор - кваліфікований фахівець, що має право (сертифікат) на діяльність у сфері енергетичного аудиту.

Енергоаудиторська компанія - це організація, яка займається виключно проведенням енергетичного аудиту та наданням супутніх енергоаудиторських послуг на території України.

Енергосервісна (енергозберігаюча сервісна) компанія - підприємство чи організація, основними видами діяльності якої є: проведення енергетичного аудиту, розроблення та впровадження проєктів з енергозбереження, включаючи їх фінансування як власними коштами, так і коштами, залученими від третіх осіб.

Енергоаудиторська компанія повинна відповідати таким **вимогам**:

- мати права юридичної особи;
- мати свідоцтво на право проведення енергетичних обстежень, що видається Центральною групою енергетичного аудиту (ЦГЕА) у порядку, встановленому Тимчасовими положеннями;
- мати інструментальне, приладове та методологічне забезпечення в обсязі не меншому, ніж визначеному у Тимчасових положеннях;
- мати досвід роботи у відповідній галузі діяльності.

3.3 Загальний підхід під час проведення 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 уміти 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 потрібно "винаходити велосипед" - що, як і в якій послідовності обстежувати, просто потрібно швидко виконувати пункти стандартної програми), а **по-друге**, оскільки програма стандартна, забезпечити можливість настільки ж ефективного підключення інших аудиторів на певних (стандартних) етапах роботи.

3.4 Основні вимоги до генеральної стратегії енергоаудиту

Загальні вимоги до стратегії енергетичного обстеження відображають:

- можливість її застосування для всіх типів виробництва і господарств;
- облік усіх видів енергії;
- можливість визначення етапів для продовження роботи або її припинення;
- можливість її використання як бази для співробітництва між різними аудиторами.

3.5 Способи проведення енергоаудиту

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.

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

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 упровадження 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.

Цей метод рекомендується також застосовувати професійним консультантам з енергетичних питань.

Комплексний енергоаудит. У цьому разі 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, що базуються 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, що ґрунтується на науковому підході, дослідженні й вимірюванні різних параметрів режимів об'єкта енергоаудиту, а також на досвіді експерта.

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.

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

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.

3.6 Методи проведення енергетичного аудиту

Метод енергетичного аудиту - це сукупність прийомів, за допомогою яких оцінюється рівень ефективності використання ПЕР.

Прийоми енергетичного аудиту можна поділити на **три групи**: визначення стану об'єктів у натуральному вираженні, шляхом зіставлення та оцінювання.

Прийоми першої групи - це огляд, вимірювання, перерахування, що дозволяють визначати кількісні показники рівня ефективності використання ПЕР об'єктом енергетичного аудиту.

Прийоми другої групи дозволяють зіставляти такі показники:

- фактичне використання ПЕР з діючими нормами та нормативами;
- фактичний випуск продукції з плановим обсягом випуску продукції;
- результати контрольних вимірювань із вимірюваннями, що зафіксовані у відповідних документах;
- фактичні показники енергогосподарської діяльності з прогнозуючими, відповідними даними минулих періодів, показниками аналогічних підприємств;
- діючі на підприємстві системи управління (структури, функції, методи тощо) і порівняння з вітчизняними і закордонними стандартами.

Зіставлення дозволяє визначити відхилення дійсного споживання ПЕР досліджуваних об'єктів від норм і нормативів, прогнозованих показників.

Прийоми третьої групи пов'язані з оцінюванням минулого, теперішнього і майбутнього стану об'єктів

енергетичного аудиту і є логічним завершенням процесу зіставлення. При цьому проводиться оцінювання рівня споживання ПЕР, достовірність енергетичної інформації, у тому числі енергоекономічної звітності, методів і функцій управління, перспективне споживання ПЕР.

Методами аналізу, що застосовуються в процесі проведення енергетичного аудиту, є: **статистичний, експериментальний та аналітичний**.

Статистичний метод передбачає визначення динаміки процесів, при цьому використовується як звітна інформація підприємства, так і таблиці, розроблені енергоаудиторською компанією.

Експериментальний метод передбачає проведення відповідних вимірювань, при цьому необхідно використовувати наявне вимірювальне обладнання підприємства і специфічне обладнання енергоаудиторської компанії.

Аналітичний метод потребує використання математичного аналізу як у період проведення енергетичних вимірювань, так і на стадії оформлення звіту про енергетичний аудит.

3.7 Види енергоаудиту

Види ЕА поділяються:

- за відношенням енергоаудиторів до об'єкта енергетичного аудиту (за суб'єктами ЕА) - зовнішній (незалежний) та внутрішній (залежний);
- за масштабами проведення – загальний і локальний;
- за ініціативою проведення – добровільний і обов'язковий;
- за відношенням до атестації – атестований та неатестований;
- за призначенням – попередній, первинний, періодичний, повторний, додатковий, контрольний, експрес-аудит, специфічний.

3.8 Опис підприємства і будівель як об'єктів енергоаудиту

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

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

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

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

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

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

Конструкція і структура будівель. Цей пункт містить опис елементів конструкції будівель з точки зору дизайну і використаних матеріалів. Наприклад, може бути зазначено, що стіни виконані з цегли чи бетону, вікна - зі склопакетів, з одинарним чи подвійним заскленням, дах плоский чи має схили. Повинна бути характеристика наявної в будівлі системи вентиляції: природної чи штучної.

3.9 Приладне та методичне забезпечення енергоаудиту

Необхідна для проведення енергоаудитів методична база містить 2 категорії: **нормативно-правову базу й інформаційно-методологічну базу.**

На сьогоднішній момент існують **дві концепції** побудови енергоаудиторської лабораторії: енергоавтобус із центральним ВОК, набір автономних портативних приладів.

Енергоавтобус із центральним ВОК. Транспортний засіб (найчастіше – мікроавтобус) оснащується вимірювально-обчислювальним комплексом (ВОК), до якого підключаються виносні датчики. Автобус підганяється на якомога ближчу відстань, а датчики за допомогою довгих вимірювальних кабелів встановлюються на об'єкт вимірів. Реєстрація багатьох параметрів відбувається одночасно, центральний комп'ютер ВОК обробляє дані в реальному часі.

Набір автономних портативних приладів. У цьому випадку транспортним засобом служить звичайний легковий автомобіль, у багажнику якого розміщається набір необхідних приладів.

У теплотехнічному устаткуванні та в будівництві:

- газоаналізатор або інше обладнання, що дає можливість аналізувати повноту згоряння палива, а також шкідливі викиди до навколишнього середовища;
- набір термометрів (також рекомендується мати безконтактні термометри, та (або) тепловізор);
- манометри;
- трубка Піто;
- витратомір рідин та газів (рекомендовано);
- секундомір.

В електротехнічному та електромеханічному устаткуванні:

- тестер (мультиметр) та (або) прилади для вимірювання струму, напруги, потужності, коефіцієнта потужності відповідного класу точності;

- аналізатор електричних сигналів (осцилограф або інші, у тому числі комп'ютеризовані, прилади);
- обладнання для отримання графіків навантажень технологічного устаткування;
- тахометр;
- трубка Піто;
- витратомір рідин та газів (рекомендовано);
- секундомір.

4 ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ. ОБЛІК СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГОРЕСУРСІВ

4.1 Поняття енергетичного менеджменту

Енергетичний менеджмент - вид постійної, цілеспрямованої діяльності персоналу підприємства та залучених фахівців (консультантів), що полягає у складанні енергобалансів, веденні необхідних для аналізу ефективності енергоспоживання вимірювань, а також у розробленні та впровадженні енергоощадних заходів.

Система енергетичного менеджменту - частина загальної системи управління підприємством, основним завданням якої є управління ефективністю споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Служба енергетичного менеджменту - частина системи енергетичного менеджменту, яка охоплює людські ресурси, апарат управління, засоби вимірювальної техніки, засоби контролювання та аналізування ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів тощо, і яка забезпечує формування, впровадження і досягнення цілей виробничої системи у сфері енергозбереження.

Виробнича система - система приймання, зберігання, оброблення, розподілу (транспортування) сировини і паливно-енергетичних ресурсів, яка призначена для виготовлення продукції та виробів заданої якості.

4.2 Сутність, мета, завдання, функції, принципи енергоменеджменту

Основним інструментом скорочення споживання енергії на підприємстві є енергоменеджмент. Енергоменеджмент - це процес управління всіма аспектами діяльності в галузі енергозбереження підприємства.

Основною метою енергоменеджменту є забезпечення найефективніших шляхів реалізації енергозберігаючої стратегії підприємства на окремих етапах його розвитку.

Основними **завданнями** енергоменеджменту виробничої системи є :

- вжиття заходів щодо реалізації положень енергозберігаючої політики та програми енергозбереження;
- виконання всіх функцій системи енергетичного менеджменту;
- розроблення внутрішніх нормативних документів виробничої системи у сфері енергозбереження;
- розроблення рекомендацій щодо впровадження енергозберігаючих заходів;
- проведення моніторингу та коригувальних дій у сфері енергозбереження;
- участь у проведенні внутрішніх та сприяння проведенню зовнішніх енергоаудитів;
- проведення робіт щодо сертифікації виробничої системи стосовно енергетичної ефективності;
- проведення навчання персоналу виробничої системи у сфері енергозбереження;
- розроблення заходів щодо стимулювання персоналу стосовно підвищення ефективності використання ПЕР у виробничій системі;
- розроблення системи інформування персоналу виробничої системи у сфері енергозбереження тощо.

Енергетичний менеджмент повинен охоплювати такі **функції**: облік та звітність, контролювання, аналізування, регулювання (коригувальні дії), планування, нормування, організування.

Принципи системного проведення ЕМ:

- регулярний вимір енергоспоживання;
- зв'язок енергоспоживання з виробництвом продукції;
- визначення мети для енергоспоживання;
- постійне порівняння дійсного і цільового енергоспоживання;
- визначення причин розбіжності між цільовим і дійсним енергоспоживанням;
- уживання діючих заходів.

4.3 Організація і технічні засоби для обліку енергії, яка споживається

Умови жорсткої конкуренції змушують власників адміністративних і житлових будинків, промислових та інших об'єктів знижувати поточні витрати на обслуговування виробничої інфраструктури. Енергетичний менеджмент щодо технічних засобів – це керування режимами роботи споживачів енергії з метою мінімізації витрати енергії без погіршення їх технічних характеристик за конкретних умов застосування. Ручне вмикання/вимикання пристроїв – це найпростіша і початкова форма енергоменеджменту.

Наступний етап – системи управління режимами енерговикористання (СУРЕ), в основі яких покладене цифрове опрацювання інформації. При цьому введення/виведення первинних сигналів із/на об'єкт управління може здійснюватися в цифровій і/або аналоговій формі. Такі системи гнучко конфігуруються і програмуються під конкретні завдання замовника і дають можливість постійно удосконалювати алгоритми опрацювання інформації, забезпечуючи максимальну віддачу від початкових інвестицій.

Основні **переваги СУРЕ** досить суттєві:

- спроможність адаптуватися до змін у роботі підприємства, устаткування і кліматичних умов;
- додаткові режими управління – інтегральний (на скільки вхідна величина відхилилася від контрольної точки) і похідний (як швидко вхідна величина досягає/відхиляється від

контрольної точки), - що забезпечують більш точне управління порівняно з пневматичними (пропонують тільки управління за лінійною залежністю виходу від входу) системами;

- повна керованість, тобто СУРЕ дає оператору змогу цілком керувати всім устаткуванням з одного або декількох робочих місць і задовольняти запити людей, що перебувають у будинку, а також розв'язувати виниклі проблеми у більш гнучкий спосіб. Вона дає операторові інформацію зі всього об'єкта управління, і ця інформація накопичується в єдиному терміналі. Це забезпечує значні діагностичні можливості, а також скорочує витрати.

4.4 Обов'язки енергоменеджера

Після призначення на посаду головний енергоменеджер підприємства повинен забезпечити виконання таких **кроків**:

- визначення пріоритетів політики енерго- та ресурсозбереження;
- складання детальних балансів споживання паливно-енергетичних та інших ресурсів (бажаним є проведення енергоаудиту);
- визначення правових вимог до діяльності у сфері енерго- та ресурсозбереження;
- визначення цілей та цільових показників, яких необхідно досягти;
- створення програми енергозбереження;
- визначення структури служби енергоменеджменту та обов'язків її працівників;
- розроблення та затвердження "Положення про службу енергоменеджменту підприємства";
- організація навчання та підвищення кваліфікації співробітників служби енергоменеджменту з питань енерго- та ресурсозбереження, а також підвищення загального рівня обізнаності у сфері енергозбереження працівників, а найперше – керівників підприємства;

- устанавлення, відлагодження та забезпечення ефективної роботи інформаційних потоків щодо енерго- та ресурсозбереження між підрозділами та службами підприємства;
- розроблення основних інформаційних та звітних форм з питань енерго- та ресурсозбереження;
- запровадження дієвого контролю ведення документації;
- запровадження системи моніторингу та проведення необхідних вимірювань;
- виявлення невідповідностей і недоліків та вироблення на підставі цього коригуючих та профілактичних заходів;
- ведення обліку даних моніторингу; запровадження системи перевірки їх достовірності (процедури верифікації та реєстрації).

4.5 Циклічність енергоменеджменту

Система енергоменеджменту (СЕМ) ґрунтується на відомому з менеджменту циклі “**Plan – Do – Check – Act**” (“**планування – виконання – перевірка – корекція**”), що його інколи називають “Колесо (цикл) Едуарда Демінга” (див. рис. 4.1).



Рисунок 4.1 – Циклічність системи енергоменеджменту

Цикл “Plan – Do – Check - Act” визначає порядок здійснення вдосконалень, проте не є лише циклом, а становить спіраль. Таким чином, після закінчення кожного циклу організація (СЕМ) опиняється на якісно новому рівні. Ця схема акцентує увагу на безперервності СЕМ, оскільки розвиток будь-якої системи відбувається по спіралі.

4.6 Порядок проведення енергоаудиту системи енергоменеджменту

Об'єкти енергоаудиту:

- політика та програма енергозбереження та енергоменеджменту;
- структура системи енергетичного менеджменту (СЕМ);
- внутрішні нормативно-розпорядчі документи, система обліку та контролю ПЕР;
- матеріально-технічне забезпечення СЕМ;
- навчально-методичне забезпечення.

Завдання енергоаудитора:

- розроблення рекомендацій щодо впровадження та функціонування СЕМ;
- розроблення вимог до контролю СЕМ з боку керівництва;
- розроблення рекомендації щодо організації освіти, перепідготовки і підвищення кваліфікації співробітників підприємства у сфері енергозбереження;
- розроблення рекомендацій щодо мотивації та інформування співробітників підприємства стосовно раціонального використання ПЕР;
- підготовка СЕМ до сертифікації;
- визначення джерел фінансування функціонування СЕМ;
- визначення достатності людських, технічних та фінансових ресурсів для функціонування СЕМ.

Документальна інформація:

- політика та програма енергозбереження, організаційні основи СЕМ;

- внутрішні нормативно-розпорядчі документи у сфері енергозбереження;
- посадові інструкції співробітників та керівників підприємства;
- проектні рішення по СЕМ підприємства, перспективи розвитку;
- звітна документація;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- документація на контрольно-вимірювальну апаратуру;
- програми навчання, підготовки та перепідготовки співробітників підприємства;
- положення про матеріальне стимулювання колективів і окремих працівників підприємства за економію ПЕР на виробництві;
- програмне та математичне забезпечення СЕМ.

Дії енергоаудитора:

а) визначити наявність:

- проектної документації і ознайомитися з нею;
- політики та програми енергозбереження й енергоменеджмент;
- плану аудиту СЕМ;
- положення про стимулювання окремих працівників підприємства за економію ПЕР на виробництві; програмного та технічного забезпечення СЕМ;

б) проаналізувати:

- політику та програму енергозбереження;
- внутрішні нормативно-розпорядчі документи у сфері енергозбереження;
- посадові інструкції керівників та співробітників підприємства;
- програму навчання, підготовки та перепідготовки співробітників підприємства;
- положення про стимулювання окремих працівників підприємства за економію ПЕР на виробництві;
- стан та відповідність законодавству України внутрішніх нормативно-розпорядчих документів;
- стан системи обліку та контролю ПЕР;
- стан матеріально-технічного забезпечення СЕМ;
- стан навчально-методичного забезпечення;

- ефективність структури СЕМ;
 - рівень забезпеченості підприємства спеціалістами з метрологічного забезпечення системи обліку та контролю;
 - рівень забезпеченості СЕМ людськими, технічними та фінансовими ресурсами;
- в) здійснити верифікацію переліку заходів з енергозбереження, впроваджених на підприємстві.

5 ПРОВЕДЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОГО АУДИТУ

5.1 Основні етапи енергоаудиту

1 Переддоговірний етап, що передбачає зустріч виконавця із замовником, попереднє ознайомлення виконавця з об'єктом енергетичного аудиту, огляд енергоаудиторами об'єкта, отримання первинної інформації, її аналіз і розроблення плану енергетичного аудиту.

Інформація може бути отримана за допомогою опитувальних листів, що передаються замовнику. Аналіз зібраної первинної інформації є основою для складання плану проведення енергетичного аудиту.

2 Організаційно-підготовчий етап проведення енергетичного аудиту, що включає узгодження плану та графіка енергетичного аудиту із замовником, підписання договору на проведення енергетичного аудиту, визначення осіб із боку замовника для допомоги енергаудиторам, підготовки аудиторських груп, формування наказу підприємству.

Договір на проведення енергетичного аудиту є основним документом, який засвідчує факт досягнення домовленості між замовником та виконавцем про початок проведення енергетичного аудиту. Зміст договору на проведення енергетичного аудиту може бути різним залежно від поставлених замовником завдань.

3 Етап отримання інформації – це основний етап, який передбачає поглиблене ознайомлення з об'єктом енергетичного

аудиту, документацією про використання ПЕР та проведення вимірювань на об'єкті енергетичного аудиту.

Залежно від **джерела отримання інформації** увесь масив інформації про об'єкт енергетичного аудиту можна умовно поділи на **первинну** та **вторинну**.

Під *первинною інформацією* мають на увазі таку інформацію, яка збирається вперше для досягнення мети та вирішення завдань енергетичного аудиту.

Під *вторинною інформацією* мають на увазі таку інформацію яка існує в опублікованому вигляді і збиралася не для цілей даного енергетичного аудиту. Цей вид інформації, у свою чергу, можна поділити на **внутрішню** та **зовнішню**.

Внутрішня інформація - це дані, які збираються та аналізуються безпосередньо персоналом підприємства.

Зовнішня інформація - це дані про підприємство, які збираються за межами підприємства і можуть бути опубліковані в періодичних виданнях, довідниках, книгах, комп'ютерних базах даних, Інтернеті тощо.

Інструментальне обстеження проводиться для відтворення інформації, недостатньої для оцінки ефективності енерговикористання, або при виникненні сумнівів щодо достовірності наданої інформації. При інструментальному обстеженні застосовуються стаціонарні або переносні спеціалізовані прилади, при цьому потрібно максимально використовувати наявні на підприємстві системи обліку енергоресурсів.

4 Етап оброблення та аналізу отриманої інформації, що передбачає здійснення аналізу ефективності функціонування системи енергетичного менеджменту об'єкта, аналізу отриманих результатів, визначення основних техніко-економічних показників ефективного використання ПЕР.

Засоби аналізу підрозділяються на **енерго-економічні та фінансово-економічні**.

5 Етап розроблення рекомендацій щодо впровадження енергозберігаючих заходів, що передбачає розроблення та техніко-економічне оцінювання ефективності пріоритетного переліку енергозберігаючих заходів та технологій.

6 Етап складання звіту за результатами енергетичного аудиту та енергоаудиторського висновку. Звіт за результатами проведення енергоаудиту підготовлює енергоаудиторська група під керівництвом керівника групи. При цьому кожний енергоаудитор подає звіт про стан тих об'єктів енергоаудиту підприємства, на яких він його проводив. Звіт підписують усі члени енергоаудиторської групи і затверджує керівник виконавця.

7 Етап презентації результатів проведення енергетичного аудиту замовнику. Цей етап є завершальною фазою проведення ЕА. На цьому етапі виконавець подає результати проведення ЕА керівництву підприємства та персоналу, що відповідає за ефективність використання ПЕР на підприємстві. Перш ніж залишити підприємство, енергоаудиторська група має провести заключну нараду з його керівництвом.

5.2 Вартість та тривалість проведення енергоаудиту

Вартість енергоаудиту визначається згідно з договірною ціною. Договірна ціна визначається згідно з калькуляцією накладних витрат, які включають:

- витрати на оплату праці;
- витрати на оренду вимірювального обладнання;
- витрати на навчання енергоаудиторів;
- витрати на відрядження;
- витрати на витратні матеріали;
- необхідні відрахування в державний бюджет;
- інші витрати, які включають машинний час, інформаційні послуги тощо.

Термін проведення енергоаудиту залежить від його виду і енергоємності об'єкта, і може бути скорегованим до узгоджених із Замовником термінів за рахунок зміни кількості енергоаудиторів. Тривалість за етапами:

- попередній енергетичний аудит - 2-3 дні;
- аналіз зібраних матеріалів - 1-2 тижні;
- організаційно-підготовча стадія - 1-2 тижні;

- основний етап проведення енергетичного обстеження на об'єкті - 1-1,5 тижня;
- аналіз отриманих результатів і написання звіту - 2-3 тижні.

Таким чином, термін проведення енергетичного обстеження за відсутності зволікань під час підписання договору і прийому звіту становить 1,5-2 місяці.

5.3 Звіт про енергетичний аудит

Звіт про енергетичний аудит повинен містити такі частини:

а) загальну частину

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

б) основну частину:

- вступ;
- опис підприємства;
- план проведення енергоаудиту;
- аналіз стану споживання ПЕР;
- аналіз стану системи енергетичного менеджменту підприємства;
- енергозберігаючі заходи на підприємстві;
- оцінювання економічної ефективності енергозберігаючих заходів;
- результати та висновки;
- перелік використаних джерел;

в) додатки.

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

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

- заголовок;
- вступ;
- об'єкт енергоаудиту;
- висновок про ефективність використання ПЕР;
- дата складання енергоаудиторського висновку;
- адреса виконавця;
- підпис та печатка виконавця.

5.4 Типові помилки під час проведення енергетичного аудиту

1 Запровадження нового – не найголовніше (доцільнішим є раціональне використання наявного). Відповідно до одного з правил енергоменеджменту: жодна компанія не повинна планувати інвестиції доти, поки керівництво підприємства не вичерпало всі можливості правильного господарювання та управління.

2 Навіть найкращі ідеї необхідно обґрунтувати економічно, що підтверджується другим правилом енергоменеджменту – інвестувати слід саме ті проекти, що мають найкращі економічні показники.

3 Розрахунок економії потрібно робити, враховуючи фактичні, а не вигадані (бажані для малокваліфікованих енергоаудиторів) витрати енергоресурсів (типова помилка новачків).

4 Запровадження енергоефективного обладнання не завжди є обґрунтованим економічно (значне поширення такого обладнання на Заході багато в чому зумовлене законодавчими та нормативними актами на державному та регіональному рівнях):

- система електропривода "перетворювач частоти – асинхронний двигун" (існують інші системи плавно регульованого привода);
- енергоефективні двигуни (їх застосування в Україні часто є недоцільним через низький рівень завантаження під час роботи

та високої їх вартості, а також з огляду на потребу в якісному захисті двигуна);

- використання плавнорегульованого привода не завжди є економічно доцільним (замість плавно регульованого можна використати приводи з регулюванням швидкості ступенями або ті, що забезпечують тільки плавний пуск);
- застосування енергоефективних імпортних ламп в Україні може подекуди окупитися після завершення їх експлуатації і т. ін.

5 Під час прийняття рішень не повинно бути штампів: у кожному конкретному випадку всю процедуру прийняття рішень потрібно здійснювати цілком. Такої помилки припускають енергоаудитори, що мають досвід реалізації "типових" енергозберігаючих заходів.

6 Займатись утилізацією енергії можна тоді, коли відомо, де її можна використовувати.

7 Сума розрахункової економії перевищує вартість річного її споживання. Однією з можливих причин такої ситуації є нехтування взаємним впливом реалізації одного енергозберігаючого заходу на інший, коли через реалізацію одного енергозберігаючого заходу можливі заощадження від реалізації іншого знижуються. Деякі енергоаудитори необгрунтовано використовують коефіцієнт взаємного впливу, беручи його сталим для всіх випадків і таким, що дорівнює 0,75.

8 Установлення додаткової теплової ізоляції на вже наявну може призвести до руйнування останньої і т. ін.

6 ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

6.1 Оцінка споживання енергоресурсів

Якщо вимірювання енергії та енергопотоків лічильниками неможливе, потрібно оцінювати споживання енергії, спираючись на свідчення про режим роботи наявного устаткування. На практиці, через обмеженість ресурсів і часу, - це один із найпопулярніших методів розрахунку енергоспоживання.

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.

Інформація про **використання устаткування за рік** 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 та 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).

Через необхідність робити припущення, цей метод є надійним лише в тому разі, коли добре відомі деталі експлуатації устаткування.

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;
- дані, опубліковані інститутами енергетичних досліджень;
- опитування операторів та вивчення журналів вмикання і вимикання устаткування.

6.2 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.

6.3 Аналіз ефективності використання енергії

Аналіз має на меті вирішити такі питання:

1 Розрахувати обсяг споживання енергії різними споживачами в межах об'єкта.

2 Розподілити фінансові видатки на енергію пропорційно між усіма споживачами.

3 Порівняти енергоспоживання з випуском продукції.

4 Визначити відхилення від норми щодо споживання енергії (тобто неочікувано високий чи низький рівень споживання, або помилково визначене споживання під час регресійного аналізу).

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

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

- графіки зміни споживання (навантаження) енергії в часі;
- перевірочний тест;
- звіт про річну закупівлю палива та енергії;
- графік регресивного аналізу;
- таблицю енергоаудиту;
- коефіцієнти вартості палива;
- діаграму Санкей;
- колові діаграми енергоспоживання.

6.4 Екологічний аспект енергоаудиту

Екологічна складова є також одним із важливих показників, який береться до уваги під час прийняття фінансовими організаціями бізнес-плану впровадження ЕЗЗ зі зміною технологічного процесу. Кожний вид палива при його використанні (спалюванні) має специфічні викиди, основні значення яких наведені в табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Основні викиди в грамах при спалюванні традиційних палив на вироблення 1 кВт·год електроенергії на ТЕС

Викид (вироблення) 1 кВт·год електроенергії на ТЕС	Вид палива			
	Кам'яне вугілля	Буре вугілля	Мазут	Природний газ
SO ₂	6,0	7,7	7,04	0,002
NO _x	21,0	3,4	2,4	1,9
Тверді частинки	1,4	2,7	0,7	-
Фтористі сполуки	0,05	1,11	0,004	-

Аналіз впливу того чи іншого ПЕР з точки зору впливу на довкілля можна проводити за спрощеною діаграмою процесів від видобування до використання ПЕР (рис. 6.1).

На рисунку показані три процеси:

- видобування, в цей процес входить збагачення, зберігання і транспортування ПЕР;
- перетворення палива в теплову чи електричну енергію, в процес входить і транспортування енергії;
- споживання ПЕР.

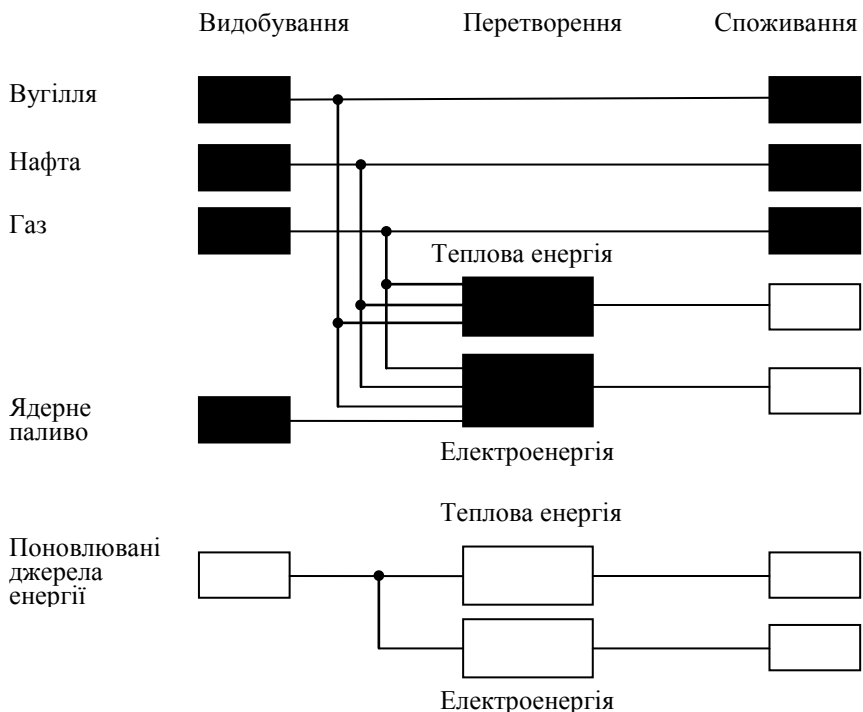


Рисунок 6.1 – Вплив ПЕР на довкілля

Процеси, зображені білими прямокутниками, відбуваються без негативного впливу на довкілля, чорними, - з впливом.

7 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ СТИСНЕНОГО ПОВІТРЯ

7.1 Характеристика підсистем виробництва, передачі та споживання стисненого повітря як об'єкта енергоаудиту

Стиснене повітря дає великі зручності в роботі, але для його виробництва необхідні значні витрати електричної енергії. В загальному балансі споживання електричної енергії значної кількості заводів витрати електроенергії на вироблення

стисненого повітря досягають 30 %. У зв'язку з цим скорочення витрат електроенергії в компресорних пристроях повинно бути одним із головних завдань експлуатації.

Виробництво стисненого повітря - це вкрай неефективний процес. Близько 90% електроенергії, яка витрачається на виробництво стисненого повітря, втрачається у вигляді тепла. Менше 10% витраченої електроенергії перетворюється в корисну. Недосконала конструкція і витoki повітря з трубопроводів розподілення призводять до подальшого зниження ефективності ще на 30-50%.

Для систем стисненого повітря, як і для інших систем, які використовують енергоносії, є характерними три підсистеми:

- виробництво стисненого повітря;
- транспортування і розподілення;
- споживання.

Виробничі витрати за весь період роботи компресорної станції в багато разів перевищує первісну вартість її установки та експлуатації. Наприклад, вартість енергоресурсів становить 70-80 %, капітальні витрати – 15-20 %, технічне обслуговування – 5-10 %. Під час проектування системи стисненого повітря велике значення з погляду ефективного використання енергії є вибір типу компресора відповідно до планованого навантаження.

Компресорна станція (рис. 7.1) містить у своєму складі пристрої для забору повітря, очищення його від пилу, теплообмінники охолодження, системи маслопостачання, регулювання, захисту, контролю параметрів та автоматику.

Допоміжні елементи призначені для додаткової обробки стисненого повітря (осушення, очищення, зміна тиску, акумуляція).

Керування повітряними і холодильними компресорами з електроприводами здійснюють **чотирма** основними способами.

1 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.

2 Керування типу "з навантаженням - без навантаження". Використовується для більших поршневих компресорів, у яких часті вмикання-вимикання можуть призвести до пошкодження двигуна.

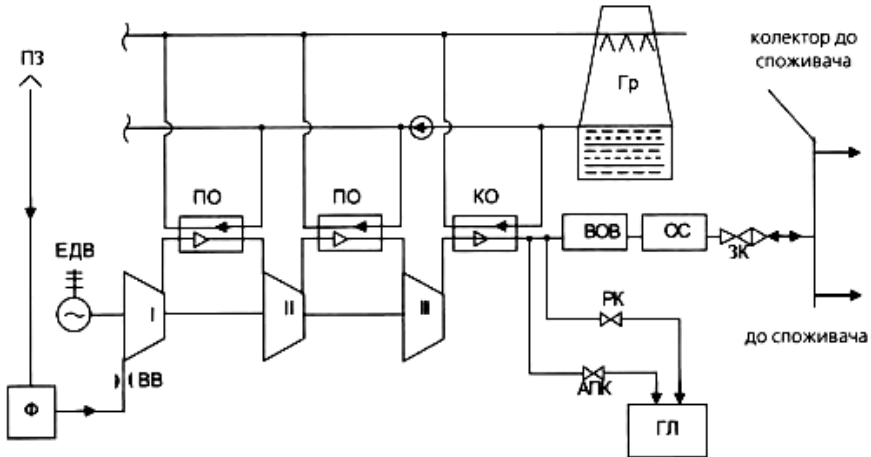


Рисунок 7.1 - Схема системи повітропостачання від турбокомпресора: ПЗ - повітрязбірник; АПК - антипомпажний клапан; Ф - фільтр; ГЛ - глушник; ЕДВ - електродвигун; Гр - градирня; ВР - вимірник витрати; ПО, КО - проміжний і кінцевий охолоджувач повітря; ВВ - вологовіддільник; ОС - осушення; I, II, III - неохолоджувані секції турбокомпресора, що містять у собі по два ступені стиску; ЗК - зворотний клапан; РК - розвантажувальний клапан

За ситуації, коли досягнений тиск заданого рівня, спрацьовують клапани, які дозволяють поршням рухатися без подачі до приймального пристрою стисненого повітря.

3 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.

4 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 можна досягти діапазону зменшення кількості повітря у відношенні 3:1 або 4:1. Як правило, для цього використовується регулювання робочого об'єму циліндрів, швидкості гвинта або турбіни, хоча на деякому устаткуванні використовуються двигуни зі змінною швидкістю. Проте завжди у разі зменшення навантаження спостерігається зниження ефективності установок.

Кільцева магістраль і розподільна мережа трубопроводів стисненого повітря більш зручні в експлуатації, ніж лінії безпосередньої подачі від виробника, тому що вони сприяють збалансованому розподілу тиску в мережі.

Повітряні магістралі розраховують на максимальну швидкість повітря 6 м/с і максимальний перепад тиску 0,01-0,02 МПа при повному навантаженні.

Втрати з витоками створюють додаткові витрати і знижують енергоефективність. Витоки створюють єдину найбільшу ділянку втрат, але, з іншого боку, найбільш простий і дешевий для прийняття рішень щодо їх усунення і контролю. Система стисненого повітря з витоками **менш 5 %** від загального споживання вважається відмінною, а система з витоками **10 %** - доброю. Для звичайної системи характерні втрати енергії з витоками до **30 %**. Залежність втрат і витоків від діаметра отвору показана в табл. 7.1.

Споживачами стисненого повітря є пневматичні інструменти, механізми і пристрої, які використовують стиснене повітря для різних виробничих операцій.

За способом перетворення енергії всі пневматичні пристрої належать до однієї із трьох груп:

1) пристрої для перетворення потенційної енергії повітря на механічну роботу:

a) з подовжньо-зворотним рухом робочого органа (молоти, молотки, вібратори, підіймач, штовхач тощо);

Таблиця 7.1 - Залежність втрат і витоків від діаметра отвору

Діаметр отвору, мм	Витоки повітря при надлишковому тиску 0,7 МПа, м ³ /год	Втрати енергії, кВт	Витрати за рік, грн/рік *
0,1	0,04	0,004	21
1	4,3	0,43	2260
3	42	4.2	22076
5	120	12	63072
10	433	43,3	227574

*Витрати на рік при працюючому компресорі: час роботи = 8760 годин, вартість електроенергії: 0,60 грн/кВт·год.

б) з обертальним рухом робочого органа (машини для обробки – фрезерні, свердлильні, шліфувальні, полірувальні тощо);

2) пристрої для перетворення потенційної енергії стисненого повітря на кінетичну енергію (пульвелізатори, фарборозпилювачі, пристрої пневматичного транспортування, обдувні пристрої);.

3) пристрої, які використовують стиснене повітря без перетворення його енергії (пневматичні пристрої – підтримки, патрони, затискачі, пристрої регулювання, автоматики, вимірювальні пристрої тощо).

Показники ефективності системи:

1 Питома витрата енергії на одиницю вироблення стисненого повітря, \bar{W} кВт·год/м³, визначається як

$$\bar{W} = \frac{W}{V}, \quad (7.1)$$

де W - витрата енергії на вироблення стисненого повітря за визначений період, кВт·год/рік, кВт·год/місяць і т. д.; V - витрата повітря за цей період, м³/рік, м³/місяць.

Величина W залежить від типу компресора, тиску, що розвивається, наявності або відсутності охолодження і змінюється в межах 80-140 кВт·год/1000 м³ стисненого повітря.

Потрібно мати на увазі, що наведені вище значення характеризують питому витрату енергії безпосередньо на виході

з компресора. У будь-якому елементі системи повітропостачання між компресором і споживачем ця величина збільшується внаслідок втрат у системі, а у споживача може бути в 1,5-2 рази вищою від наведеного значення.

2 Норма витрати стисненого повітря на одиницю продукції α , м³/од. продукції, визначається як

$$\alpha_i = \frac{V_i}{\Pi_i}, \quad (7.2)$$

де V_i — кількість стисненого повітря на випуск продукції Π у плин у певного часу, м³/рік, м³/чол., м³/зміну; Π_i - кількість одиниць продукції за той самий проміжок часу, т/рік, т/год і т.д.

Наприклад, для окремих видів продукції ця величина подана в табл. 7.2.

Таблиця 7.2 - Норма витрати стисненого повітря для окремих видів продукції

Вид продукції	Норма витрати стисненого повітря
Для окремих видів продукції чорної металургії	
вироблення чавуну	800-1000 м ³ /т
мартенівської сталі	60-140 м ³ /т
конвертерної сталі	30-50 м ³ /т
електросталі	7 м ³ /т
прокату	20-50 м ³ /т прокату
Для окремих видів хімічної продукції	
азотної кислоти	4000 м ³ /т
сірчаної кислоти	1500-2000 м ³ /т 100% кислоти
аміачної селітри	8-9 10 ³ м ³ /т
нітроамофоски	400-700 м ³ /т продукції

Наведені цифри - середньостатистичні, й на кожному окремому підприємстві можуть бути відхилення в більший або менший бік, залежно від технології, стану устаткування, умов експлуатації й т.д.

7.2 Порядок проведення енергоаудиту систем стиснутого повітря

Об'єкти енергоаудиту:

- компресорні установки;
- системи охолодження повітря;
- масло-, вологовидалювачі;
- трубопровідні мережі й арматура;
- повітрозбірники;
- градирні;
- електропривід;
- режим вироблення стисненого повітря;
- система обліку стисненого повітря.

Завдання енергоаудитора:

- визначення доцільності використання стисненого повітря;
- визначення втрат в елементах системи стисненого повітря;
- визначення планової величини споживання стисненого повітря;
- визначення питомого споживання стисненого повітря за технологіями цехами і підприємством у цілому;
- оцінення рівня ефективності споживання стисненого повітря;
- розроблення рекомендацій з упровадження енергозберігаючих заходів.

Документальна інформація:

- проектні рішення по компресорних станціях, перспективи розвитку;
- схема виробництва і розподілу стисненого повітря (параметри, спосіб і особливості прокладання міжцехових, магістральних, внутрішньоцехових повітропроводів);
- режими споживання стисненого повітря;
- тип, кількість, характеристики пневмоприймачів;
- вимоги споживачів до якості стисненого повітря);
- технічні характеристики основного і допоміжного устаткування, графіки тиску, графіки роботи та ін.;
- техніко-економічні показники роботи;

- документація до контрольно-вимірювальних приладів і засобів автоматичного регулювання і захисту, обліку вироблення і витрат стисненого повітря;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- завантаження компресорів;
- витрати і тиск повітря на вході в систему;
- витрати і тиск повітря в споживача;
- наявність конденсату, його обсяг і величина витоку;
- витрати і температура охолодженої води на вході й виході системи охолодження компресора;
- обсяг підживлення системи охолодження компресора;
- величина витоку в системі охолодження компресора.

Параметри, що вимірюються:

тиск, витрати, температура, рівень шуму та ін.

Дії енергоаудитора:

- а) провести зовнішній огляд системи стисненого повітря;
- б) визначити:
 - наявність проектної документації і ознайомитися з нею;
 - витрати стисненого повітря і випуск продукції за технологіями цехами і підприємством в цілому;
 - місця витоків стисненого повітря і їх обсяг;
 - в) скласти список споживачів стисненого повітря;
 - г) побудувати:
 - схему розподілу стисненого повітря із зазначенням параметрів трубопровідної мережі й стисненого повітря, а також намітити точки передбачуваних вимірів;
 - добовий графік споживання стисненого повітря споживачами і підприємством у цілому;
 - річний графік вироблення стисненого повітря;
 - д) здійснити вимірювання параметрів всмоктуваного і стисненого повітря;
 - е) розрахувати:
 - величину питомого споживання стисненого повітря за технологіями цехами і підприємством в цілому;
 - втрати стисненого повітря в елементах системи постачання стисненим повітрям;

є) проаналізувати:

- обсяг витоків;
- втрати тиску стисненого повітря;
- питоме споживання стисненого повітря;
- відповідність параметрів повітропроводів витратам повітря;
- графіки вироблення і споживання стисненого повітря;
- параметри повітря, що подається до споживачів;
- систему регулювання вироблення стисненого повітря;
- схему розподілу стисненого повітря;
- режими роботи електропривода компресора;
- доцільність використання стисненого повітря.

На рис. 7.2 подана у вигляді алгоритму універсальна схема аналізу системи повітропостачання, метою якої є визначення втрат у системі, установлення пріоритетів у значущості втрат і вироблення заходів, спрямований на їх зниження.

7.3 Опис основних можливостей енергозбереження

Розглянемо деякі можливості енергозбереження для кожної підсистеми.

Виробництво стисненого повітря:

1 Керування продуктивністю компресора, якщо навантаження системи змінюється у часі.

2 Запобігання неробочому ходу компресора за тривалого нульового навантаження. По можливості, компресори повинні вимикатися.

3 Регулярне очищення всмоктувального фільтра.

4 Удосконалення системи керування роботою мережі компресорів для досягнення оптимальної пріоритетності процесів вмикання і вимикання.

5 Відбір (відновлення) тепла за наявності теплового навантаження.

6 Заміна кільцевих клапанів компресорів на прямоточні.



Рисунок 7.2 – Універсальна схема аналізу системи повітропостачання

7 Усунення витоків стисненого повітря через нещільності елементів системи транспортування повітря та деталей компресора.

8 Зменшення втрат електроенергії заміною застарілих компресорів на сучасні.

Транспортування і розподілення стисненого повітря:

1 Вимикання окремих секцій мережі за допомогою вентилів.

2 Поділ системи на дві або більшу кількість систем, якщо в одній і тій самій системі використовуються різні рівні тиску.

3 Усунення витоків стисненого повітря з повітропроводів низького тиску.

4 Зменшення витоків стисненого повітря через нещільності в арматурі та шлангах.

Споживання стисненого повітря:

1 Вимкнення невикористовуваного пневмоінструменту.

2 Заміна стисненого повітря іншими енергоносіями.

3 Вибір оптимального робочого тиску стисненого повітря.

4 Підігрівання стисненого повітря перед пневмоприймачами.

7.4 Приладне забезпечення енергоаудиту систем стисненого повітря

Рекомендується включати до складу системи стисненого повітря набір постійно діючого вимірювального обладнання. Воно повинно ввійти до складу загальної системи енергетичного менеджменту на підприємстві.

Кількість необхідних вимірів залежить від того, наскільки значне споживання енергії саме системою стисненого повітря в порівнянні з іншими системами підприємства.

Складемо приблизний список необхідного устаткування:

- ватметр для кожного компресора чи групи компресорів;
- вимірник наробітку (годин), а краще – два таких лічильники на кожен компресор, один із яких вимірював би час роботи в навантаженому стані, а інший – наробіток у холостому режимі;
- лічильник вмикань/вимикань компресора;
- для систем із продуктивністю більше 500 л/с (чи більше 200 кВт) необхідно встановити лічильник кількості повітря, щоб зареєструвати дійсне споживання повітря (це може бути вимірювальна діафрагма чи вихровий витратомір).

У разі якщо ніяке стаціонарне устаткування не встановлене, то можна скористатися портативними переносними приладами:

- вимірник електричного навантаження (Вт) чи струму (А) для перевірки споживання під час роботи під навантаженням і під час холостої роботи;
- термометр для вимірювання температури повітря на вході й виході компресора;
- секундомір для перевірки продуктивності (тобто часу піднімання тиску з початку і до кінця при нульовому навантаженні). Секундомір потрібний також для порівняння часу холостої роботи з роботою під навантаженням.

8 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ НАСОСНИХ УСТАНОВОК ТА ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ

8.1 Характеристика насосних установок як об'єктів енергоаудиту

Майже 97,5 % від усіх світових запасів води - це морська. Із 2,5 % прісної води 76,5 % зосереджено в льодовиках, решта - поверхневі води у зв'язаному, напівзв'язаному та вільному стані, але у глибоких водоносних шарах. Отже, людству доступно менше 1 % прісної і близько 0,007 % від усіх світових запасів води: поверхневих і підземних при глибині залягання, економічній для експлуатації. Мінералізація води зростає з глибиною її залягання, тому більшість нагромаджених у глибоких водоносних шарах вод важко віднести до прісних.

При аналізі проектів економії енергії слід враховувати, що різні типи таких проектів передбачають різні рівні економії електроенергії, а вдосконалення водопровідної системи на різних його етапах потребує різних обсягів інвестицій, співвідношення яких відображено у відповідному графіку (рис. 8.1).



Рисунок 8.1 – Співвідношення обсягів інвестицій і економії електроенергії

На початковому етапі проекти потребують малих витрат, хоча витрати електроенергії вже тоді значно скорочуються. Середній етап передбачає майже таке саме скорочення витрат електроенергії, але з витратами у два-три рази більшими. Останній етап спрямований власне на відновлення інфраструктури. Цей етап потребує дуже значних інвестицій при відносно незначній економії енергії. Але завдяки модернізаційним заходам значно покращиться якість води у системі. На цьому етапі обов'язкове проведення енергоаудиту.

Основними споживачами електроенергії в системах водопостачання є водопровідні насосні станції (ВНС) та обладнання свердловини. Аналіз роботи цих станцій та свердловин в 15 містах України свідчить, що в більшості випадків вони споживають дуже багато електроенергії. Так, насосні агрегати на ВНС більшу частину доби працюють з ККД нижчим за 50 %.

Основними чинниками такого стану є:

- невідповідність робочих характеристик насосів фактичним умовам роботи;

- використання застарілого або недосконалого насосного обладнання з низьким ККД;
- регулювання подачі води дроселюванням засувками (переважно через невідповідність насосного обладнання умовам експлуатації);
- наявність циркуляційних потоків між напірним та всмоктувальним колекторами ВНС.

Комплекс споруд та обладнання для забору води з водних джерел, її очищення, зберігання запасів, транспортування та розподілу між споживачами називають системою водопостачання. Найвідповідальнішою ланкою в такій системі є насосні станції.

Насосна станція - це комплекс обладнання та апаратури, що забезпечує: подачу заданої кількості води в необхідному напрямку і під певним тиском, необхідні переключення в схемі, регулювання подачі води, автоматичну роботу обладнання, контроль за роботою окремих елементів схеми й основними технологічними параметрами. До основного обладнання насосних станцій відносять насоси і приводи до них (електро- та двигуни внутрішнього згоряння), а також трубопроводи з регулювальною і запірною арматурою, контрольно-вимірювальні прилади, апаратуру для автоматизації роботи станції, вентиляційне обладнання тощо. Найбільш поширені зараз лопатеві насоси: відцентрові та осьові. Функціональна схема насосної станції зображена на рис. 8.2.

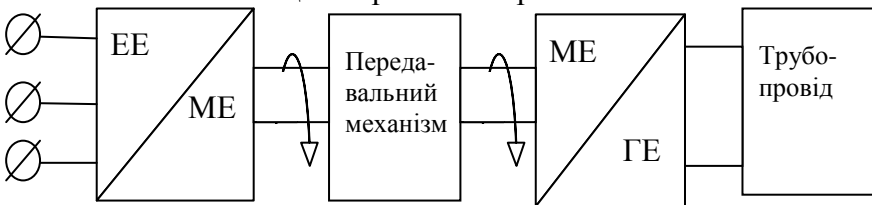


Рисунок 8.2 – Функціональна схема насосної станції

ЕЕ – електрична енергія; МЕ – механічна енергія; ГЕ – гідравлічна енергія

За своїм призначенням і розташуванням у загальній схемі водопостачання насосні станції бувають: першого і другого підйому, циркуляційні та підвищувальні.

Режим роботи насосної станції істотно залежить від зміни режимів роботи водоспоживання. Як правило, режим водоспоживання визначається багатьма, не залежними одна від одної причинами: кліматичними погодними умовами, режимом роботи підприємств і організацій міста, кількістю культурно-видовищних заходів, змістом їх програм. Режим водоспоживання звичайно характеризується добовими, тижневими і т.п. графіками водоспоживання (рис. 8.3).

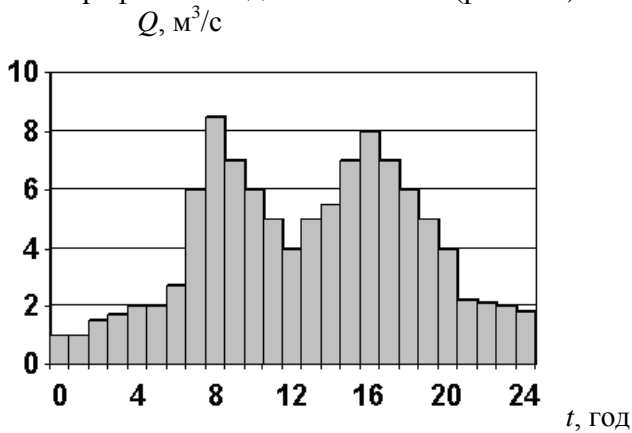


Рисунок 8.3 - Добовий графік водоспоживання

Подача насосів, які працюють безпосередньо на мережу без проміжних ємностей у кожний момент часу, дорівнює водоспоживанню (час відсутності витоків і непродуктивних витрат). У дійсності в будь-якій системі водоподачі наявні витрати і непродуктивні витрати, значення яких у багатьох випадках становлять 15-20 % загальної подачі. Отже, подача насоса повинна бути більшою водоспоживання саме на це значення.

Традиційні способи регулювання насосних установок полягають у дроселюванні в напірних лініях насосів і зміні загальної кількості працюючих агрегатів по одному з технологічних параметрів - тиску на колекторі в точці

водопровідної мережі, рівню рідини в приймальному чи регульовальному резервуарі й т. ін. Ці способи регулювання спрямовані на вирішення технологічних завдань і практично не враховують затрати на транспорт води. При такому регулюванні від 5 до 15 %, а в окремих випадках до 25-30 % споживаної електроенергії витрачається нерационально через:

- втрати напору в дросельовальному органі;
- створення надлишкових напорів у трубопровідній мережі;
- витоків і непродуктивних витрат води в мережі й у споживача;
- збільшення геометричного підйому при відкачуванні води з резервуарів каналізаційних насосних станцій і т.д.

Поява регульованого електропривода в насосних установках систем водопостачання і водовідведення дозволить створити принципово нову енергозберігаючу технологію транспорту води, у якій заощаджується не тільки електроенергія, але і зберігається теплова енергія, скорочується витрата води за рахунок зменшення витоків її при перевищеннях тиску в магістралі, коли витрата мала. При частотному регулюванні насосів можна значною мірою уникнути аварійних ситуацій за рахунок запобігання гідравлічним ударами, що виникають під час зміни режимів роботи і пуску системи при нерегульованому електроприводі.

Отримано можливість гнучкого й оперативного розв'язання завдань водопостачання і водовідведення при істотному зниженні витрати електроенергії при перекачуванні води і стоків. Однак, щоб реалізувати таку можливість, необхідно на всіх стадіях розроблення, впровадження й експлуатації систем керування режимом водоподачі мати у своєму розпорядженні максимально повну кількісну інформацію про стан об'єкта автоматизації.

Приклад енергетичної діаграми для насосної установки наведений на рис. 8.4.

З енергетичної діаграми бачимо, що рівняння енергетичного балансу для розглянутої системи матиме вигляд

$$P_{СП} = \Delta P_{д} + \Delta P_{пер} + \Delta P_{н} + \Delta P_{маг} + P_{кор}, \text{ Вт}, \quad (8.1)$$

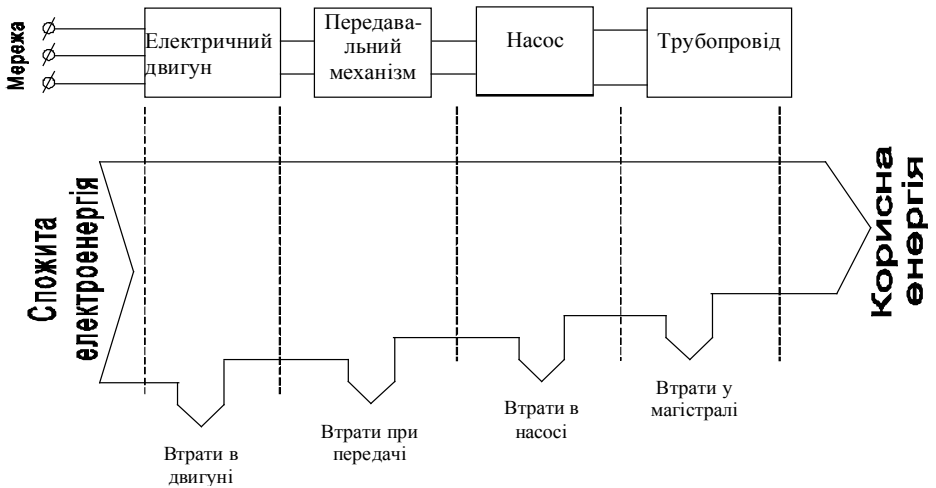


Рисунок 8.4 - Енергетична діаграма насосної установки

де $P_{СП}$ – потужність, спожита з мережі; $P_{кор}$ – потужність, що витрачається на виконання корисної роботи; ΔP_D – втрати потужності у двигуні при перетворенні електричної енергії в механічну; $\Delta P_{пер}$ – втрати потужності в передавальному механізмі при передачі механічної енергії від двигуна насоса; ΔP_H – втрати потужності в насосі при перетворенні механічної енергії в гідродинамічну; $\Delta P_{маг}$ – втрати потужності в магістралі при передачі гідравлічної енергії.

Для опрацювання карти енергоспоживання підприємства споживання електроенергії насосами досить просто оцінити, ґрунтуючись на тривалості роботи T_p їх двигунів, витрати, повному напорі й густині рідини. При цьому зручно користуватися такою формулою:

$$W = \frac{Q \cdot H \cdot \gamma}{3600 \cdot 102 \cdot \eta_1 \cdot \eta_2 \cdot \eta_3} T_p, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (8.2)$$

де Q – витрата, або дійсна подача насоса, $\text{м}^3/\text{год}$; H – напір насоса, м ; γ – густина рідини, $\text{кг}/\text{м}^3$; η_1, η_2, η_3 – ККД передачі, насоса, двигуна.

Для випадку водопостачання ($\gamma = 1000 \text{ кг}/\text{м}^3$) цей вираз спроститься:

$$W = 2,72 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{Q \cdot H}{\eta_2 \cdot \eta_3} \cdot T_p, \text{кВт} \cdot \text{год}. \quad (8.3)$$

З формули 8.2 виходить, що зниження витрати електроенергії насосом можна досягти такими способами:

- підвищити ККД передачі, а ще краще обійтися взагалі без передачі, встановивши робоче колесо насоса безпосередньо на валу двигуна;
- підвищити ККД насоса шляхом використання нових матеріалів для ущільнень, досконалим балансуванням робочих коліс, більш якісних ремонтів, заміни морально застарілих насосів новими типами насосів із високим ККД;
- підвищити ККД двигуна шляхом заміни двигуна на більш економічний, а також шляхом зміни параметрів живлячої напруги (підвищуючи $\cos \varphi$, змінюючи напругу);
- зменшити втрати напору в трубопроводах, які збільшуються при відкладеннях накипу на стінках труб, при несправних засувках, при поганому стані та засміченні всмоктувальних пристроїв і т.д.;
- скоротити витрати і втрати води шляхом усунення витоків через ущільнення, впровадження оборотного водопостачання, удосконаленням систем водоохолодження;
- раціонально регулювати роботу насоса, шляхом переходу від регулювання засувкою до регулювання зміною швидкості обертання вала двигуна або шляхом зміни числа працюючих насосів.

8.2 Проведення енергоаудиту водопостачання і каналізації

Об'єкти енергоаудиту:

- насосні установки;
- напірний і всмоктувальний трубопровід та запірно-регулювальна арматура;
- насос;
- басейни, танки, ємності для накопичення рідин (водозбірники, резервуари);
- режим роботи системи водопостачання;

- туалети та душові приміщення;
- система обліку води.

Завдання енергоаудитора:

- визначення втрат в елементах системи водопостачання;
- визначення планового значення споживання води;
- визначення можливості роботи насосних установок як споживачів-регуляторів електричного навантаження;
- складання балансу споживання води по підрозділах;
- оцінення рівня ефективності водовикористання;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- розроблення рекомендацій з упровадження заходів щодо економії води.

Документальна інформація:

- проектні рішення по насосних станціях, перспективи розвитку;
- звітна документація;
- схема водопостачання і каналізації;
- технічні характеристики основного і допоміжного устаткування;
- техніко-економічні показники роботи системи;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- звітна інформація про витрати води на господарські, побутові й пожежні потреби;
- перелік і кількість водоспоживаючого і водовідвідного устаткування;
- час роботи водоспоживаючого і водовідвідного устаткування;
- характеристики електропривода насоса;
- витоки і непродуктивні втрати;
- якість води;
- оснащеність насосного устаткування контрольно-вимірювальними приладами і засобами автоматичного регулювання витрат води.

Параметри, що вимірюються:

тиск, витрати, температура, рівень вібрації, електрична потужність, напруга.

Дії енергоаудитора:

- а) визначити наявність:

- проектної документації щодо системи водопостачання, очисних споруд, вторинного використання води;
 - акумулювальних ємностей і періодичність зміни води в них;
- б) провести зовнішній огляд насосної установки і трубопровідної мережі;
- в) скласти:
- схеми водопостачання і каналізації підприємства із зазначенням її параметрів і точок передбачуваних вимірів;
 - технологічну схему насосної станції з указаними на ній параметрами насосних установок;
- г) визначити:
- технічні характеристики і параметри мереж водопостачання і каналізації;
 - відповідність діаметрів, типорозмірів устаткування витратам води і стоків;
 - місця витоків води і їх обсяг;
 - можливість роботи насосних установок як споживачів-регуляторів електричного навантаження;
 - наявність і типи приладів обліку, контролю і регулювання витрати води в цілому по підприємству і по підрозділах, документація за їх метрологічною атестацією і перевіркою;
- д) виміряти добову витрату води підприємством;
- е) побудувати добовий графік споживання води підприємством;
- є) оцінити режим роботи електропривода кожної насосної установки;
- ж) проаналізувати:
- графіки споживання води;
 - обсяги витоків води;
 - можливість використання системи водопостачання як регулятора режиму електроспоживання;
 - баланс водоспоживання;
 - питомі витрати води;
 - режим роботи системи водопостачання і каналізації підприємства;'
 - невідповідність розрахункових і фактичних витрат води;
 - ефективність системи обліку водоспоживання.

8.3 Опис основних можливостей енергозбереження

На цьому етапі необхідно сформулювати основні заходи, впровадження яких дозволить більш ефективно використовувати енергію розглянутою насосною системою, що приведе до зменшення споживання енергоресурсів.

Значного скорочення витрати електроенергії при експлуатації насосної установки можна досягти шляхом впровадження ряду можливостей енергозбереження. Перелічимо деякі з них:

1 Заміна застарілих насосів насосами з більшим ККД (економія 3-10 %).

2 Підвищення ККД насосів до паспортних значень і мінімальні питомі витрати електроенергії на подачу води забезпечують:

- якісний ремонт насосів;
- точне балансування робочих коліс;
- заміна старих зношених ущільнювачів новими.

3 Оптимізація навантаження насосів (економія 5-10 %).

4 Установлення робочого колеса безпосередньо на валу двигуна. Якщо потужність електричного двигуна більша потужності, споживаної насосом (на 20-25%), то насос працює з найбільшим ККД.

5 Автоматизація керування режимами роботи насоса, що знижує споживання електроенергії на 5-20%.

6 Розміщення насоса якнайближче до рівня перекачуваної рідини, що призведе до економії електроенергії до 10%.

7 Розміщати діафрагмовий розширювач як 1-й елемент системи, а потім розташовувати насос на прямій лінії теплорозподільчої системи у простих замкнутих системах.

8 Необхідно робити всмоктувальний трубопровід якнайменший (скоротивши довжину патрубка на 10%, економія - 20%).

9 Необхідно збільшувати діаметр всмоктувального патрубка (при збільшенні діаметра на 20%, економія електроенергії буде 30%).

10 Поліпшення конструкції насосної системи шляхом збільшення діаметра трубопроводу. При збільшенні діаметра труби на 50 % втрати зменшаться на 75 %.

11 Якщо продуктивність насосної системи завищена, необхідно змінити передавальне число ремінної, або іншої передачі.

12 Усунення кавітації.

13 Встановлення гідроакумулятора на висоті необхідного напору з пристроєм автоматичного вимикання насосного агрегату в разі заповнення акумулятора водою (економія 3-8 %).

14 Якісне і систематичне обслуговування (зниження споживання електричної енергії на 1 % та збільшення ККД насосної установки на 1-2 %).

15 Удосконалення способів регулювання роботи насоса.

16 Правильний підбір насоса. Уточнення паспортних характеристик трубопроводів, режимів роботи після капітальних ремонтів, заміни насосів і т.д. (економія 5-15 %).

17 Для регулювання режимів роботи великих вертикальних насосів застосовувати поворотно-лопатеві виправні апарати, що встановлюються безпосередньо перед входом у насос.

18 Зменшення гідравлічного опору трубопроводів. Причинами збільшення опору трубопроводів і підвищених питомих витрат електроенергії при перекачуванні води є: неправильна конфігурація трубопроводу, несправність засувки, поганий стан і засміченість всмоктувальних пристроїв тощо (економія до 15 %).

19 До зростання гідравлічного опору системи призводить також внутрішня корозія труб - зменшується пропускна здатність трубопроводів, а отже, виникає потреба у більшому напорі, який і має забезпечити насосна станція.

20 Під час експлуатації насосів поступово збільшуються зазори між ущільнювальним кільцем і його робочим колесом унаслідок зношення ущільнювачів. У результаті збільшуються витоки рідини з напірної частини у всмоктувальну, знижується ККД насоса. Зазори необхідно регулярно перевіряти та підтримувати їх у межах, визначених технічною документацією: залежно від діаметра та типу робочого колеса.

21 Необхідно також підтримувати оптимальні зазори в підшипниках. Надто малі призводять до збільшення втрат на тертя і, відповідно, до нераціонального зростання витрат електроенергії, передчасного зношення обладнання. Щоб зменшити втрати на тертя, необхідно забезпечувати правильне центрування валів насосів і двигунів.

22 Ліквідація витоків і безгосподарних витрат води. Витоки рідини в насосних установках через нещільності з'єднань трубопроводів і запірно-регулювальний арматури призводять до прямих втрат електроенергії. Таким чином, витoki і непродуктивні витрати сягають 20-25 % від загальних витрат води; на їх перекачування витрачається додатково 20-25 % електроенергії.

23 Упровадження зворотного водопостачання на промислових підприємствах дає змогу зменшити у 2 рази витрату первинної води і забезпечити економію електроенергії на 15-20 %.

24 Скоротити витрати води можна вдосконаленням на промислових підприємствах системи охолодження.

25 Заміна глибинних насосів. На водозаборах часто експлуатуються насоси з параметрами, що не відповідають умовам свердловин, на яких вони встановлені, та системі збірних трубопроводів.

26 Реконструкція свердловин. Деякої економії електроенергії можна досягти, збільшивши дебіт свердловин або підвищивши їх динамічний рівень.

27 Зниження тиску в збірних водогонах.

28 Оптимізація роботи свердловин.

29 Оптимізація роботи водозаборів.

8.4 Загальні рекомендації з енергозбереження в електроприводі

За результатами енергоаудиту принципово можливі два підходи до підвищення енергоефективності електропривода:

- заміна недовантажених двигунів на двигуни меншої потужності;
- застосування регульованого електропривода.

Заміна недовантажених двигунів рекомендується, якщо середній коефіцієнт навантаження менший 40-45 %. Якщо навантаження лежить у межах 45-70 %, то доцільність заміни вирішується техніко-економічним обґрунтуванням.

Мета застосування будь-яких електроприводів зі змінюваною (керованою) швидкістю - це підтримка швидкості двигуна якнайближчою до оптимальної або заданої, що диктується вимогами технологічного процесу або необхідністю зниження питомої витрати електроенергії. Оцінювальні значення економії електроенергії у разі заміни нерегульованого електропривода регульованим такі:

- для вентиляційних систем - 50 %;
- для компресорів - 40-50 %;
- для повітродувок і вентиляторів – 30 %;
- для насосів – 25 %.

Загальні рекомендації з енергозбереження, що стосуються будь-яких електродвигунів:

1 Електродвигуни повинні бути ретельно підібрані відповідно до потреб навантаження.

2 Повинен бути встановлений ефективний захист від ушкодження крильчаток вентиляторів на осях електродвигунів.

3 Необхідно поліпшувати елементи трансмісії.

4 Необхідно розглянути можливість установалення приводів зі змінною швидкістю, особливо там, де двигуни значну частину часу працюють з неповним навантаженням.

5 Необхідно використовувати лише енергоефективні електродвигуни, оскільки річна вартість річного споживання енергії електродвигунами може в кілька разів перевищувати вартість самих електродвигунів.

6 Необхідно відмовитися від експлуатації несправних або погано відремонтованих електродвигунів. Якщо ремонт електродвигунів технічно неминучий і економічно доцільний, то потрібно проводити його без зміни номінальних даних електродвигунів.

7 Електродвигуни верстатів, що працюють без потреби, повинні легко вимикатися. Необхідно передбачати обмеження неробочого ходу.

9 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ ХОЛОДИЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ

9.1 Характеристика холодильних систем як об'єктів енергоаудиту

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, вимірявши 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.

Штучне охолодження використовується в промисловості для охолодження і заморожування продуктів, конденсації пари, збереження екологічних умов, а також збереження продуктів у холоді.

Для визначення ефективності охолодження для енергоаудиту важливий холодильний коефіцієнт системи ε (COP).

Холодильний коефіцієнт системи - безрозмірна величина (звичайно більше одиниці), що характеризує енергетичну ефективність роботи холодильної машини і дорівнює відношенню досягнутого охолодження Q_x до споживаної двигунами компресорів та допоміжного обладнання ефективної потужності N :

$$\varepsilon = \frac{Q_x}{N}, \quad (9.1)$$

$$Q_x = 0,6 \cdot E_k \cdot W, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (9.2)$$

$$E_k = \frac{T_e}{T_c - T_e}, \quad (9.3)$$

де E_k – ККД Карно; T_c – температура конденсації, K ; T_e – температура випарювання, K .

Чим більш вищий COP, тим система більш ефективна.

Для охолодження тіла використовують різні фізичні явища: теплообмін з навколишнім середовищем, що має більш низьку температуру, зміну агрегатного стану речовини, розширення й дроселювання газів та ін. Під охолодженням розуміють відвід теплоти від тіл і передачу її іншим тілам або в навколишнє середовище.

Машини, що здійснюють штучне охолодження за допомогою підведеної енергії, називаються холодильними.

Вони підрозділяються на:

- компресійні, робота яких базується на послідовному здійсненні процесів розширення й стиску робочого тіла;
- тепловикористовуючі, у яких охолодження об'єкта пов'язане зі споживанням теплоти;
- струминні, що базуються на споживанні кінетичної енергії потоку пари або газу;
- термоелектричні, що використовують електроенергію в послідовно поєднаних на спаях однорідних металах та ін.

Установку, що забезпечує в охолоджуваному об'єкті температуру, нижчу за навколишнє середовище, називають **холодильною**. Вона складається з холодильної машини й допоміжних пристроїв, що забезпечують її роботу. Теплота від охолоджуваного об'єкта відводиться або холодильним агентом (система безпосереднього охолодження), або холодоносієм (вторинним холодильним агентом).

Холодильним агентом називають робочу речовину в холодильній машині, що поглинає теплоту в процесі кипіння при низькій температурі, що й віддає його в процесі конденсації пари при більш високій температурі. Як холодильні агенти застосовують фреони, аміак, вуглеводні й інші речовини. Холодоносій - це проміжна речовина, що служить для відведення теплоти від охолоджуваних об'єктів і передачі його холодильному агентові. При температурах вище 0°C холодоносієм є вода, при температурах нижче 0°C - розчини

кухонної солі ($-21,4^{\circ}\text{C}$), хлористого кальцію (-55°C), фреон ($-96,7^{\circ}\text{C}$) та інші речовини.

У промисловості основна частина морозильного устаткування є установками компресійного типу. Розглянемо схему простої одноступінчастої холодильної установки (рис. 9.1).

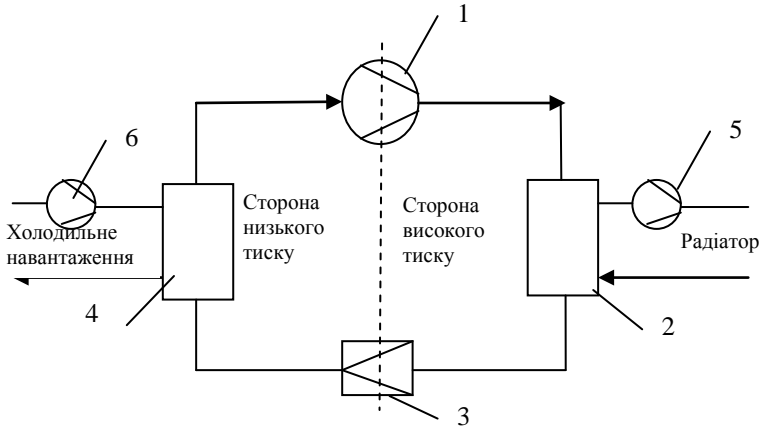


Рисунок 9.1 – Схема простої одноступеневої холодильної системи: 1 – компресор; 2 – конденсатор; 3 – розширювальний клапан; 4 – випарник; 5 – насос або вентилятор для охолодження конденсатора; 6 – насос або вентилятор для холодної сторони

Холодоагент при стисканні в компресорі сильно нагрівається. Для відведення від нього теплоти, він подається в радіатор, де за допомогою штучного або природного охолодження він дещо знижує свою температуру. Потім стиснений і охолоджений холодоагент подається в розширювальний клапан, проходячи через який, розширюється, внаслідок чого його температура сильно знижується. У такому вигляді холодоагент подається у випарник, де відбувається теплообмін із холодильним навантаженням (безпосередньо або за допомогою вторинного холодоносія). Відпрацьований холодоагент подається в компресор і процес повторюється. Такий цикл роботи є основою для більшості морозильних пристроїв.

Рівняння енергетичного балансу для холодильної системи функціональна схема якої подана на рис. 9.2, матиме вигляд

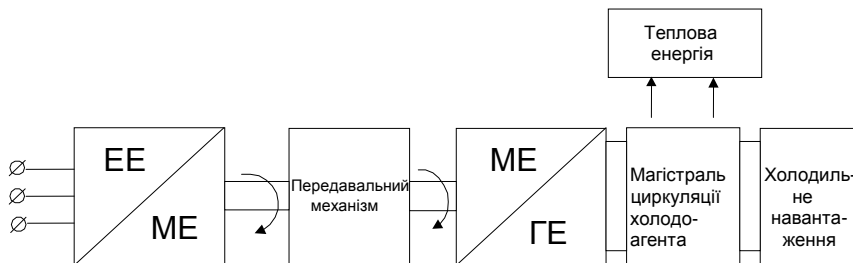


Рисунок 9.2 - Функціональна схема холодильної системи
 ЕЕ – електрична енергія; МЕ – механічна енергія; ГЕ – гідравлічна енергія

$$P_{\text{спож}} = \Delta P_{\text{д}} + \Delta P_{\text{пер}} + \Delta P_{\text{к}} + \Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{кон}} + \Delta P_{\text{вип}} + \Delta P_{\text{х.н}} + \Delta P_{\text{р}} + P_{\text{кор}}, \text{ Вт}, \quad (9.4)$$

де $P_{\text{спож}}$ – потужність, споживана з мережі; $P_{\text{кор}}$ – потужність, затрачувана на виконання корисної роботи; $\Delta P_{\text{д}}$ – втрати потужності у двигуні при перетворенні електричної енергії в механічну; $\Delta P_{\text{пер}}$ – втрати потужності в передавальному механізмі при передачі механічної енергії від двигуна компресору; $\Delta P_{\text{к}}$ – втрати потужності в компресорі при перетворенні механічної енергії в гідродинамічну; $\Delta P_{\text{маг}}$ – втрати потужності в магістралі при передачі гідродинамічної енергії; $\Delta P_{\text{вип}}$ – втрати потужності у випарнику при теплообміні; $\Delta P_{\text{кон}}$ – втрати потужності в конденсаторі при примусовому охолодженні холодоагента; $\Delta P_{\text{р}}$ – втрати потужності в розширювальному клапані; $\Delta P_{\text{х.н}}$ – втрати потужності на охолодження некорисного холодильного навантаження.

Затрачувана потужність на виконання корисної роботи може бути визначена за такою формулою

$$P_{\text{кор}} = Q \cdot H, \quad (9.5)$$

де H - повний тиск (напір), що розвивається компресорною установкою, який є різницею повних тисків потоку при виході з компресорної установки й при вході в неї, Па; Q - продуктивність (об'ємна витрата), що становить об'ємну кількість газу, що надходить у компресорну установку за одиницю часу, м³/с.

Необхідний потік холодоагенту на виході компресорної установки отримується шляхом перетворення механічної енергії в гідродинамічну за допомогою компресора.

Необхідна механічна потужність, що забезпечує обертання вала компресора, може бути визначена за формулою

$$P_{\text{мех}} = M \cdot \omega, \quad (9.6)$$

де M – обертальний момент на валу компресора, Н·м; ω – частота обертання вала компресора, с⁻¹.

Необхідний обертальний момент на валу компресора забезпечується шляхом перетворення, як правило, електричної енергії в механічну за допомогою електродвигуна.

Споживана з мережі електрична потужність може бути визначена за формулою

$$P_{\text{ел}} = U \cdot I \cdot \cos(\varphi), \quad (9.7)$$

де U – напруга живильної мережі, В; I – споживаний з мережі струм, А; $\cos(\varphi)$ – коефіцієнт потужності.

При перетворенні енергії неминуче виникають втрати. Величина, що показує, яка частина сумарної підведеної енергії корисно використовується в розглянутому пристрої (тобто енергетичну ефективність роботи пристрою), називається ККД і визначається за формулою

$$\eta = \frac{P_{\text{кор}}}{P_{\Sigma}}, \quad (9.8)$$

де $P_{\text{кор}}$ – потужність, що витрачається на виконання корисної роботи; P_{Σ} – сумарна споживана потужність.

На підставі побудованого балансу й виконаних вимірювань визначають теоретичний і фактичний ККД роботи холодильної установки.

Далі виконують їх порівняння і роблять висновок:

- якщо $\eta_{\text{факт}} \geq \eta_{\text{теор}}$, то обстежувана установка працює із закладеною у проекті ефективністю;
- Якщо $\eta_{\text{факт}} < \eta_{\text{теор}}$, то необхідно виявити ділянки, втрати енергії на яких більші ніж закладені у проекті.

Існує три основних класи холодоагентів залежно від необхідного рівня температури:

- охолодна вода - використовується для охолодження приблизно до 15°C , хоча ця температура може варіюватися залежно від температури навколишнього середовища;
- крижана вода – використовується там, де потрібна температура від 4°C до 15°C ;
- розсоли – використовуються там, де потрібна температура від -20°C до $+4^{\circ}\text{C}$ залежно від використовуваного розчину.

На рис. 9.3 і 9.4 подані схеми охолодження.

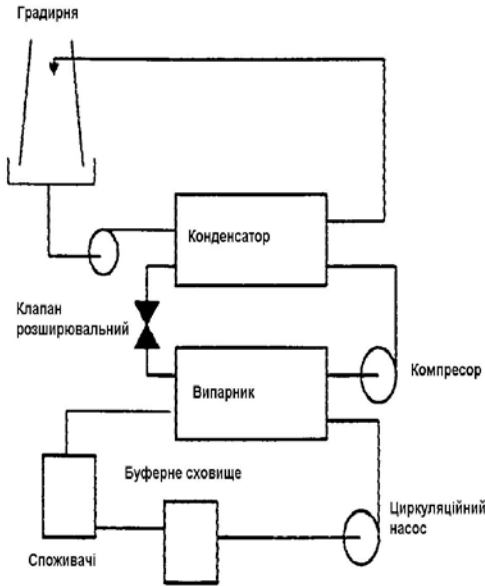


Рисунок 9.3 - Відкрита схема охолодження

Градирня. Вона використовується для добування тепла з охолодної води або у разі, якщо системи містять механічне охолодження, можуть використовуватися для конденсації охолодних газів. У відкритих охолоджувальних системах поворотна охолодна вода розпоршується в градирні й проохолоджується шляхом випарювання і теплопередачі між повітрям і водою. Звичайно 80 % охолодження здійснюється за рахунок випарювання. У закритих охолоджувальних системах охолодна вода проходить через пучок труб у градирні й проохолоджується безпосередньо повітряним

потоком чи випарюванням охолодного потоку води. Більшість градирень мають примусову циркуляцію повітряного потоку, хоча існують і градирні з природною циркуляцією.

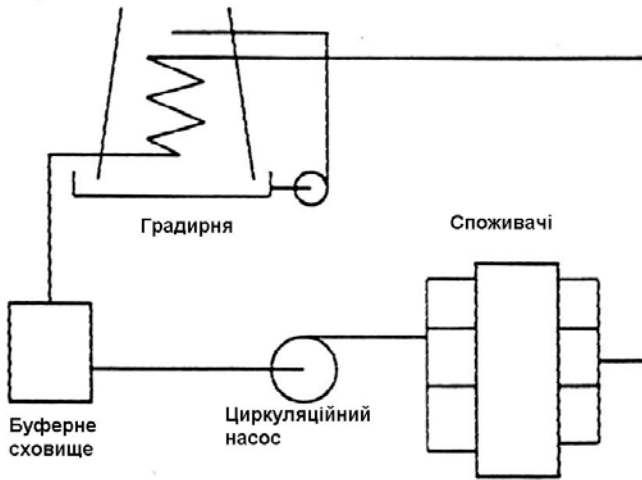


Рисунок 9.4 - Закрита система охолодження

Циркуляційні насоси. Вони використовуються для перекачування охолодної води, крижаної води чи розсолів із градирні з природною циркуляцією.

Буферні сховища. Використовуються для збереження охолодної води, крижаної води чи розсолів. У системах з механічним охолодженням є холодильник, що складається з компресора, випарника, конденсатора і розширювального клапана, а якщо це абсорбційне охолодження, тоді ще й абсорбційної установки.

9.2 Порядок проведення енергоаудиту холодильних систем

Об'єкти енергоаудиту:

- холодильні установки;
- трубопроводи;
- дроселі;
- конденсатори;
- випарувачі;

- градирні;
- електропривод;
- режим роботи системи;
- автоматизована система керування.

Завдання енергоаудитора:

- визначення втрат у системі холодопостачання;
- визначення питомого споживання холоду;
- визначення планової величини споживання холоду;
- складання балансу споживання холоду;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- оцінка рівня ефективності споживання холоду;
- розроблення рекомендацій з упровадження енергозберігаючих заходів.

Документальна інформація:

- проектні рішення із системи холодопостачання, перспективи її розвитку;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- схема системи холодопостачання, ємність системи, тип тепловідвідного пристрою, холодоагент, що використовується, наявність проміжного холодоагента і його характеристика.

Параметри, що вимірюються:

температура, витрати, рівень вібрації, тиск.

Дії енергоаудитора:

- а) визначити наявність проектної документації і ознайомитися з нею;
- б) провести зовнішній огляд трубопроводів і холодильних установок;
- в) скласти:
 - список споживачів холоду;
 - схему транспортування холодоагента із зазначенням її параметрів і точок передбачуваних вимірів;
 - схему обмінних процесів;
- г) побудувати добовий графік споживання холоду;
- д) визначити:
 - місця витоків холодоагенту і їх обсяг;
 - питоме споживання холоду;

е) проаналізувати:

- робочі параметри холодильних установок, їхні режими роботи і завантаження;
- характеристики електроприводів компресорів, вентиляторів і насосів;
- обсяги витоків;
- питоме споживання холоду;
- графіки вироблення холоду;
- режим роботи системи споживання холоду;
- характеристики електроприводів компресорів, вентиляторів і насосів, системи регулювання температури у споживача;
- дотримання параметрів холодильного циклу (настроювання дроселів), рівня рідини в конденсаторі і випарники;
- наявність повітря в холодильному контурі;
- температури на вході і виході і витрати охолоджувальної води;
- стан градирень, трубопроводів і камер, обмерзання поверхні;
- величини підживлення охолоджувальної води.

9.3 Опис основних можливостей енергозбереження

Типові можливості для економії в системах охолодження:

- уникати переохолодження;
- поліпшення термоізоляції холодильних камер і зменшення їхньої внутрішньої вентиляції;
- потрібно підвищувати ефективність шляхом збільшення рівня температури на холодній стороні і зниження рівня температури на гарячій стороні;
- поліпшення розморожувальної системи;
- уникати відкритих дверей і мінімізувати їхній час відкриття;
- якщо навантаження мінливе, холодильна машина повинна мати автоматичне керування, наприклад, за допомогою термостата;
- зменшення кількості тепла, що віддається в холодильній камері різними об'єктами – насосами, освітленням, людьми і т. д.;
- теплопередача на випарнику і на конденсаторі повинна бути якнайкраща;

- уникати роботи компресорів у напівнавантаженому стані, особливо це стосується гвинтових насосів;
- заміна наявного двигуна двигуном меншої потужності або сучасним "економічним" двигуном;
- заміна морозильного устаткування старого типу з низьким ККД сучасним морозильним обладнанням з відповідними теплоізолювальними властивостями;
- вимкнення морозильного обладнання холодної пори року (якщо дозволяє температура навколишнього повітря);
- зменшення теплових втрат у мережі передачі холодоагенту за рахунок поліпшення термоізоляції;
- контроль повітряно-вентиляційної системи конденсатора.

Мінімальний набір портативних приладів для експрес-діагностики холодильних камер містить у собі:

- інфрачервоний термометр для дистанційного вимірювання температур внутрішніх і зовнішніх поверхонь огорожувальних конструкцій;
- вимірники щільності теплового потоку з досить широким діапазоном вимірюваних величин;
- термогігрометри для вимірювання температури й відносної вологості повітря в камерах і суміжних приміщеннях, а також зовнішнього повітря;
- контактні термометри для вимірювання температур вхідної продукції і тої, що відвантажується;
- термоанеметри для вимірювання температури й швидкості повітря;
- ультразвуковий товщиномір для визначення фактичної товщини трубопроводів.

Значно більшу точність виміру температур забезпечує проведення тепловізійних обстежень огорожувальних конструкцій, які дозволяють з великою ймовірністю визначити дефектні зони теплоізоляційних конструкцій і оцінити якість теплоізоляції камер при їх модернізації або реструктуризації.

10 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА КОНДИЦІОНУВАННЯ

10.1 Характеристика систем вентиляції та кондиціонування як об'єктів енергоаудиту

Електроенергія в системах вентиляції витрачається на роботу припливних і витяжних вентиляторів, циркуляційних насосів систем утилізації теплоти вентиляційних викидів.

Кількість споживаної електричної енергії визначається встановленою потужністю електродвигунів для приводів вентиляторів і насосів, а також тривалістю їхньої роботи за певний період часу (найчастіше за рік).

Для знаходження потужності вентиляторів і насосів необхідно також знати дійсні напори, що розвиваються вентилятором і насосом. Дійсний напір, створюваний вентилятором або насосом, необхідний для подолання робочим середовищем усіх аеродинамічних опорів у повітропроводах, повітророзподільниках, фільтрах, калориферах та ін.

Функціональна схема системи вентиляції і кондиціонування зображена на рис. 10.1.



Рисунок 10.1 - Функціональна схема системи вентиляції і кондиціонування:

ЕЕ – електрична енергія; МЕ – механічна енергія; АЕ – гідравлічна енергія

Для одержання "фотографії" розподілу енергії всередині розглянутого об'єкта й виявлення складових рівняння енергобалансу доцільно побудувати енергетичну діаграму об'єкта, яка наочно подає обумовлені величини й взаємозв'язок між ними (рис. 10.2).

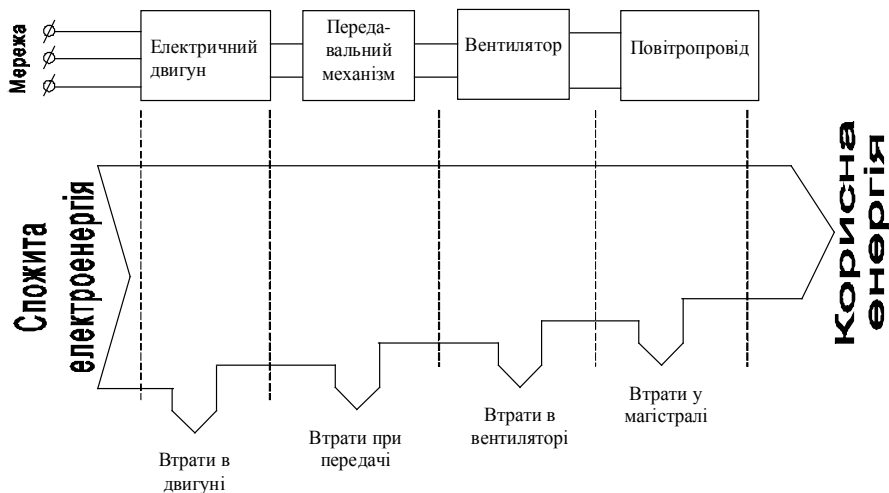


Рисунок 10.2 – Енергетична діаграма системи вентиляції

Рівняння енергетичного балансу для розглянутої системи має вигляд

$$P_{\text{спож}} = \Delta P_{\text{д}} + \Delta P_{\text{пер}} + \Delta P_{\text{в}} + \Delta P_{\text{маг}} + \Delta P_{\text{кор}}, \text{Вт}, \quad (10.1)$$

де $P_{\text{спож}}$ – потужність, спожита з мережі; $P_{\text{кор}}$ – потужність, що витрачається на виконання корисної роботи; $\Delta P_{\text{д}}$ – втрати потужності у двигуні при перетворенні електричної енергії в механічну; $\Delta P_{\text{пер}}$ – втрати потужності в передавальному механізмі при передачі механічної енергії від двигуна вентилятору; $\Delta P_{\text{в}}$ – втрати потужності у вентиляторі при перетворенні механічної енергії в аеродинамічну; $\Delta P_{\text{маг}}$ – втрати потужності в магістралі при передачі аеродинамічної енергії.

На підставі побудованого балансу й виконаних вимірювань визначають теоретичний і фактичний ККД роботи вентиляційної установки. Далі виконують їх порівняння і роблять висновок:

- якщо $\eta_{\text{факт}} \geq \eta_{\text{теор}}$, то обстежувана установка працює із закладеною у проекті ефективністю;
- якщо $\eta_{\text{факт}} < \eta_{\text{теор}}$, то необхідно виявити ділянки, втрати енергії на яких більше закладених у проекті.

10.2 Порядок проведення енергоаудиту систем вентиляції та кондиціонування

Об'єкти енергоаудиту:

- вентиляційні установки;
- вентиляційні мережі;
- теплообмінники;
- калорифери;
- кондиціонери;
- електропривід;
- режим роботи системи вентиляції, підігріву повітря і кондиціонування.

Завдання енергоаудиту:

- визначення планової величини споживання повітря;
- визначення втрат в елементах системи вентиляції;
- визначення питомого споживання повітря за технологіями, цехами і підприємством в цілому;
- оцінення рівня ефективності режиму роботи системи вентиляції, підігріву повітря і кондиціонування;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- розроблення рекомендацій з упровадження ЕЗЗ.

Документальна інформація:

- проектні рішення із системи і перспективи розвитку;
- характеристика системи (фактичні коефіцієнти завантаження і вмикання, температура повітря в приміщенні, середня температура зовнішнього повітря, кратність повітрообміну, температури, відносної вологості, швидкості повітря, літньої та зимової температури повітря, що надходить до приміщення, температури зовнішнього повітря, повітрообміну й інфільтрації повітря);
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- добовий графік роботи;
- розміри приміщення.

Параметри, що вимірюються:

температура, вологість, швидкість, витрати повітря, час, лінійні розміри приміщень.

Дії енергоаудитора:

а) провести зовнішній огляд систем примусової вентиляції, підігріву повітря і кондиціонування;

б) визначити:

- наявність проектної документації і ознайомитися з нею;
- параметри системи кондиціонування і їх розрахункових характеристик (із проекту будівлі);
- параметри і характеристики приміщень (розміри приміщення; температура, відносна вологість, швидкість повітря в приміщенні; літня та зимова температура повітря, що надходить до приміщення; повітрообмін; інфільтрація повітря);

в) побудувати:

- схему системи вентиляції із зазначенням параметрів вентиляційної мережі та вентиляторів і точок передбачуваних вимірів;
- добовий графік електричного навантаження системи вентиляції і кондиціонування;
- річний графік середньодобової температури зовнішнього повітря;

г) здійснити вимірювання параметрів повітря, що надходить до споживачів;

д) розрахувати питоме споживання повітря за технологіями, цехами і підприємством у цілому;

е) проаналізувати:

- режим роботи і відповідність обраної системи кондиціонування характеристикам приміщення;
- розрахункове навантаження установок;
- добовий графік роботи установок;
- обсяг витоків;
- можливості регулювання продуктивності систем;
- параметри повітря, що надходить до споживачів;
- ефективність розподілу повітря.

10.3 Опис основних можливостей енергозбереження

Можливості енергозбереження в системах вентиляції:

1 Модифікація основного і допоміжного електроустаткування.

2 Скорочення тривалості відчиненого стану дверей.

3 Блокування вентиляторів повітряних завіс із механізмом відчинення воріт (економія до 20 %).

4 Зменшення витоків з вентиляційних повітроводів.

5 Вимкнення вентиляторів у позаробочий нічний час (економія до 20 %).

6 Узгодження існуючої продуктивності вентиляторів з фактичним навантаженням.

7 Автоматизація керування продуктивністю.

8 Автоматизація керування вентиляційними системами з урахуванням температури зовнішнього повітря.

9 Використання місцевих витяжних пристроїв.

10 Удосконалювання конструкції вентиляційної системи.

11 Застосування сучасних типів вентиляторів.

12 Застосування багатошвидкісних електродвигунів замість регулювання шиберами в напірній лінії вентиляційної установки (економія 20-30%).

13 Регулювання подачі повітродувок шиберами на всмоктуванні замість регулювання на нагнітанні (економія 15%).

14 Регулювання витяжної вентиляції шиберами на робочих місцях замість регулювання на нагнітанні (економія до 10%).

15 Блокування індивідуальних витяжних систем із робочими механізмами (економія до 25-30%).

16 Якісне і систематично обслуговування.

17 Заміна загальнообмінних цехових систем вентиляції на місцеві індивідуальні рекуперативні системи витяжки, розташовані в зонах шкідливих викидів, заощаджує до 50% електроенергії.

До заходів щодо економії електроенергії в системах кондиціонування належать такі:

1 Вмикання кондиціонера тільки за необхідності.

2 Зменшення до мінімально необхідного значення температури уставки на охолодження і нагрівання повітря.

3 Виключення просочування повітря з некондиційованих приміщень.

4 Зменшення витoku в клапанах.

5 Мінімізація кількості повітря, яке подається до приміщення.

6 Підтримка устаткування у відлагодженому стані, своєчасний ремонт.

7 Використання регенерації енергії між потоками відпрацьованого і свіжого повітря.

Кондиціонер повинен працювати тільки в робочий час співробітників і відключатися після закінчення роботи. Система повинна бути або охолоджувальною, або нагрівальною. Нагрівання повинне здійснюватися при температурах у приміщенні нижче ніж 18°C , охолодження необхідне, щоб температура не піднялася вище ніж 26°C .

10.4 Приладне забезпечення і розрахунок систем вентиляції

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 переліченого 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.

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

$$P_{\max} = M \cdot \omega, \quad (10.2)$$

де M – момент, що розвивається двигуном, Н·м; ω – частота обертання вала двигуна, с^{-1} .

Вимірювання частоти обертання, як правило, здійснюється за допомогою лічильників обертів, тахометрів і стробоскопів.

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

$$P_{\text{мех}} = P_{\text{ел}} + \Delta P, \quad (10.3)$$

де $P_{\text{мех}}$ – споживана двигуном електрична потужність, Вт; ΔP – втрати у двигуні за фактичного завантаження.

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

$$P_{\text{аеродин}} = Q \cdot H, \quad (10.4)$$

де H – повний тиск (напір), який розвивається вентиляторною установкою, що є різницею 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, $\text{м}^3/\text{с}$.

Повний тиск у 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

$$H = P_{ст} \pm v \cdot \frac{\rho}{2}, \quad (10.5)$$

де $P_{ст}$ - вимірний 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, звукувальний 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:

$$Q = v \cdot F, \quad (10.6)$$

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 вимірювання вологості повітря).

11 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ В ОСВІТЛЮВАЛЬНИХ СИСТЕМАХ, СИСТЕМАХ ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ

11.1 Характеристика джерел світла як об'єктів енергоаудиту

Створення необхідного світлового клімату для ефективного сприйняття зорової інформації - це основне завдання освітлення, зокрема - штучного електричного освітлення.

У сучасних джерелах світла електрична енергія перетворюється в основному двома шляхами:

- за допомогою нагрівання тіла електричним струмом (теплові методи);
- за допомогою електричного розряду в газах і парах металів (розрядні).

Розрізняють енергетичні, світлотехнічні, електротехнічні і експлуатаційні показники джерел світла. До енергетичних показників відносять:

- енергетичний ККД лампи

$$\eta_{ен.л} = \frac{\Phi_{н.л}}{P_{л}}, \quad (11.1)$$

де $\Phi_{нл}$ – повний потік випромінювання лампи, Вт; $P_{л}$ – потужність лампи, Вт.

- ефективний ККД потоку випромінювання лампи

$$\eta_{еф.л} = \frac{\Phi_{еф.л}}{\Phi_{н.л}}, \quad (11.2)$$

де $\Phi_{еф.л}$ – ефективний потік випромінювання лампи.

Освітлювальні прилади містять джерело світла й оптичну систему з допоміжною арматурою і призначені для освітлення різних об'єктів. Вони підрозділяються на два класи:

- освітлювальні прилади ближнього світла – світильники;
- освітлювальні прилади далекої дії – прожектори.

А також:

- світло інформаційного призначення - проєктори;
- світлосигналізаційні;
- опромінювальні.

11.2 Методи розрахунку систем освітлення, визначення витрат

Витрата електроенергії на освітлення становить у середньому 8-10 % від загального споживання енергії в машинобудуванні, 15-25 % - у текстильній, електронній і поліграфічній промисловості.

Упровадження нових прогресивних джерел світла, застосування світильників із високим ККД, упровадження нових конструкцій відбиваючої арматури і раціональних схем

освітлення дозволяють у багатьох випадках різко підвищити ефективність електроосвітлювальних установок, збільшити освітленість робочих місць, досягти економії електроенергії.

На сьогодні значного поширення набули газорозрядні лампи, які економічніші, ніж лампи розжарювання. Світлова віддача вітчизняних люмінесцентних ламп лежить у межах 42-62 лм/Вт і значно перевершує світлову віддачу ламп розжарювання, яка становить 5-20 лм/Вт.

Річні втрати електроенергії від використання ламп розжарювання замість люмінесцентних становлять:

$$\Delta W = P_p \cdot \left(1 - \frac{\eta_p}{\eta_l} \right) \cdot \tau_{oc}, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (11.3)$$

де P_p – сумарна потужність ламп розжарювання, кВт; η_p , η_l – світлова віддача ламп розжарювання і люмінесцентних відповідно, лм/Вт; τ_{oc} – число годин використання освітлювального навантаження, год.

За завищеної потужності освітлювальних установок річні втрати електроенергії визначаються за виразом

$$\Delta W = (P_\phi - P) \cdot \tau_{oc}, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (11.4)$$

де P_ϕ - фактична потужність ламп, кВт; P - потужність ламп, визначена проектом або необхідна за нормами освітлення, кВт.

У випадку вмикання джерел світла в денний час через порушення графіків вмикання і вимикання освітлення втрати електроенергії можна обчислити за встановленою потужністю освітлення даного цеху або ділянки і за тривалістю увімкненого стану освітлення в денний час:

$$\Delta W = P \cdot \tau, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (11.5)$$

де P - потужність усіх ламп, увімкнених у денний час, кВт, τ - тривалість увімкненого стану освітлення в денний час, год.

Забруднення світильників речовинами, що знаходяться в повітрі виробничих приміщень, призводить до різкого зниження їх ККД. Тому постійне підтримування світильників чистими має велике значення для раціонального використання електроенергії в електроосвітлювальних установках.

Очищення від бруду ламп і світильників у приміщеннях зі значним виділенням пилу і/або диму повинні проводитися двічі на місяць, в інших приміщеннях - один раз на три місяці, в установках зовнішнього освітлення - один раз на чотири місяці.

При проектуванні систем освітлення використовують різні методи розрахунку, в т.ч.:

- метод послідовних наближень - сучасний метод проектування, досить точний, але трудомісткий;
- метод світлового потоку; він досить простий, виходить із припущення однакової освітленості по всій площі, тому використовується частіше, і відповідно до цього методу кількість необхідних ламп визначається в такий спосіб

$$N = \frac{F \cdot A}{\Phi \cdot L \cdot K_i}, \quad (11.6)$$

де F - необхідний рівень освітленості на робочому місці, лк; A - площа приміщення, м²; Φ - світловий потік у люменах на одну лампу; L - коефіцієнт втрати світлового потоку; K_i - коефіцієнт використання.

Нормовані значення освітленості наводяться для робочої поверхні (горизонтальної, вертикальної чи похилої площини), на якій розташовуються візуальні об'єкти розв'язуваної зорової задачі. За відсутності конкретної інформації як робочу поверхню можна розглядати горизонтальну площину, що знаходиться на рівні 0,8 м від підлоги (умовна робоча поверхня).

Як правило, норми освітленості визначають найменшу освітленість. За час нормальної експлуатації освітлювальної установки в точках робочої поверхні освітленість не повинна бути меншою встановлених нормами найменших значень.

Регулятори освітлення є дуже ефективним засобом скорочення витрат на освітлення, однак перед їх установкою попередньо необхідно вивчити характер зайнятості приміщення в цілому і його окремих частин. Розрізняють ручні й автоматичні регулятори освітлення:

- фотоелектричні – забезпечує вимкнення освітлення при його надлишку і ввімкнення при недоліку;

- безконтактні регулятори – це локальні регулятори, що реагують на присутність (ефект близькості) людей у приміщенні;
- регулятори з таймером – вимикає освітлення у фіксований час.

11.3 Порядок проведення енергоаудиту систем освітлення

Об'єкти енергоаудиту:

- система штучного освітлення;
- система природного освітлення;
- електричні освітлювальні пристрої;
- освітлювальна мережа;
- поверхні приміщень.

Завдання енергоаудитора:

- визначення рівня освітлення;
- складання балансу електроспоживання освітлювальними установками;
- оцінення втрат напруги в системі освітлення;
- оцінення рівня ефективності режиму роботи освітлювальних установок;
- визначення принципу регулювання освітлення;
- розроблення рекомендацій з упровадження ЕЗЗ.

Документальна інформація:

- проектні рішення із системи освітлення (вид системи освітлення; розряд зорових робіт; тип і кількість установлених світильників; тип, кількість і потужність освітлювальних установок; характеристика поверхонь приміщення (коефіцієнт відбиття підлоги, стелі і стін); вимоги до передачі кольору; розміри приміщень і висота підвішування світильників; характеристика приміщень щодо виділення пилу; характеристика освітлювальної мережі (кількість групових ліній, а також кількість, матеріал і переріз жил групових ліній); дані про категорійність із електропостачання системи освітлення);
- експлуатаційно-ремонтна документація.

Параметри, що вимірюються:

лінійні розміри приміщень, висота підвісу світильників, відстань між рядами світильників, освітленість, активна потужність, напруга.

Дії енергоаудитора:

а) провести зовнішній огляд елементів системи освітлення;

б) визначити:

- наявність проектної документації і ознайомитися з нею;
- режим роботи системи освітлення;
- рік установки світильників;
- нормований рівень освітленості на робочій поверхні;
- періодичність чищення світильників;

в) побудувати:

- план розміщення і схему живлення освітлювальних установок;
- добові графіки напруги на вводах щитів живлення освітлення;

г) здійснити вимірювання:

- рівнів освітленості на робочих місцях, проходах і місцях загального користування;
- рівнів напруги на затискачах світильників;

д) розрахувати:

- втрати напруги в системі освітлення;
- річне електроспоживання освітлювальними установками підприємства в цілому;

е) проаналізувати:

- фактичний стан світильників (забруднення, технічний знос);
- рівні фактичного освітлення;
- необхідність переходу на інші типи світильників;
- надійність живлення робочого та аварійного освітлення;
- ефективність використання встановлених освітлювальних установок;
- способи автоматизації системи освітлення.

11.4 Опис основних можливостей енергозбереження

1 Облаштування відбивачами простих люмінесцентних світильників, які працюють понад 5000 годин на рік. Це дозволяє збільшити світловий потік до двох разів або за того самого світлового потоку вдвічі скоротити кількість ламп.

2 Максимально використовувати переваги природного освітлення. Економія електроенергії в громадських будинках може досягти 50 %.

3 Заміна ефективнішими джерелами світла звичайних ламп розжарювання, що працюють понад 4000 годин на рік. За однакового рівня світлового потоку лампа розжарювання споживає електроенергії в 6 разів більше ніж люмінесцентна. Економія електричної енергії при переході на більш ефективні джерела світла показана в табл. 11.1.

Таблиця 11.1 - Економія електричної енергії при переході на більш ефективні джерела світла

Джерела світла, що замінюються	Середнє значення можливої економії, %
Люмінесцентні на металогалогенні	24
Ртутні лампи на:	
• металогалогенні;	42
• люмінесцентні;	22
• натрієві.	45
Лампи розжарювання на:	
• металогалогенні;	66
• люмінесцентні;	55
• ртутні;	42
• натрієві.	68

4 Застосування електронних високочастотних баластів у люмінесцентних системах освітлення, що дозволяють заощаджувати до 30% електроенергії.

5 Використання металогалогенних ламп замість люмінесцентних для систем освітлення, встановлюваних на висоті понад 5 м від рівня освітлюваної поверхні.

6 Установлення автоматичних вимикачів освітлення, наприклад, з регулюванням залежно від рівня природної освітленості, залежно від кількості працівників у приміщенні, залежно від часу доби тощо (економія 10-40 %).

7 Установка малогабаритних люмінесцентних ламп у коридорах, приймальнях, на сходах.

8 Використання вимикачів для зонного керування декількома джерелами світла (наприклад, у прольотах цехів, тунелях, складах і т.ін.).

9 Доцільно робити групову заміну ламп із запланованою періодичністю. Оптимальний період заміни залежить від витрат на електроенергію і витрат на оплату робочої сили для конкретної установки.

10 Регулярно проводити протирання скла виробничих будинків і приміщень (не менш 2 разів на рік). Таким чином, можна скоротити термін горіння ламп при двозмінній роботі не менш ніж на 15 % у зимовий час і на 50-70 % літньої пори.

11 Для підвищення коефіцієнта використання природного і штучного освітлення поверхні приміщень варто фарбувати у світлі тони. Однак їх варто регулярно фарбувати, мити для того, щоб забезпечити ощадливе використання освітлення. Це дає можливість економити 5-10 % електроенергії.

12 Керування освітленням у приміщеннях повинне забезпечувати можливість вимкнення ряду світильників, рівнобіжних вікнам. Цей захід може призвести до зниження витрати електроенергії на 5-10 %.

13 При освітленні великих цехів (площею більш 500 кв. м) з великою питомою встановленою потужністю освітлення (не менш 20 Вт/м²) необхідно передбачати дистанційне автоматичне чи ручне керування штучним освітленням.

14 Необхідно здійснювати контроль за відлагодженістю баластових і компенсуючих конденсаторів, у пускорегулювальному апараті для люмінесцентних ламп. При пробі баластового чи компенсуючого конденсатора втрати потужності можуть збільшитися більш ніж у 4 рази.

15 Необхідно вчасно замінити стартери в люмінесцентних лампах. Під час роботи з несправними

контактами стартера (тліючий розряд – світяться тільки кінці ламп) втрати потужності збільшуються в 2,5 рази. Крім того, лампа в цьому режимі не випромінює, тобто вся активна потужність, яка споживається світильником, є марною.

16 Можна одержати економію при зниженні рівня напруги на 10-15 % від номінального для різних типів ламп 13-53 %. Наведена тут рекомендація має обмежений характер. Вона стосується лише приміщень з епізодичним використанням освітлювальної установки, де допустиме зниження освітленості, і по-друге, такий захід може бути виправданим економічно, коли не потрібно встановлювати регулятор напруги, а є можливість використати наявне обладнання. В іншому випадку простіше встановити лампи меншої потужності без регулятора або вимикати частину ламп.

17 Якщо проектувальник освітлювальної системи прогнозує зниження освітленості за рахунок старіння системи протягом певного часу на 25%, він повинен врахувати, що необхідний рівень освітленості повинен бути забезпечений і в кінці згаданого проміжку часу, використовуючи під час розрахунків коефіцієнт запасу $K_3 = 1,25$. На час введення в дію після монтажу освітлювальної установки рівень освітленості становитиме 125 % від необхідного.

Це означає, що оскільки передбачається слабке технічне обслуговування, капітальні й експлуатаційні видатки на освітлення будуть на 25 % більшими, ніж вони повинні бути. Якщо планується технічне обслуговування з періодичним очищенням ламп і їх своєчасною заміною, значна частина цих додаткових видатків може бути заощаджена, оскільки проектувальник зможе використати нижче значення коефіцієнта запасу.

18 Використання в комплекті люмінесцентних джерел світла замість стандартної пускорегулювальної апаратури (ПРА) електромагнітної ПРА зі зниженими втратами підвищує світловіддачу комплекту на 6-26 %, а електронної ПРА (ЕПРА) - на 14-55 %.

19 Застосування комбінованого (загального + локалізованого) освітлення замість тільки загального освітлення

дозволяє одержати економію електричної енергії (див. табл. 11.2).

Таблиця 11.2 - Економія енергії при застосуванні комбінованої системи освітлення

Частка допоміжної площі від повної площі приміщення, %	Економія електричної енергії, %
25	20-25
50	35-40
75	55-65

20 Використання як електронних, так і механічних реле часу, а також електрокнопок, які встановлені на всіх поверхах, а якщо є потреба і на проміжних між поверхами майданчиках.

11.5 Порядок проведення енергоаудиту в системах електропостачання

Об'єкти енергоаудиту:

- головні понижувальні підстанції, розподільчі пристрої;
- трансформаторні підстанції;
- електричні мережі напругою до 1000 В і вище;
- режим електроспоживання;
- система обліку електричної енергії.

Завдання енергоаудитора:

- визначити втрати в елементах системи електропостачання;
- визначити планову величину електроспоживання;
- визначити технологічну й аварійну броню;
- скласти баланс електроспоживання як по об'єкту в цілому, так і по підрозділах з урахуванням видів навантаження (освітлення, силові й електротехнологічні споживачі до 1000 В і вище);
- оцінити рівень ефективності електроспоживання;
- визначити потенціал енергозбереження;
- розробити рекомендації з упровадження ЕЗЗ.

Документальна інформація:

- проектні рішення по знижувальних підстанціях і електричних мережах підприємства, перспективи розвитку;
- звітна документація;

- однолінійна схема підстанції із зазначенням параметрів трансформаторів, комутаційної апаратури, пристроїв компенсації реактивної потужності й приладів обліку електроенергії;
- однолінійна схема розподілу електроенергії по підприємству із зазначенням на ній параметрів ліній живлення (тип, переріз, довжина, спосіб прокладки);
- добові графіки активного і реактивного електричного навантаження;
- графік коефіцієнта потужності;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- документація на контрольно-вимірювальну апаратуру підстанцій і цехів.

Параметри, що вимірюються:

напруга, струм, опір, частота, активна і реактивна потужність, витрати активної і реактивної енергії за визначений період, коефіцієнт потужності, показники якості електроенергії.

Дії енергоаудитора:

а) провести зовнішній огляд системи електропостачання;

б) визначити:

- наявність проектної документації і ознайомитися з нею;
- величину електроспоживання і випуск продукції за технологіями по цехах і підприємству в цілому;
- ємнісні струми витоку в мережах 6-10 кВ;

в) побудувати:

- схему електропостачання підприємства із зазначенням її параметрів і точок передбачуваних вимірів;
- баланс фінансових витрат з урахуванням зонної оплати;
- карту електроспоживання;
- добові графіки навантаження (осінньо-зимових і весняно-літніх);
- річний графік споживання активної і реактивної енергії;

г) виконати вимірювання:

- електричних навантажень на відгалужувальних лініях підстанцій для побудови добових графіків активної і реактивної енергії;
- напруги, струмів, активної і реактивної потужності по окремих трансформаторах і відгалужувальних лініях;
- температури контактних з'єднань і шин;

- показники якості електроенергії;

д) розрахувати:

- величину питомого електроспоживання;
- втрати електроенергії в елементах системи електропостачання;
- показники графіків електричних навантажень;
- ємнісні струми витоку в мережах 6-10 кВ.

е) проаналізувати:

- нерівномірність графіків електричних навантажень;
- питоме електроспоживання;
- баланси електроспоживання;
- рівень компенсації реактивної потужності;
- завантаження трансформаторів і кабелів;
- необхідність компенсації ємнісних струмів витоку;
- перехід на прогресивні тарифи на електроенергію;
- показники якості електроенергії.

Рекомендації щодо енергозберігаючих заходів:

- зміна графіка електричного навантаження підприємства й окремих потужних споживачів з урахуванням тарифів на електроенергію;
- підвищення завантаження трансформаторів (відключення одного з двох паралельно працюючих трансформаторів при недовантаженні);
- заміна недовантажених трансформаторів на трансформатори меншої потужності;
- регулювання коефіцієнта трансформації;
- перехід зовнішніх і внутрішніх мереж на підвищену напругу і їх реконструкція;
- установлення пристроїв компенсації реактивної потужності;
- установлення фільтро-компенсуючих і симетрувальних пристроїв для підвищення якості електроенергії;
- ввімкнення під навантаження резервних ліній електропередач;
- використання інших видів енергії;
- упровадження автоматизованої системи контролю та обліку енергоспоживання.

12 ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

12.1 Характеристика систем теплопостачання як об'єктів енергоаудиту

Більша частина теплової та електричної енергії виробляється на теплових електростанціях (ТЕЦ) загального користування та промислових, а також у централізованих котельнях. Решта теплової енергії виробляється в автономних джерелах теплоти, ядерних, геотермальних, сонячних джерелах, в установках утилізації теплоти вторинних енергетичних ресурсів (котли-утилізатори, теплоутилізаційні теплообмінники) тощо.

Існує декілька основних способів отримання електричної та теплової енергії на теплових електростанціях. Відповідно до цих способів енергетичні установки електростанцій поділяються на такі основні типи:

- паротурбінні установки;
- газотурбінні установки;
- установки парогазового циклу;
- атомні енергетичні установки.

Для характеристики економічності роботи ТЕЦ використовують два значення **абсолютних ККД**: ККД вироблення електричної енергії й ККД вироблення теплової енергії. Вони обчислюються як відношення кількості, виробленої, відповідно, електричної або теплової енергії до кількості тепла, витраченого на вироблення кожного з видів енергії.

Основними способами підвищення ККД ТЕЦ є:

- підвищення параметрів пари перед турбіною;
- зниження параметрів пари в конденсаторі;
- проміжний перегрів пари;
- регенеративний підігрів живильної води.

Газотурбінні енергетичні установки. У газотурбінних енергетичних установках (ГТУ) робочим тілом є продукти

згоряння газоподібного палива. Продукти згоряння спочатку стискаються та нагріваються, а потім їх кінетична енергія перетворюється у механічну енергію вала газової турбіни.

Парогазові енергетичні установки. Найбільш ефективними установками для вироблення електричної та теплової енергії на ТЕЦ є парогазові енергетичні установки (ПГУ). Установки такого типу включають паротурбінні й газотурбінні установки, які об'єднані між собою. Існує декілька способів об'єднання ПГУ і ГТУ в єдину установку.

Котельні установки. Котельні можуть використовуватися як самостійне джерело енергії для об'єктів промисловості й житлово-комунального господарства, а також для покриття пікових теплових навантажень у теплофікаційних системах. Котельні установки можна розділити на два основних типи: водогрійні та парові.

Автономні джерела теплопостачання — це джерела теплової енергії, які не пов'язані із центральними системами теплопостачання. Ці джерела не приєднані до зовнішніх теплових мереж і найчастіше вони не є повністю автономними, оскільки пов'язані із централізованими системами постачання палива (в основному газового), електроенергії та води. Вони обслуговують окремий будинок, групу будинків, а іноді й невеликий населений пункт.

До автономних джерел теплопостачання відносять котельні установки невеликої продуктивності, а також газопоршневі агрегати й газотурбінні установки невеликої потужності. Газопоршневі агрегати та міні-ТЕЦ на основі паротурбінних і газотурбінних установок (ГТУ ТЕЦ) є автономними джерелами як теплової, так і електричної енергії, тобто *когенераційними джерелами*.

Найпоширенішими автономними джерелами теплопостачання на даний час є водогрійні котельні невеликої потужності. За місцем розташування (щодо теплового споживача) вони поділяються на вбудовані, прибудовані, окремі, дахові. Найчастіше як паливо в них використовується газ або дизельне паливо. Рідше використовуються місцеві види палива, наприклад відходи деревини. Під час роботи таких

котлів виникають проблеми, пов'язані з димовідведенням, оскільки кожне автономне джерело вимагає побудови індивідуальної системи димовідведення, відносна вартість якої тим вища, чим менша потужність джерела.

Головні переваги автономних систем теплопостачання - можливість індивідуального регулювання теплового навантаження та відсутність дорогих теплових мереж, що є одним з основних джерел втрат тепла і теплоносія. **Недоліками** таких систем є необхідність у додаткових площах для їх установки, забезпечення індивідуального обслуговування та ремонту, витрати на систему димовідведення.

Теплова мережа — система трубопроводів і пристроїв централізованого теплопостачання, по яких тепло переноситься теплоносієм — гарячою водою або парою.

Комплекс теплоспоживаючих установок зі сполучними трубопроводами або тепловими мережами називається **системою теплоспоживання**. Сукупність взаємозалежних джерела теплоти, теплових мереж і систем теплоспоживання утворюють **систему теплопостачання**. Таким чином, теплова мережа є елементом централізованої системи теплопостачання.

Теплові мережі з'єднують джерело теплової енергії з її споживачами. З теплових мереж теплота надходить у **теплоспоживаючі установки**, які становлять комплекс пристроїв, що використовують теплоту для опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря або технологічних потреб.

За **видом переданого теплоносія** системи теплопостачання поділяються на водяні та парові. Водяні системи забезпечують теплофікаційне навантаження (опалення, гаряче водопостачання і вентиляція), а також промислово-технологічне навантаження низького потенціалу (температура до 100°C). Парові системи використовують для забезпечення потреб промислового технологічного навантаження високого потенціалу (температура вище 100°C).

Температура води в напірних трубопроводах не перевищує 150°C, а тиск - 16 атм. Параметри пари, що надходить у теплові мережі, можуть бути різними. Найчастіше

використовується пара тиском 0,6-1,4 МПа з температурою від 150 до 220°C.

Витрати теплоти в теплових мережах регулюються залежно від потреб споживачів. У парових мережах використовується лише місцеве регулювання витрат теплоти. У водяних теплових мережах переважає центральне регулювання витрат теплоти, яке забезпечується:

- зміною температури води в напірному трубопроводі при її постійних витратах (якісне регулювання);
- зміною витрат мережної води при збереженні її сталої температури (кількісне регулювання);
- зміною температури води в напірному трубопроводі з одночасною зміною витрат (якісно-кількісне регулювання).

За кількістю трубопроводів теплові мережі поділяються на однотрубні, двотрубні, тритрубні та багатотрубні.

За способом прокладання теплові мережі поділяються на підземні (у каналах або безпосередньо в ґрунті) і наземні (на естакадах або спеціальних опорах). Наземне прокладання вимагає менших капітальних витрат, однак часто з архітектурних міркувань не є припустимим.

Канали для прокладання теплових мереж поділяються на *прохідні, напівпрохідні та непрохідні*.

За розташуванням трубопроводів схеми теплових мереж поділяються на радіальні й кільцеві.

Приєднання водяних систем теплопостачання до споживачів здійснюється через центральні теплові пункти (ЦТП) або індивідуальні теплові пункти (ІТП). Центральні теплові пункти подають теплоносії для групи будинків, індивідуальні теплові пункти обслуговують один будинок або частину будинку.

Для ефективної роботи систем теплопостачання (робота на розрахункових режимах і без аварій), необхідне періодичне очищення теплообмінної апаратури, а також трубопроводів теплових мереж від відкладень, які в них виникають. Їх склад залежить від складу води, яка нагрівається.

На сьогодні використовуються декілька методів видалення відкладень: гідропневматичний, електроімпульсний, хімічний, ультразвуковий (акустичний) та ін.

12.2 Нормування споживання теплової енергії

Норми витрат палива, теплової та електричної енергії у виробництві класифікуються за такими основними ознаками: **за ступенем агрегації** — на індивідуальні та групові; **за складом витрат** — на технологічні та загальновиробничі; **за періодом дії** — на річні, кварталні та місячні.

Потребу в умовному паливі для котельні, т у.п., знаходять множенням загальної кількості тепла, яке виробляється $Q_{вир}$, на питомі витрати умовного палива для вироблення 1 ГДж (Гкал) тепла або 1 т нормальної пари:

$$B = Q_{вир} \cdot b \cdot 10^{-3}, \quad (12.1)$$

де B - кількість палива на запланований період, т у.п.; b - питомі витрати умовного палива, кг у.п./ГДж (кг у.п./Гкал).

Питомі витрати умовного палива, кг у.п., на вироблення 1 ГДж (1 Гкал) тепла обчислюють за формулою

$$b = \frac{34,12 \cdot 100}{(\eta_{ка}^{бр})^{сер}} \left[b = \frac{142,86 \cdot 100}{(\eta_{ка}^{бр})^{сер}} \right], \quad (12.2)$$

де $(\eta_{ка}^{бр})^{сер}$ - ККД котлоагрегату, який відповідає його номінальному завантаженню, %; 34,12 і 142,86 - теоретично необхідні питомі витрати умовного палива на вироблення 1 ГДж та 1 Гкал тепла відповідно.

ККД котлоагрегату визначають на підставі теплотехнічних випробувань котлоагрегату, який перебуває в технічно справному й налагодженому стані.

Потреба в умовному паливі на вироблення тепла, яке відпускається з колекторів котельні, т у.п., визначають за формулою

$$B_{відн} = Q_{відн} b_{відн} 10^{-3}, \quad (12.3)$$

де $Q_{відн}$ - кількість тепла, яке відпускається котельнею в теплову мережу; $b_{відн}$ - норма витрат умовного палива на вироблення тепла, яке відпускається в теплову мережу, кг у.п./ГДж.

Питомі витрати умовного палива, кг/ГДж (кг/Гкал), на відпущення тепла, можна визначити за формулою

$$b_{відн} = \frac{b}{(1 - K_{ен})}, \quad (12.4)$$

де $K_{ен}$ - коефіцієнт, який враховує витрати палива на власні потреби котельні, %, визначається за формулою

$$K_{ен} = \frac{100}{b} \sum_{i=1}^n b_{ени}, \quad (12.5)$$

де $b_{ени}$ - питомі витрати умовного палива на i -мі потреби котельні, кг у.п./ГДж (кг у.п./Гкал); n - кількість різних видів власних потреб котельні, які вимагають витрат палива.

Визначення нормативних експлуатаційних витрат теплоносія зводиться до визначення:

- витрат теплоносія на заповнення трубопроводів теплових мереж і систем теплоспоживання перед пуском після планових ремонтів;
- витрат при підімкненні нових ділянок теплових мереж і систем теплоспоживання;
- витрат при технологічних зливах теплоносія засобами автоматичного регулювання теплового навантаження;
- технічно обумовлених витрат теплоносія на планові експлуатаційні випробування.

12.3 Особливості енергоаудиту джерел теплової енергії та систем теплопостачання

Для встановлення ефективності використання енергоресурсів в котельні проводиться енергоаудит, який передбачає виконання таких робіт: збір вихідної статистичної інформації; візуальний огляд обладнання; інструментальне обстеження за допомогою переносних приладів; обробку та

аналіз отриманих даних (статистичних та експериментальних); оцінку ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів; розроблення пропозицій з енергозберігаючих заходів; оформлення результатів обстежень.

Під час збору вихідної інформації використовують опитувальні листи довільної форми, які включають: технічні характеристики основного й допоміжного устаткування котельні; помісячні фінансові витрати на паливо та електроенергію; дані про собівартість і тарифи за відпущену енергію; помісячні кількісні та якісні характеристики основного та резервного палива; помісячний виробіток, відпуск енергії і витрату енергії на власні потреби; помісячні втрати енергії в теплових і електричних мережах; питомі норми витрат палива на вироблену й відпущену енергію, на власні потреби і втрати в мережах.

Перелічена вихідна інформація повинна бути подана за останні три роки.

До складу вихідної інформації варто включати спрощені схеми джерел енергії, схеми енергопостачання споживачів, схеми обліку енергоносіїв, технічні звіти з виконання режимно-налагоджувальних випробувань і розроблені на їх основі режимні карти котлів, дані з витрат енергоносіїв, одержаних на підприємстві за допомогою штатних стаціонарних приладів.

Візуальному огляду підлягають: технологічне обладнання котельні (котли, теплообмінники, деаератори, насоси тощо); паливне господарство котельні; технологічні трубопроводи та арматура; система опалення й вентиляції котельні, теплові зависи; огорожувальні конструкції котельні та допоміжних будівель; системи обліку теплової енергії, палива, електроенергії і води.

Інструментальне обстеження застосовується в разі відсутності інформації, необхідної для оцінки ефективності енерговикористання і яка не може бути отримана з документів або викликає сумніви щодо достовірності.

Вимірювання під час інструментального обстеження підрозділяються на такі види:

1 Однократні вимірювання - найбільш простий вид вимірювань, при якому досліджується енергоефективність окремого об'єкта під час роботи в певному режимі.

2 Балансові вимірювання застосовуються при складанні балансу розподілу будь-якого енергоресурсу окремими споживачами, підрозділами або об'єктами.

3 Реєстрація параметрів - визначення залежності будь-якого параметра в часі.

4 Вимірювання витрат.

5 Вимірювання тиску.

6 Вимірювання температури.

7 Визначення складу продуктів згоряння котлів, температури в газоходах та ККД згоряння палива.

Обробка отриманих статистичних даних та аналіз інформації проводяться з урахуванням результатів огляду обладнання котельні, вивчення теплових схем, перевірки наявності й справності приладів теплотехнічного контролю. Дані аналізуються та уточнюються, оцінюється спосіб їх визначення, достовірність, виявляються порушення вимог нормативно-технічної документації при виконанні розрахунків техніко-економічних показників.

Під час розроблення основних напрямів і заходів щодо економії енергоресурсів і зниження витрат на їх оплату рекомендується такий порядок: визначити технічну сутність пропонованого вдосконалення та принцип отримання економії; розрахувати (оцінити) потенційну річну економію в натуральному й грошовому вигляді; визначити перелік обладнання, необхідного для реалізації пропозиції, його орієнтовну вартість, з урахуванням доставки, установки і введення в експлуатацію, а також майбутніх експлуатаційних витрат; розглянути можливості зниження витрат, наприклад, за рахунок виготовлення або монтажу обладнання власними силами; визначити можливі побічні ефекти від впровадження заходу, які впливають на реальну економічну ефективність; оцінити загальний економічний ефект заходу із врахуванням усіх перелічених вище пунктів.

Для складання перспективного плану реалізації всі пропозиції варто класифікувати за трьома категоріями: безвитратні і мало-витратні заходи; середньовитратні заходи; багатовитратні енергозберігаючі проекти та заходи.

Енергоаудит систем теплопостачання підпорядковується загальним правилам проведення енергетичних обстежень, однак має деякі особливості.

Оскільки призначення систем теплопостачання - забезпечити необхідні параметри енергоносіїв у споживачів, при яких досягаються раціональні режими експлуатації технологічного обладнання і комфортні умови життя людей, то, крім енергетичних характеристик систем, необхідні оцінки надійності цих систем.

Етапи енергетичних обстежень систем теплопостачання відповідають рівню енергоаудиту. Найбільш вагомими з них такі: ознайомлення із принциповими схемами теплопостачання та збір вихідної інформації; розроблення і реалізація програми інструментальних обстежень; аналіз отриманої інформації та розроблення рекомендацій зі зниження енергетичних і фінансових витрат.

Для виявлення ефективності використання енергії порівнюють дійсні витрати енергії в системі теплопостачання з номінально необхідними для їх нормального функціонування.

Для житлово-комунальних господарств міст і селищ можна вважати, що система теплопостачання складається з теплогенеруючої установки (центральна котельня або теплоелектроцентраль); системи магістральних теплотрас, які розподіляють тепло між мікрорайонами до центральних теплових пунктів (ЦТП); системи теплотрас від ЦТП до індивідуальних теплових пунктів (ІТП); систем опалення будинків.

Енергетичні характеристики водяних теплових мереж поділяються на:

1 Характеристики за показниками технологічного обґрунтування витрат і втрат при передачі й розподілі теплової енергії.

2 Характеристики за показниками режимів функціонування теплових мереж.

Під час обстеження теплотрас перевіряються такі можливі причини втрат енергії:

- витоки води в теплотрасі;
- погана якість теплової ізоляції.

12.4 Порядок проведення енергоаудиту систем теплопостачання

Об'єкти енергоаудиту:

- котельні (котли, бойлери, теплообмінники);
- теплові розподільні пункти;
- елементи системи паропостачання;
- елементи системи опалення;
- елементи системи гарячого водопостачання;
- розподільні теплові мережі;
- режим теплоспоживання;
- система керування теплопостачанням;
- система обліку і контролю теплопостачання.

Завдання енергоаудитора:

- визначення втрати в елементах системи постачання гарячої води та пари;
- визначення планової величини теплоспоживання;
- визначення технологічної та аварійної броні;
- складання балансу теплоспоживання за технологіями по підрозділах і підприємству в цілому;
- оцінення рівня ефективності використання гарячої води і пари;
- визначення потенціалу економії тепла;
- розроблення рекомендацій з упровадження енергозберігаючих заходів.

Документальна інформація:

Котли:

- проектна документація;
- експлуатаційно-ремонтна документація;
- звітна документація;

- режимні параметри;
- склад димових газів у різних точках;
- тиск у топці і тракті котла;
- температура води в різних точках;
- температура повітря;
- параметри пари;
- якість живильної і продувної води;
- температура зовнішніх поверхонь по всьому тракту;
- характеристика електропривода насосів, вентиляторів і димососів.

Бойлери, теплообмінники:

- звітна документація;
- вхідна і вихідна температура теплоносіїв;
- витрати і перепади тиску;
- зовнішня температура поверхні;
- стан ізоляції;
- коефіцієнт корисної дії;
- втрати тепла.

Парові системи:

- звітна документація;
- температура і тиск пари;
- наявність і стан конденсатовідвідників;
- стан ізоляції;
- наявність витоків;
- наявність повітря, неконденсованих газів, повернення конденсату.

Параметри, що вимірюються:

температура, тиск, витрати, рН, вміст у відхідних газах кисню, вуглекислого газу, оксиду сірки, хлору, метану, оксиду азоту та ін.

Дії енергоаудитора:

а) провести зовнішній огляд елементів системи тепlopостачання:

б) визначити наявність:

- проектної документації та ознайомитися з нею;

- підігрівача сирій води перед хімічним водоочищенням (температура сирій води перед хімічним водоочищенням повинна бути в межах 20-30°C);
- експлуатаційно-ремонтної документації (паспорт на кожен котел, змінний і ремонтний журнали, виробничі інструкції, посадові інструкції по кожному робочому місцю, режимні карти по котлах, водопідготовці, інструкції з експлуатації приладів автоматики, захисту і сигналізації, комплект теплових схем по котельні та інші матеріали, план з підготовки персоналу в галузі енергозбереження і журнал з перевірки знань);
- підігрівачів хімічно очищеної води перед деаератором (деаераторами);
- розширювачів безперервної продувки; насосної вихідної води;
- баків-акумуляторів сирій води, хімічно очищеної і мережної води;
- редукційно-охолоджувальних установок; редукційних установок;
- гідравлічного графіка парової і водяної мережі (п'єзометричний графік);
- системи обліку надходження і витрати палива із зазначенням сертифіката на паливо, що надходить;

в) визначити:

- фактичні параметри та показники установок і технологій, що споживають гарячу воду та пару;
- параметри та показники котельні (тип, установлену потужність, кількість годин і коефіцієнт використання установленої теплової потужності котельні, коефіцієнти навантаження котлів; наявність низькотемпературної сірчано-кислотної корозії у хвостових поверхнях водогрійних котлів);
- характеристики мережних насосів (кількість робочих і резервних насосів, відповідність параметрам теплової мережі, категорійність електроживлення);
- тип застосованих мазутних форсунок (механічні, паро-мазутні та ін.);
- параметри пари, що відпускається, і конденсату, що повертається, процент повернення конденсату;

- спосіб регулювання тиску в зворотній тепловій мережі й наявність резерву підживлюючих насосів;
- спосіб регулювання температури мережної води;
- вироблену кількість тепла і пари;
- витрати тепла на технологію, опалення, гаряче водопостачання;
- втрати тепла в котельні, мережах розподілу;
- витрати тепла по підприємству в цілому;
- витрати теплоносіїв на теплопунктах і температуру зворотної мережної води;

г) побудувати:

- технологічну схему котельні, системи гарячого водопостачання й опалення, системи паропостачання; намітити місця проведення вимірів;
- схему підігрівання мазуту і визначити температуру підігрівання мазуту;
- карту теплоспоживання;
- добовий графік вироблення тепла * котельнею;
- річний графік споживання тепла;
- загальний тепловий баланс;

д) розрахувати:

- кількість пари, вироблюваної в котельні;
- величину питомого теплоспоживання;
- витрати тепла на водопідготовку;
- величину споживання тепла в системі гарячого водопостачання;
- втрати тепла з димовими газами, через стінки, з продувкою, в розподільній мережі всередині котельні, в розподільних мережах;
- показники графіків теплового навантаження;

е) проаналізувати:

- стан і характеристики насосного господарства котельні (тип і параметри насосів, наявність резерву);
- стан ізоляції;

* Під терміном "тепло" потрібно розуміти воду, що використовується для опалення гарячого водопостачання, а також пару.

- якість і кількість палива, що приймається (зважування палива облік за накладними; наявність лабораторії з технічного аналізу палива чи використання послуг іншого підприємства; частота аналізу палива);
- відповідність вироблення котельнею тепла тепловим навантаженням;
- надлишки повітря в топці;
- загальний тепловий баланс;
- фактичний ККД;
- втрати тепла випромінюванням; втрати тепла з димовими газами;
- присоси повітря по тракту котла;
- рівень атмосферних викидів;
- функціонування системи автоматичного керування горінням режимами роботи котельні.

12.5 Опис основних можливостей енергозбереження

1 У зв'язку з тим, що на збільшення теплопродуктивності водопідігрівачів значний вплив робить середній температурний напір, перевагу потрібно надавати протиточній схемі організації руху теплоносія і води, що нагрівається.

2 Для ефективної роботи калориферів повітряного опалювання необхідно періодично очищати теплопередавальну поверхню (парою, стисненим повітрям і т. ін.). Коефіцієнт теплопередачі залежить від чистоти поверхонь теплообміну.

3 Для опалювання виробничих, адміністративних і побутових приміщень потрібно застосовувати водяне, а також повітряне опалювання.

4 У приміщеннях зі зниженою температурою повітря, що визначається умовами виробництва, при малій кількості працівників слід застосовувати автономне повітряне опалювання з подачею повітря тільки в робочу зону.

5 При виборі системи опалювання необхідно мати на увазі, що парова система опалювання характеризується простотою виконання, а також малою металоємністю.

6 Серйозним недоліком парового опалювання є перевитрата теплоти, що досягає 20%, унаслідок складності регулювання температур, а також виникнення гідравлічних ударів, які створюють шум в опалювальному приміщенні.

7 При паровому опалюванні як теплоносії необхідно використовувати пару з тиском до 0,15-0,17 МПа.

8 Необхідно здійснювати постійний контроль за утепленням вікон і дверей. Нещільність і відсутність утеплення приводять до збільшення витрати теплоти на опалювання до 60%.

9 Установка тепловідбивної плівки (теплового екрана) у міжрамний простір вікна дозволить економити до 10% теплоенергії на опалювання будівлі.

10 Переведення системи опалювання на черговий режим в неробочий час, святкові й вихідні дні дозволить заощадити 10-15% по відношенню до теплопостачання будівлі.

11 Упровадження пофасадного регулювання системи опалювання дозволить заощадити 2-3% по відношенню до теплопостачання будівлі.

12 Зниження внутрішньої температури в житлових будинках у нічний час дозволить заощадити 2-3% по відношенню до теплопостачання будівлі.

13 Видалення відкладень (накипу) зі стінок котлоагрегатів і теплообмінників дозволить знизити витрату тепла на 30% і більше.

14 Відновлення теплоізоляції на трубопроводах систем опалювання і системи ГВП дозволить зменшити теплові втрати на 7-9% від загального теплоспоживання.

15 Застосування регуляторів температури в системах ГВП дозволить заощадити близько 50% теплової енергії, а при установці регуляторів температури теплоносія в системі опалювання передбачувана економія становитиме близько 15%.

16 Установка відбивача, що є теплоізоляційною прокладкою з тепловідбивним шаром між опалювальним приладом і стіною, дозволить заощадити 2-3% від загального споживання.

17 Установка ефективної водорозбірної арматури дозволить економити до 15-20% гарячої води.

18 Установка конденсатовідвідників збільшує ККД паровикористовуючого устаткування за рахунок зменшення частки пролітної пари на 5-10%.

19 Переведення системи з теплоносія «пар» на теплоносій «гаряча вода» дозволить економити 20-30% тепла.

20 Застосування закритих схем збору і повернення конденсату економить до 15% теплової енергії.

21 Наявність інфільтрації холодного повітря в опалювальних приміщеннях призводить до необхідності додаткової витрати 10-15 ккал на кожен кубометр холодного повітря.

22 Тепло вторинних енергоресурсів, у т.ч. безперервного продування котлів і випару з деаератора, можна використовувати для потреб низькопотенціальних теплових процесів: опалювання, вентиляції, гарячого водопостачання, отримання холоду.

23 Заміна трубчастих теплообмінників на пластинчасті й використання енергоефективних опалювальних приладів дозволить економити 10-20% тепла.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Соловей О. І. Енергетичний аудит: навчальний посібник / О.І.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г.Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявський, Г.В.Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
2. Прокопенко В. В. Енергетичний аудит з прикладами та ілюстраціями: навчальний посібник / В.В.Прокопенко, О.М.Закладний, І.В.Кульбачний - К.: Освіта України, 2008. - 438 с.
3. Маляренко В.А., Немировский И.А. Энергосбережение и энергетический аудит: учебное пособие / В.А.Маляренко, И.А.Немировский; Под ред. проф. Маляренко В.А. - Харьков: ХНАГХ, 2008. - 253 с.
4. Энергетический менеджмент / А.В.Праховник, А.И.Соловей, В.В.Прокопенко и др. — К.: ІЕЕ НТУУ «КПІ», 2001. - 472 с.
5. Закладний О.М. Енергозбереження засобами промислового електропривода: навчальний посібник / О.М.Закладний, А.В.Праховник, О.І.Соловей. — К.: Кондор, 2005. - 408 с.
6. Лисиенко В.Г. Хрестоматія енергосбереження: справочное издание: в 2-х книгах. / В.Г.Лисиенко, Я.М.Щелоков, М.Г.Ладыгичев. - М.: Теплоэнергетик, 2002.
7. Кузнецов Ю.В. Сжатый воздух. - 2-е изд., перераб. и доп. / Ю.В.Кузнецов, М.Ю.Кузнецов. - Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 509 с.
8. Промышленность Украины: путь к энергетической эффективности. ЕС-Energi Center Kiev, Ukraine, TACIS-Programme, 1995.
9. Енергетичний менеджмент: навчальний посібник / А.В.Праховник, В.П.Розен, О.В.Разумовський та інші. — К.: Нот. ф-ка, 1999. - 184 с.
10. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України / О.М.Закладний, В.І.Дешко, Є.М.Іншеков і др. – Луганськ: Видавництво "Місячне сяйво", 2009. – 696 с.

11. Закон України "Про енергозбереження" від 01.07.94 р. № 74/94–ВР, зі змінами та доповненнями.

12. ДСТУ 4065-2001. Енергозбереження. Енергетичний аудит. Загальні технічні вимоги. – Чинний від 01.07.02. - К.: Держстандарт України.

13. ДСТУ 4713:2007. Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт. – Чинний від 01.07.07. - К.: Держстандарт України.

14. ДБН В.2.6-31:2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.

15. Тимчасове положення про порядок проведення енергетичного обстеження та атестації спеціалізованих організацій на право його проведення від 12.05.1997 року № 49 // Офіційний вісник України, 1997, № 36, стор. 64, код нормативного акта: 3606/1997.

16. Положення про порядок організації енергетичних обстежень від 09.04.1999 року №27 // Офіційний вісник України від 04.06.1999-1999 р., № 20, стор. 298, код акту 7523/1999.

Навчальне видання

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ
Опорний конспект лекцій
для студентів напряму підготовки 6.050601 "Теплоенергетика"
спеціальності 7.000008 «Енергетичний менеджмент»
усіх форм навчання

Відповідальний за випуск А.О.Євтушенко
Редактор Н.А.Гавриленко
Комп'ютерне верстання С.В.Сапожнікова

Підп. до друку 18.10.2011, поз.
Формат 60x84/16. Ум. друк. арк. 6,97. Обл.-вид. арк. 6,27. Тираж 40 пр. Зам. №
Собівартість вид.

Видавець і виготовлювач
Сумський державний університет
Вул. Римського-Корсакова, 2, м. Суми, 40007
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 3062 від 17.12.2007.