

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА**

**В. А. Маляренко**

**ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ І ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ**  
**ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для студентів 5 та 6 курсу денної форми навчання  
освітнього рівня «магістр» за спеціальністю  
141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка  
за освітньою програмою «Електротехнічні системи  
електроспоживання»)*

**Харків**  
**ХНУМГ ім. О. М. Бекетова**  
**2018**

**Маляренко В. А.** Конспект лекцій «Енергоменеджмент і енергетичний аудит систем електропостачання»: для студентів 5 та 6 курсу денної форми навчання освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка, за освітньою програмою «Електротехніка та електротехнології» / В. А. Маляренко; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2018. – 150 с.

Автор:

д-р техн. наук, проф. **В. А. Маляренко**

Рецензент:

**І. Т. Карпалюк**, кандидат технічних наук, доцент кафедри систем електропостачання та електроспоживання міст (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова).

*Рекомендовано кафедрою систем електропостачання та електроспоживання міст, протокол №1 від 28.08.2018.*

## ЗМІСТ

Вступ.....	6
Модуль 1 Енергетична політика. Організаційно-технічні заходи	
підвищення енергоефективності.....	8
Тема 1.1 Енергонезалежність. Основи енергетичної політики.....	8
1.1.1 Загальні питання енергетичної політики.....	8
1.1.2 Енергозбереження.....	13
Тема 1.2 Організаційно-технічні заходи підвищення	
енергоефективності.....	20
1.2.1 Консалтингові схеми в енергетиці.....	20
1.2.2 Енергетичний менеджмент .....	24
Тема 1.3 Управління процесами енергопостачання та	
енерговикористання.....	29
1.3.1 Основні принципи керування	
енерговикористанням .....	29
1.3.2 Координоване планування. Примусове	
пряме керування .....	33
1.3.3 Управління енергетичним навантаженням .....	36
1.3.4 Маркетинг енергозабезпеченням .....	37
Тема 1.4 Стратегія раціонального постачання та	
використання енергії .....	38
1.4.1 Система енергетичного менеджменту, схема	
проведення .....	38
1.4.2 Енергетичний аудит: генеральна стратегія, схема	
проведення .....	44
1.4.3 Менеджмент суб'єкта господарювання. Вимоги до	
енергоменеджера .....	47
Контрольні питання до модуля 1.....	52
Модуль 2 Економічні та міждопоміжні основи енергетичного	
менеджменту та аудиту .....	53

Тема 2.1 Енергетичний аудит як інструментальний контроль стану та підвищення енергоефективності .....	53
2.1.1 Загальні положення .....	53
2.1.2 Нормативно-правова база.....	54
2.1.3 Стратегія і порядок проведення енергетичного аудиту .....	57
2.1.4 Методологія і послідовність проведення енергоаудиту .....	61
Тема 2.2 Статистична обробка отриманих даних. Інтегральна оцінка результатів аудиту та рекомендації .....	66
2.2.1 Складання балансів енергоносіїв .....	66
2.2.2 Регресійний аналіз питомих витрат енергоносіїв від обсягу виробництва .....	70
2.2.3 Визначення ефективності використання енергоносіїв, шляхів їх економії та диверсифікації.....	72
2.2.4 Оформлення звіту з енергоаудиту та рекомендації з підвищення енергоефективності .....	73
Тема 2.3 Нормалізація енергоспоживання. Методика визначення норм питомих витрат .....	80
2.3.1 Суть і завдання нормалізації енергоспоживання .....	80
2.3.2 Види норм питомих витрат енергії та вимог до них .....	82
2.3.3 Методики визначення індивідуальних норм витрат електроенергії.....	86
2.3.4 Енергетичні баланси .....	89
Контрольні питання до модуля 2.....	92
Модуль 3 Енергоаудит електротехнічних систем та економічна оцінка енергозберігальних заходів .....	93
Тема 3.1 Енергетичний аудит систем освітлення.....	93
3.1.1 Загальні відомості.....	93

3.1.2 Критерії вибору джерела світла .....	95
3.1.3 Визначення витрат електроенергії в системах освітлення .....	97
3.1.4 Забруднення світильників. Приклад .....	102
Тема 3.2 Енергетичний аудит систем електропостачання та енерговикористання .....	109
3.2.1 Витрати електроенергії в мережах.....	109
3.2.2 Витрати електроенергії в силових трансформаторах.....	111
3.2.3 Витрати електроенергії в електродвигунах.....	116
3.2.4 Витрати електроенергії в електрозварювальних апаратах.....	120
3.2.5 Витрати електроенергії під час деревообробки .....	124
Тема 3.3 Економічна оцінка заходів з енергозбереження.....	127
3.3.1 Методика оцінки економічної ефективності заходів з енергозбереження .....	127
3.3.2 Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження .....	129
Контрольні запитання до модуля 3 .....	136
Список джерелю .....	137
Додаток А. Орієнтована ефективність заходів з енергозбереження .....	139
Додаток Б. Теми і питання для самостійної роботи та поточного контролю згідно лекційного курсу .....	144

## ВСТУП

Ретроспективний аналіз розвитку світової економіки показує зростаючу роль енергозберігаючих технологій у забезпеченні ефективності господарювання. Динамічні зрушення, які відбулися на світових ринках енергоносіїв за останні 20–30 років, показали, що енергетичні кризи можуть докорінно змінювати структуру народного господарства країн, їх роль і місце у світовому ринку. У зв'язку з цим економічна політика країн світу значною мірою формується залежно від наявних запасів енергоресурсів, їх можливостей задовольняти потреби народного господарства.

Різке зростання цін на енергоресурси на світових ринках, нестабільність попиту і пропозицій на них спонукають до того, що у світовій економіці все більшого визнання набуває політика активного втручання держави у формування та реалізацію енергозберігальних технологій.

Україна належить до енергодефіцитних країн і задовольняє свої паливно-енергетичні потреби за рахунок власних ресурсів менш ніж на 50 %. Енергоємність валового внутрішнього продукту (ВВП) в Україні в 2 рази перевищує енергоємність ВВП розвинутих країн світу. Тому важливою стратегічною лінією державної політики розвитку економіки і соціальної сфери є енергозбереження, що реалізовується шляхом розробки нових енергозберігальних, маловідходних і безвідходних технологій; ефективних систем і засобів контролю за енерговикористанням і захистом довкілля від забруднення та впровадження інтегрованого енергетичного та економічного менеджменту.

Проведення такої політики не можливе без фахівців із енергоменеджменту, які б енергетику й виробництво орієнтували на такий розвиток, що забезпечує оптимальний обсяг виробітку та споживання

енергії. Отже, підготовка фахівців із енергетичного менеджменту є одним з важливих завдань вищої школи.

Мета курсу – ознайомлення студентів із різними напрямками енергозбереження, методами та способами зменшення витрат палива й енергії на виробництві та в організаціях, методиками розрахунку засобів енергозбереження та визначення ефективності їхнього застосування.

Завдання курсу:

- формування у студентів умінь і навичок приймання оптимальних управлінських рішень щодо ефективного енергозбереження;
- формування у студентів умінь і навичок застосовування прогресивних методів прогнозування, планування, обліку, контролю й аналізу використання енергії як на підприємствах, так і в організаціях;
- формування у студентів умінь і навичок проведення інспекторської перевірки, експертизи й енергетичного аудиту щодо використання енергії на виробництві та в організаціях;
- формування у студентів умінь і навичок орієнтуватися в енергетичному ринку і давати йому комплексну оцінку та впливати на енергетичну політику підприємства, організації.

# **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 1. ЕНЕРГЕТИЧНА ПОЛІТИКА ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНІЧНІ ЗАХОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ**

## **Тема 1.1 Енергонезалежність. Основи енергетичної політики**

### **1.1.1 Загальні поняття енергетичної політики**

Незалежність будь-якої держави значною мірою визначається її енергетичною самодостатністю. У свою чергу, енергетична незалежність багато в чому визначається правильно сформованою довгостроковою енергетичною політикою. Остання передбачає стратегію й тактику досягнення енергетичної незалежності, ґрунтовану на детальному аналізі стану ПЕР і ПЕК країни, і використання новітніх науково-технічних рішень та організаційно-технічних заходів із підвищення ефективності перетворення первинних ПЕР і споживання кінцевого енергоресурсу.

Енергетична політика – складний і багатогранний напрямок науково-практичної діяльності, який визначається в умовах сучасного історичного періоду відповідно до політичних та економічних завдань розвитку держави на найближчу та на віддалену перспективу. Ця політика має відповідати загальній стратегії розвитку енергетики, бути гнучкою і забезпечувати економіку держави, відповідаючи світовим стандартам.

Необхідно розрізняти стратегію і тактику енергетичної політики. Енергетична стратегія – це науково обґрунтована система розвитку довгострокових пріоритетних напрямків і механізмів їх реалізації в енергетиці; тактика – шляхи вирішення питань і механізми досягнення цілей на окремих коротких етапах історичного розвитку. Найважливішим завданням енергетичної політики є забезпечення енергетичної незалежності держави та енергобезпеки як складової частини безпеки держави загалом і стратегії розвитку суспільства.



Засади енергетичної безпеки та енергетичної незалежності мають бути визначені в основному правовому документі будь-якої держави – його Конституції – з урахуванням економічних і соціальних інтересів суспільства. В українському законодавстві поняття «енергетична безпека» використовується лише стосовно електроенергетики. Відповідно до Закону України «Про електроенергетику» № 575/97-ВР від 16 жовтня 1997 р.: «Енергетична безпека – це стан електроенергетики, який гарантує технічно та економічно безпечне задоволення поточних і перспективних потреб споживачів в енергії та охорону навколишнього природного середовища», але це визначення не відбиває стан і завдання усього ПЕК.

З урахуванням вимог до всього ПЕК і національної економіки в цілому поняття «енергетична безпека» та «енергетична незалежність» держави можна сформулювати таким чином.

*Енергетична безпека – це мінімальний рівень усіх складових ПЕК і систем енергопостачання, що вберігає від колапсу економічний і соціальний організм держави навіть у найнесприятливіших умовах, які реально можуть скластися в мирний час чи у випадку війни.*

Основні критерії енергетичної безпеки держави наведені в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Критерії енергетичної безпеки держави

Показник	Граничні значення	Оцінка для України
1	2	3
Зниження енергоємності ВВП	не менше 1–2 % на рік	збільшення на 2 % до 2001 р. та подальше незначне зниження
Відношення річних інвестицій в розвиток ПЕК до вартості основних фондів	не менше 4–5 %	менше 1 %

Продовження таблиці 1.1

1	2	3
Зношеність виробничих фондів у ПЕК	не більше 45 %	див. таблицю 2.2
Відношення приросту запасів нафти до її річного видобутку	не менше 1,5–2 %	у середньому 0,5 %
Диверсифікованість зовнішніх поставок нафти та газу	не менше трьох джерел	два джерела: нафта – Росія, Казахстан; газ – Росія, Туркменістан
Запаси вугілля, виходячи з середніх потреб січня	більше 40 діб. За нормами ЄС – 90–120 діб на всі енергоносії	у середньому 15–20 діб
Сумарний недовипуск паливно-енергетичних ресурсів за всіма категоріями споживачів	не більше 1–2 %	дані не наведено
Повнота чинного в ПЕК законодавства	не менше 80–90 %	не більше 75 %

Аналіз наведених вище критеріїв енергетичної безпеки України показує, що нафтогазовий комплекс та електроенергетика, які залишаються донорами для розвитку інших галузей, сьогодні близькі до повного зносу основних фондів: 96 % устаткування теплових електростанцій відпрацювало свій ресурс, 73 % – перевищило граничний рівень. Із 36 млн кВт встановленої потужності спроможні нести навантаження лише 17 млн кВт.

Відсутність серйозних інвестицій у розвиток енергетики може вже до 2020 р. призвести до повної залежності країни від імпорту електроенергії (табл. 1.2) [3].

Дані, наведені в таблицях 1.1 і 1.2, свідчать про необхідність вживання екстрених заходів для приведення критеріїв енергетичної безпеки до належного рівня.

Таблиця 1.2 – Наявність та дефіцит робочих потужностей в енергосистемі України, млн кВт

Характеристика	2005	2010	2020	2030
Атомні електростанції (термін експлуатації – 30 років)	10,8	10,8	1	0
Теплові електростанції	6–7	1–2	0	0
Теплоелектроцентралі	3–4	1–2	0	0
Гідро- та гідроакумулювальні станції	4–7	4–7	4–7	4–7
Наявні потужності	30,8	17,5–22,5	5–7	4–7
Необхідна встановлена потужність з урахуванням резерву	33–37	37–45	55–60	70–75
Дефіцит робочих потужностей	7–10	18,5–22,5	50–55	65–70

Наступною важливою характеристикою держави є енергетична незалежність – спроможність держави забезпечувати економіку кінцевими енергоносіями, а не енергетичною сировиною. Слід зазначити, що енергетична незалежність держави не означає обов’язкового забезпечення власними ресурсами. Наприклад, Японія, яка не має власної ресурсної бази, спроможна забезпечити себе кінцевими енергоресурсами завдяки розвинутій промисловості, наявності високого рівня прибутковості та збалансованій міжнародній політиці.

Нині міжнародний ринок енергоносіїв пропонує в необмеженій кількості кінцеві та первинні енергоресурси. Наявність фінансового потенціалу держави визначає можливість придбання енергоносіїв на ринку і забезпечення енергонезалежності. Водночас держави, що зараз забезпечені енергоресурсами, можуть у якийсь момент опинитися в дефіцитній ситуації. Прикладом може бути становище Великобританії в

період страйків шахтарів 1974 р. або повна залежність України від Росії у виробництві ядерного палива за наявності власної уранової руди.

Пріоритетні напрями енергетичної політики такі:

- надійне енергозабезпечення;
- підвищення енергоефективності та максимальна реалізація потенціалу енергозбереження;
- модернізація та реконструкція енергетичної інфраструктури;
- підвищення рівня безпеки, стійкості та життєздатності енергетичних об'єктів;
- створення лібералізованих конкурентних ринків енергоносіїв;
- структурна перебудова енергокомплексу;
- збільшення виробництва (видобутку) власних енергоресурсів, залучення місцевих і нетрадиційних видів енергоносіїв;
- упровадження технологій і джерел енергії, що знижують навантаження на навколишнє середовище;
- реформування енергетичної сфери відповідно до умов ринкової економіки;
- залучення зовнішніх інвестицій у розвиток ПЕК;
- диверсифікованість зовнішніх джерел постачання енергоносіїв;
- наближення параметрів ПЕК до міжнародних норм і стандартів, зокрема до норм і стандартів ЄС.

Формуванню основ енергетичної політики України сприяло прийняття програмних законодавчих документів, зокрема Національної енергетичної програми, Комплексної державної програми енергозбереження, Законів України «Про енергозбереження», «Про електроенергетику», «Про альтернативні джерела енергії», «Про когенерацію», Указів Президента України, «Енергетичної стратегії України на період до 2030 року».

Як уже зазначалося, Україна – одна з небагатьох держав, структура паливно-енергетичних балансів якої суперечить структурі власних енергетичних ресурсів. Достатньо вказати, що частка природного газу в

енергетичному балансі країни (46 %) перевищує аналогічні сумарні показники США і Великобританії. Тому значним потенціалом економії ПЕР можуть стати організаційно-технічні заходи підвищення ефективності виробництва і споживання енергії.

### 1.1.2. Енергозбереження

Розглянуті вище заходи, спрямовані на підвищення ефективності виробництва і споживання енергії, тісно пов'язані із загальними організаційними заходами з енергозбереження, що вживаються багатьма розвинутими державами. Це передусім: розробка законодавства і стандартів з енергозбереження; впровадження обліку та контролю за споживанням енергоресурсів на всіх рівнях (від індивідуального споживача до регіону, галузі та держави загалом); перегляд цін і тарифів на енергоресурси; державний нагляд за їх споживанням; ліквідація дотацій на споживання енергії та палива; визначення і підтримка оптимальних параметрів технологічних процесів; штрафи за викиди в навколишнє середовище шкідливих речовин, що утворюються в процесі згоряння; пільги на податки й кредити за впровадження енерго- і ресурсозберігальних технологій, техніки, матеріалів; дотації населенню та підприємствам на застосування енергозберігальної техніки, технології, матеріалів, а також екологічно чистих енергоустановок і пристроїв.

Як показує досвід передових країн, ці заходи дозволяють протягом 3–4 років без істотних фінансових витрат скоротити споживання ПЕР на 12–18 % від їх початкового споживання, а протягом наступних 10 років – ще на 15–20 %. Проблема енергозбереження не вирішується лише організаційними заходами, потрібні значні капіталовкладення, удосконалювання енерготехнічних технологій.

Необхідно пам'ятати, що витрати, пов'язані з економією 1 кВт енергії, у 3–4 рази менші, ніж на виробництво 1 кВт встановленої потужності. Цим

визначається пріоритет розвитку енергозбереження над модернізацією енергетики.

Основний потенціал енергозбереження зосереджений у галузях економіки з найбільшим споживанням енергоресурсів: енергетиці, металургії, хімічній і нафтохімічній промисловості, виробництві будівельних матеріалів, машинобудуванні. Тому основні заходи щодо енергозбереження необхідно реалізувати передусім саме в цих галузях.

До найбільш важливих та першочергових заходів належать:

- удосконалювання структури сталеплавильного виробництва за рахунок скорочення частини мартенівської виплавки сталі на користь киснево-конверторної (коефіцієнт корисного використання палива зростає в 2,5–3 рази);
- модернізація й оптимізація процесів регенерації металобрухту чорних металів і виплавки чавуну та сталі;
- упровадження безперервного розливання рідкої сталі в злитки на рівні розвинутих країн (80–100 %);
- підвищення якості сталі за рахунок широкого впровадження процесів вакуумування;
- оптимізація споживання металошихти, включаючи металобрухт, під час виплавки первинних і вторинних сплавів (економія на кожній тонні сплавів – 300 кг коксу і 100 кг металу);
- збільшення частки виробництва і використання деталей з високоміцного чавуну і пластмас;
- оптимізація використання в машинобудуванні конструкційних і функціональних матеріалів із застосуванням систем автоматизованого проектування і вимог функціонально-вартісного аналізу (зменшення енерго- і металомісткості устаткування);
- оптимізація технологічних процесів виробництва, впровадження систем автоматичного контролю і регулювання їх параметрів;

- широке застосування антикорозійного покриття сталевого прокату, включаючи аморфні металеві покриття і сплави для електротехнічних виробів (скорочення витрат електроенергії в 1,5–2 рази);
- випуск сучасних енергоекономічних люмінесцентних ламп (скорочення споживання електроенергії в 5 разів, збільшення терміну експлуатації у 8 разів);
- створення стимулів для повторного використання незношених деталей у машинобудуванні (можна на 1/3 скоротити споживання литва і прокату);
- оснащення електродвигунів перетворювачами приводів для ощадливого споживання електроенергії під час зменшення навантаження (економія електроенергії – 20–30 %);
- оптимізація теплопостачання і гарячого водопостачання міст, зокрема за рахунок використання теплових pomp (насосів) для вилучення теплової енергії із вторинних енергоресурсів (теплових викидів промисловості й енергетики) та об'єктів природного середовища (води озер, рік, морів; ґрунту; повітря).

Кожен із запропонованих заходів може забезпечити річну економію ТЕР в обсягах, еквівалентних 20–90 млрд кВт·год.

Особливо варто звернути увагу на енергозбереження у стаціонарній енергетиці. Сучасна структура енергетики, зокрема України, не оптимальна. Середній ККД (брутто) багатьох конденсаційних електричних станцій становить 34–38 %. З урахуванням витрат електроенергії на власні потреби (робота насосів, дроблення вугілля тощо) ККД (нетто) можна оцінити на рівні 30–34 %. Якщо ще враховувати втрати на трансформацію і передачу електроенергії (від 6 % до 16 %), то для окремих віддалених споживачів КЕС працюють із ККД 22–26 %. Частка енергії первинних енергоносіїв, яка не врахована вище, розсіюється в навколишнє середовище.

Інакше відбувається під час комбінованого виробництва електричної і теплової енергії – когенерації. У цьому випадку ККД (брутто) становить 75–85 %, бо подібні енергооб'єкти (насамперед ТЕЦ), як правило, не передають вироблену ними електроенергію на далекі відстані, де їх ККД (нетто) перебуває на рівні 74–80 %, тобто в 3–3,5 рази вищий, ніж для великих конденсаційних КЕС і ГРЕС.

Перевага ГРЕС над ТЕЦ полягає в тому, що ці електростанції потужніші. Завдяки концентрації виробництва експлуатаційні втрати і в остаточному підсумку тарифи на електроенергію є нижчими. Однак із ростом цін на паливо дана ситуація буде змінюватися на користь ТЕЦ. Енергетики Західної Європи дотримуються думки, що частка електроенергії, виробленої ТЕЦ, у загальному балансі має становити близько 50 %. В Україні вона поки що не перевищує 7 %, тоді як у Фінляндії вже у 1997 році становила 34 % від загальної встановленої потужності. У муніципальній енергетиці Фінляндії пропорція комбінованого виробництва енергії одна з вищих у світі – 76 %.

Як бачимо, структура ПЕК України загалом потребує змін з урахуванням світового досвіду і наявних умов енергетичного ринку. Очевидно, необхідно зупинити будівництво електростанцій великої потужності, збільшити кількість ТЕЦ, розвивати децентралізоване енергопостачання з використанням відновлюваних та інших нетрадиційних джерел енергії. Для реалізації цього напрямку структурної перебудови енергокомплексу потрібна модернізація (реконструкція) невеликих ТЕС і ТЕЦ там, де це можливо, а також упровадження енергозберігаючих технологій в енергоємних технологічних процесах різних виробництв, зокрема металургійних, хімічних, виробництві будівельних матеріалів і конструкцій, у малій енергетиці тощо.

Переваги комунальної і децентралізованої енергетики полягають ще й у тому, що для будівництва енергооб'єктів необхідні менші капіталовкладення. Необхідно враховувати, що оптимальне відношення



централізованої і децентралізованої енергетики, визначене на основі детального аналізу поточних техніко-економічних показників енергооб'єктів, згодом змінюється.

Великий потенціал енергозбереження мають комунально-побутовий і житловий сектор, на частку яких припадає близько 30 % споживання енергії. Тому особливої уваги заслуговує питання розташування об'єктів комунальної і децентралізованої енергетики. Необхідно враховувати, що найбільші втрати виробленої електроенергії мають регіони, віддалені від ТЕС і АЕС на значні відстані. Сюди належать і села України, до яких прокладені ЛЕП невисокої напруги (6 кВ, 10 кВ). За розрахунками фахівців США, передача електроенергії напругою 10 кВ на відстані понад 5 км, збиткова, виходячи з нинішніх тарифів, через високі питомі та абсолютні втрати енергії. Тому для спорудження сільських енергооб'єктів можна рекомендувати малі (міні- і мікро-) ГЕС, вітроелектричні установки, малі ТЕЦ на базі газотурбінних і дизельних електростанцій з використанням місцевих видів палива (біомаси, біогазу, генераторного газу тощо).

Загалом під енергозбереженням розуміємо ефективне використання енергії на кожному етапі її виробництва і перетворення. У попередніх розділах зазначені питання були розглянуті в тісному взаємозв'язку з проблемами кінцевої енергоефективності і впливу на довкілля. Це комплексне завдання, складне в науковому, технічному і соціальному плані, пов'язане із взаємозамінністю різних видів енергії, ефективністю і великою кількістю процесів перетворення, складністю їх фізичної реалізації і математичного моделювання і, нарешті, з різноманіттям і глобальністю екологічних проблем, що породжені енергетикою й енергопостачанням.

Дослідження у сфері ефективного перетворення енергії охоплюють широке коло проблем, можливо, навіть ширше, ніж сама наука «енергетика». Базові теплоенергетичні процеси характеризуються

поступовим зменшенням енергетичного потенціалу робочого тіла. Завдання полягає не тільки в підвищенні цього потенціалу шляхом збільшення кількості енергії, перетвореної в роботу, але й у створенні процесів перетворення енергії з мінімальними тепловими втратами, можливістю подальшого корисного застосування низькопотенційної теплової енергії в інших процесах і, нарешті, максимальним усуненням негативного впливу енергетики на навколишнє середовище.

З урахуванням екологічної кризи, дефіциту паливно-енергетичних ресурсів (передусім газу, мазуту та ядерного палива) одним із стратегічних напрямків створення незалежного, безпечного і надійного паливно-енергетичного комплексу будь-якої країни, зокрема й України, є прискорений розвиток екологічно чистої енергетики. Це передбачає широкомасштабне використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії. Аналіз стану економіки, географічних, геологічних, кліматологічних та інших даних свідчить, що в багатьох країнах можливе їх широке використання.

Віддаючи належне розвитку даного напрямку, слід зазначити, що це зовсім не суперечить стратегії подальшого вдосконалювання і реабілітації базової традиційної енергетики як основи ПЕК України.

Обов'язковою умовою є врахування можливих змін цінової політики на енергоносії і виділення пріоритетних напрямків розвитку найперспективніших галузей економіки, диверсифікованість ПЕР, споживаних енергетикою. І тут важко недооцінити значення енергозбереження як головного і поки що незатребуваного належною мірою енергетичного ресурсу.

Вище були сформульовані головні організаційно-технічні заходи підвищення ефективності використання енергетичного потенціалу ПЕР в енергетиці та економіці країни загалом. Діяльність у цьому важливому напрямку об'єднана поняттям «енергозбереження». Однією з її основних складників має стати енергетичний аудит як інформаційна основа оцінки

енергоефективності, стартова позиція впровадження енергоменеджменту на всіх ієрархічних рівнях (від окремого виробництва до економіки держави), основа інвестиційного аналізу, розробки бізнес-планів, складання програм енергозбереження. Водночас енергетичний аудит є для кожного підприємства добровільним заходом, у проведенні якого зацікавлене керівництво.

## **Тема 1.2 Організаційно-технічні заходи підвищення енергоефективності**

### **1.2.1 Консалтингові схеми в енергетиці**

Паливно-енергетичні кризи, яких зазнали країни Західної Європи на початку 70-х років XX ст., змусили переглянути погляди на використання енергії та навколишнього середовища. Був розроблений і реалізований комплекс практичних і державних заходів, мета яких – раціональне використання енергії. Одним із основних державних заходів стало створення консалтингових схем.

У ширшому значенні консалтингова схема – система планомірних заходів, які здійснюють у будь-якій спеціально обраній сфері. У даному випадку ці заходи передбачають:

- створення консалтингових фірм, що надають споживачам енергії, розроблювачам, працівникам планово-економічного сектора, експлуатаційному персоналу і керівникам підприємств послуги у вигляді кваліфікованої допомоги у сфері економії енергії;
- створення необхідних навчальних курсів і проведення занять зі слухачами різного рівня;
- розробку відповідних навчальних програм та ілюстративних матеріалів;
- широку інформаційну кампанію у засобах масової інформації, випуск друкованої продукції, що рекламує і пояснює саму ідею енергозбереження;
- висвітлення в пресі вдалих прикладів економії енергії, підготовка і публікація статей у технічних журналах для фахівців.

Створення і впровадження цілої низки консалтингових схем сприяло змінам на краще у сфері економії енергії у країнах Західної Європи. Наприклад, загальне споживання енергії в Данії в 1990 році залишалося на

рівні 1973 року, тоді як валовий національний продукт виріс за цей же час на 40 %.

Нині такий підхід використовують у побудові системи взаємодії між економією енергії та захистом навколишнього середовища. В основу покладено розумне планування енергоспоживання, яке приводить до того, що за рахунок удосконалення технології та інфраструктури використовується необхідна кількість енергії. Охоплюється система загалом, на всіх етапах перетворення енергії – виробництво, транспортування, розподіл і використання її кінцевим споживачем. Створення реалістичного плану дій з економії енергії базується на відповідному законодавстві в галузі енергетики, а також наявності в суспільстві загальноприйнятих стандартів і норм.

Для впровадження програми енергозбереження необхідно:

- проведення попереднього економічного аналізу, базованого на точних даних з реального споживання енергії, системі тарифів, інформації про збори платежів, окупність тощо;
- створення переліку необхідних першочергових заходів щодо оптимізації споживання енергії;
- прийняття рішень щодо проведення обраних заходів;
- оптимізація роботи енергосистеми і вибір енергетичного менеджменту;
- регулярна оцінка результатів та інформування всіх зацікавлених про стан справ.

Мета цих дій – збереження досягнутого рівня економії, оцінка ефективності впроваджуваних заходів, планування подальшої економії.

Інформацію систематично збирають з усіх ланок енергосистеми, порівнюють із наявними базами даних, паралельно оновлюючи їх. На всіх етапах здійснюють поточне інформування. Результати оцінки і зібрана інформація призначені для використання фахівцями, зокрема в галузі енергетики, і кінцевими споживачами. Усе це дозволяє накопичувати

досвід і сприяє поступовій зміні ставлення різних соціальних груп до цієї проблеми. Даний процес передбачає взаємний обмін думками з ключових питань: методи економії енергії, удосконалення цінової політики та оцінки нової продукції, екологічні проблеми енергетики та енергетичні аспекти екології.

Таким чином, консалтингові схеми – це практичний інструмент запровадження політики раціонального, екологічно чистого отримання і використання енергії, необхідна ланка між планом і отриманням результатів на основі вдосконалення існуючих і використання новітніх технологій, вибору методів і засобів їх оптимального впровадження.

Удосконалення енерготехнологій і політика енергозбереження в будь-якій країні пов'язані з таким енергетичним устаткуванням:

- теплогенерувальні системи: ТЕС, ТЕЦ, опалювально-виробничі котельні, установки центрального опалення, котлоагрегати різного призначення, печі;
- системи розподілу тепла: підстанції, теплові мережі;
- теплоізоляція будинків, труб, резервуарів високотемпературного робочого тіла, теплообмінників;
- вентиляційне устаткування будівель різного призначення;
- устаткування для вироблення електроенергії: електростанції, турбомашини, вентиляційні агрегати;
- системи електропостачання;

Загалом ефективність використання енергії ґрунтується на впровадженні заходів з удосконалення постачання енергії, її розподілу та споживання. Що стосується ресурсів, призначених для їх впровадження, то важливо, щоб схеми мали чітко окреслені межі. Роботу консалтингових схем необхідно координувати таким чином, щоб консультанти-фахівці з різних питань могли спільно вирішувати загальні проблеми, створюючи загальну базу знань, підвищуючи свою кваліфікацію, аналізуючи отримані результати.

Цікаво вивчити досвід та енергетичну політику країн Західної Європи, які велику увагу приділяють впровадженню нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії. Так, у країнах ЄС до 2020 року приблизно 20 % від усієї енергії, що виробляється, планують покривати за рахунок відновлюваних джерел. Щоб зробити цей напрямок економічно привабливішим, уряди багатьох країн розробили спеціальні програми державних субсидій. Наприклад, під час покупки вітроенергогенератора або сонячної нагрівальної установки до 30 % від їхньої ціни покривається за рахунок держави. Створено спеціальну систему випробувань, апробації і тестування такого устаткування з видачею технічного паспорта. Чим нижча продуктивність установки, тим менший розмір субсидій. Таким чином, із ринку видаляють гірші зразки техніки. Причому цей процес здійснюють за допомогою економічних важелів, які застосовує держава.

Країни ЄС прийняли до виконання програму поліпшення екологічної ситуації, пов'язану зі скороченням викидів CO, CO<sub>2</sub>, N<sub>ox</sub>. Акцент роблять на жорсткості норм викидів цих речовин, для задоволення яких необхідно переходити до більш досконалих технологій, зменшення споживання енергії. Цього досягають за допомогою ефективної системи оподаткування, зокрема, податку на викид CO<sub>2</sub>, що робить украй не вигідною експлуатацію енергетично неефективного устаткування.

Таким чином, враховуючи, що енергетична ефективність тісно пов'язана з екологією, державі доцільно досягнення екологічної чистоти визначити за стратегічну мету, а енергетичну ефективність – за засіб досягнення цієї мети.

### 1.2.2 Енергетичний менеджмент

Енергетичний менеджмент – це передусім процес управління енергетичними потоками, основною метою якого є створення умов для ефективнішого використання енергоносіїв із мінімальними витратами. Основними критеріями ефективності використання енергоресурсів є додержання двох закономірностей:  $E=A/\Pi \rightarrow \min$ ,  $Z \rightarrow \min$ , де  $E$  – енергоемність;  $A$  – сумарна кількість усіх витрачених енергоресурсів в умовному паливі;  $\Pi$  – валовий внутрішній продукт, або реалізація продукції у грошовому виразі (грн), якщо мова йде про підприємства та організації;  $Z$  – фінансові витрати на випуск продукції.

Управління будь-якою сферою починається з розробки концепції, на базі якої розробляється політика та стратегія розвитку. Концептуально структура управління енергоефективністю, як і структура управління державою, має ієрархічний характер та може бути подана у вигляді піраміди (рис. 1.1).



Рисунок 1.1 – Ієрархічний устрій системи управління енергоефективністю

Кожний рівень має свої повноваження, окремі завдання, окремі проблеми, але практично на кожному рівні має розроблятися політика та стратегія енергоефективності.



У загальному вигляді можливо весь цикл управління подати у вигляді послідовного алгоритму [9]. При цьому наведена схема (рис. 1.2) має два кола – зовнішнє та внутрішнє. Зовнішнє коло включає безпосередню участь державних структур у розробці законодавчої бази та її удосконаленні, розробку методично-нормативної документації, статистичний аналіз та прогнозування на його основі економічних завдань у галузі енергетики та палива, розробку пропозицій у напрямку привабливості ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів.

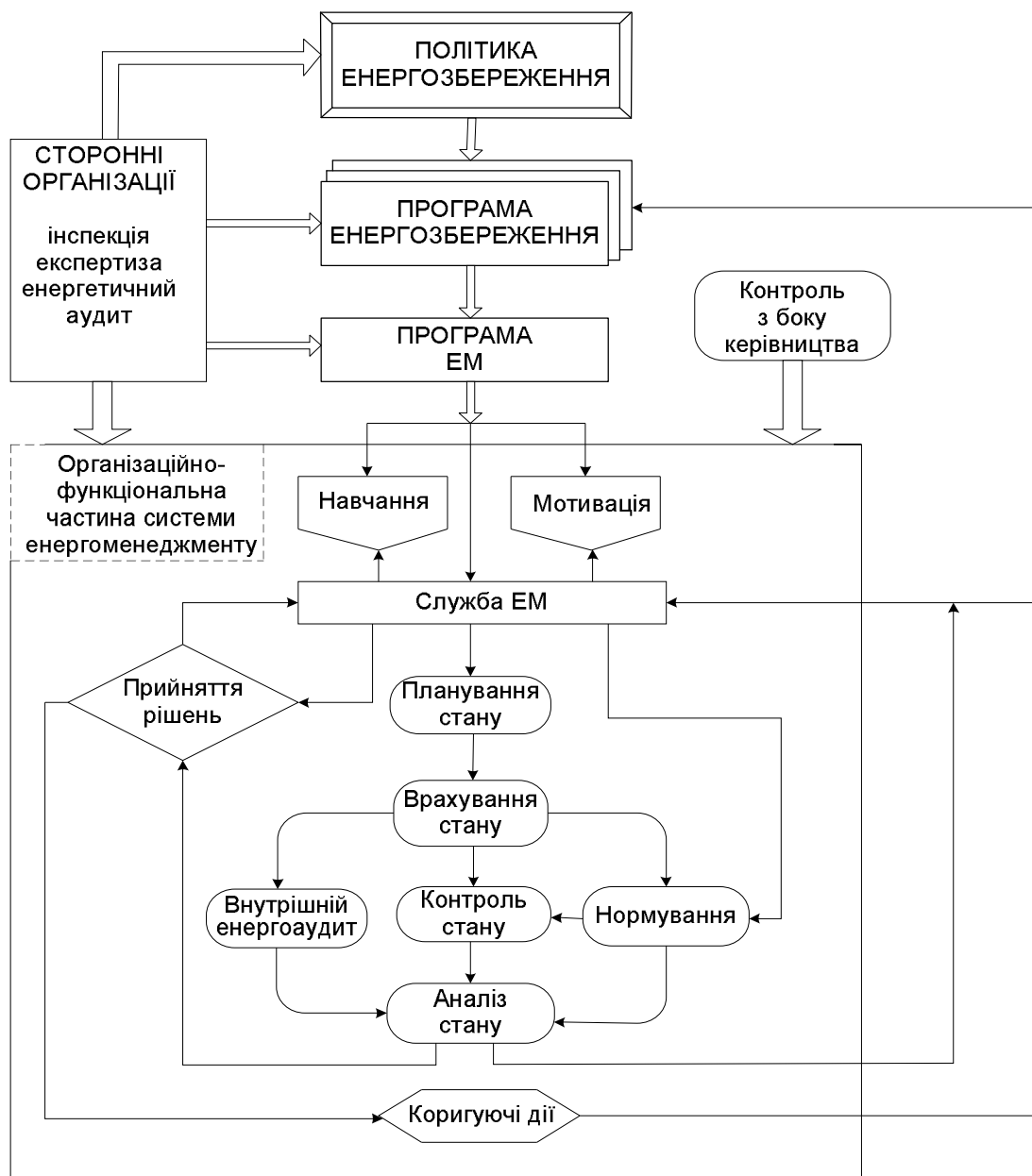


Рисунок 1.2 – Алгоритм створення системи енергоменеджменту

Внутрішнє коло є організаційно-функціональну частину системи енергоменеджменту на нижчих рівнях. Але враховуючи різні можливості регіонів та їхні особливості на кожному нижчому рівні, для створення державної політики і програми енергозбереження також розробляють Програми регіонального та місцевих рівнів, а також суб'єктів господарювання.

Одним із важливих чинників є усунення перешкод на шляху підвищення енергоефективності української економіки. Це багато в чому залежить від законодавчої бази та її дотримання, створення раціональної системи управління енерго- та ресурсозбереженням, дотримання екологічних вимог, створення державою привабливих механізмів та часткової фінансової участі у впровадженні енергозберігальних технологій та обладнання, створення привабливого податкового клімату на всіх стадіях проходження енергетичних потоків.

У зв'язку з викладеним вище головним завданням стратегії розвитку енергетики та енергоефективності має бути розробка тарифної політики стосовно енергоносіїв, оцінка реального потенціалу всіх джерел енергії, включаючи нетрадиційні та відновлювані, у прив'язці до конкретних регіонів. Оскільки економічні та енергетичні потенціали регіонів України значно відрізняються один від одного, основна практична діяльність у галузі енергоефективності має бути перенесена на регіональний рівень і лише на базі регіональних Програм може бути створена Державна Програма енергоефективності з урахуванням взаємозв'язку з розвитком усіх галузей.

Це потребує передбачення у бюджеті країни чіткої структури регіонального фінансування енергозбереження та законодавче створення регіональних фондів енергоефективності.

Крім того, необхідно значно змінити законодавчу базу інвестування в енергозбереження з одночасним розвитком системи страхування ризиків, передусім у сфері використання альтернативних та відновлюваних джерел енергії, де терміни окупності перевищують три та більше років.

Для забезпечення ефективної роботи в напрямку енергозбереження на регіональному рівні необхідно створення дієздатної служби енергоменеджменту, що повністю відповідає вимогам Закону України «Про енергозбереження».

Оскільки енергоменеджмент – це процес управління, то, як і для кожного процесу, необхідно насамперед створити систему збору об'єктивної інформації на кожному з етапів проходження енергоресурсів від видобутку до споживача. Таким чином, *першим кроком* енергоменеджменту є організація обліку енергоресурсів під час добування, перетворення, транспортування, розподілу та споживання.

*Другий крок* – це створення системи орієнтирів, тобто еталонних показників використання енергоресурсів на одиницю продукції або послуг, що, до речі, також відображено в Законі України «Про енергозбереження» у вигляді розробки стандартів, або прогресивних питомих норм витрат енергоносіїв. Але до нині таких еталонних показників практично в Україні не існує. Тому на даному етапі найбільш ефективно використовувати метод нормалізації, суть якого буде викладено нижче, що дозволяє кожному суб'єкту господарювання орієнтуватися на кращі показники питомих витрат енергоносіїв на одиницю продукції для конкретного підприємства з його наявним обладнанням.

*Третій крок* – це створення постійно чинної системи моніторингу впроваджених енергозберігальних заходів із метою їх оцінки та популяризації.

*Четвертий крок* – це організація розповсюдження інформації та створення консалтингових структур для надання консультативних послуг про наявність найкращих і більш енергоекономічних технологій та обладнання.

У загальному вигляді структуру регіонально управління енергоефективністю як приклад наведено на рисунку 1.3.

Таким чином, енергоменеджмент як процес управління включає в себе облік та аналіз споживання, розподілу, перетворення, виробництва,

добування, планування як кінцевих, так і проміжних енергоресурсів, дослідження потенційних запасів відновлюваних та альтернативних джерел енергії, а також енергозбереження та енергетичний аудит як складові енергоменеджменту.

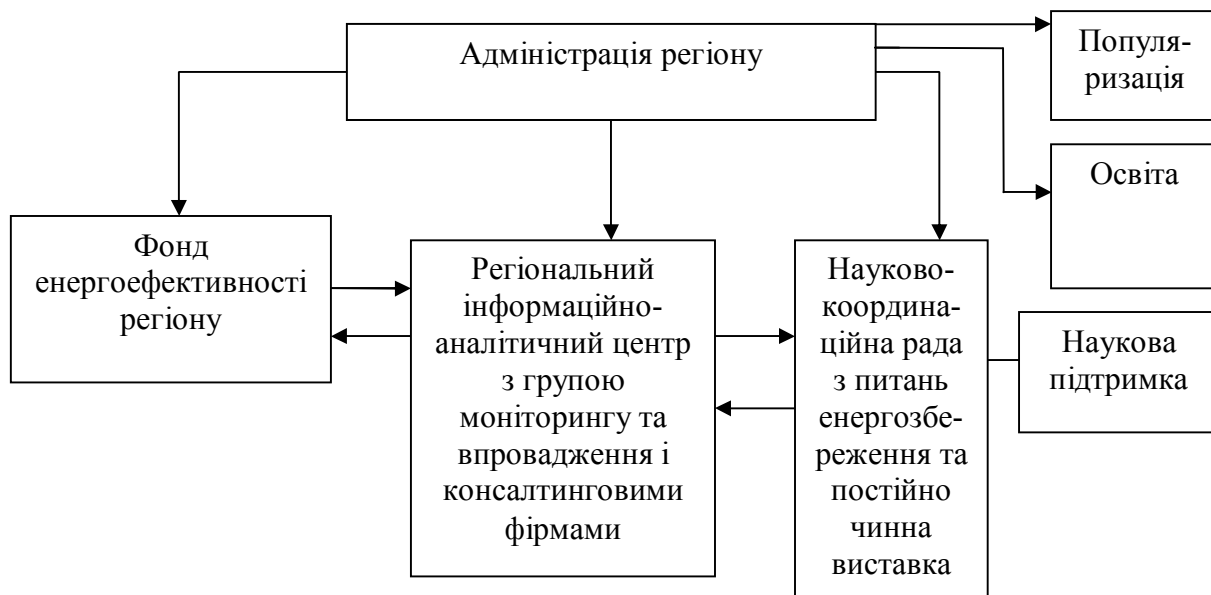


Рисунок 1.3 – Структурна схема регіонального управління енергоефективністю

Ефективне впровадження енергозберігальних технологій можливе лише за наявності економічної привабливості усіх сторін, які беруть участь у виробництві енергоносіїв та їх споживанні, включаючи регіональну та місцеву владу. Тільки при взаємній вигоді всіх учасників процесу підвищення енергоефективності можна досягнути позитивного результату.

## Тема 1.3 Управління процесами енергопостачання та енерговикористання

### 1.3.1 Основні принципи керування енерговикористанням

Практика щодобового функціонування електричної підсистеми свідчить про те, що потреби в електричній потужності суттєво змінюються протягом доби, тижня, сезону. Це є однією з основних складових проблем негативного впливу динаміки навантаження на ефективність сучасної електроенергетики світу й України, зокрема.

Традиційно цю проблему розв'язували з позицій **екстенсивного** підходу, шляхом використання для тримання додаткової потужності генераторів різних типів (базисних, пікових і напівпікових). Цей спосіб дозволяв звести до мінімуму сумарні затрати для динамічного реагування на нерівномірний попит на електричну потужність.

**Базисні генератори**, як правило великої потужності, працюють на відносно дешевому паливі та покривають головну долю навантаження електроенергетичної системи.

**Пікові генератори**, відповідно до свого призначення (оперативність реагування на динаміку коливань навантаження), є високоманевровими, але працюють на дорогому мінеральному паливі.

Розвиток електроенергетики в Україні відбувався в напрямку будівництва низькоманеврових агрегатів, що не сприяло проведенню ефективної стратегії і тактики активного електрозбереження.

Однак можливості екстенсивного способу регулювання електричного навантаження обмежені.

**Проблема керування енерговикористанням зумовлена:**

- необхідністю переходу господарського механізму від командно-адміністративної до ринкової системи керування;

- залежністю від імпорту основних енергоносіїв (нафти, газу, ядерного палива);
- високим рівнем енергоємності продукції;
- низькою ефективністю енерговикористання;
- негативним впливом динаміки навантаження на природу генерувальної системи сучасної електроенергетики;
- неспроможністю проведення ефективної стратегії і тактики активного електрозбереження у структурі генерувальних потужностей.

У зв'язку з цим сформульовано гіпотезу систематичного енерговикористання, яка ґрунтується на інтенсивному підході: *затрати на керування електровикористанням для системи взагалі ефективніші, ніж затрати на виключно екстенсивний розвиток генерувальних потужностей.*

Методологія системного підходу забезпечує реальну можливість формування обґрунтованих гіпотетичних передумов постановки проблеми керування енерговикористанням виходячи з:

- оптимізації режимів електричних мереж;
- оптимізації режимів електроспоживання, інтегральної оптимізації;
- багатокритерійної оптимізації режимів електроспоживання;
- координованої оптимізації.

Вирішення проблеми керування енерговикористанням потребує розв'язання таких основних задач:

- планування нормалізації та обліку електроспоживання;
- оперативного керування (включаючи контроль поточних режимів генерації, розподілу та споживання електроенергії) навантаженням споживачів (з метою вирівнювання графіка навантаження електроенергетичної системи);
- створення ринкових моделей взаємодії між постачальниками та споживачами електроенергії;

- розробки диференційованих та інших тарифів на електроенергію;
- розробки технічних засобів вимірювання, контролю та керування режимами електроспоживання, інформаційного забезпечення;
- розробки методів створення маневреної потужності та підтримування позитивного балансу між генерацією та споживанням електричної енергії (потужності);
- впровадження енергозберігальних технологій;
- розробки методів аналізу динаміки електроспоживання та структурної оптимізації параметрів і режимів електроспоживання;
- двоетапної оптимізації електроспоживання;
- формування комплексів споживачів-регуляторів електричної потужності (формування маневреного навантаження).

Ці задачі покладені в основу напряму ефективного керування енерговикористанням, який відіграє роль інструментальної системи, що є робочим чинником нового типу. Ця система функціонує поруч із традиційними об'єктами електропостачання – електроспоживання, але має інтегровальну властивість забезпечення їх ефективної взаємодії між собою та з довкіллям.

Показником, який визначає нерівномірний характер навантаження, є відношення величини середньої енергії до величини пікової енергії, що подана за певний час.

*Таке відношення називається коефіцієнтом навантаження.* У більшості енергосистем розвинених країн світу щорічні коефіцієнти навантаження є у межах 50–60 %, середні сезонні коефіцієнти навантаження – 60–70 %, середні денні – 80 %, а максимальний денний коефіцієнт навантаження досягає 90 %.

Виробництво електроенергії найбільш ефективне, коли коливання під час повного навантаження системи залишаються якомога меншими, а коефіцієнти навантаження є високими. В зв'язку з цим енергопостачальні

компанії стараються ефективніше використовувати нинішні енергоустановки, а не будувати нові.

Енергетичні установки залежно від типу навантаження можна поділити на три групи, в яких вони працюють:

- із базовим навантаженням;
- проміжним навантаженням (напівпіковим);
- із піковим навантаженням.

Установки з базовим навантаженням – найбільші (800–1 200 МВт). Вони використовують відносно недороге паливо (вугілля, уран і гідроенергію). Причому вони працюють на постійному рівні протягом доби і практично цілий рік.

Установки з проміжним навантаженням середнього розміру (200–800 МВт), як паливо використовують нафту, газ, вугілля. Їх виробіток змінюється протягом дня відповідно до навантаження споживачів.

Установки з піковим навантаженням в основному мають невелику потужність (менше 100 МВт), використовують дизельне паливо або природний газ. Такі установки можна швидко запустити, але їх використання дуже дороге, тому їх використовують тільки протягом 10 % всього часу, для забезпечення пікового попиту. Отже, компанія, що постачає електроенергію, повинна мати достатню кількість генерованої потужності, щоб забезпечити піковий попит добового навантаження.



### 1.3.2 Координоване планування та примусове пряме керування

Індустрія електропостачання є інтенсивною з погляду вкладеного в неї капіталу. Фінансове здоров'я електропостачання залежить від того, наскільки ефективно промисловість використовує свій капітал.

Це вимагає точної відповідності енергопостачання енерговикористанню. Такий баланс може бути досягнутий за допомогою технологій, які інтегрують планування енергопостачання та енерговикористання.

Інтегроване ресурсне планування (ІРП) – це інструмент, який може бути використаний для мінімізації загальних затрат як з боку постачання, так і з боку споживання.

З допомогою ІРП досягається економічний баланс між економією електроенергії та розвитком нових виробничих потужностей, оскільки систематичне проведення оцінки енерговикористання і соціальних чинників може реально вплинути на формування попиту на електроенергію.

Основними відмінностями ІРП від традиційного планування є:

- можливість оцінки потоків платежів між споживачами електроенергії та розподільними компаніями, генерувальними компаніями та газовими компаніями, тепломережами і попитом споживачів на енергетичні послуги;
- забезпечення координованого планування діяльності постачальників і споживачів енергоресурсів;
- задоволення попиту споживачів на енергетичні послуги із найменшими затратами в межах політично визначеної структури суспільства.

Головна мета ефективного електроспоживання є основою для створення програм із керування енерговикористанням, спрямованих на підвищення енергоефективності. Програми з керування

енерговикористанням спонукають енергопостачальні організації допомагати власникам квартир вибирати енергоефективне устаткування і прилади, надавати консалтингові послуги промисловим підприємствам, надавати мешканцям інформацію про рахунки за електроенергію, автоматизувати систему розрахунків.

Головної мети керування енерговикористанням досягають за умови виконання реальної підмети, а саме: плата споживача за електроенергію має бути максимально низькою. Реальне споживання електроенергії має скорочуватися швидше, ніж зростає ціна за 1 кВт·год унаслідок заходів щодо економії електроенергії.

Дії щодо керування навантаженням можуть бути як спонукальними, так і примусовими.

Спонукальні процедури це:

- непрямі дії або керування (наприклад, ініціативи щодо енергозбереження та стимулювання застосування систем керування, встановлених споживачем);
- децентралізація генерування;
- пряме керування устаткуванням споживача;
- інформування споживачів;
- введення стимулювальних тарифів, ставки на пікову потужність, знижки за відключення навантаження;
- акумулювання енергії.

*Примусові процедури* це – обмеження потужності (узгоджені або обов'язкові) та регулювання напруги.

Роботи щодо керування навантаженням, розпочаті в 60-х роках минулого століття, розвивались як вирівнювання графіка навантаження енергосистем за рахунок створення позапікових режимів електроспоживання, особливо в зимовий період. Зміни форми навантаження були бажаними, для того щоб зменшити позапікове та зимове навантаження, заохочуючи програми з опаленням приміщень у

нічні години (заповнення провалів – перенесення навантаження), а також щоб обмежити піки шляхом керування електричними водяними обігрівачами (обмеження навантаження).

Керування навантаженням є предметом активного зацікавлення з боку електропостачальних компаній. Водночас офіційні органи влади не приділяють керуванню навантаженням навіть мінімальної уваги.

Для ефективного розвитку енергопостачання має бути підготовлений «Головний план розвитку» – майбутнього виробітку електроенергії та подальшого розвитку структури затрат.

Сьогодні виробнича система розвивається згідно з довготерміновими стратегіями, серед яких:

- стійкість до майбутніх цін на паливо;
- низькі змінні затрати, гнучкість у роботі виробничої системи;
- відповідність економічним вимогам і меті енергетичної політики.

Головною метою енергопостачання є виробництво електроенергії із найменшими затратами, висока надійність постачання та мінімальний вплив на довкілля. Цієї мети досягають використовуючи інтегроване ресурсне планування.

*Новизна інтегрованого ресурсного планування (ІРП) полягає в тому, що між енергопостачанням та енерговикористанням має бути досягнутий економічний баланс затрат з обох сторін.*

У процес балансування затрат входять:

- нинішні умови електропостачання (нові економічні вимоги або конкуренції в електричному секторі);
- головний план розширення енергопостачання, що встановлює довготермінові витрати (плани керування енерговикористанням);
- аналіз чутливості основних економічних пропозицій, а саме ціни на паливо, економічне зростання тощо.

Для того, щоб упевнитися, що знайдено правильний баланс, сторона енергопостачання повинна оцінити чи є вплив на електричне навантаження під час виконання програм із керування енерговикористанням.

### 1.3.3 Примусове пряме керування

У більшості випадків альтернативу керуванню навантаженням розглядають із боку керування устаткуванням клієнтів. Однак не слід забувати й про деякі аспекти керування устаткуванням самої енергопостачальної компанії, що складає частину комплексної програми. До них належать зменшення напруги, керування фідерами та коефіцієнтами потужності. Регулювання напруги деякі компанії використовують як альтернативу керуванню навантаженням. Зменшення навантаження на 1 % вимагає зниження напруги на 1 %. Цього можна досягнути в розподільних мережах, які складаються в основному з навантажень приватного сектора.

Керування електричним навантаженням або керування споживачами-регуляторами розглядають як важливий спосіб поступової стабілізації енергетики і забезпечення надійного та якісного електропостачання споживачів. Ефективне керування електричними навантаженнями стане реальним лише за таких умов:

- економічної зацікавленості споживачів у створенні маневрового електричного навантаження (у споживанні позапікової електроенергії). Така зацікавленість досягається шляхом уведення прогресивної системи тарифів на електроенергію;
- споживачі електроенергії повинні мати реальні можливості для керування електричними навантаженнями (конкретні методики, програмне забезпечення та заходи щодо керування електричними навантаженнями);
- наявності у споживачів сучасних технічних пристроїв обліку та керування електроспоживанням;

– із метою безпосереднього ефективного здійснення керування енергоспоживанням необхідна розробка та затвердження відповідних нормативно-правових документів.

Однією з основних причин необхідності створення збалансованої нормативно-правової бази є монопольне становище постачальників електроенергії, які не звертають уваги на потреби споживачів під час створення концепції ІРП.

Поступове «підняття з колін» промисловості України вимагає використання нових технологій та устаткування. Тому саме зараз необхідно створити та ввести методики, нормативні документи щодо керування енергоспоживанням, які допоможуть вибрати правильний шлях проектування нових і проведення реконструкції нинішніх об'єктів із урахуванням керування їхнім електричним навантаженням.

#### 1.3.4. Маркетинг енергозабезпечення

У дослідженнях енергопостачальних компаній, які спрямовані на рекламу програм із управління енерговикористанням, було виділено п'ять основних категорій (рис.1.4).

Альтернативне ціноутворення дає споживачам цінові сигнали, які відображають реальні затрати компанії на генерацію електричної енергії та заохочують споживачів змінювати схеми звичайного споживання у відповідності з цими ціновими сигналами.

Споживачі отримують прямі заохочення: оплату, різноманітні форми відшкодування або кредити, стимулювальні інвестиції на устаткування та заходи, які не привабливі для користувачів без подібних заохочень, а також відшкодування деяких затрат клієнтів, які беруть участь у програмах із нижчим рівнем обслуговування, наприклад, у програмах прямого керування.



Рисунок 1.4 – Категорії маркетингової діяльності постачальної компанії

#### Прямі контакти зі споживачами

Торговельна кооперація підвищує потенціал постачальної компанії у проведенні маркетингу та впровадженні програм завдяки спільній роботі з архітекторами, інженерами, продавцями устаткування та пристроїв, тому використовує при цьому кооперативну рекламу, маркетинг, навчання, сертифікацію та продаж товарів і послуг.

Реклама дозволяє популяризувати серед населення нові програми і допомагає контролювати реакцію споживачів на програми, що їх проводить компанія. З цією метою енергопостачальні компанії використовують всі засоби масової інформації. Реклама є ефективним інструментом, який забезпечує успіх програмі. Розрахунок тарифів на електроенергію та програми стимулювання є потужним інструментом керування енерговикористанням, який використовується на практиці.

## Тема 1.4 Стратегія раціонального постачання та використання енергії

### 1.4.1 Система енергетичного менеджменту, схема проведення

Підвищення енергетичної ефективності будь-якого виробництва (підприємства), зниження рівня споживання енергії зі збереженням обсягів виробництва, скорочення негативного впливу на навколишнє середовище вимагає прийняття відповідних рішень, які стосуються стратегії використання будь-яких ресурсів. В основі цього лежать енергетичний аудит та енергетичний менеджмент.

Система енергетичного менеджменту (СЕМ) промислового підприємства – це комплекс організаційних, технічних засобів і програмно-методичного забезпечення керування виробничим процесом, при споживанні мінімально необхідної для цього кількості ПЕР.

На підприємстві створюють службу енергетичного менеджменту, яку очолює енергоменеджер підприємства. Йому підпорядковані енергоменеджери різних напрямків енергозбереження (теплопостачання, електропостачання, водопостачання, постачання стиснутого повітря) в обов'язки яких входить:

- контроль і планування споживання різних видів енергії;
- забезпечення циклу енергоменеджменту за напрямками енергозбереження та розробка і впровадження заходів під час генерації;
- розподіл і використання видів енергії;
- організація усунення втрат енергії та впровадження енергозберігальних заходів щодо всіх видів енергії, яку споживають.

Таким чином служба енергетичного менеджменту разом із інспекціями, здійснює нагляд за ефективним використанням енергоресурсів. Визначає компоненти управління:

- об'єкт управління;

- мету і критерії управління;
- керівні впливи;
- обмеження на процес управління;
- некеровані впливи на об'єкт;
- засоби управління.

Ці складники процесу управління представлені на рисунку 1.5.

Об'єктом управління є промислове підприємство загалом, окремі його підрозділи, паливо- і енергоспоживаючі (ПіЕС) агрегати, а також персонал підприємства, пов'язаний з питаннями ефективності використання ПЕР.

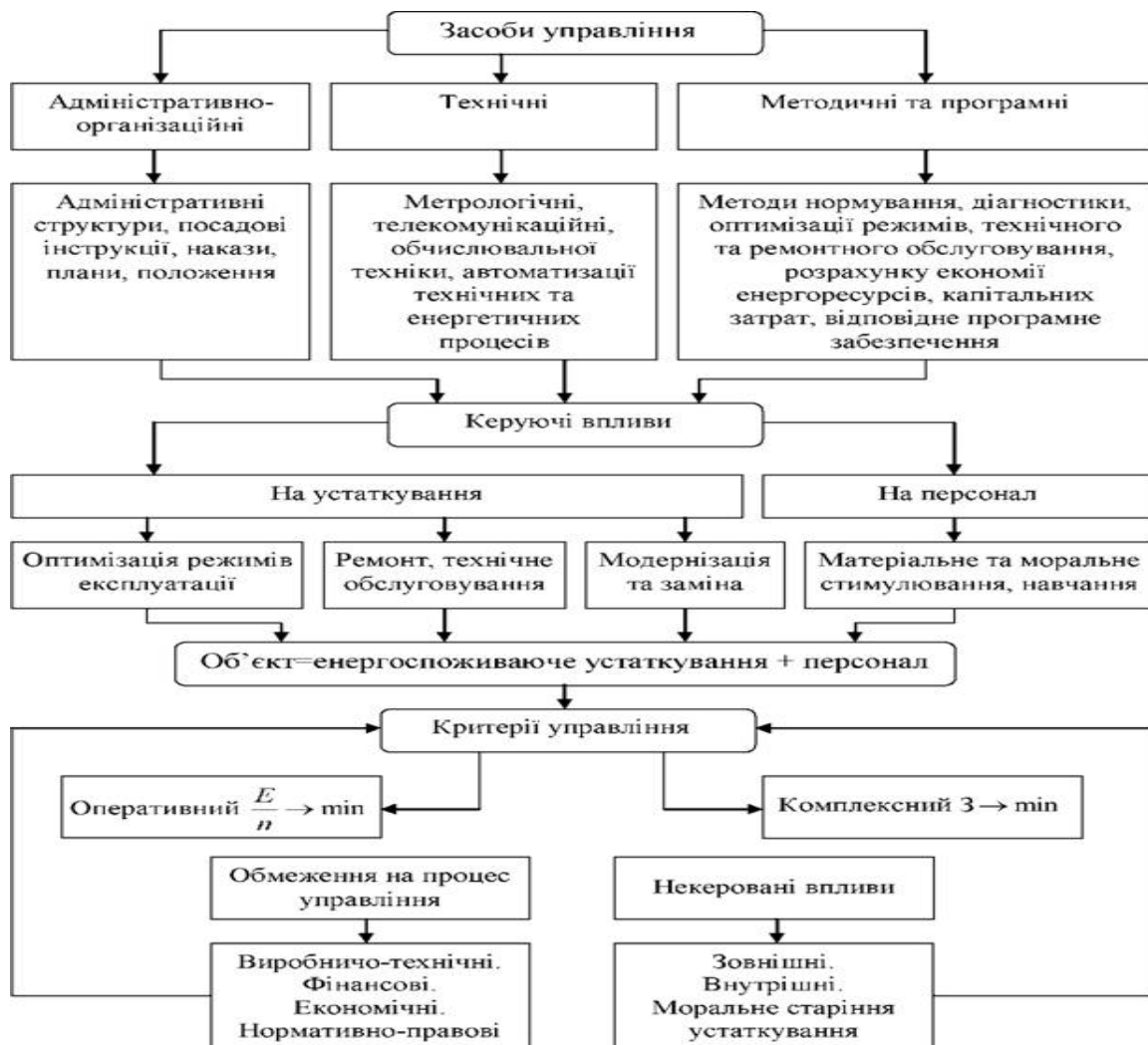


Рисунок 1.5 – Структурна схема СЕМ



Головні складові СЕМ:

1. *Структурну схему підприємства*, на якій відображені вузли введення і виведення ПЕР (трансформаторні підстанції, газорозподільні пункти, трубопроводи пари і гарячої води), підрозділи підприємства, найбільші ПіЕС агрегати, а також прилади для обліку споживання і відпуску ПЕР.

2. *Схеми матеріальних потоків підприємства*: потоків енергії, сировини і готової продукції.

3. *Схеми загальнозаводських енерго- і водопостачальних систем*, опалення, паропостачання, газопостачання, водопостачання, електропостачання, повітропостачання тощо.

4. Перелік найбільших ПіЕС агрегатів (парові і водогрійні котли, паливні та електричні печі, компресори, великі електроприводи та інші ПіЕС агрегати).

Метою управління є мінімізація питомого споживання ПЕР у розрахунку на одиницю продукції (послуг):

$$P = \frac{E}{\Pi} \rightarrow \min, \quad (1.1)$$

де  $\Pi$  – обсяг виробництва (послуг) за звітний період у натуральних показниках;

$E$  – споживання ПЕР за звітний період у т.у.п.

Формулу (1.1) зручно використовувати як оперативний критерій енергоефективності у відносно коротких проміжках часу (доба, зміна, тиждень, місяць). Недоліком цього критерію є те, що він не враховує витрати на реалізацію енергозберігальних заходів.

Тому поряд із критерієм (1.1) для оцінки ефективності процесу управління енергоспоживанням підприємства у великих проміжках часу,

протягом якого вкладають певні фінансові ресурси, доцільно використовувати сумарні витрати, які містять у собі капітальні витрати на енергозберігальні заходи та експлуатаційні витрати, пов'язані з оплатою енергоносіїв:

$$Z \rightarrow \min. \quad (1.2)$$

*Керівні впливи* містять у собі впливи на технічний персонал і впливи безпосередньо на устаткування. На технічний персонал можна впливати шляхом матеріального і морального стимулювання, а також шляхом підвищення його кваліфікації. Керівні впливи на устаткування це: оптимізація режимів експлуатації; технічне обслуговування; ремонтне обслуговування; модернізація чи повна заміна устаткування. Обмеження на процес управління. Процес управління споживанням ПЕР на промисловому підприємстві, пов'язаний із певними обмеженнями планово-виробничого, фінансового, екологічного, технічного і нормативно-правового характеру.

Основним обмеженням планово-виробничого характеру є реальний рівень завантаження підприємства, що визначається наявністю замовлень і збуту продукції. Оптимальні показники завжди досягаються за номінального завантаження підприємства та окремих агрегатів. Реальні показники необхідно розраховувати з урахуванням фактичного завантаження підприємства; нині воно, як правило, є істотно нижчим, ніж номінальне, що негативно позначається на показниках його діяльності згідно з виразами (1.1 і 1.2).

*Фінансові обмеження*, як правило, не дозволяють повною мірою реалізувати наявний на підприємстві потенціал енергозбереження, тому конкретні розрахунки необхідно виконувати, виходячи з визначеної обмеженої суми фінансування енергозберігаючих заходів.

*Екологічні вимоги* накладають усе більш жорсткі обмеження на обсяги та хімічний і фізичний склад продуктів згоряння палива, забруднення води і тверді відходи, що є неминучими супутниками практично будь-якого промислового виробництва. Часто екологічні обмеження є додатковим спонукальним мотивом щодо ефективного використання ПЕР.

Наприклад, вимоги стосовно обмеження кількості викидів парникового газу об'єктивно стимулюють підвищення ефективності використання палива. Однак в окремих випадках, екологічні вимоги можуть призводити до збільшення енергоємності виробництва. Так, уловлювання шкідливих викидів, транспортування відходів виробництва і деякі інші екологічні заходи вимагають додаткових витрат енергії.

*Технічні обмеження* можуть бути пов'язані, зокрема, з виконанням вимог безпеки і надійності. Наприклад, температура і тиск перегрітої пари можуть обмежуватися умовами тривалої міцності металу енергоустановок і трубопроводів.

*Некеровані впливи* на об'єкт варто розглядати як причину зниження ефективності використання ПЕР у розглянутому об'єкті управління. Усі некеровані впливи можна розділити на три групи: зовнішні, внутрішні, моральне старіння устаткування.

*Наприклад, зовнішні впливи такі:* зміна температури навколишнього повітря, якості палива і сировини; *внутрішні:* порушення теплоізоляції, газощільності, забруднення поверхонь нагрівання, розрегулювання системи автоматики; а *моральне старіння устаткування:* поява нових зразків техніки, погіршення техніко-економічних показників встановленого устаткування тощо.

*Засоби управління:*

— *адміністративно-організаційні* (організаційні схеми, накази, посадові інструкції, положення про матеріальне стимулювання працівників і підрозділів, а також заходи щодо підвищення кваліфікації);

- *технічні* (вимірювання обчислювальної техніки, передачі інформації, автоматизація енергетичних і технологічних процесів);
- *програмно-методичні*.

Енергоменеджер належить до адміністрації підприємства (організації), однак він не керує людьми, а контролює енергоспоживання. Посада енергоменеджера належить до посад керівників середньої ланки з безпосереднім підпорядкуванням директору або головному інженеру підприємства (організації).

Енергоменеджер повинен уміти:

- складати таблиці споживання енергії у підрозділах і різним устаткуванням та паливно-енергетичний баланс підприємства (організації)
- проводити аналіз споживання енергії з врахуванням оцінки заходів економії енергоспоживання та готувати пропозиції щодо вдосконалення виробничого процесу;
- визначати ефективність роботи споживачів енергії та здійснювати контроль за інвестуванням заходів економії енергії;
- надавати консультаційні послуги щодо питань економії енергії на підприємстві (організації);
- проводити внутрішній енергетичний аудит і знати методику оцінки енергетичного менеджменту на підприємстві (організації) та заохочення працівників підприємства (організації), які економлять енергію;
- розробляти пропозиції з метою залучення персоналу економити енергію;
- перевіряти та оцінювати рахунки плати за спожиту енергію і договори, що пов'язані з енергоспоживанням;
- детально аналізувати потоки енергії та визначати й постійно контролювати питомі норми енергоспоживання;

- проводити розрахунки капіталовкладень, експлуатаційних витрат, аналізувати можливості субсидій та їхнього практичного використання;
- подпвати на розгляд адміністрації пропозиції, що стосуються нової інвестиційної політики;
- керувати персоналом.

#### 1.4.2 Генеральна стратегія і схема проведення енергетичного аудиту

Проведення енергетичного аудиту – початок упровадження на підприємстві системи енергетичного менеджменту. Загалом методика проведення аудиту не залежить ні від виду продукції, яку випускають, ні від застосовуваної технології, ні від форми організації досліджуваного виробництва (підприємства). В її основу покладено визначений стандартний (типовий) алгоритм, здатний забезпечити ефективну роботу аудитора, що повинен враховувати всі споживані види енергії, надавати пропозиції щодо скорочення їх споживання, оптимізації структури енергоспоживання.

Загальні вимоги, які висувають до генеральної стратегії енергетичного аудиту, такі:

- можливість застосування для всіх типів виробництв і компаній;
- облік усіх видів енергії;
- сприяння зменшенню витрат часу аудитора шляхом загальної стандартизації;
- можливість ідентифікації етапів для продовження роботи чи умови її припинення;
- можливість її використання як бази для співробітництва між різними аудиторами.

Нормативно-правова база енергетичного аудиту, методологія його проведення і конкретні приклади будуть детально висвітлені в іншій частині даного посібника. Зараз розглянемо лише основні етапи проведення енергоаудиту.

Структура генеральної стратегії енергетичного аудиту, показана на рисунку 1.6, містить чотири основні етапи.

**Етап 1.** Попередній контакт аудитора з керівництвом підприємства; ознайомлення з підприємством, основними виробничими процесами і лініями; укладення угоди з керівництвом підприємства про подальшу діяльність.

**Етап 2.** Складання карти споживання енергії на підприємстві; визначення можливості значної економії енергії; укладення угоди з керівництвом підприємства про подальшу діяльність.

У процесі складання карти споживання енергії, аналізу даних першого етапу збирають інформацію про енергоспоживання під час окремих процесів і на окремих установках, виявляють можливості економії енергії.

З цією метою проводять порівняння ключових даних (наприклад, питомих енерговитрат) з даними, відомими зі спеціальної літератури, інформацією про аналогічні виробництва, визначають перелік місць можливої економії з визначенням пріоритетності.

**Етап 3.** Оцінка економії енергії та економічних переваг від упровадження різних можливих заходів; вибір конкретної програми енергозбереження для першочергового впровадження; підготовка ключових технічних та економічних даних; складання і подання керівництву підприємства звіту за результатами енергетичного аудиту; прийняття рішень про проведення (не проведення) подальшого аудиту; укладення угоди про подальшу діяльність.

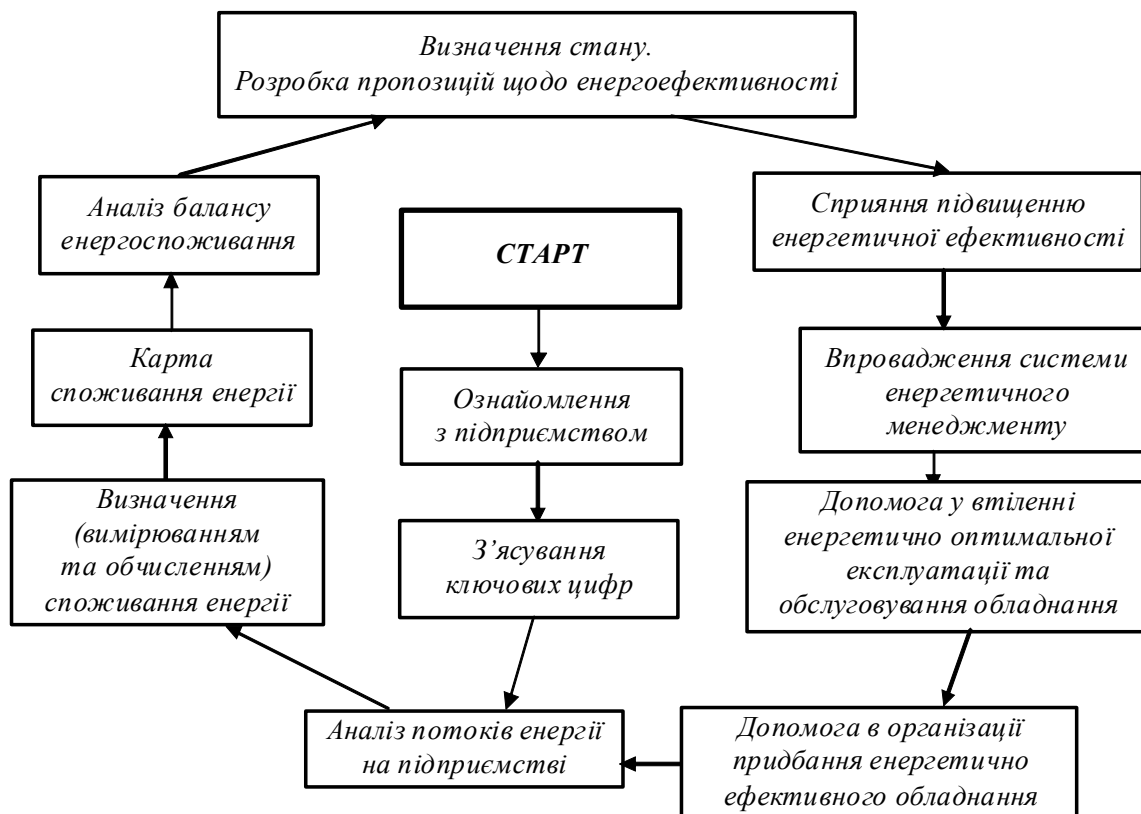


Рисунок 1.6 Схема проведення енергетичного аудиту

**Етап 4.** Впровадження програми енергозбереження; запуск системи енергетичного менеджменту; продовження діяльності, дообстеження, вивчення досягнутих результатів тощо.

Таким чином, енергетичний аудит – це технічне інспектування енергоспоживання підприємств (виробництв) із метою визначення можливої економії енергії і надання допомоги підприємству (виробництву) у її здійсненні шляхом упровадження на підприємстві механізмів енергетичної ефективності та енергетичного менеджменту.

### 1.4.3 Менеджмент суб'єкта господарювання. Вимоги до енергоменеджера

Енергетичний менеджмент – основний інструмент скорочення споживання енергії, підвищення ефективності її використання, а також скорочення негативного впливу енергетики на навколишнє середовище. Впровадження енергетичного менеджменту дозволяє отримати детальну картину споживання енергії, дати точну оцінку проектів економії енергії, запланованих для впровадження на даному підприємстві (виробництві). Це система управління, яка базується на проведенні типових вимірювань і перевірок, що забезпечує таку роботу підприємства, під час якої споживається тільки необхідна для виробництва кількість енергії.

За впровадження цього, нового для підприємства, виду діяльності й загалом за енергетичну ефективність підприємства (виробництва) відповідає енергетичний менеджер, основними обов'язками якого є:

- участь у складанні карти споживання енергії;
- збір даних про споживання паливно-енергетичних ресурсів;
- складання плану встановлення додаткових лічильників і контрольно-вимірювальної апаратури;
- збір даних про потоки сировини, ПЕР і готової продукції;
- розрахунок ключових даних щодо підвищення ефективності використання енергії загалом і в окремому виробництві;
- локалізація і впровадження заходів з економії енергії, що не потребують інвестицій чи з мінімальними інвестиціями;
- локалізація, оцінка й визначення пріоритетності заходів з економії енергії, які вимагають більших інвестицій;
- складання схеми аварійної зупинки устаткування та варіантів енергопостачання для випадків аварійного припинення зовнішньої подачі енергії тощо;



- інформування персоналу про діяльність енергетичного менеджменту;
- впровадження нових технологій на наявних і нових енергосистемах для підвищення енергоефективності виробництва;
- участь у розробці виробничого плану та енергетичної стратегії підприємства.

Перелік обов'язків енергетичного менеджера дуже широкий і потребує від нього різнобічних і глибоких знань. Енергоменеджер повинен:

- мати інженерну освіту в галузі енергетики;
- мати досвід керування виробництвом і робочими групами;
- мати досвід керівника проектами;
- мати організаційні здібності;
- володіти здатністю переконувати і розуміти мотивацію вчинків людей;
- добре розбиратися в політиці своєї країни щодо енергетики;
- знати потреби й вимоги керівництва;
- знати рішення місцевої влади, які стосуються даного виробництва, екології, споживання енергії тощо;
- знати фірми й виробництва, торгові й постачальні організації;
- розуміти концепцію енергетичного менеджменту та енергетичної ефективності;
- знати економіку, принципи розробки бюджету підприємства, методи розробки бізнес-планів у сфері енергетичної ефективності.

У системі енергетичного менеджменту можна виділити такі етапи.

*Перший етап* – запуск системи: початок впровадженню системи енергетичного менеджменту може покласти проведення енергетичного аудиту, внаслідок якого керівництво підприємства отримає повне уявлення про ситуацію в енергетиці підприємства.

*Другий етап* – аналіз: порівняння реального рівня споживання з ключовими цифрами з літератури, даними інших підприємств тощо.

*Третій етап* – визначення стану: результати аналізу, які дадуть можливість визначити пріоритети у виконанні проектів зі збереження енергії.

*Четвертий етап* – розробка бюджету реалізації обраних проектів: на основі проведеного аналізу та вже відомих цифрах питомого споживання енергії.

*П'ятий етап* – контроль за реалізацією рівнів споживання енергоносіїв, зазначених у бюджеті: виявлення додаткових несподіваних споживачів енергії та аналіз причин, через які вони виникають.

На цьому цикл замикається. Можна починати наступний: ту ж саму процедуру – знову і знову. Такі системи енергетичного аудиту й менеджменту працюють на більшості підприємств, які випускають конкурентоспроможну продукцію в країнах ЄС.

Отже, у процесі впровадження енергетичного менеджменту (рис. 1.7) необхідно: визначити матеріальні потоки в різних процесах виробництва, у першу чергу, з погляду споживання енергії; створити карту споживання енергії під час основних виробничих процесів підприємства та в різних допоміжних установках і системах.



Рисунок 1.7. Циклічність енергетичного менеджменту

Доцільно починати з основних і найбільш енергоємних процесів виробництва підприємства. Потім можна перейти до створення детальної карти всіх виробничих процесів і споживання енергії в них. У процесі проведення вимірювання потоків енергії, створення карти споживання і визначення можливостей її економії на різних установках, а також під час розробки методики впровадження енергетичного менеджменту можна скористатися допомогою внутрішнього енергетичного аудитора.

Загалом найбільш ефективне використання енергії пов'язано з такими базовими показниками:

- великим обсягом виробництва (із обсягом виробництва, припустимо, у 50 % від максимального рівня виробництва доволі складно досягти високої ефективності використання енергії);
- правильним вибором технологій для основних енергоємних виробництв;
- високою вихідною якістю сировини;
- ефективністю роботи окремих установок і систем загалом (котлів, агрегатів і т. д.);
- низьким рівнем втрат у системах розподілу енергії (пари, стиснутого повітря, електроенергії).

Основну увагу необхідно приділити найбільш енергоємним системам електропостачання. До них, передусім, належать: ТЕС; котельні установки; сушильне устаткування; устаткування подачі тепла для виробничих потреб; системи опалення і водопостачання; системи вентиляції та кондиціонування повітря; холодильні установки; системи освітлення; системи подачі стиснутого повітря; насоси тощо. Ці системи характеризуються такими основними показниками: високими або низькими температурами (порівняно з температурою навколишнього повітря); інтенсивністю виробництва; високим рівнем споживання робочого тепла (пари, води, газу, стиснутого повітря).

Узагальнення елементів виробничої системи, в якій проводиться енергетичний менеджмент, показано на рисунку 1.8. Методика визначення джерел економії енергії, передусім тих, які не потребують зовсім або потребують мінімальних витрат, полягає в оцінці втрат і навантаження з подальшою оцінкою мережі розподілу. Внесення технічних змін безпосередньо в саму систему часто вимагає значних інвестицій.

На рисунку 1.8 продемонстровано необхідність загального підходу до технічної системи для зниження споживання енергії. Будь-яку систему можна розбити на три основні складники. По-перше, це – власне система (турбіна, котел, компресор тощо); потім – система передачі (транспорту) енергії чи робочого тіла (мережі) і, нарешті, – власне енергія (робоче тіло, навантаження).

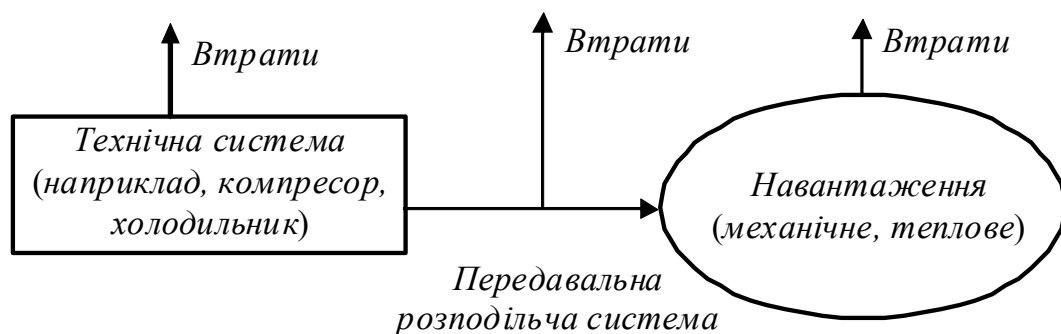


Рисунок 1.8 – Елементи виробничої системи

Витрати енергії наявні в усіх компонентах системи, але вартість їхнього усунення істотно різниться. Досліджуючи в процесі енергетичного менеджменту можливості енергозбереження, такі системи слід розглядати комплексно. Як правило, дослідження доцільно починати не з початку, а з кінця системи (процесу): саме тут (у навантаженні) найчастіше приховані найдешевші і швидко реалізовані можливості енергозбереження.

Таким чином, енергетичний менеджмент – це інструмент управління виробництвом (підприємством), що забезпечує постійне дослідження та

*отримання знань про розподіл і рівні споживання енергоресурсів, а також про їхнє оптимальне використання для виробничих, побутових, комунально-побутових та інших потреб.*

### **Контрольні питання до модуля 1**

1. Що таке енергетична політика? Її зв'язок із енергетичною безпекою держави.
2. У чому полягає стратегія і тактика енергетичної політики?
3. Які основи управління підвищенням ефективності виробництва і споживання енергії?
4. Охарактеризуйте консалтингові схеми в енергетиці як державний механізм раціонального використання енергії.
5. Що таке енергетичний баланс? Його основні ознаки та складники.
6. Загальні вимоги і послідовність енергетичного аудиту.
7. Генеральна стратегія проведення енергетичного аудиту.
8. Енергетичний менеджмент як інструмент ефективного управління виробництвом і споживанням енергії.
9. Головні обов'язки енергетичного менеджера.
10. Вимоги до енергоменеджера та рівня його підготовки.
11. Енергозбереження як додаткове джерело енергоспоживання.
12. Енергозбереження як впливовий важіль підвищення економічної ефективності та безпеки енергетики.
13. Етапи впровадження енергетичного менеджменту на підприємстві.
14. Із чого складаються собівартість і тарифи на енергію?

## **ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 2. ЕКОНОМІЧНІ ТА МЕТОДОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО МЕНЕДЖМЕНТУ ТА АУДИТУ**

### **Тема 2.1 Енергетичний аудит як інструментарій контролю стану і підвищення енергоефективності**

#### **2.1.1 Загальні положення**

Світовий досвід свідчить, що дотримання економічно обґрунтованої енергозберігальної політики у використанні паливно-енергетичних ресурсів є одним з найважливіших завдань підприємств у ринкових умовах. Це обумовило поширення в країнах з розвинутою ринковою економікою практики проведення енергетичного аудиту підприємств для економічно обґрунтованого використання енергозберігальних заходів і підвищення ефективності використання енергоресурсів. У низці країн енергетичний аудит є підставою для ухвалення рішення банків про доцільність надання кредитів підприємствам.

Енергетичний аудит – вид діяльності, спрямований на виявлення можливості зниження витрат за споживані суб'єктами господарської діяльності енергоресурси і розробку технічно й економічно обґрунтованих пропозицій, рекомендованих для впровадження з урахуванням їх пріоритетності [4, 5, 6 ].

Енергетичний аудит є основною частиною програми енергетичного менеджменту будь-якої організації, що бажає контролювати свої витрати на енергію. Побудова повної і деталізованої програми енергетичного аудиту є складною, трудомісткою, але необхідною процедурою для визначення основних видів виробничих процесів, що використовують енергію. Водночас енергоаудит є першим кроком в організації енергетичного менеджменту на підприємстві.

Енергетичний аудит передбачає складання балансів, що відображають надходження, проходження, корисне використання і вихід енергії [7]. Наприклад, споживання енергії органічного палива містить п'ять основних процесів:

- вивільнення енергії шляхом спалювання, під час якого потенційна хімічна енергія палива перетворюється в теплову енергію;
- перетворення енергії в альтернативні форми (тобто теплової в механічну, механічної в електричну або навпаки);
- розподіл енергії за пунктами її використання;
- використання енергії для особливих цілей;
- викид енергії в навколишнє середовище.

Основне рівняння перетворення енергії ПЕР може бути виражено:

*потенційна енергія палива (прихід) = споживання + втрати під час передачі + втрати під час споживання + втрати в навколишнє середовище + втрати через помилки обліку.*

Енергетичний аудит як самостійний напрямок у сфері підвищення ефективності має свою нормативно-правову базу, свої правила і методику проведення [5, 6].

### 2.1.2 Нормативно-правова база

*Нормативно-правові підстави енергетичних обстежень.* В Україні поняття про енергетичні обстеження на нормативно-методичному рівні введено Указом Президента і відповідними наказами Державного комітету з енергозбереження. Відповідно до цих документів енергетичні обстеження проводяться спеціалізованими організаціями, що проходять попередню обов'язкову атестацію, якщо здійснюють свою діяльність у бюджетній сфері. Визначено порядок надання, оформлення, видачі і продовження терміну дії документів, єдину форму посвідчення на право

проведення енергетичних обстежень, а також відповідні нормативні та правові вимоги.

В Україні розгорнуто мережу спеціалізованих організацій, що проводять енергетичні обстеження, якими розроблені і впроваджені енергозберігальні заходи на тисячах об'єктів бюджетної сфери. Установлено послідовність, правила організації та проведення енергетичних обстежень бюджетних установ, організацій і державних підприємств із метою визначення ефективності використання енергоносіїв і доцільності впровадження енергозберігальних заходів.

Енергетичний аудит проводиться з ініціативи Замовника. Його кінцевою метою є виявлення потенційних можливостей підвищення енергоефективності за рахунок впровадження економічно обґрунтованих заходів, запропонованих енергоаудиторами за підсумками проведених обстежень і використання відповідної інформаційної бази.

Енергоаудит – складний і дорогий захід, необхідність і корисність якого не завжди очевидна для керівників підприємств. Тому проводити його рекомендують поетапно, з досягненням консенсусу з керівництвом підприємства на кожному етапі. Це вимагає певного алгоритму проведення енергоаудиту.

Кожен попередній етап має закінчуватися обговоренням результатів із представниками Замовника, досягненням взаєморозуміння. Тільки після цього здійснюють перехід до наступного етапу.

Важливим аспектом проведення енергоаудиту є конфіденційність не тільки наданих результатів, але і всієї документації, з якою працює енергоаудитор, оскільки вона може бути комерційною таємницею.

Особливі вимоги ставляться до фірми та кваліфікації енергоаудитора, який виконує енергоаудит.

*Вимоги до кваліфікації енергоаудиторів.* Енергоаудитор повинен мати вищу інженерну освіту з енергетичного фаху, відповідну теоретичну



підготовку, практичний досвід роботи в галузі енергетики та енергозбереження на промислових і соціальних об'єктах не менше п'яти років. Важливо мати широкий профіль підготовки, а не бути фахівцем тільки в окремій галузі енергетики.

Енергоаудитор повинен володіти: ерудицією; психологічною підготовкою; умінням контактувати з людьми і виконувати економічний аналіз; знанням основ маркетингу, передових енергозберігальних технологій та устаткування, нормативно-правової бази в галузі енергетики та енергозбереження; здатністю до аналітичного мислення.

Енергоаудитором може бути громадянин України чи іншої держави, який пройшов навчання та отримав спеціальний сертифікат на право проведення енергоаудиту в Україні. Сертифікат видає уповноважений орган виконавчої влади, яким є центральна група енергоаудиту (ЦГА), у складі центрального органу, що відповідає за питання енергоефективності.

Вимоги до кваліфікації енергоаудитора та енергоаудиторської організації викладено в нормативних документах Держкоенергозбереження [5] і Державному стандарті «Енергоаудит. Загальні положення» (далі – «Положення...») [6]. Незважаючи на те, що «Положення...» про проведення енергоаудиту стосується бюджетних організацій і державних підприємств, основні його рекомендації стосуються підприємств усіх форм власності, що відображено в новій редакції Закону України «Про енергозбереження» [8]. Особливість роботи енергоаудитора полягає в тому, що аудит проводять на підприємствах, різноманітних за профілем, структурою та розмірами. З метою полегшення роботи енергоаудитора розроблено методологію реалізації генеральної стратегії енергоаудиту.

### 2.1.3 Стратегія і порядок проведення енергетичного аудиту

Порядок проведення енергоаудиту ґрунтується на визначеному стандартному алгоритмі, що забезпечує якомога ефективнішу роботу аудитора і можливість ефективного залучення на окремих етапах роботи інших аудиторів.

Загальні вимоги до стратегії енергетичного обстеження відображають:

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

Для реалізації стратегії енергетичного обстеження прийнято такий порядок його проведення.

1. *Збір документальної інформації, розділений на два етапи.* На першому етапі безпосередньо на підприємстві визначають його основні характеристики: загальні відомості, організаційну структуру, перелік основних підрозділів, графіки помісячних обсягів енергоресурсів і баланс енергоспоживання за структурними підрозділами, ціни на енергоресурси, фінансовий стан підприємства. На другому етапі проводять аналіз отриманих даних. Будують узагальнену карту енергоспоживання за окремими підрозділами та основними енергоємними технологічними процесами. Попередньо оцінюють потенціал енергозбереження, визначають перелік даних, які необхідно тримати інструментальним обстеженням енерговикористовувального устаткування.

2. *Інструментальне обстеження.* Інструментальне обстеження проводять для отримання інформації, якої не вистачає для оцінки

ефективності енерговикористання, чи під час виникнення сумнівів щодо достовірності наведеної інформації. У такому разі застосовують стаціонарні або переносні спеціалізовані прилади, а також використовують наявні на підприємстві системи обліку енергоресурсів.

Таким чином, для проведення якісного енергоаудиту необхідно провести певний обсяг вимірювань. Відповідно до «Положення...» для їх проведення аудиторська фірма повинна мати мінімальний перелік необхідної вимірювальної техніки, який містить:

- для теплотехнічного обстеження: газоаналізатор для визначення параметрів роботи паливоспалювального устаткування і викидів у навколишнє середовище; набір термометрів, зокрема безконтактних, або тепловізор; манометри; трубка Піто; витратомір для вимірювання витрат рідини і газів; секундомір;

- для електротехнічних обстежень: тестер (мультиметр); електричні кліщі чи інші прилади для реєстрації електричних параметрів; аналізатор електричних сигналів (осцилограф чи інші комп'ютеризовані прилади); тахометр; секундомір; електричний ліхтар; діелектричні рукавички.

3. *Обробка й аналіз отриманої інформації.* Вся інформація, отримана з попередньо наданих інформаційних документів і внаслідок інструментального обстеження, є вихідною для аналізу ефективності енерговикористання.

Під час аналізу аудитор:

- визначає перелік об'єктів, щодо яких здійснюють оцінку факторів, що впливають на споживання енергії, і розробку енергозберігальних заходів; а також факторів, що впливають на споживання енергії;

- розраховує фактичне питоме енергоспоживання енергоносіїв із урахуванням обсягів випуску продукції, яке порівнює з нормативними значеннями, після чого робить висновок про ефективність енергоспоживання;
- визначає прямі витрати енергоносіїв за рахунок витоків, недозавантаження, втрат, простоїв, неправильної експлуатації, невідповідності необхідним технологічним параметрам;
- приймає рішення про проведення (непроведення) подальшого аудиту і визначення рекомендацій з енергозбереження.

#### *4. Розробка рекомендацій з енергозбереження, що містить:*

- розрахунок потенційної річної економії енергоресурсів, визначення обсягів економії коштів;
- визначення технічних засобів реалізації запропонованих заходів із енергозбереження, а також оснащення, необхідного для реалізації проектів, оцінку їх вартості;
- визначення фінансових витрат на реалізацію енергозберігальних проектів і строків їх окупності.

Після оцінки економічної ефективності всі рекомендації класифікуються за трьома критеріями:

- безвитратні і маловитратні, які здійснюють підприємства самостійно в порядку поточної діяльності;
- середньовитратні, які здійснюють, як правило, за рахунок власних засобів підприємств;
- високовитратні, які вимагають додаткових інвестицій і здійснюють із їх залученням.

Після закінчення аналізу формують кінцевий перелік енергозберігальних заходів, який подають на розгляд керівнику підприємства для подальшої реалізації.

*5. Оформлення звіту про проведення енергетичного обстеження, який має містити описову та аналітичну частини.*

В описовій частині подають інформацію щодо енергоспоживання обстежуваного підприємства та його характеристики. В аналітичній частині проводять аналіз технічних і фінансово-економічних аспектів ефективності енерговикористання; описують запропоновані енергозберігальні заходи і порядок їх реалізації, перелік необхідного устаткування, розрахунок економії і терміну окупності проектів.

За необхідності звіт може містити доповнення, у яких викладають детальні розрахунки, технічні характеристики оснащення та інші довідково-інформаційні матеріали.

*6. Аналіз типових помилок під час проведення енергетичних обстежень.*

- метою реалізації енергозберігаючих проектів не є впровадження нового обладнання за будь-яку ціну. Головне правило: підприємство не має турбуватися про інвестиції у високі технології, якщо цілком не реалізовані всі можливості підвищення енергоефективності наявного устаткування;

- рекомендують більше уваги приділяти аналізу загального стану підприємства, його фінансовій стабільності, можливості впровадження енергозберігаючих проектів;

- споживання енергоносіїв необхідно аналізувати щодо всіх видів, враховувати їх собівартість та обсяги реалізації продукції, стан розрахунків за енергоносії. Особливу увагу необхідно приділяти джерелам енергопостачання і можливості їх диверсифікації.

Під час підготовки енергозберігаючих заходів необхідно:

- проводити їх аналіз з урахуванням фактичного завантаження технологічного оснащення, реального фінансового стану підприємства і перспектив збільшення випуску продукції;

- підтверджувати пропозиції розрахунками економії енергоресурсів і строків окупності на основі нинішніх цін на енергоносії і рекомендованого для впровадження устаткування.

Важливо проаналізувати можливість скорочення негативного впливу обстежуваного підприємства на навколишнє середовище за рахунок реалізації енергозберігальних заходів.

#### 2.1.4 Методологія і послідовність проведення енергоаудиту

Ця методологія базується на трьох альтернативних методах [9, 10].

*Метод «Лідер-продукту»* – технічний прийом, оснований на рекомендаціях із економії енергії шляхом вибору сучасного енергозберігального устаткування, що дозволить у випадку його впровадження підвищити енергоефективність. Цей прийом частіше використовують компанії, які продають енергозберігальне устаткування. Може використовуватися і «внутрішніми» енергоменеджерами компаній із досить великим обсягом аналогічних об'єктів.

*Метод «Лідер-перевірки»* – метод, що базується на підрахунку кількості використаної енергії та порівнянні отриманої величини з промисловими нормативами і теоретичними розрахунками споживання енергії. Виконавши дану процедуру, енергоаудитор виявляє шляхи економії енергії за рахунок впровадження нового енергоефективного устаткування або технологій, пропонує організаційні заходи на основі наукового підходу замість традиційно середніх значень.

*Змішаний підхід* – сукупність двох перших методів. Передбачає використання складних аудиторських прийомів, але замість пошуку широкого кола можливостей увагу акцентують на одній технології.

На сучасному етапі аудитори використовують усі ці методи. Обсяг необхідної роботи визначають на етапі складання технічного завдання та оформлення договору на аудит.

Одним із важливих завдань початкового етапу енергоаудиту є проведення попередніх переговорів і визначення вартості робіт.

Відповідно до нормативних документів [5, 6] вартість робіт із енергоаудиту не має перевищувати 10 % економії сплати за енергоресурси, очікуваної від впровадження запропонованих рекомендацій.

Для бюджетних організацій проведенню енергоаудиту передують тендери. Цієї практики дотримуються й інші організації: необхідний серйозний підхід, що вимагає враховувати не тільки вартість витрат на аудит, але й кваліфікацію та досвід енергоаудиторів.

У процесі попередніх переговорів обговорюють обсяг роботи на кожному етапі, а також можливість припинити роботу на будь-якому з них. Такий підхід дозволяє Замовнику оцінити, з одного боку, якість і кваліфікацію Виконавця, з іншого – результати кожного етапу, визначити можливості і необхідність проведення робіт у повному обсязі.

Виходячи з цього, розрізняють попередній і глибокий (деталізований) аудит із оцінкою можливостей енергозбереження (МЕЗ) в окремих підрозділах (об'єктах) і на підприємстві загалом.

Перший крок у послідовності проведення енергоаудиту - попередні переговори з керівництвом підприємства.

На цьому етапі важливо, щоби з боку Замовника в переговорах брали участь не тільки технічні керівники, але й обов'язково фінансовий керівник підприємства. Це пов'язано з тим, що плата за енергоресурси є сферою діяльності останнього.

Другий крок. Ознайомлення з підприємством та його структурою.

На цьому етапі доцільне проведення екскурсії підприємством, ознайомлення з його структурою, системою обліку енергоносіїв і системою інформації про споживання енергоресурсів.

Третій крок. Створення опитувальної карти, у яку фахівці підприємства вносять відповіді на питання, поставлені аудитором, наприклад:

- обсяги споживання енергоносіїв і тарифи за попередні роки;

- перелік приладів обліку енергоносіїв;
- перелік основного енергоспоживального устаткування;
- періодичність надання структурними підрозділами інформації

про споживання ними енергоносіїв, обсяг виробництва тощо.

Приклад складання опитувальної карти наведено нижче, в табл. 2.1 і 2.2.

Таблиця 2.1 – Попередня інформація про споживання енергоносіїв та їх власне виробництво

Рік	Електрична енергія, тис. кВт·год/ тис. грн	Газ природний, тис. м <sup>3</sup> / тис. грн	Обсяг продукції, т/ тис. грн	Вода, тис. м <sup>3</sup> / тис. грн	Тепло-енергія, Гкал, /тис. грн	Холод, Гкал	Вторинні ресурси	Прилади комерційного обліку
2013								
2014								
2015								
2016								
2017								

Керівник підприємства (підпис)    Гол. бухгалтер (підпис)    Гол. енергетик (підпис)

Аналогічну таблицю заповнюють для кожного зі структурних підрозділів і підприємству загалом, на кожен місяць останнього року перед проведенням енергоаудиту.



Таблиця 2.2 – Помісячна інформація, яку надає підприємство

Рік	Ел. енергія, тис. кВт·год/ тис. грн	Газ природ- ний, тис. м <sup>3</sup> / тис. грн	Обсяг продук- ції, т/тис. грн	Вода, тис. м <sup>3</sup> /тис. грн	Тепло- енергія, Гкал /тис. грн	Холод, Гкал	Втори- нні ресур- си	Прилади комер- ційного обліку
Січень 2017 р.								
Цех 1								
Цех 2								
Цех								
Усього								
Лютий 2017 р.								
Цех 1								
і т. д.								

Керівник підприємства (підпис) Гол. бухгалтер (підпис) Гол. енергетик (підпис)

Підприємство надає також таку інформацію:

1. Перелік приладів комерційного і технічного обліку, місця їх установлення, типи, клас точності, діапазон вимірювання.
2. Перелік паливовикористовуваного устаткування, тип, паспортні дані, карти режимного налагодження.
3. Перелік теплотехнічного устаткування системи теплопостачання, паспорти.
4. Перелік паровикористовуваного устаткування, паспорти.
5. Система вентиляції (паспорти на вентсистеми, результати налагодження вентсистем).
6. Компресорне і насосне устаткування (паспорти, режим роботи, утворюваний тиск тощо).
7. Схеми теплопостачання, паропостачання, повітро- і водопостачання, каналізації.
8. Лінійна схема електропостачання.

9. Перелік електроспоживального устаткування: електропривод, електropечі, трансформатори, компенсаційні пристрої з призначенням їх технічної характеристики.

10. Система внутрішнього і зовнішнього освітлення.

Під час проведення енергоаудиту окремого устаткування додатково необхідні дані про час його роботи, простої, технічна характеристика тощо.

## Тема 2.2 Статистична обробка отриманих даних.

### Інтегральна оцінка результатів аудиту та рекомендації

#### 2.2.1 Складання балансів енергоносіїв

На підставі отриманої інформації оцінюють залежність споживання енергоресурсів за роками для визначення тенденцій у сфері енергоефективності. Складають баланси щодо всіх видів енергоносіїв, а також щодо обсягів платежів за них з метою виявлення найбільш енергоємних споживачів і визначення першочергових структурних підрозділів, з яких потрібно почати обстеження.

Як приклад на рисунку 2.1 наведено графік зміни споживання природного газу щомісячно за кілька років. Подібні графіки дозволяють виявити

тенденцію зміни споживання різних видів енергоносіїв і в сукупності з графіками зміни обсягів виробництва оцінити тенденцію зміни питомих витрат енергоносіїв.

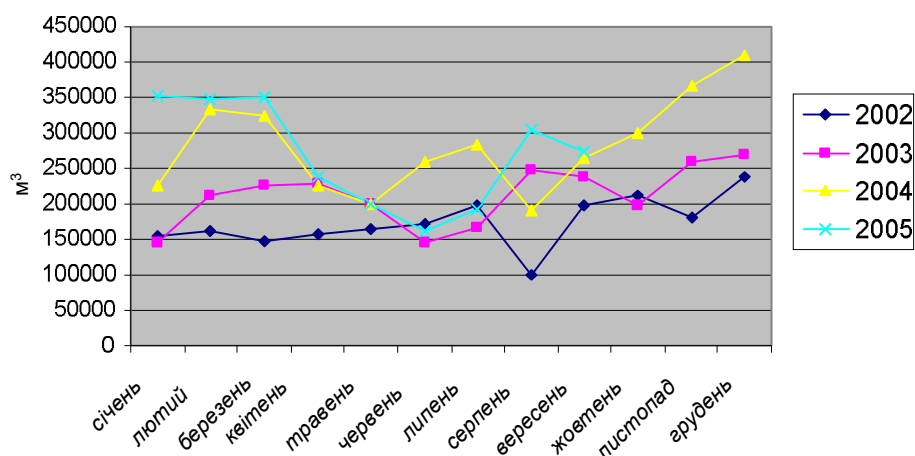


Рисунок 2.1 – Споживання природного газу підприємством щомісячно

На рисунках 2.2, 2.3, 2.4 як приклад наведено графіки балансів споживання природного газу та електроенергії у підрозділах підприємства за даними одного року, а також баланс платежів за енергоносії загалом на підприємстві. Це дозволяє визначити пріоритети проведення детальних обстежень.

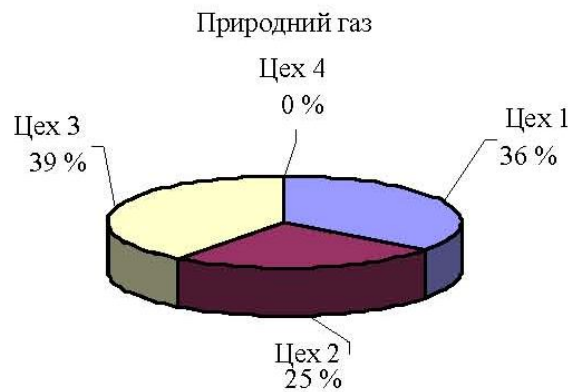


Рисунок 2.2 – Баланс споживання природного газу

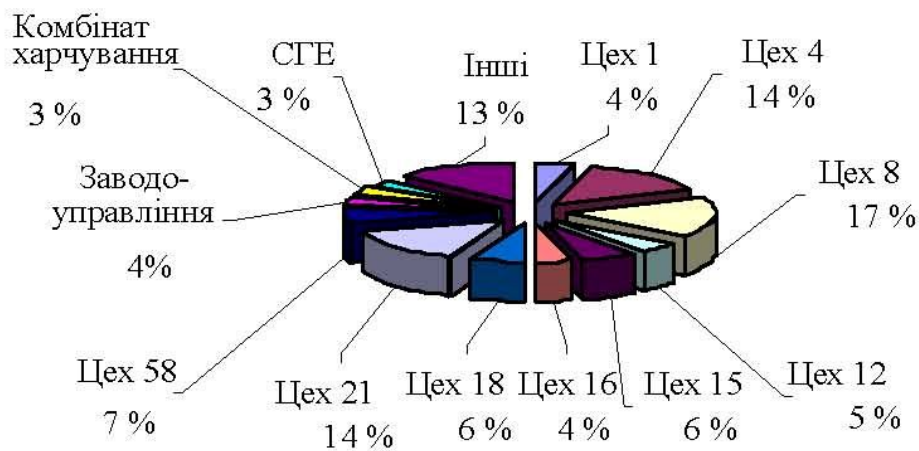


Рисунок 2.3 – Баланс споживання електроенергії

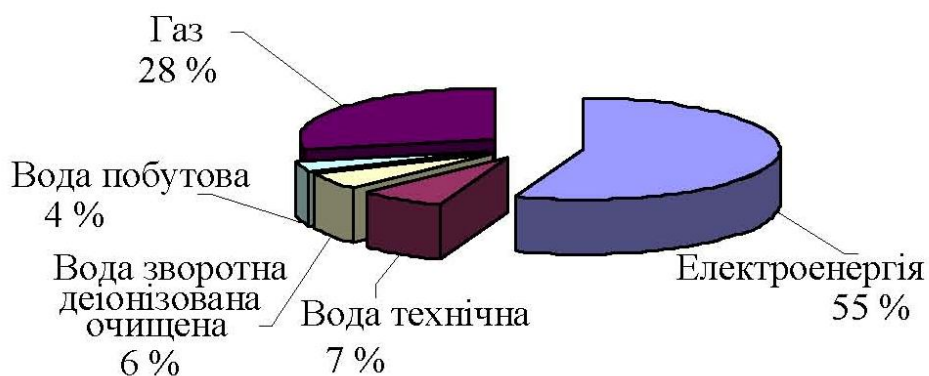


Рисунок 2.4 - Баланс розподілу платежів за енергоносії на підприємстві загалом

Із діаграми, наведеної на рисунку 2.4, видно, що основна складова платежів підприємства за енергоносії – електроенергія, потім – природний газ. Витрати електроенергії відбуваються під час перекачування води, виробництва холоду і стиснутого повітря, під час транспортування теплоенергії на привід технологічного устаткування та освітлення. Тому необхідне детальне обстеження кожної з цих загальнозаводських систем, виявлення потенціалу енергозбереження, передусім, за рахунок скорочення споживання електроенергії.

Наступний крок: аналіз динаміки споживання енергоносіїв по кожному виду і виявлення фактичних питомих витрат енергії на випуск одиниці продукції (чи на грошове вираження її реалізації) загалом по підприємству. Для підприємств з великою номенклатурою виробництва за одиницю продукції може бути прийнята й інша характеристика, наприклад, умовні одиниці.

Як приклад на рисунку 2.2 показано річний графік зміни питомих витрат енергоносіїв на одному з підприємств, побудований за даними, аналогічними до таких, що подані в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Споживання енергоносіїв за період 2001–2005 рр.

Показники		2001	2002	2003	2004
Сумарні витрати, грн/рік		3 356 050	2 652 593	4 732 610	5 412 853
Виробництво продукції, нормогод/рік		3 778 300	3 500 800	3 239 700	4 115 900
Споживання електроенергії	кВт·год/рік	12 270 610	6 177 986	14 008 721	12 095 333
	грн/рік	2 558 044	1 365 335	3 298 640	3 718 723
Питомі витрати електроенергії, кВт·год /нормогод		3,25	1,764	4,324	3,41
Споживання газу	м <sup>3</sup> /рік	2 191 000	4 189 000	4 506 060	4 748 000
	грн/рік	798 006	1 287 258	1 433 970	1 694 130
Питомі витрати газу, м <sup>3</sup> /нормогод		0,58	1,196	1,39	1,1536
Сумарні питомі витрати, грн/нормогод		0,888	0,758	1,46	1,315

Із цією метою досліджують споживання енергоносіїв для випуску певного обсягу продукції. За умови, що підприємство випускає різну продукцію, аналогічні дослідження проводять щодо кожного виду продукції або щодо видфі аналогічної продукції, якщо їх можна об'єднати в групи.

Унаслідок аналізу даних, наданих підприємством, на другому етапі можна виявити показники роботи підприємства загалом, такі як зміна динаміки споживання енергоносіїв, найбільш витратні види енергоносіїв, розподіл споживання енергоносіїв в окремих виробництвах, питомі витрати енергоносіїв та енергоємність валового продукту підприємства.

На підставі реальної витрати енергоносіїв на підприємстві протягом року (за 12 місяців) для кожного енергоносія (див табл. 2.3), можна побудувати залежність споживання, а також сумарної кількості енергії (у перерахуванні на умовне паливо) від обсягів виробництва.

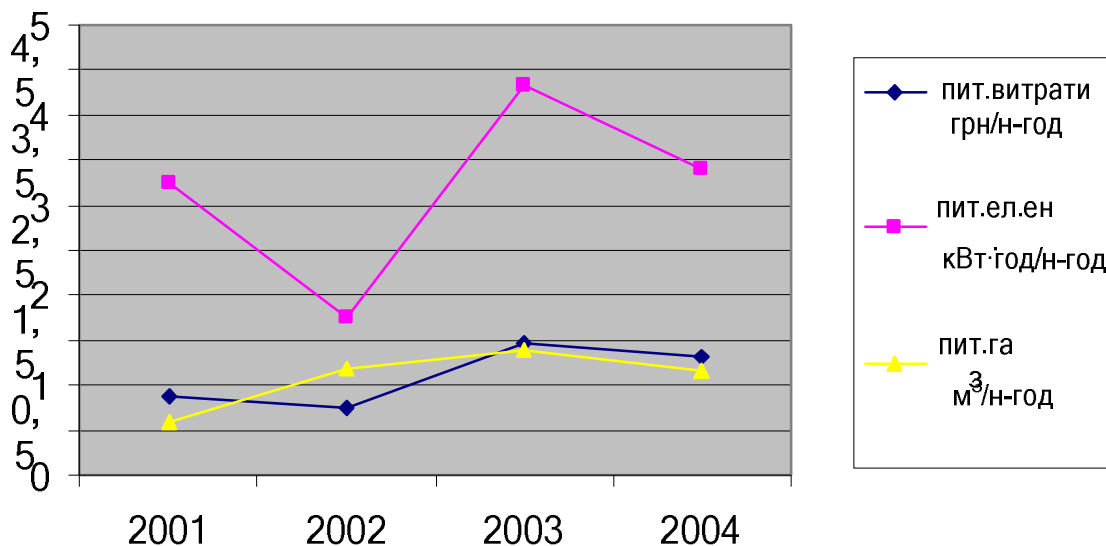


Рисунок 2.5 – Динаміка зміни питомих витрат енергоносіїв за роками

### 2.2.2 Регресійний аналіз питомих витрат енергоносіїв від обсягу виробництва

Для рішення цієї задачі застосовують методи математичної статистики, з яких найпоширенішим є метод регресійного аналізу [10].

*Регресійний аналіз.* Як відомо, метод найменших квадратів дає можливість визначити параметри апроксимувальної залежності, наприклад  $Y = f(X)$ . Установлення взаємозв'язку між досліджуваними змінними об'єкта під час переходу до статистичних оцінок дозволяє здійснювати регресійний аналіз [10]. Основними статистичними оцінками є оцінки дисперсності відтворюваності, адекватності і значимості коефіцієнтів.

Звичайно передбачається, що витрати енергоносіїв прямо пропорційні обсягам виробництва. Така залежність у першому наближенні може бути описана лінійним рівнянням першого порядку вигляду:

$$Y = aX + b, \quad (2.1)$$

де  $X$  – обсяги виробництва (т, тис. шт., грн або в ін. одиницях);

$Y$  – витрати енергоносіїв (тис. кВт·год, тис. м³ газу, т у. п.).

У рівнянні (2.1) невідомі коефіцієнти  $a$  і  $b$ , що визначають відповідно базове споживання енергоносіїв коли  $X = 0$  і кут нахилу апроксимувальної лінії. Виходячи з методу найменших квадратів, вони мають відповідати умові, коли сума квадратів відхилень експериментальних точок від згладжувальної лінії обертається в мінімум.

Розв'язання рівняння (2.1) відносно  $a$  і  $b$  має вигляд:

$$\sum Y = na + b \sum X;$$

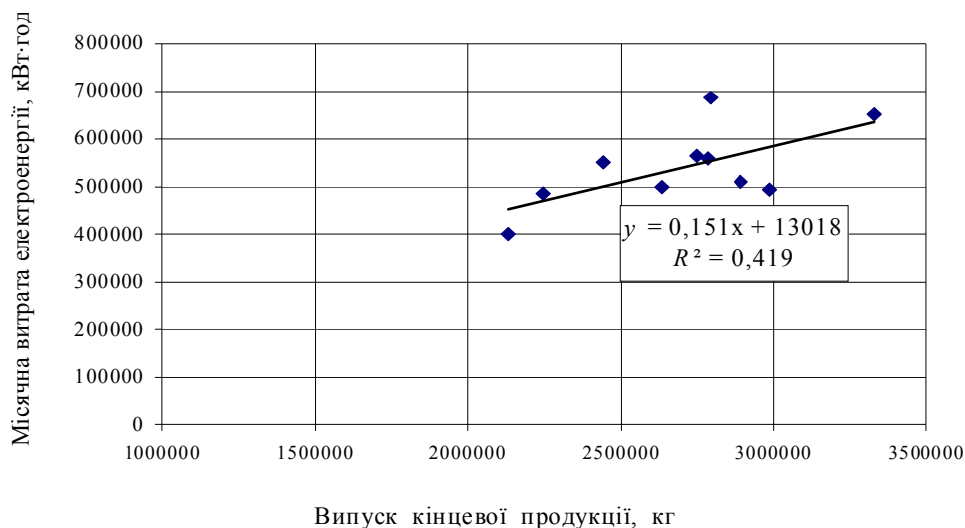
$$\sum XY = a \sum X + b \sum X^2,$$

де  $n$  – кількість фактично відомих значень.

Знаючи значення  $a$  і  $b$ ,  $X$  і  $Y$ , можна побудувати лінію, що визначають як стандартна для питомих витрат енергоносіїв. Для оцінки справедливості лінійної залежності  $X$  та  $Y$  визначається коефіцієнт кореляції, величина якого лежить у межах  $-1 \leq R \leq +1$  та характеризує справедливість лінійного зв'язку між  $X$  та  $Y$ .

Зазначені операції, побудову лінії тренда і визначення коефіцієнта кореляції можна виконати за допомогою пакету програм Microsoft Office. На рисунку 2.6 подано результати обробки використання регресійного аналізу з метою визначення залежності витрат енергоносіїв від обсягу виробництва.





Рисунку 2.6 – Приклад розрахунку залежності витрат електроенергії від обсягу кінцевої продукції

На підставі отриманих значень коефіцієнтів кореляції та значень  $a$  і  $b$  можна зробити висновок, що прийнята лінійна залежність витрат електроенергії від обсягу випуску продукції цілком виправдана ( $R = 0,647$ ). Причому велика частина споживаної електроенергії йде на загальнозаводські потреби (про що свідчить високе значення вільного члена). Розкид щодо лінії тренду значний, що дозволяє зробити висновок про можливе зниження технологічної витрати електроенергії.

Після обробки інформації складають також карти споживання та обліку енергоносіїв, призначення яких – допомогти аудиторам зорієнтуватися в напрямку проведення подальших досліджень та оцінки необхідного устаткування для детальних вимірювань.

### 2.2.3 Визначення ефективності і використання енергоносіїв, шляхів їх економії і диверсифікації

На даному етапі проводять аналіз ефективності використання енергоносіїв в окремих підрозділах, під час основних технологічних

процесів, окремими і найбільш енергоємними агрегатами. Завдання аудиторів – виявлення джерел втрат і оцінка річних втрат ПЕР, визначення можливих шляхів їх економії і диверсифікованості енергоносіїв. Звичайно цей етап пов'язаний із необхідністю проведення інструментальних обстежень об'єктів, вибір яких має суб'єктивний характер, виходячи з умов споживання енергоносіїв і часу роботи устаткування. Даний етап найбільш трудомісткий і потребує високої кваліфікації аудиторів. Типовими об'єктами енергоаудиту є:

- системи теплопостачання і теплогенерувальне устаткування;
- системи електрозабезпечення (трансформаторні підстанції, компенсаційні пристрої, джерела генерації);
- системи виробництва стиснутого повітря і холоду;
- системи водопостачання і каналізації;
- енергоємне устаткування (промислові печі, автоматичні лінії, конвеєри та інше устаткування).

Проводять оцінку можливих варіантів технічних рішень, спрямованих на скорочення витрати ПЕР, а також витрат коштів на їх реалізацію. Пропозиції аудиторів розглядають працівники підприємства, обговорюють можливості їх впровадження. На цьому ж етапі вивчають рекомендації, запропоновані підприємству раніше, і виявляють причини, через які вони не були реалізовані. Після обговорення енергоаудитори переходять до останнього етапу – складання звіту.

#### 2.2.4 Оформлення звіту з енергоаудиту та рекомендації з підвищення енергоефективності

Під час написання звіту необхідно дотримуватися вимог до його оформлення, визначеного порядку викладу і проведення презентації.

*Вимоги до оформлення звіту*

Структура звіту з енергоаудиту така:

- титульний аркуш;
- реферат;
- анотація (інформація для керівника);
- загальні відомості про підприємство;
- аналіз економічного стану підприємства;
- аналіз питомих витрат енергоносіїв;
- опис основних систем і устаткування енергозабезпечення;
- розробка енергозберігальних заходів;
- розширені висновки;
- список використаної літератури;
- додатки.

*Титульний аркуш* звіту з енергоаудиту містить таку інформацію:

- назва спеціалізованої організації Виконавця, її юридична адреса, номер, дата реєстрації і термін дії посвідчення на право проведення робіт, виданого уповноваженим на те органом виконавчої влади;
- назва Замовника та його юридична адреса;
- назва звіту з вказівкою об'єкта, на якому здійснювали енергоаудит;
- назва, номер і дата договору на проведення енергоаудиту;
- відомості про конфіденційність поданої інформації, якщо це зазначено в договорі на виконання робіт;
- посада, прізвище та ініціали керівника підприємства, його особистий підпис, завірений печаткою;
- інформація про аудиторів, що виконували роботу, із зазначенням їх прізвища, імені та по батькові, наявність сертифіката, зазначення розділів, які виконував кожен із них, та їхні особисті підписи.

*Реферат* містить короткі відомості про зміст звіту (кількість сторінок, таблиць, рисунків, ключові слова та короткий зміст звіту).

*Анотація (інформація для керівника)* містить основні відомості про результати роботи, джерела використаної економічної і технічної інформації, рівні відповідності виконаного обсягу робіт технічному завданню, а також короткі висновки про отримані результати. Мають бути надані рекомендації з організації на підприємстві енергоменеджменту і визначені передумови, необхідні для його впровадження. Наводять таблицю можливих заходів із енергозбереження (МЕЗ), що містить назву заходу, очікувану економію від його впровадження, витрати і термін окупності. Наприкінці таблиці вказують сумарний економічний ефект від впровадження всіх МЕЗ із урахуванням коефіцієнта їх взаємного впливу, який приймають у межах 0,7–0,75.

*Загальні відомості про підприємство:*

- історична довідка;
- структура підприємства та ієрархічні зв'язки управління;
- відомості про основне енергоспоживальне та енергогенерувальне устаткування;
- відомості про будівлі та споруди;
- відомості про обсяги споживання енергоносіїв і тарифи за роками та обсяги платежів;
- відомості про системи обліку енергоносіїв і наявність енергоменеджменту.

*Аналіз економічної діяльності в галузі енергоресурсів* має відображати позиції, обумовлені в технічному завданні, і містити:

- аналіз тенденцій виробництва і споживання ПЕР за останні роки на підприємстві загалом;
- аналіз питомих показників споживання ПЕР на підприємстві загалом із визначенням тенденції зміни енергоемності виробництва з кожного виду енергоносіїв;
- побудова балансів споживання усіх видів ПЕР;

- виявлення найбільш енергоємних споживачів і аналіз їхньої діяльності;

- визначення питомих витрат енергоносіїв із урахуванням моделювання на підставі вибору лінійної або нелінійної моделі, виявлення достовірності обраної моделі.

Розробка енергозберігальних заходів має містити техніко-економічне обґрунтування. Енергоаудитори несуть повну відповідальність за достовірність пропонованих технічних рішень та економічних розрахунків.

Кожна пропозиція має супроводжуватися такою інформацією:

- детальний опис сформованої ситуації, результати вимірювань і розрахунків, які підтверджують виявлені недоліки;

- опис пропонованих змін із наведенням основних технічних характеристик (детальна інформація може бути винесена в додатки);

- розрахунок очікуваного економічного ефекту від упровадження пропозиції;

- розрахунок витрат на впровадження з урахуванням капітальних та експлуатаційних витрат;

- розрахунок простого (не дисконтного) строку окупності рекомендованих пропозицій порівняно з іншими варіантами;

- висновки про доцільність чи недоцільність реалізації кожного з енергозберігаючих заходів.

*Перелік енергозберігальних заходів.* Усі рекомендовані енергозберігальні заходи вносять у загальну таблицю можливостей енергозбереження. Залежно від терміну окупності та суми витрат на впровадження заходу їх розподіляють на маловитратні і витратні, ранжують за ступенем їх пріоритетності. Простий термін окупності  $T$  визначають відношенням річної економії  $E$  до сумарних витрат на запровадження  $З$ .

*Пряме вимірювання* є найбільш точним засобом вимірювань, і його проводять за допомогою встановлених стаціонарно і переносних вимірювальних приладів. Прикладом прямих вимірювань можуть бути вимірювання енергоспоживання за допомогою лічильників. Причому лічильники не завжди вимірюють безпосередньо величину споживання енергії. Наприклад, лічильник електроенергії показує споживання електроенергії, а лічильник газу, який вимірює об'ємну витрату, для розрахунку енергоспоживання вимагає введення множника для визначення його енергоємності.

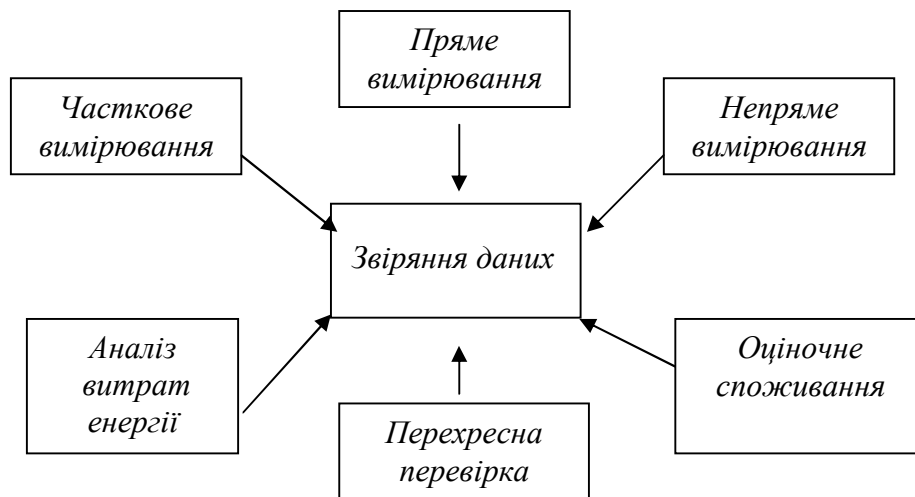


Рисунок 2.7 – Схема заходів оцінки енергоспоживання

У разі витрати твердого чи рідкого палива для оцінки споживання необхідно зробити вимірювання на «складі» до і після контрольного часу. Найбільш поширеним вимірником для рідкого палива, яке зберігають у ємкостях, є щупи чи поплавкові рівнеміри, а також рівнеміри, які працюють на принципі з'єднаних посудин. Для вимірювання твердого палива на складі застосовують прямі вимірювання лінійних габаритів до і після розрахункового періоду. Як тимчасові аудитори застосовують переносні вимірники?

Вимірювання, які проводять у конкретні моменти часу, виконують за допомогою більш простих приладів, що показують значення в даний момент часу, що не завжди відображає дійсне довготривале енергоспоживання для оцінки його річної величини.

Складні прилади, що забезпечують можливість розрахунку й запису показань і мають визначений обсяг пам'яті, дозволяють проводити точніші розрахунки. Прикладом такого приладу може бути електричний реєстратор, що дозволяє реєструвати миттєві та тривалі показання одночасно потужності, струму і напруги. Для оцінки середніх показників споживання енергії необхідно використовувати показання стаціонарних приладів із самописами і великою пам'яттю.

В усіх випадках під час проведення вимірювань і порівняння показань тимчасових і постійних вимірників необхідно враховувати клас точності приладів і межі шкал вимірювань, що визначають їх точність.

*Непряме вимірювання* передбачає проведення вимірювань на основі розрахункових методів, до яких належать:

- регресійний аналіз, що дозволяє розділити загальне споживання енергії на два потоки (постійне і змінне навантаження);
- перевірний тест, який полягає в послідовному вимірюванні під час живлення від одного джерела декількох споживачів повного навантаження і під час відключення окремих джерел. Перевірні тести застосовують винятково до обладнання, яке споживає протягом тестування постійну кількість енергії.

Під час оцінювання споживання енергії важливо мати інформацію не тільки про номінальну потужність устаткування, яке експлуатують, але й про тривалість його експлуатації, тобто враховувати коефіцієнти використання робочого часу і потужності (навантаження). Дану інформацію аудитор може отримати під час спілкування зі співробітниками підприємства. Це, насамперед, стосується виробничого

устаткування з електроприводом (вентилятори, верстати, підйомно-транспортне устаткування), офісної техніки, внутрішнього освітлення тощо.

*Перехресна перевірка* є однією з обов'язкових процедур енергоаудиту з метою виявлення можливих помилок. Найчастіше застосовують такі прийоми перехресної перевірки:

- оцінка відсотка зекономленої енергії в порівнянні зі спожитою;
- аналіз потоків енергії та балансів;
- взаємовиключення;
- зниження очікуваної економії, пов'язане із взаємним впливом результатів одночасного впровадження кількох заходів.



## **Тема 2.3 Нормалізація енергоспоживання.**

### **Методика визначення норм питомих витрат**

#### 2.3.1 Суть і завдання нормалізації енергоспоживання

Під нормалізацією витрат енергії розуміють процес встановлення планової величини її витрат на одиницю продукції або виконання одиниці роботи (встановлення планової величини питомих витрат енергії).

Нормалізація енергоспоживання в народному господарстві має важливе значення. По-перше, визначаючи науково обґрунтовані норми питомих витрат енергії, створюють базу для розрахунку потреб в енергії виробничих об'єктів: підприємств, їх підрозділів, окремих агрегатів і технологічних процесів.

З іншого боку, норми питомих витрат енергії дозволяють об'єктивно оцінювати ефективність енерговикористання в умовах змінювання обсягів і асортименту продукції, що випускається окремими агрегатами, цехами або підприємствами.

*Метою нормалізації є:* забезпечення раціонального й економного витрачання енергії й палива; встановлення вихідних величин для планування енергоспоживання.

Причому основним завданням нормалізації енергоспоживання є розробка й використання на виробництві технічно та економічно обґрунтованих прогресивних норм питомих витрат енергії.

*Під нормою питомої витрати енергії* розуміють об'єктивно необхідну величину її споживання на виробництво одиниці продукції або виконання одиниці роботи встановленої якості в конкретних прогресивних умовах виробництва.

Іншими словами, норма питомої витрати енергії є максимально допустимою величиною споживання енергії в даних умовах виробництва.

*Нормалізація енергоспоживання* органічно пов'язана з удосконаленням виробництва, а також енергогосподарства загалом. Встановлення норм питомих витрат енергії ґрунтується на енергетичному обліку, контролі й аналізі енерговикористання і утворює разом із ним єдину систему.

Розробка і впровадження такої системи в народному господарстві зустрічається зі значними труднощами, що пов'язані:

- із різноманітністю технологічних процесів, устаткування та режимів його роботи;
- із чисельністю технологічних, організаційних та інших внутрішніх і зовнішніх чинників, які впливають на питомі витрати енергії;
- із недоліками енергетичного обліку на підприємствах, цехах, агрегатах тощо.

Незважаючи на це, прообраз такої системи нещодавно існував у сільському господарстві на адміністративній основі. Останнє пояснюється економічною незацікавленістю сільськогосподарських підприємств у проведенні цієї роботи і впровадженні енергозберігальних заходів.

Підприємства (організації) можна примусити займатися енергозбереженням законодавчим шляхом. Введенням обов'язкової сертифікації виробництва і продукції за їх енергетичною економічністю законодавство використовує русійну силу енергозбереження в законі України про енергозбереження.

Можна стимулювати споживача енергії до вирішення завдань енергозбереження економічно, підвищуючи ціну на енергію, або, навпаки, зменшуючи її для тих споживачів, які ефективно використовують енергію.

Але і в першому, і в другому випадку потрібна об'єктивна оцінка ефективності витрачання енергії споживачами. Одним зі способів отримання такої оцінки є реалізація завдання нормалізації енергоспоживання.

У недалекому майбутньому у споживачів виникне нагальна необхідність у нормалізації свого енергоспоживання, але вже виходячи з економічних міркувань, а не під адміністративним тиском з боку відомчих або державних органів. Необхідно усвідомити, що без вирішення завдання нормалізації енергоспоживання не може бути мови про практичне енергозбереження.

### 2.3.2 Види норм питомих витрат енергії та вимоги до них

Питомі норми витрат енергоносіїв, які розробляють для нинішніх технологій та устаткування, не стимулюють підприємства та організації до їх зниження. У зв'язку з цим держава повинна застосовувати свої важелі для обмеження надмірних питомих витрат енергоносіїв шляхом уведення підвищеного тарифу на нормативне споживання енергоресурсів.

Функції контролю мають бути покладені на нинішню Інспекцію з енергозбереження як орган експертної оцінки. Все це необхідно перенести на регіональний рівень.

Класифікацію норм питомих витрат енергії здійснюють за трьома основними ознаками: ступінь агрегації, склад витрат енергії, період дії норм.

Залежно від ступеня агрегації (збільшення, об'єднання) норми витрат енергії поділяють на індивідуальні та групові.

Традиційно цей принцип класифікації передбачав два рівні агрегації витрат енергії, які ототожнювалися з рівнями планування. Індивідуальні норми встановлювали на рівні підприємств, технологічних процесів, окремих потужних агрегатів, а групові – на більш високих рівнях планування (виробниче об'єднання, галузь тощо). Однак поділ норм витрат енергії залежно від рівня планування не можна вважати таким зручним. Тому відпрацьовано інший принцип поділу норм – залежно від об'єкта їх

формування, коли індивідуальні норми витрат енергії формують для технологічних об'єктів, а групові – для підприємств.

Таким чином, *індивідуальною нормою* називається норма витрат енергії на виробництво одиниці продукції (роботи), за типами або окремими енергоспоживачами (агрегатами, установками, машинами), технологічними процесами (відповідно до умов виробництва).

*Груповою нормою* називається норма витрат енергії, яку встановлюють для об'єктів різного планування на виробництво одиниці однойменної продукції (роботи) у планових умовах виробництва.

Склад технологічних об'єктів формування норм витрат енергії не встановлений і має визначатися в кожному конкретному випадку окремо.

Слід зауважити, що завдання встановлення індивідуальних норм питомих витрат енергії – одна з найскладніших у процесі нормалізації енергоспоживання. Простіше всього індивідуальні норми витрат енергії визначати в конкретних умовах виробництва. Однак часто виникає потреба мати обґрунтовані норми за типами агрегатів на більш високих рівнях планування. У зв'язку з цим в окремих випадках розробляють індивідуальні галузеві норми, які формуються для середніх по галузі умовах виробництва.

Склад об'єктів господарювання однозначно визначений типовими схемами керування економікою. Причому щодо кожного об'єкта будь-якого рівня планування групова норма містить витрати енергії, які пов'язані з виробництвом даної продукції (роботи) групою технологічних об'єктів, що й визначає її назву.

Таким чином, якщо всі види норм питомих витрат енергії є за своєю суттю техніко-економічними показниками, то індивідуальні норми ближчі до технічних показників, а групові – до економічних.

Залежно від складу витрат енергії норми поділяють на технологічні та загальновиробничі.

*Технологічною* називається норма витрат енергії, яка враховує витрати і втрати енергії, пов'язані зі здійсненням основних і допоміжних технологічних процесів виробництва даного виду продукції або роботи.

*Загальновиробничою* називається норма витрат енергії, яка враховує не тільки витрати енергії на технологічні процеси, а також витрати енергії на допоміжні потреби виробництва і втрати енергії у процесах її перетворення, передачі і розподілення, віднесені на виробництво даної продукції або роботи.

Таким чином, *індивідуальні* норми питомих витрат енергії за своєю природою є технологічними, а групові норми можуть бути як технологічними, так і загальновиробничими.

Як індивідуальні, так і групові норми питомих витрат енергії (відповідно і технологічні, і загальновиробничі) можуть бути диференційованими або укрупненими.

*Диференційовані норми* належать до окремих видів продукції, її сортів або типорозмірів.

*Укрупнені норми* встановлюють у вигляді опосередкованих величин за групами продукції різного сорту або типорозміру.

Залежно від того, до якого виду продукції вони належать (до продукції цеху або готової продукції, наприклад підприємства, заводу) і які витрати енергії охоплюють, як технологічні, так і загальновиробничі норми (і диференційовані, і укрупнені) поділяються на цехові та загальновиробничі.

Оскільки загальновиробничі норми включають витрати і втрати енергії, тією або іншою мірою умовно віднесені на виробництво даної продукції, вони не можуть мати таку високу наукову обґрунтованість, як технологічні норми.

Незважаючи на різноманітність норм витрат енергії, до всіх, без винятку, норм ставляться практично однакові вимоги. Основні з них полягають у необхідності:

- технічного та економічного обґрунтування;
- розробки на єдиній методичній основі для всіх рівнів планування;
- врахування конкретних умов виробництва, досягнення науково-технічного процесу, а також планів організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення ефективності використання енергії;
- систематичного перегляду з урахуванням зміни техніки, технології та організації виробництва, технічного стану технологічного і енергетичного устаткування та інших чинників, які впливають на споживання енергії;
- сприяння максимальній мобілізації внутрішніх резервів економії енергії та підвищення ефективності її використання.

*Вибір одиниці вимірювання виробленої продукції* або роботи є важливим питанням під час визначення і нормалізації питомого енергоспоживання. Від правильності вибору цих одиниць залежить можливість контролю за виконанням норм витрат енергії, а також аналізу ефективності енерговикористання. Визначаючи одиниці вимірювання питомого енергоспоживання необхідно враховувати наступні рекомендації.

Показник випуску продукції має відповідати одиницям вимірювання, які використовують під час планування та обліку обсягів виробництва продукції. Під час вибору одиниці для розрахунку питомих витрат енергії перевагу варто віддати натуральним показникам випуску продукції.

### 2.3.3 Методики визначення індивідуальних норм витрат електроенергії

З позицій системного підходу, нормуванню підлягають передусім витрати електроенергії тих виробництв, які складають основу загального електроспоживання в галузі.

Вибір моделі. З точки зору енергетичних характеристик окремих установок (процесів), типові проекти є найбільш повними й достовірними джерелами інформації порівняно з будь-якими іншими, зокрема й реальними об'єктами, в яких можливі вагомні відхилення від прогресивних технологій.

Однак у типових проектах допускають неточності в оцінці кількості годин використання устаткування, що призводить до викривлення дійсного енергоспоживання. Як модель слід приймати такий проект, у якому на основі технологічних карт має бути врахована кількість годин роботи устаткування.

Обробка інформації з моделі:

1. З вибраного проекту виписують усі електроприймачі для основних і допоміжних процесів, із визначенням їхньої потужності та продуктивності робочих машин. Ці приймачі групують за процесами.

2 У кожному з цих процесів за технологічними картами визначають кількість виробленої продукції.

3. На основі інформації за п.1 і п.2 встановлюють кількість годин роботи кожного електроприймача, Ті. Наприклад, для освітлення приймають передбачену технологією кількість годин роботи за рік; для всіх інших електроприймачів – час роботи, що залежить від кількості оброблюваної продукції (цю величину можна розрахувати як частку від ділення річної кількості виробленої продукції  $Q_i$  на продуктивність машини  $Q_M$  з врахуванням завантаження  $K_3$ ):

$$T_i = \frac{Q_i}{Q_M \cdot K_z} \quad (2.2)$$

Величина  $Q_M$  визначається з паспорта устаткування. Визначення обсягів електроспоживання електроприймачами. Коли відома кількість годин роботи  $T_b$ , розраховують річне електроспоживання кожним приймачем за формулою:

$$E = P_{iy} K_{in} T_b \quad (2.3)$$

де  $P_{iy}$  – встановлена (електрична) потужність  $i$ -го електроприймача за п.1 (за паспортом);

$K_{in}$  – коефіцієнт попиту, який враховує каталожне непогодження між потрібною потужністю робочої машини і стандартною потужністю електроприймача (електродвигуна, котла, нагрівача тощо), ККД, а для групи електроспоживачів (групи ламп, вентиляторів) ще й неодноразовість вмикання.

Для освітлення значення  $K_n$  – слід приймати безпосередньо з типового проекту.

На розрахункових електричних схемах, на групових електричних щитках вказана величина розрахункової потужності всієї групи освітлювальних приладів. У цьому випадку:

$$K_n = \frac{P_{ip.osv}}{\sum P_{iy.osv}}, \quad (2.4)$$

де  $P_{ip.osv}$  – розрахункова потужність, яка вказана на  $i$ -му груповому освітлювальному щитку;



$P_{iy\text{ осв}}$  – встановлена потужність освітлювальних приладів, які підключені до цього щитка.

Для освітлення річне електроспоживання можна розрахувати за формулою:

$$E_{осв} = \sum P_{y.осв} \frac{P_{p.осв}}{\sum P_{y.осв}} T_{осв} = P_{p.осв} \cdot T_{осв}. \quad (2.5)$$

Для однорідних споживачів  $K_n$  можна визначити тим же шляхом, що й для освітлення. Загальний вираз для підрахунку електроенергії будь-якого електроприймача:

$$E_i = P_{in} \frac{K_z \cdot K_{кн} \cdot K_{од}}{ККД} \cdot \frac{Q_i}{Q_{ip} \cdot K_n} = P_{in} \frac{K_{кн} \cdot K_{од}}{ККД} \cdot \frac{Q_i}{Q_m}. \quad (2.6)$$

де  $K_z, K_{кн}, K_{од}$  – коефіцієнти відповідно завантаження машин, каталожної неув'язки ( $K_{к.н.} = P_c/P_h$ ) та одночасності (для групи однорідних електроприймачів);

$P_c$  – потужність, яка споживається робочою машиною (за паспортом);

$P_h$  – встановлена стандартна потужність електроприймача для цієї машини (за паспортом).

У випадку невизначеності інформації варто мати на увазі, що величини  $K_{кн}$  і ККД загалом близькі між собою, тому для наближених розрахунків допустимо користуватися такою формулою:

$$E = P_{in} \frac{Q_i}{Q_m}. \quad (2.7)$$

Групування процесів і визначення електроспоживання за групами. Електроспоживання у групі дорівнює сумі електроспоживання всіх  $E_j$ , процесів, які входять до неї:

$$E_{cp} = \sum_1^n E_j \quad (2.8)$$

Визначення електроспоживання на об'єкті загалом. Якщо відомо електроспоживання у кожному окремому процесу (або групі), а в об'єкті нараховують  $j$  процесів (включаючи допоміжні) або –  $n$  груп, то загальне електроспоживання на об'єкті можна розрахувати за формулою:

$$E_{\Sigma} = \sum_1^j E_i \text{ або } E_{\Sigma} = \sum_1^n E_{cp} \quad (2.9)$$

Визначення питомих витрат електроенергії за даним типорозміром об'єкту. Питомі витрати електроенергії, які можуть бути використані як вимірювач норм, будуть дорівнювати:

$$E_{um} = \frac{E_{\Sigma}}{N_n} \quad (2.10)$$

де  $N_n$  - показник, на який розраховуються норми (площа приміщення, річний вихід продукції тощо).

#### 2.3.4 Енергетичні баланси

Основними методами планування та аналізу енерговикористання в народному господарстві є енергетичні баланси, які дозволяють

встановлювати необхідні величини і співвідношення між споживанням і отриманням енергоресурсів.

*Під енергобалансом розуміють систему взаємопов'язаних показників, які відображають кількісну відповідність між надходженням і використанням усіх видів енергетичних ресурсів. Він є основним узагальнювальним документом для комплексного аналізу використання енергоресурсів і планування заходів для підвищення ефективності енергоспоживання.*

Енергетичні баланси поділяють на баланси окремих агрегатів, груп агрегатів або установок і баланси окремих технологічних процесів, ділень, цехів, підприємств, організацій.

Енергобаланси окремих агрегатів і установок складають з метою аналізу ефективності енерговикористання на виробництві, встановлення раціональних режимів роботи енергоустановок, а також для розробки обґрунтованих прогресивних норм питомих витрат енергії на одиницю продукції, яка випускається відповідними агрегатами.

За своїм призначенням енергобаланси поділяються на *фактичні та планові*.

*Фактичні* баланси є звітними і відображають нинішній стан використання енергії з усіма виправданими та невиправданими її витратами і втратами, із реально досягнутими значеннями питомих витрат енергії.

*Планові* (перспективні) енергобаланси, у свою чергу, можна поділити на нормалізовані і раціоналізовані.

*Нормалізовані* енергобаланси розробляють на основі фактичних балансів із урахуванням прогресивних норм і нормативів витрат і корисного використання енергії. Такі енергобаланси відображають потенційно можливий рівень ефективності енергоспоживання, відносно якого виявляють резерви і визначають заходи з економії енергоресурсів.

*Раціоналізовані* баланси також складають на основі фактичних балансів, але з урахуванням проведення всіх реально можливих у даних умовах виробництва заходів зі зменшення витрат і втрат енергії.

Енергетичний баланс складається з *дохідної і витратної частини*. Кожна з частин балансу складається водночас із однієї або кількох статей.

*Дохідна* частина балансу – це план енергопостачання, і показує, якими енергоресурсами, в якій кількості, від яких джерел (власних або зовнішніх) забезпечується енергоспоживання.

*Витратна* частина – це розрахунки потреб енергоресурсів за видами, і показує, на яких ділянках, із якою метою, якої кількості та в яких енергоносіях споживається енергія.

Причому питома вага в загальній величині надходження або витрат енергії, виражена у відсотках, характеризує структуру відповідної дохідної або витратної частини енергобалансу.

Енергетичні баланси, як один із основних інструментів реалізації завдань енергозбереження, дозволяють:

- виявити надмірні витрати енергії і розробити заходи з їх ліквідації;
- визначити напрямки реконструкції морально і фізично застарілого устаткування;
- обґрунтувати вибір найбільш економічних видів і параметрів енергоносіїв, які використовують у виробничих процесах;
- обґрунтувати величину і режими енергоспоживання;
- вибрати раціональні схеми енергопостачання установок тощо.

Енергобаланси оформлюють у вигляді таблиць або діаграм. Цифри показують обсяги споживання енергії протягом року (сезону, місяця) окремими виробничими підрозділами (цехами) підприємства, якщо це енергобаланс підприємства.

У випадку енергобалансу окремого агрегату або установки цифри відносять до визначеної продуктивності агрегату (його навантаження) або до одиниці продукції, яку він виробляє.

Єдиної методики складання й аналізу фактичних енергобалансів агрегатів та установок, а також методики оцінки й нормалізації витрат енергії в агрегатах до сьогодні практично не існує. Це, безумовно, утруднює практичне вирішення питань енергозбереження на виробництві.

## **Контрольні питання до модуля 2**

2.1 Нормативно-правова база. Стратегія проведення енергетичного аудиту

2.2 Методологія і послідовність проведення енергоаудиту.

2.3 Баланси енергоносіїв: їх складання та аналіз.

2.4 Регресійний аналіз питомих витрат енергоносіїв від обсягу виробництва.

2.5 Визначення ефективності використання енергоносіїв, шляхів їх економії та диверсифікації.

2.6 Види норм питомих витрат енергії та вимог до них.

2.7 Методики визначення індивідуальних норм витрат електроенергії.

# ЗМІСТОВИЙ МОДУЛЬ 3 ЕНЕРГОАУДИТ ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНИХ СИСТЕМ ТА ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ЕНЕРГОЗБЕРІГАЛЬНИХ ЗАХОДІВ

## Тема 3.1 Енергетичний аудит систем освітлення

### 3.1.1 Загальні відомості

На освітлення споживається від 5 % до 15 % від загальної кількості виробленої електроенергії. Задля її економічного використання необхідно орієнтуватися на використання світильників з високим ККД, сучасних конструкцій відбивної апаратури, раціональних схем освітлення.

Фактична освітленість  $E_{\phi}$  чинної освітлювальної установки, лк визначається виразом

$$E_{\phi} = \frac{N \cdot n \cdot F_{\text{л}} \cdot \eta}{A}, \quad (3.1)$$

де  $N$  – кількість світильників;

$n$  – кількість ламп у світильнику;

$F_{\text{л}}$  – світловий потік кожної лампи, лм;

$\eta$  – коефіцієнт використання світлового потоку;

$A$  – площа приміщення,  $\text{м}^2$ .

Під час проведення енергоаудиту системи освітлення визначають фактичну кількість світильників і ламп у них, їхню потужність. Причому враховують висоту приміщення і специфіку роботи в ньому.

Варто мати на увазі, що лампи розжарювання створюють видиме випромінювання потужністю не більше 6 % від споживаної лампою електричної потужності, а газорозрядні – 17 % і більше. Найбільший ефект економії електроенергії досягають під час проектування об'єктів заново.

Заміна ж ламп розжарювання на сучасні лампи як окремий захід через досить високу вартість останніх має великі строки окупності. Тому заміну доцільно проводити або під час ремонтів, або реконструкцій будинків, або у вигляді планової поступової заміни.

Одними з найважливіших критеріїв є освітленість об'єктів і світловий потік лампи. Показник освітленості (залежно від призначення приміщення) є нормованою величиною. Крім того, вводять нормовані значення показника дискомфорту  $M$ , коефіцієнтів пульсації освітленості  $K_p$  (%) і природної освітленості (%). У таблиці 3.1 наведено деякі дані про нормативи освітленості для приміщень різного призначення [1].

Таблиця 3.1 – Нормативні рівні освітленості

Україна				ЄС		
Типи приміщень	Освітленість, лк	Показник дискомфорту, не більше, %	Коефіцієнт пульсації освітленості, не більше, %	Типи приміщень	Освітленість, лк	Граничний показник освітленості
Робочі кімнати, проектні кабінети	300	40	15	Офіси: загальні, проектні	500 300–500	19 19
Машинописні бюро	400	40	10	Конструкторські бюро		
Читальні зали	300	40	15	Загальні приміщення, дошки для креслення	500 750	16 16
Лабораторії	300	40	10	Бухгалтерія та офісні площі	500	19
Фойє	150	90		Площі для відвідувачів	300	19
Вестибюлі	150					

### 3.1.2 Критерії вибору джерела світла

Під час вибору джерел світла необхідно виходити з того, що найбільш економічними й універсальними є газорозрядні та люмінесцентні лампи. Характеристику основних типів ламп наведено в таблицях 3.2 і 3.3.

Порівнюючи газорозрядні лампи і лампи розжарювання, варто мати на увазі, що в газорозрядних ламп спадна вольтамперна характеристика. Зі збільшенням струму лампи напруга на ній зменшується. Тому газорозрядні лампи обов'язково мають вмикатися з баластним опором, що обмежує струм. Електричні баластні пристрої споживають значно більшу кількість енергії, ніж сучасні електронні високочастотні. У таблиці 3.4 наведено коефіцієнт втрат у пускорегулювальній апаратурі.



Таблиця 3.2 – Дані про потужність та світловий потік деяких типів ламп

Лампи розжарювання		Дугові ртутні лампи (ДРЛ)		Люмінесцентні лампи		
потуж- ність, Вт	світловий потік, лм	потуж-ність, Вт	світловий потік, лм	тип ламп	потуж- ність, Вт	світловий потік, лм
15	105			ЛБ-15	15	630
25	205			ЛХБ-15	15	450–600
40	430			ЛД-15	15	450–600
75	950	80	2 950	ЛДЦ- 15-1	15	450–600
100	1 380	125	5 200	БЛ-20	20	980
150	1 900	–		ЛХБ-20	20	620–900
200	1 700	250	11 000	ЛД-20	20	620–900
300	4 500	400	18 000	ЛДЦ- 20-1	20	620–900
500	8 100	–		ЛБ-30	30	1 740
750	13 100	700	35 000	ЛХБ-30	30	1 100–1 500
1 000	18 200	1 000	50 000	ЛД-30	30	1 100–1 500
Лампи розжарювання галогенні КГ 220- 1000-5		Лампи натрієві низького тиску Дна0140		ЛДЦ- 30-1	30	1 100–1 500
				ЛБ-40	40	2480
				ЛХБ-40	40	1 500–2 200
1000	22 000	ЛД	9 800	ЛД-40	40	1 500–2 200
		ЛДЦ		ЛДЦ- 40-1	40	1 500–2 200
				ЛБ-65	65	3 970
				ЛБ-80	80	4 320
		400	4 600	ЛХБ-80	80	2 720–3 840
		Лампи металогалогенні ДРІ 400-10 ДРІ 1000-1		ЛД-80	80	2 720–3 840
				ЛДЦ- 80-1	80	2 720–3 840
				ЛХБ- 125	125	6 200
		400	25 200	ЛХБ- 150	150	8 000
		1 000	80 000	ЛХБ- 200	200	10 000
		Лампи ксенонові ДК з Т 5000		ДБЖ- 80	80	4 320
				ДБЖ- 110	110	6 000
				ДБЖ- 150	150	8 000
		5 000	98 000	ЛТБ-20	20	1 100

Таблиця 3.3 – Середня освітленість Е (лк) для ламп розжарювання 220 В

Потужність ламп, Вт	Із прямим світлом	Із напіввідбивним світлом
50	31	24
100	35	27
150	40	30
200	44	34
300	48	36
500	53	40
1 000	60	46

Таблиця 8.4 – Коефіцієнт втрат у ПРА

Тип лампи	Тип ПРА	К <sub>пра</sub>
ЛБ	Звичайний електромагнітний	1,22
	Електромагнітний зі зниженими витратами	1,14
	Електронний	1,1
КЛ	Звичайний електромагнітний	1,27
	Електромагнітний зі зниженими витратами	1,15
	Електронний	1,10
ДРЛ, ДРИ	Звичайний електромагнітний	2,08
	Електронний	1,06
ДНаТ	Звичайний електромагнітний	1,1
	Електронний	1,06

Наприклад, для лампи ЛБ (подвійної) 2·18 Вт споживання електроенергії становить:

- зі звичайним баластом 54 Вт;
- з електромагнітним зі зниженим рівнем витрат 45 Вт;
- із високочастотним 40 Вт.

### 3.1.3 Визначення витрат електроенергії в системах освітлення

На підставі результатів енергообстеження організації визначають фактичне річне споживання активної енергії освітлювальними установками, кВт·год:

$$W_{\text{осв.р.ф}} = \sum_{l=1}^k \sum_{j=1}^N \sum_{i=1}^n P_{\text{сві}} \cdot K_{\text{п-ра}} \cdot T_{\text{рі}} \cdot k_c, \quad (3.2)$$

де  $k$  – кількість будинків організації;

$N$  – кількість приміщень у будинках;

$n$  – кількість функціональних світильників в  $i$ -му приміщенні;

$P_{\text{сві}}$  – встановлена потужність ламп у світильниках, кВт;

$K_{\text{п-ра}}$  – коефіцієнт втрат у пускорегулювальній апаратурі (за табл. 3.4);

$T_{\text{рі}}$  – річна кількість роботи освітлювальних установок в  $i$ -му приміщенні згідно з рекомендаціями, поданими в таблиці 3.7;

$k_c$  – коефіцієнт попиту (для бюджетних організацій приймається  $K_{\text{п}} = 0,8$ , для інших – за таблицею 3.6).

Фактичне річне споживання порівнюють із нормативним річним споживанням, яке визначають за наступними виразами:

$$W_{\text{осв.р}}^{\text{н}} = \sum_{i=1}^k \sum_{j=1}^N W_i, \text{ кВт} \cdot \text{год}, \quad (3.3)$$

де  $W_{ij}$  – енергія, споживана  $j$ -ю групою типових приміщень, кВт·год;

$$W_i = \sum_{i=1}^n P_i \cdot T_{\text{рі}}, \quad (3.4)$$

де  $n$  – кількість типових приміщень у групі;

$P_i$  – потужність освітлювальної установки  $i$ -го приміщення, кВт,

$$P_i = P_{\text{пит.і}} \cdot A_i \cdot \frac{E_{\text{ні}}}{100}, \quad (3.5)$$

де  $P_{\text{пит.і}}$  – питома встановлена потужність світильників  $i$ -го приміщення з освітленістю 100 лк, Вт/м<sup>2</sup>;

$A_i$  – площа  $i$ -го приміщення, м<sup>2</sup>;

$E_{ni}$  – нормована освітленість  $i$ -го приміщення групи, лк.

Питому встановлену потужність  $P_{\text{пит.}i}$  можна визначити за таблицею 3.5, що побудована за даними нормативів для світильників з люмінесцентними лампами.

Таблиця 3.5 – Значення питомої потужності освітлення

Висота приміщення, м	Площа приміщення, м <sup>2</sup>	Значення питомої потужності загального освітлення з освітленістю 100 лк, Вт/м <sup>2</sup>
2	3	4
<3	<15	6,0
	15–25	5,0
	25–50	4,5
	50–150	3,7
	150–300	3,3
3–4	15–20	7,4
	20–30	5,9
	30–50	4,8
	50–120	4,3
	120–300	3,7
4–6	25–35	7,4
	35–50	6,1
	50–80	4,7
	80–150	4,2
	150–300	3,6

Основні причини перевитрати електроенергії, що призводять до неефективного використання електроенергії:

- використання ламп розжарювання замість люмінесцентних ламп (втрати електроенергії зростають у 2,5–3 рази);
- вмикання джерел світла в денний час (порушення графіка роботи освітлення призводить до додаткової витрати енергії):

$$\Delta E = P \cdot k_c \cdot t_{\text{ос.дн}}, \quad (3.6)$$

де  $t_{\text{ос.дн.}}$  – час вмикання освітлення поза графіком;

– завищена встановлена потужність світильників (також призводить до перевитрати електроенергії)

$$\Delta E = (P_{\text{факт}} - P_{\text{ном}}) \cdot k_c \cdot T_{\text{ос}}, \quad (3.7)$$

де  $P_{\text{факт}}$  – фактична встановлена потужність світильників, кВт;

$P_{\text{ном}}$  – розрахункова потужність світильників, кВт;

– завищена висота підвіски світильників (збільшує витрати в 1,5–2 рази);

– несвоєчасне чищення світильників (знижує освітленість на 15–20 % і призводить до втрат 2,5–3,5 % від загальних витрат електроенергії на освітлення).

Нижче наведено дані про варіанти установки світильників, що підлягають чищенню:

а) приміщення зі значним виділенням пилу, диму (металургійні й ковальсько-пресові цехи, збагачувальні фабрики, підготовчі цехи текстильного виробництва тощо);

б) приміщення із середнім виділенням пилу й кіптяви (прокатних, механічних, складальних цехів, металоконструкцій і т. д.);

в) приміщення з незначним виділенням пилу (цехи легкої та харчової промисловості, офісні приміщення тощо);

г) установки зовнішнього освітлення.

Наведемо також деякі чинники, від яких залежить перевитрата електроенергії на освітлення:

– фарбування стін і стель у виробничих приміщеннях у темні кольори призводить до перевитрати електроенергії до 3 %;

– застосування автоматичних систем вмикання-вимикання освітлення дає економію електроенергії до 3 %;

– коливання напруги призводить до перевитрати електроенергії.

Напруга на виводах ламп не має перевищувати 105 % і бути меншою 85 %. Зниження напруги на 1 % знижує світловий потік для ламп розжарювання на 3–4 %, люмінесцентних ламп – на 1,5 %, ДРЛ – на 2,2 %.

Для виключення цих факторів освітлення виводять на окремі трансформатори, а також застосовують пристрої, що контролюють увімкнення й вимикання точно за добовим графіком, а також автоматичне регулювання напруги. У таблицях 3.6 і 3.7 наведено рекомендовані значення коефіцієнта попиту освітлення і тривалості освітлення для підприємств.

Таблиця 8.6 – Коефіцієнт попиту освітлювального навантаження

Назва об'єкта	$k_c$
Невеликі виробничі споруди та торговельні приміщення	1,0
Виробничі будівлі, що складаються з низки окремих приміщень	0,95
Виробничі будівлі, що складаються з окремих великих прогонів	0,95
Бібліотеки, адміністративні будівлі, підприємства громадського харчування	0,9
Навчальні, дитячі, лікувальні заклади, офісні, побутові та лабораторні будівлі	0,8
Складські приміщення, електropідстанції	0,6

Для визначення кількості годин використання максимуму освітлювального навантаження в інших широтах величину, зазначену в таблиці 3.7, необхідно помножити на поправковий коефіцієнт  $\alpha$ , що визначається залежно від географічної широти місцевості та кількості змін. З однею зміною  $\alpha = 0,7 \div 1,4$ , із двома і трьома змінами  $\alpha = 0,96 \div 1,05$ .

Таблиця 3.7 – Річна кількість використання максимуму освітлювального навантаження

Вид освітлювального навантаження	Час освітлення, години $T_{oc}$
<i>Внутрішнє освітлення</i>	
Робоче освітлення (для місцевості із широтою 56°)	
однорічне	250
дворічне	1 850
трирічне	4 000
аварійне загальне освітлення	4 800
<i>Зовнішнє освітлення</i>	
Робоче освітлення заводських територій, яке вмикається щоденно	
на всю ніч	3 600
до 1 год	2 450
до 24 год	1 750
Те саме, вмикається в робочі дні	
на всю ніч	3 000
до 1 год	2 000
до 24 год	1 750
охоронне освітлення, вмикається щоденно на всю ніч	3 500
Робоче освітлення населеної території, що включається щодня	
на всю ніч	3 500
до 1 год	2 350
до 24 год	1 950

#### 3.1.4 Забруднення світильників. Приклад

Забруднення світильників речовинами, які знаходяться в повітрі виробничих приміщень (пилом, брудом, конденсатом пари і газів), призводить до різкого зниження їх ККД і зміни форми кривої сили світла.

На підприємствах із великим рівнем запиленості і забрудненості трапляються випадки зниження освітленості в 8–10 разів. Тому постійна підтримка світильників у належній чистоті має величезне значення для раціонального використання електроенергії в електроосвітлювальних установках.

Очищення ламп і світильників проводять у терміни, визначені особою, що відповідає за електрогосподарство (залежно від місцевих умов). Вказівки про рекомендовану періодичність чищення світильників наведені у відомчих інструкціях (табл. 3.8).

Порушення норм періодичності чищення світильників спричиняє значні збитки через різке зниження освітленості виробничих приміщень. Доводиться встановлювати лампи підвищеної потужності, збільшувати кількість світильників, витрачати зайву кількість електроенергії.

Таблиця 3.8 – Терміни чищення світильників

Типи приміщень	Періодичність чищення світильників
У приміщеннях зі значним виділенням пилу, диму і кіптяви: цехи доменні, мартенівські, ливарні, ковальські, цементних заводів; підготовчі відділи текстильних фабрик; збагачувальні фабрики тощо	2 рази на 1 місяць
У приміщеннях із середнім виділенням пилу, диму і кіптяви: цехи прокатні, механічні, складальні, металоконструкцій та інші	1 раз на 3 місяці
У приміщеннях з незначним виділенням пилу: цехи підприємств легкої і харчової промисловості, адміністративно-офісні приміщення, лабораторії, конструкторські та проектні зали	1 раз на 3 місяці
Установки зовнішнього освітлення	1 раз на 4 місяці

### Приклад

Провести енергоаудит системи освітлення підприємства.

Мета енергоаудиту – розрахувати кількісно (і вартісно) витрати електроенергії, яку використовує підприємство на зовнішнє освітлення. Оцінити потенціал енергозбереження. Розробити заходи для зниження витрат на електроенергію.

Вихідні дані



Підприємство використовує у внутрішніх освітлювальних установках 600 люмінесцентних ламп ЛДЦ 80-3/4, 200 ламп ЛХБ 40-3/4, 100 ламп ЛТБ 20-3/4 і 80 ламп НБ 220-100. Для освітлення закріпленої території використовують 23 світильники з лампами ДРЛ-400. Зовнішні освітлювальні установки задіяні всю ніч. Режим роботи підприємства – однозмінний.

#### *Визначення річного споживання енергії*

Для визначення річного споживання електроенергії освітлювальними установками підприємства, що працює в одну зміну, необхідно вирахувати:

1. Максимальну потужність (з урахуванням втрат у приладах керування та мережах), кВт.

Розрахункові вирази:

$$W_{\text{люм. л}} = 1,23 \cdot P_{\text{люм. л}}$$

$$W_{\text{ДРЛ л}} = 1,13 \cdot P_{\text{ДРЛ л}}$$

$$W_{\text{л нак}} = 1,03 \cdot P_{\text{л нак}}$$

2. Коефіцієнт середнього навантаження (для режиму регульованої освітленості), а також технічний стан ламп. Для умов даної задачі  $K = 0,6 \div 0,8$ .

3. Річну кількість використання освітлювальних установок внутрішнього освітлення: 1 зміна – 750 год, 2 зміни – 1 850 год; 3 зміни – 2 150 год; зовнішнє освітлення на всю ніч – 3 600 год, до 1 год ночі – 2 450, до 24 год – 1 750 год; аварійне загальне освітлення – 4 800 год.

Таблиця 3.9 – Розрахункові дані для визначення витрат енергії

Назва джерела світла	Номинальна потужність, кВт	Потужність із врахуванням втрат у ПРА та мережі, кВт	Кількість, шт.	Потужність ОУ, кВт	Коефіцієнт навантаження	Час роботи на рік, год	Річне споживання електроенергії, кВт
ЛДЦ-80	0,08	0,098	600	59,04	0,7	750	30 996
ЛХБ-40	0,04	0,049	200	9,84	0,7	750	5 166
ЛТБ-20	0,02	0,025	100	2,46	0,7	750	1 291,5
НБ-100	0,1	0,103	80	8,24	0,7	750	4 326
ДРЛ-400	0,4	0,452	23	10,326	0,7	3 600	26 022
Всього			1 003	89,906			65 510

Наприклад, основні показники деяких типів ламп:

ККД – ЛН – 0,07, ЛЛ – 0,20.

Світлотехнічні (світловий потік, лм; світловіддача лм/Вт; спектральний склад; коефіцієнт пульсації) ЛН 100 Вт – 1 380 лм. ЛЛ TLD 80 50 Вт – 5 000 лм.

Електротехнічні (номінальна потужність, номінальна напруга лампи, номінальна напруга мережі).

Експлуатаційні (термін експлуатації, залежність основних параметрів від тривалості експлуатації, напруги мережі тощо).

Економію енергії визначають за виразом:

$$\Delta E = T(\alpha n P_N - \alpha n P_N).$$

*Порівняльна технічна характеристика деяких типів ламп*

1. ЛН–7–19 лм/Вт; 1 000 год.; ГЛ–22 лм/Вт;
2. ЛЛ–75–80 лм/Вт; 1 200–25 000 год (10 000 год); з електронним баластом 20 % економії і 15 000 год. Компактна люмінесцентна лампа PL/E 100 лм/Вт. (Лампи 26 мм мають такий же світловий потік, але

споживають на 8 % менше електроенергії. Напівпровідниковий баласт дає зниження втрат на 20 %, відсутність мерехтіння. Термін експлуатації в 1,5 рази більший).

3. Дугова ртутна люмінесцентна 50–70 лм/Вт, 10 000 год; Металогалогенна ДРІ (з йодидними добавками 70–95 лм/Вт 5 000–10 000, кращі до 20 000 год.); Натрієві високого тиску – ДНАТ/SON (дугові натрієві трубчасті) 100–170 лм/Вт; ДКСТ 120–150 лм/Вт від 5 кВт до 2 000 год через 750–800 °С на дуговій трубці (дугова ксенонова трубчаста); натрієві низького тиску SOX 160–180, 200 лм/Вт.

4. ДРЛ 400 Вт, 23 клм на НЛВД 330 Вт, 27 клм (той самий ПРА і той самий світильник).

Світловіддача галогенних ламп у два, а люмінесцентних у п'ять разів вища, ніж ламп розжарювання.

Таблиця 3.10 – Порівняльна характеристика рекомендованих ламп

Тип лампи 80 Вт	Світловий потік, лм	Світлова віддача	
		Лм/Вт	%
ЛБ	5 220	65,25	100
ЛХБ	4 440	55,5	85
ЛТБ	4 440	55,5	85
ЛД	4 070	50,87	78
ЛДЦ	3 560	44,5	68

### Задача 1 Перевірка внутрішніх освітлювальних установок.

Визначте кількість світильників з люмінесцентними лампами, необхідних для освітлення приміщення для ігор 15×7,5 м у дошкільному навчальному закладі.

Задачу розв'яжіть такими методами:

а) питомої встановленої потужності. Типові електричні навантаження на одиницю площі приміщення (Вт/м<sup>2</sup>) із використанням ЛЛ у будинках, необхідні для створення освітленості 500 лк:

- відкриті ЛЛ 16–20 Вт/м<sup>2</sup>;
- з опаловими відбивачами 19–27 Вт;
- з призматичними відбивачами 17–23 Вт/м<sup>2</sup>;
- з низькою інтенсивністю 21–30 Вт/м<sup>2</sup>;
- з високочастотним баластом 13–16 Вт/м<sup>2</sup>;
- натрієві лампи високого тиску 21–26 Вт/м<sup>2</sup>;
- з лампами, що містять пари металів 22–29 Вт.
- застосування галогенних ламп удвічі знижує споживання електроенергії;

б) методом прямих нормативів. Зразкові норми витрати електричної енергії на освітлення люмінесцентними лампами 25 Вт/м<sup>2</sup>;

в) методом світлового потоку  $N = NS/Fk$  вик.  $k_1$   $k_2$  (0,7–0,8; старіння і знос 0,8; забруднення 0,65–0,8).

Порівняйте результати розрахунків. Які можна зробити висновки? Розробіть конкретні заходи, спрямовані на підвищення енергетичної ефективності освітлення приміщення.

## **Задача 2** Оцінка споживання

Завод використовує у внутрішніх освітлювальних установках 800 ламп ДРЛ-700, 600 ЛД 80-3/4, 200 ламп ЛХБ 40-3/4, 200 ламп НБ 220-100. Режим роботи тризмінний.

Для освітлення закріпленої території використовують 23 світильники з лампами ДРЛ-400 і 15 прожекторів ПЗС-45 з лампами Г-220-500. Зовнішні освітлювальні установки задіяні всю ніч.

1. Визначте річне споживання електроенергії освітлювальними установками підприємства.

2. Сформулюйте загальні рекомендації щодо зниження витрат електроенергії освітлювальними установками підприємства (прийом «лідер-продукту»).

### **Задача 3** Перевірка освітлювальної установки.

Визначте кількість дволампових люмінесцентних світильників з лампами 40 Вт, необхідних для освітлення приміщення для ігор 20м × 12,5 м із метою створення в ньому середньої освітленості 400 лк.

Назвіть технічні рішення, прийняття яких під час проектування освітлення могло б істотно зменшити споживання електроенергії.

### **Задача 4** Визначення економії енергії.

Визначте економію електроенергії від заміни в цеху підприємства 200 ламп розжарювання 500 Вт (8,3 клм) на ДРЛ 250 (12,5 клм).

Назвіть можливі труднощі на шляху такої реконструкції.

Як можна зменшити витрати електроенергії освітлювальними установками за наявності в цеху ламп ДРЛ 250?

### **Задача 5** Визначення економії витрат.

Визначте економію річних витрат на електроенергію після переходу від цілодобового освітлення світильниками з 200 лампами розжарювання по 100 Вт кожна до системи освітлення 150 люмінесцентними лампами по 80Вт.

Як зміняться світлотехнічні характеристики системи освітлення?

## Тема 3.2 Енергетичний аудит систем електропостачання та енерговикористання

### 3.2.1 Втрати електроенергії в мережах

Втрати електроенергії в мережах (включаючи трансформатори) становлять у середньому 4–7 % від загального обсягу споживаної підприємством електроенергії і залежать від багатьох факторів, зокрема:

- рівня електричного навантаження підприємства;
- конфігурації та розмежування загальнозаводських і внутрішньоцехових мереж, їх перетину і довжини;
- режиму роботи трансформаторів;
- значення середньозваженого коефіцієнта потужності підприємства;
- місця встановлення компенсаційних пристроїв.

**Втрати електроенергії в мережах електропередач.** Втрати електроенергії в електричних мережах підприємств  $\Delta E_{\text{м}}$  складаються із втрат електроенергії в цехових  $\Delta E_{\text{ц}}$  і загальнозаводських  $\Delta E_{\text{з}}$  мережах, трансформаторних підстанцій  $\Delta E_{\text{т}}$

$$\Delta E_{\text{м}} = \Delta E_{\text{ц}} + \Delta E_{\text{з}} + \Delta E_{\text{т}} \quad (3.8)$$

Для визначення втрат, кВт·год, можна застосовувати такий вираз:

$$\Delta E_{\text{м}} = 3 \cdot I_{\text{max}}^2 \cdot R \cdot \tau_n \cdot 10^{-3}, \quad (3.9)$$

де  $I_{\text{max}}$  – максимальний струм навантаження, А;

$R$  – активний опір лінії або кабелю, Ом;

$\tau_n$  – час роботи лінії за рік, годину.

Можна скористатися виразом:

$$\Delta E_c = \frac{P_{cp}^2 \cdot R}{U^2 \cdot \cos^2 \phi} \cdot K^2 \cdot \tau \cdot 10^{-3}, \quad (3.10)$$

де  $P_{cp} = \frac{W_a}{t}$  – середня фактична активна потужність лінії за відрізок часу

$t$ , кВт;

$R = \rho \frac{L}{q_n}$  – активний опір лінії або кабелю, Ом;

$\rho$  – питомий опір, (Ом·мм<sup>2</sup>)/м;

$L$  – довжина лінії, м;

$q_n$  – переріз лінії;

$U^2$  – напруга на початку лінії, кВ;

$\cos \phi$  – середньозважений коефіцієнт потужності за час  $\tau$ , що відповідає середньому навантаженню;

$K = 1,05 \div 1,1$  – коефіцієнт запасу;

$\tau$  – час роботи лінії під напругою за проміжок часу, год.

Один із можливих варіантів економії електроенергії – переведення мережі на більш високу напругу. Економія електроенергії в цьому випадку визначиться виразом, кВт·год:

$$\Delta E = 0,003 \cdot \rho \cdot L \cdot t \cdot \left( \frac{I_1^2}{q_1} - \frac{I_2^2}{q_2} \right), \quad (3.11)$$

де  $I_1$  і  $I_2$  – середнє значення струму із нижчою і вищою напругою, А;

$q_1$  і  $q_2$  – питомий опір матеріалу проводу за температури 20 °С (для алюмінію – 0,026 ÷ 0,029, для міді – 0,0175 ÷ 0,018, для сталі – 0,01 ÷ 0,14), (Ом·мм<sup>2</sup>)/м.

Під час заміни проводів на проводи іншого перерізу (реконструкція без заміни матеріалу) економію електроенергії, кВт·год, можна розрахувати як:

$$\Delta E = 0,003 \cdot I^2 \cdot \left( \frac{\rho_1 L_1}{q_1} - \frac{\rho_2 L_2}{q_2} \right) \cdot t. \quad (3.12)$$

Включення під навантаження резервних ліній знижує втрати в два рази, коли параметри основної та резервної лінії однакові.

Втрати електроенергії в мережах за рахунок низького коефіцієнта потужності від  $\cos \phi_1$  до  $\cos \phi_2$  визначаються виразом:

$$\Delta E = K_e \cdot A \cdot \left[ 1 - \left( \frac{\cos \phi_1}{\cos \phi_2} \right)^2 \right], \quad (3.13)$$

де  $A$  – споживання активної енергії за розрахунковий період кВт·год/рік;

$K_e$  – економічний еквівалент реактивної потужності, що визначає, скільки кіловат необхідно для вироблення та розподілу 1 кВар (його орієнтовно приймають: із живленням через три трансформатори – 0,12; із живленням через два трансформатори – 0,08; із живленням через один трансформатор – 0,05; із живленням генераторним навантаженням – 0,02);

$$\operatorname{tg} \phi = Q/P.$$

### 3.2.2 Втрати електроенергії в силових трансформаторах

Робота силових трансформаторів характеризується наявністю втрат, що збільшуються в періоди неробочого часу, в основному через зростання



втрат холостого ходу (активні втрати потужності трансформатора в сталі, кВт) і зниження навантаження відносно номінального за рахунок збільшення споживання реактивної енергії (активні втрати в міді обмотки трансформатора).

Для розрахунку втрат електроенергії в трансформаторах необхідні такі вихідні дані:

- номінальна потужність трансформатора,  $S_n$ , кВт;
- втрати холостого ходу (хх) за номінальної напруги,  $\Delta P_{xx}$ , кВт;
- втрати короткого замикання (кз) із номінальним навантаженням  $\Delta P_{кз}$ , кВт;
- кількість електроенергії ( $E_a$ , кВт·год;  $E_p$ , кВар·год), обчисленої за розрахунковий період за лічильниками, які встановлюють на стороні високої напруги знижувального трансформатора;
- повна кількість годин роботи трансформатора  $\tau_n$ , що беруть за: квітень, червень, вересень, листопад – 720 годин на місяць; лютий – 672 години на місяць (696 годин у високосний рік), в інші місяці – 744 години на місяць;
- кількість годин роботи трансформатора на номінальному навантаженні  $\tau_{роб}$ , яке беруть: в однозмінному режимі роботи – 200 годин, у двозмінному – 450 годин, у тризмінному – 700 годин на місяць.

На підставі цих даних визначають середньозважений коефіцієнт потужності та  $\cos \varphi$  (зі співвідношення  $\operatorname{tg} \varphi = E_p/E_a$ ).

У тих випадках, коли відсутні лічильники реактивної енергії замість  $\cos \varphi$  беруть фактичний коефіцієнт ступеня компенсації реактивної потужності, який використовують для розрахунків за компенсацію реактивної потужності:  $\operatorname{tg} \varphi = Q_M/P_M$ , який переводиться у вираз  $\cos \varphi_H \approx \cos \varphi_{cp}$

Коефіцієнт навантаження трансформатора:

$$K_n = \frac{E_a}{S_n \cdot \tau_n \cdot \cos \varphi_{\text{ср}}} \quad (3.14)$$

Витрати електроенергії в трансформаторах:

$$\Delta E = \Delta P_{\text{хх}} \cdot \tau_n + \Delta P_{\text{кз}} \cdot K_n^2 \cdot \tau_{\text{роб}} \quad (3.15)$$

Даний розрахунок стосується двообмоткових трансформаторів.

Для триобмоткових трансформаторів необхідно додатково мати ще такі паспортні дані:

– номінальну потужність обмоток високої, середньої і низької напруги:  $S_{\text{сн}} = S_{\text{н}}$ ;  $S_{\text{сн}}$ ;  $S_{\text{нн}}$  (визначаються у відсотках від номінальної потужності), кВа;

– втрати короткого замикання обмоток високої, середньої і низької напруги із повним навантаженням обмоток:  $\Delta P_{\text{вн}}$ ;  $\Delta P_{\text{сн}}$ ;  $\Delta P_{\text{нн}}$ , кВт.

Фактична кількість електроенергії, що пройшла через обмотки, дорівнюватиме, кВт·год:

$$E_{\text{вн}} = E_{\text{сн}} + E_{\text{нн}}$$

Коефіцієнт навантаження кожної обмотки трансформатора визначається з виразів:

$$K_{\text{вн}} = \frac{E_{\text{авн}}}{S_{\text{вн}} \cdot \tau_n \cdot \cos \varphi_{\text{срвн}}}, \quad K_{\text{сн}} = \frac{E_{\text{асн}}}{S_{\text{сн}} \cdot \tau_n \cdot \cos \varphi_{\text{срсн}}}, \quad K_{\text{нн}} = \frac{E_{\text{анн}}}{S_{\text{нн}} \cdot \tau_n \cdot \cos \varphi_{\text{срнн}}} n,$$

а витрати електроенергії з виразу:

$$\Delta E = \Delta P_{xx} \cdot \tau_{\Pi} \cdot \left( \Delta P_{BH}^{K3} \cdot K_{BH}^2 + \Delta P_{CH}^{K3} \cdot K_{CH}^2 + \Delta P_{HH}^{K3} \cdot K_{HH}^2 \right) \cdot \tau_{роб}. \quad (3.16)$$

**Економічний режим роботи трансформатора.** Економічний режим роботи трансформаторів передбачає також оцінку кількості трансформаторів, котрі працюють одночасно і які забезпечують мінімум втрат електроенергії в них.

У тому випадку, коли підстанції обладнані однотипними трансформаторами однакової потужності, кількість одночасно включених трансформаторів обумовлюється такими чинниками:

– зі збільшенням навантаження підключення  $(n + 1)$ -го трансформатора економічно доцільне, щоб коефіцієнт навантаження робочих трансформаторів досягав значення

$$K_H \geq \sqrt{\frac{n+1}{n}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{xx} + K_e \cdot \Delta Q_{xx}}{\Delta P_{K3} + K_e \cdot \Delta P_{K3}}}; \quad (3.17)$$

– зі зниженням навантаження економічно доцільно відключати один із трансформаторів, коли коефіцієнт навантаження досягає значення:

$$K_H \leq \sqrt{\frac{n+1}{n}} \cdot \sqrt{\frac{\Delta P_{xx} + K_e \cdot \Delta Q_{xx}}{\Delta P_{K3} + K_e \cdot \Delta P_{K3}}}, \quad (3.18)$$

де  $n$  – кількість одночасно включених трансформаторів;

$\Delta P_{xx}$  – втрати холостого ходу трансформатора за паспортом, кВт;

$\Delta P_{K3}$  – втрати короткого замикання трансформатора за паспортом, кВт;

$\Delta Q_{x.x} = S_n I_{xx}/100$  – реактивні втрати холостого ходу трансформатора, кВар;

$\Delta Q_{к.з} = S_n \cdot U_{кз}/100$  – реактивні втрати короткого замикання, кВар;

$S_n$  – номінальна потужність трансформатора, кВА;

$I_{xx}$  – струм холостого ходу трансформатора (за паспортом), %;

$U_{к.з}$  – напруга короткого замикання трансформатора (за паспортом), %;

$K_e$  – коефіцієнт втрат, кВт/кВар.

За наявності на підстанції двох та більше трансформаторів різної потужності доцільно мати криві залежності втрат від навантаження. Наведені втрати потужності для побудови цих кривих визначаються виразом

$$\sum \Delta P = n (\Delta P_{xx} + K_e \Delta Q_{xx}) + (\Delta P_{кз} + K_e \Delta Q_{кз}) K_e^2 / n. \quad (3.19)$$

Таблиця 3.10 – Коефіцієнт зміни втрат у трансформаторах [1]

Характеристика трансформатора та системи електропостачання	Коефіцієнт зміни витрат $K_e$ , кВт/кВар	
	$K_e$ в години максимуму енергосистеми	$K_e$ в години мінімуму енергосистеми
Трансформатори, які живляться безпосередньо від шин електростанцій	0,02	0,02
Мережні трансформатори, які живляться від електростанцій на генераторній напрузі	0,07	0,04
Знижувальні трансформатори 110/35/10 кВ, які живляться від районних мереж	0,1	0,06
Знижувальні трансформатори 10–6/0,4 кВ, що живляться від районних мереж 0,15	0,15	0,1

За побудованими кривими залежно від навантаження підстанції визначають режим роботи трансформаторів, а також необхідність підключення додаткового чи відключення одного з наявних.

### 3.2.3 Втрати електроенергії в електродвигунах

Втрати в електродвигунах складаються з:

- втрат у сталі, що залежать від напруги і є постійними для будь-якого конкретного електродвигуна незалежно від його завантаження;
- втрат у міді, пропорційних опору і квадрату струму навантаження;
- втрат на тертя й охолодження, що не залежать від навантаження;
- додаткових втрат, що залежать від навантаження.

Величина навантаження на робочу машину впливає на її ККД і на всі елементи приводу. На рисунку 3.1 показано графік зміни ККД робочої машини, електродвигуна і сумарного ККД системи [1].

Як видно з графіка, зниження коефіцієнта навантаження на робочій машині призводить до зниження її ККД і є причиною перевитрати електроенергії.

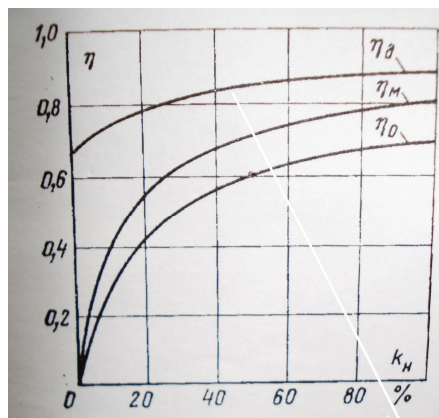


Рисунок 3.1. Залежність ККД робочої машини  $\eta_m$ , електродвигуна  $\eta_d$  та всього агрегату  $\eta_o$  від коефіцієнта навантаження  $K_n$

**Заміна незавантажених електродвигунів.** Якщо під час аналізу ефективності використання середнє навантаження електродвигунів становить менше 45 % від номінальної потужності, то вони потребують заміни на електродвигуни меншої потужності. В інтервалі між 45 % і 70 %

для підтвердження доцільності заміни електродвигуна необхідно зробити відповідний розрахунок. Якщо навантаження на електродвигун – 70 % і більше, замінювати його недоцільно.

Сумарні втрати активної потужності можна визначити за допомогою виразу, кВт:

$$\Delta P_{\text{сум}} = [Q_{\text{xx}} (1 - k_n^2) + k_n^2 Q_n] k_e + \Delta P_{\text{xx}} + k_n^2 \Delta P_{\text{ан}}, \quad (3.20)$$

де  $Q_{\text{xx}} = \sqrt{3} U_{\text{н}} I_{\text{xx}}$  – реактивна потужність, споживана з мережі під час холостому ходу, кВар;

$U_{\text{н}}$  – номінальна напруга, В;

$I_{\text{х.х}}$  – струм холостого ходу електродвигуна, А;

$k_n = P/P_{\text{н}}$  – коефіцієнт навантаження електродвигуна;

$P$  і  $P_{\text{н}}$  – середнє навантаження і номінальна потужність електродвигуна, кВт;

$Q_n = P_{\text{н}} \tan \varphi_{\text{н}} / \eta_{\text{д}}$  – реактивна потужність електродвигуна із номінальним навантаженням, кВар;

$\eta_{\text{д}}$  – ККД двигуна під час повного навантаження;

$\tan \varphi_{\text{н}}$  – похідна від номінального коефіцієнта потужності електродвигуна;

$k_e$  – коефіцієнт підвищення витрат (можна брати за таблицею 3.10);

$\Delta P_{\text{xx}}$  – втрати активної потужності під час холостому ходу електродвигуна, кВт;

$\Delta P_{\text{ан}}$  – приріст втрат активної потужності в електродвигуні із навантаженням 100 %, кВт, і (або) аналогічно із фактичним навантаженням визначається виразом:

$$\Delta P_{\text{ан}} = P_{\text{н}} \left( \frac{1 - \eta_{\text{д}}}{\eta_{\text{д}}} \right) \left( \frac{1}{1 + \gamma} \right), \quad (3.21)$$

де

$$\gamma = \frac{\Delta P_{xx}}{(1 - \eta_d) - \Delta P_{xx}}. \quad (3.22)$$

Значення  $\eta$  підставляють у вираз (3.22) для варіантів 100 % і фактичного навантаження відповідно.

Під час ухвалення рішення про заміну (установку електродвигуна меншої потужності) необхідно ретельно проаналізувати ситуації, пов'язані з вірогідним збільшенням навантаження надалі.

**Обмеження холостого ходу робочих машин.** Холостий хід устаткування з приводом від електродвигуна є також джерелом втрат електроенергії. З метою зниження втрат за умови, що холостий хід становить 10 с і більше, встановлення автоматичних регуляторів холостого ходу завжди веде до економії електроенергії.

На рисунку 3.2 наведено діаграму, за допомогою якої можна оцінити економію електроенергії, тобто визначити економічну доцільність даного заходу [1].

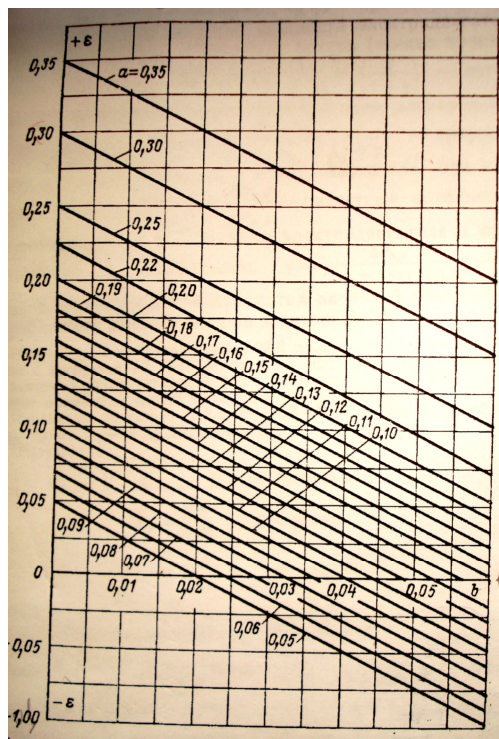


Рисунок 3.2. Діаграма визначення ефективності застосування обмеження холостого ходу

**Приклад.** Електродвигун потужністю 125 кВт працює з навантаженням 70 кВт; його характеристики:  $P_H = 125$  кВт,  $U_H = 380$  В,  $\eta_H = 0,92$ ,  $\cos \varphi_H = 0,92$ ,  $I_{xx} = 71$  А,  $\Delta P_{xx} = 4,4$  кВт.

Перевірити доцільність заміни даного електродвигуна на двигун меншої потужності  $P_H = 75$  кВт.

Приймаємо, що коефіцієнт підвищення втрат  $k_e = 0,1$  (за табл. 3.1); його характеристики:  $P_H = 75$  кВт,  $U_H = 380$  В,  $\eta_H = 0,91$ ,  $\cos \varphi_H = 0,92$ ,  $I_{xx} = 42,6$  А,  $\Delta P_{xx} = 3,2$  кВт.

Визначимо втрати в базовому варіанті:

$$Q_{xx} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 71 \cdot 10^{-3} = 46,6 \text{ кВар};$$

$$Q_n = (125 \cdot 0,426) : 0,92 = 58 \text{ кВар};$$

$$K_H = 70/125 = 0,7;$$

$$\gamma = 4,4/(100 - 92) - 4,4 = 1,22;$$

$$\Delta P_{a.H} = 125 \cdot (1 - 0,92)/0,92 (1 + 1,22) = 4,9 \text{ кВт};$$



$$\Delta P'_{\text{сум}} = [46,6 (1 - 0,7^2) + 0,7^2 \cdot 58] \cdot 0,1 + 4,4 + 0,7^2 \cdot 4,9 = 11,99 \text{ кВт.}$$

Для електродвигуна, що планується на заміну:

$$Q_{\text{xx}} = \sqrt{3} \cdot 380 \cdot 42,6 = 27,9 \text{ кВар};$$

$$Q_n = (125 \cdot 0,426) : 0,91 = 35 \text{ кВар};$$

$$K_n = 70/75 = 0,93;$$

$$\gamma = 3,2/(100 - 91) - 3,2 = 0,57;$$

$$P_{\text{а.н}} = 75 \cdot (1 - 0,91)/0,91(1 + 0,57) = 4,36 \text{ кВт};$$

$$\Delta P''_{\text{сум}} = [27,9 (1 - 0,93^2) + 0,93^2 \cdot 35] \cdot 0,1 + 3,2 + 0,93^2 \cdot 4,36 = 10,4 \text{ кВт};$$

$$\Delta P = \Delta P'_{\text{сум}} - \Delta P''_{\text{сум}} = 11,99 - 10,4 = 1,59 \text{ кВт.}$$

Унаслідок заміни електродвигуна отримаємо зниження втрат активної потужності в електродвигуні і мережах 1,59 кВт.

### 3.2.4 Витрати електроенергії в електрозварювальних апаратах

Витрати електроенергії на зварювання знаходять за формулою, кВт·год:

$$E_{\text{св}} = \frac{U \cdot J \cdot T}{\eta \cdot 1000} + P_{\text{xx}} (\tau - T), \quad (3.23)$$

де  $U$  – напруга зварювальної дуги, яку беруть на підставі технологічного режиму, В;

$J$  – сила струму (обчислюється за результатами вимірювань або за технологічним режимом), А;

$T$  – час горіння дуги, год;

$\eta$  – ККД трансформатора (за паспортними даними);

$P_{\text{xx}}$  – потужність холостого ходу джерела енергії дуги (обчислюється дослідним шляхом. Під час зварювання змінним струмом витрата

електроенергії на холостому ході незначна і її можна не враховувати), кВт;

$\tau$  – повний час роботи джерела дуги (обчислюється із розрахунків), год.

Час горіння дуги для наплавки 1 кг металу, год, обчислюють за формулою:

$$T = \frac{1000}{j \cdot k_n}, \quad (3.24)$$

де  $k_n$  – коефіцієнт наплавки, тобто кількість металу в грамах, наплавленого за 1 годину горіння дуги, коли  $J = 1$  А (під час електрозварювання змінним струмом електродами з товстим покриттям  $k_n = 6\text{--}18$  г/(А·год), під час автоматичного електрозварювання під флюсом  $k_n = 11\text{--}24$  г/(А·год)).

Витрати електроенергії під час ручного дугового електрозварювання, кВт·год, розраховують на 1 кг наплавленого металу за формулою:

$$E_p = \frac{U \cdot C_x}{\eta \cdot k_n}, \quad (3.25)$$

де  $C_x$  – коефіцієнт, який враховує втрати холостого ходу джерела напруги (зі змінним струмом та з підключенням апарата через зварювальний трансформатор та відключенням його на холостому ході коефіцієнт  $C_x$  можна прийняти таким, що дорівнює 1; у разі роботи з постійним струмом  $C_x = 1,17$ ).

Вагу наплавленого металу, кг, вираховують за формулою:

$$P_n = F \cdot L \cdot \gamma, \quad (3.26)$$

де  $F$  – площа перерізу шва,  $\text{см}^2$ ;

$L$  – довжина шва,  $\text{см}$ ;

$\gamma$  – питома вага наплавленого металу (для маловуглецевих сталей  $\gamma = 7,8 \text{ г/см}^3$ ).

Таблиця 3.11 – Питома витрата електроенергії під час ручного дугового електрозварювання, автоматичного та напівавтоматичного, електрошлакового зварювання

Вид струму та засіб зварювання	Питомі витрати електроенергії, кВт·год/кг
Змінний струм	
Ручне дугове зварювання:	
однофазна схема	3,5 – 3,8
трифазна схема	2,65 – 3,0
Автоматичне та напівавтоматичне зварювання під флюсом	2,8–3,5
Електрошлакове зварювання	1,8–2,4
Постійний струм	
Ручне дугове зварювання:	
однопостове	5,0–6,5
багатопостове	8,0–9,0
Автоматичне та напівавтоматичне зварювання під флюсом	4,2–6,0
Автоматичне та напівавтоматичне зварювання у вуглекислому газі	2,2–3,2

Витрати електроенергії на точкове зварювання визраховують на зварювання для однієї точки за формулою, кВт·год:

$$E_m = \frac{U_m \cdot J_m \cdot \cos \varphi \cdot \eta \cdot T_{\text{св}}}{1000 \cdot 3600}, \quad (3.27)$$

де  $U_m$  – напруга холостого ходу за ступенями у вторинному контурі зварювальної машини, В (для укрупнених розрахунків можна приймати:

під час зварювання чорних металів  $U_m = 3$  В; під час зварювання кольорових металів  $U_m = 10$  В);

$J_m$  – зварювальний струм, А (обчислюють із карт технологічного процесу);

$\cos \varphi$  – коефіцієнт потужності машини (можна прийняти 0,6 для стаціонарних машин та 0,3 для переносних);

$\eta$  – ККД зварювального трансформатора (приймають за паспортними даними);

$T_{зв}$  – час зварювання однієї точки, сек (вираховують із карт технологічного процесу).

Нижче наведені питомі витрати електроенергії під час різних видів зварювання.

Таблиця 3.12 – Питома витрата електроенергії під час стикового зварювання оплавленням

Площа поперечного перерізу в місці зварювання, мм <sup>2</sup>	Витрата електроенергії на зварювання одного стику, кВт·год
100	0,024
200	0,06
300	0,06
500	0,125
1 000	0,4
1 500	0,825
2 000	1,275
2 500	1,725

Таблиця 3.13 – Питома витрата електроенергії під час точкового зварювання на автоматичних машинах

Сумарна товщина листів, які зварюють, мм	Витрата енергії на 100 точок, кВт·год
2	0,04
4	0,08
6	0,13
8	0,23
10	0,38
12	0,62

Таблиця 3.14 – Питома витрата електроенергії під час роликовому електрозварювання деканірованої сталі

Сумарна товщина листів, які зварюються, мм	Витрата електроенергії на 1 м шву, кВт·год
0,5	0,04–0,08
1	0,08–0,14
1,5	0,1–0,2
2	0,12–0,24
3	0,25–0,5
4	0,5–1,0

### 3.2.5 Витрати електроенергії під час деревообробки

Питому витрату електроенергії, кВт·год/продукція, рамними пилами визначають за виразом:

$$E_{p.п} = \frac{k_{p.п} \cdot b \cdot \sum l \cdot n \cdot T}{102 \cdot 60 \cdot 1000 \cdot \eta_{пер} \cdot П}, \quad (3.28)$$

де  $k_{p.п}$  – питомий опір різанню рамними пилами залежно від швидкості подачі на зуб, кг/мм<sup>2</sup> (для хвойних порід);

$b$  – ширина пропилу, мм;

$\sum l$  – сумарна висота пропилю всього поставу, мм;  
 $n$  – кількість обертів валу лісопильної рами, об/хв;  
 $T$  – час роботи пилорами за нормований період, годин;  
 $\eta_{\text{пер}}$  – ККД передачі;  
 $\Pi$  – обсяг випуску продукції за нормований період.

Таблиця 3.15 – Залежність питомого опору від швидкості різання

Показники	Значення							
Швидкість різання $v$ , мм/с	1,6	1,4	1,2	1,0	0,8	0,6	0,4	0,2
Питомий опір різанню, $k_{\text{р.п}}$ , кг/мм <sup>2</sup>	6,1	6,2	6,4	6,6	6,9	7,3	8,0	9,1

Питому витрату електроенергії електрорубанком визначають, кВт·год/продукція:

$$E_{\text{е.р}} = \frac{k_{\text{р.е}} \cdot b \cdot H \cdot v \cdot T}{102 \cdot 60 \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \Pi}, \quad (3.29)$$

де  $k_{\text{е.р}}$  – питомий опір різанню під час стругання, кг/мм<sup>2</sup> (рекомендовано

$k_{\text{е.р}} = 3 \text{ кг/мм}^2$ );

$b$  – ширина стругання рубанка, мм;

$H$  – глибина стругання, мм;

$v$  – швидкість подачі, м/хв;

$T$  – час роботи рубанка за нормований період, годин;

$\eta_{\text{пер}}$  – ККД передачі;

$\Pi$  – випуск продукції за нормований період.

Питому витрату електроенергії фрезерувальним верстатом визначають, кВт·год/продукція:

$$E_{\phi} = \frac{k_{p.\phi} \cdot b \cdot l_1 \cdot v \cdot T}{102 \cdot \eta_{\text{пер}} \cdot \Pi}, \quad (3.29)$$

де  $k_{p.\phi}$  – питомий опір різанню під час фрезерування, кг/мм<sup>2</sup>;

$k_{p.\phi} = 1,5\text{--}2$  кг/мм<sup>2</sup>;

$b$  – ширина фрезерування, мм;

$l_1$  – товщина шару кори та деревини, мм;

$v$  – швидкість подачі, мм/с;

$T$  – час роботи станка за нормований період, год;

$\eta_{\text{пер}}$  – ККД передачі;

$\Pi$  – випуск продукції за нормований період.

### Тема 3.3 Економічна оцінки заходів з енергозбереження

#### 3.3.1 Методика оцінки економічної ефективності заходів з енергозбереження

Основою для оцінки ефективності організаційно-технічних заходів з енергозбереження є такі показники фінансової діяльності підприємства протягом одного розрахункового періоду:

а) для рентабельних підприємств – ріст прибутку, що залишається в розпорядженні підприємства:

$$\Delta\Pi = \Pi_{2i} - \Pi_{1i} \quad (3.31)$$

де  $\Pi_{1i}, \Pi_{2i}$  – прибуток, що залишається в розпорядженні підприємства протягом  $i$ -го розрахункового періоду до і після реалізації організаційно-технічних заходів відповідно.

б) для тимчасово збиткових підприємств – зменшення збитковості підприємства:

$$\Delta Z_i = Z_{1i} - Z_{2i} \quad (3.32)$$

де  $Z_{1i}, Z_{2i}$  – збитки підприємства протягом  $i$ -го розрахункового періоду до і після реалізації організаційно-технічних заходів відповідно.

Зміну показника прибутку, що залишається в розпорядженні підприємства в  $i$ -му розрахунковому періоді внаслідок реалізації організаційно-технічних заходів щодо енергозбереження, визначають із виразу, що враховує зміну витрати за окремими статтями:



$$\Delta\Pi_i = \sum_{j=1}^{N_{II}} \Delta B_{n.li} + \Delta B_{km.i} + \Delta B_{e.i} + \Delta B_{c.z.i} + \Delta B_{об.i} + e \cdot K_e, \quad (3.33)$$

де  $N_n$  – кількість видів палива, що використовується на підприємстві;

$\Delta B_{n.li}$  – зміна вартості одного виду палива, що спожите за  $i$ -й розрахунковий період внаслідок реалізації організаційно-технічних заходів з енергозбереження;

$\Delta B_{km.i}$  – зміна вартості купівельної теплоенергії за  $i$ -й розрахунковий період внаслідок реалізації організаційно-технічних заходів;

$\Delta B_{e.i}$  – зміна вартості електроенергії, спожитої за  $i$ -й розрахунковий період;

$\Delta\Pi_{c.z.i}$  – зміна суми платежів за забруднення довкілля за  $i$ -й розрахунковий період, зумовлена проведенням організаційно-технічних заходів;

$\Delta B_{об.i}$  – зміна експлуатаційних витрат на обслуговування технологічного устаткування за  $i$ -й розрахунковий період, зумовлена реалізацією організаційно-технічних заходів;

$e$  – внутрішня норма ефективності;

$K_e$  – капітальні затрати, пов'язані з реалізацією організаційно-технічних заходів.

Оцінку ефективності організаційно-технічних заходів із технологічного енергозбереження за розрахунковий період експлуатації енергозберігального устаткування проводять із урахуванням інтегрального дисконтування зміни прибутку та норми внутрішньої ефективності або максимального розміру банківської облікової (дисконтної) ставки, за якої кредит на реалізацію організаційно-технічних заходів може бути погашений протягом терміну реалізації заходів.

Норму внутрішньої ефективності розраховують із врахуванням виторгу після реалізації всіх видів продукції, товарів і послуг, а також

поточних і одноразових затрат, які пов'язані з виробництвом у розрахунковий період.

### 3.3.2 Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження

Для оцінки інвестицій використовують такі методи:

- визначення чистої поточної вартості;
- розрахунку рентабельності інвестиції;
- розрахунку внутрішньої норми прибутку.

*Метод визначення чистої поточної вартості* (ЧПВ) ґрунтується на визначенні чистої поточної вартості, на яку цінність фірми може збільшитися внаслідок реалізації інвестиційного проекту. Він ґрунтується на двох передумовах:

- будь-яка фірма прагне до максимізації своєї цінності;
- затрати в різний час мають неоднакову вартість.

*Чиста поточна вартість* ЧПВ – це різниця між сумою грошових надходжень (грошових потоків), отриманих унаслідок реалізації інвестиційного проекту, і дисконтованих до їх поточної вартості, та сумою дисконтованих поточних вартостей всіх затрат (грошових потоків), які необхідні для реалізації цього проекту.

Для того, щоб записати це визначення у вигляді формули, необхідно домовитися, що  $k$  – бажана норма прибутковості (рентабельності), тобто такий рівень прибутковості інвестованих коштів, який можна забезпечити під час їхнього розташування в загальнодоступних фінансових структурах (банках, фінансових компаніях тощо), а не під час їхнього використання для даного інвестиційного проекту.

Іншими словами,  $k$  – це ціна вибору (альтернативна вартість) комерційної стратегії, що допускає вкладення в інвестиційний проект коштів.

Тоді формула розрахунку чистої поточної вартості буде мати такий вигляд:

$$\text{ЧПВ} = \sum_{i=1}^n \frac{ПК_i}{(1+k)^i} - П_0 ВК, \quad (3.34)$$

де  $ПК_i$  – надходження коштів (грошовий потік) в кінці періоду  $i$ ;  
 $П_0 ВК$  – початкове вкладення коштів.

Якщо чиста поточна вартість проекту ЧПВ позитивна, то це означає, що внаслідок реалізації цього проекту цінність фірми зросте і отже, інвестування піде їй на користь, тобто проект можна вважати прийнятним.

Однак інвестор може потрапити в ситуацію, коли проект допускає не «разові затрати – тривалу віддачу», а «тривалі витрати – тривалу віддачу», тобто звичайну ситуацію, коли інвестиції здійснюються не в один момент, а частинами – протягом декількох місяців або навіть років. Тоді чисту поточну вартість визначають за формулою:

$$\text{ЧПВ} = \sum_{i=1}^n \frac{ПК_i}{(1+k)^i} - \sum_{i=1}^n \frac{ІВ_i}{(1+k)^i}, \quad (3.35)$$

де  $ІВ_i$  – інвестиційні витрати в період  $i$ .

Особливою ситуацією є розрахунок ЧПВ у випадку вкладення коштів у проект, тривалість якого, очевидно, не обмежена. Характерними прикладами інвестицій можуть бути затрати для проникнення на новий для фірми ринок (реклама, створення мережі дилерів тощо) або втрати пов'язані з придбанням контрольного пакета акцій іншої компанії з метою залучення її до холдингу. У таких випадках для визначення ЧПВ можна використати таку формулу:

$$\text{ЧПВ} = \sum_{i=1}^n \frac{ПК_1}{k \pm g} - П_0 ВК, \quad (3.36)$$

де  $ПК_1$  – надходження грошових коштів наприкінці першого року після здійснення інвестицій;

$g$  – постійний темп, у якому, як очікується, в подальшому буде відбуватися щорічний ріст грошових надходжень.

Метод ЧПВ можна використовувати в різних комбінаціях початкових умов, причому можна знайти економічно раціональне рішення. Однак цей метод дає відповідь тільки на питання, чи сприяє варіант інвестування, який аналізують, зростанню цінності фірми чи багатства інвестора взагалі, але ніяк не свідчить про відносну міру такого зростання.

Ця міра завжди має велике значення для будь-якого інвестора. У зв'язку з цим використовують другий показник – метод розрахунку рентабельності інвестиції.

Метод розрахунку рентабельності інвестиції. Рентабельність інвестицій  $PI$  – це показник, який дозволяє визначити, в якій мірі зростає цінність фірми (багатство інвестора) в розрахунку на 1 грн інвестицій. Цей показник визначають за формулою:

$$PI = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{PK_i}{(1+k)^i}}{PI}, \quad (3.37)$$

де  $PI$  – початкові інвестиції;

$PK_i$  – грошові надходження першого року, що будуть отримані завдяки цим інвестиціям.

Якщо під час визначення чистої поточної вартості ЧПВ наявні «тривалі затрати – тривала віддача», то формула матиме вигляд:

$$PI_i = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{PK_i}{(1+k)^i}}{\sum_{i=1}^n \frac{IB_i}{(1+k)^i}} \quad (3.38)$$

де  $PI_i$  – інвестиції  $i$ -го року.

У цьому випадку показник рентабельності інвестицій називають коефіцієнтом «прибуток-затрати».

Очевидно, якщо чиста поточна вартість додатня, то й показник рентабельності  $PI_i$  буде більший від одиниці і, відповідно, навпаки. Таким чином, якщо розрахунок показав, що  $PI_i > 1$ , то інвестиція прийнятна. Необхідно зазначити, що  $PI_i$  як показник абсолютної прийнятності інвестицій дає можливість дослідити інвестиційний проект ще в двох аспектах.

По-перше, з його допомогою можна визначити таку величину як «міра стабільності» проекту. Припустимо, що згідно з розрахунком  $PI_i = 2$ , то в цьому випадку розглянутий проект перестане приваблювати інвестора лише в тому разі, якщо його вигоди (майбутні грошові надходження) зменшаться більш ніж у 2 рази. Це й буде «запасом міцності» проекту, що підтверджує правильність висновків аналітиків, навіть тоді, коли вони оцінюють проект із повним оптимізмом.

По-друге,  $PI_i$  дає аналітикам надійний інструмент для ранжирування інвестицій за їхньою привабливістю, і цей аспект є дуже важливим.

Метод розрахунку внутрішньої норми прибутку. Внутрішня норма прибутку або внутрішній коефіцієнт окупності інвестицій (ВКОІ) – це рівень окупності коштів і за своєю природою близький до різного роду процентних ставок, які застосовують у різних аспектах фінансового менеджменту.

Найближчими до внутрішньої норми прибутку можна вважати:

- дійсну (реальну) річну ставку прибутковості, яку пропонують банки за своїми заощадженими рахунками;
- справжню (реальну) ставку відсотка за позикою за рік, яка розрахована за схемою складних відсотків через неодноразове погашення заборгованості протягом року (наприклад, щоквартально).

Якщо повернутися до рівнянь (3.34) і (3.35), то ВКОІ – це таке значення  $k$ , при якому ЧПВ буде дорівнювати нулю.

Для стандартних інвестицій справедливим є твердження, що чим вищий коефіцієнт дисконтування, тим менша ЧПВ (рис. 3.3). Як видно з рисунка, це є та величина коефіцієнта дисконтування  $k$ , при якій крива зміни ЧПВ пересікає горизонтальну вісь, тобто ЧПВ дорівнює нулю.

Визначити величину внутрішнього коефіцієнта окупності можна двома шляхами. Можна розрахувати його за допомогою рівнянь розрахунку дисконтувальної вартості або знайти в таблицях коефіцієнтів наведення.

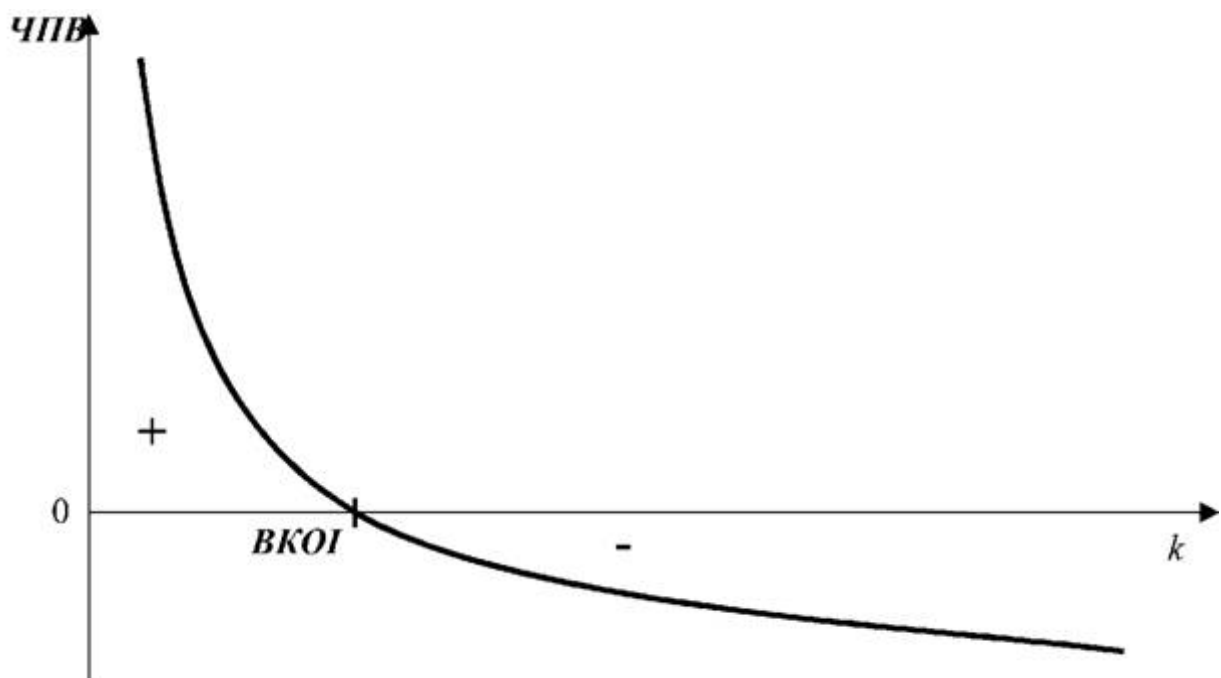


Рисунок 3.3 – Залежність значення ЧПВ від рівня коефіцієнта дисконтування  $k$

Як критерій оцінки інвестицій внутрішня норма прибутку використовується аналогічно до показників чистої поточної вартості та рентабельності інвестицій, а саме: встановлює економічну границю прийнятності розглянутих інвестиційних проектів. Це можна виразити рівнянням:

$$\sum_{i=0}^n \frac{PK_i}{(1+k)^i} - P_0 K = 0, \quad (3.39)$$

яке розв'язують відносно  $k$  (приблизно), користуючись при цьому методом відбору значень із таблиці, домагаючись прийнятного рівня похибки (тобто величини відхилення від нуля).

Формально внутрішній коефіцієнт окупності інвестицій визначається як коефіцієнт дисконтування, за якого ЧПВ дорівнює нулю, тобто інвестиційний проект не забезпечує зростання цінності фірми, але й не веде до її знецінення.

У вітчизняній літературі внутрішню норму прибутку інколи називають перевірним дисконтом, оскільки вона дозволяє визначити граничне значення коефіцієнта дисконтування, що ділить інвестиції на прийнятні та не вигідні.

Із цією метою внутрішній коефіцієнт окупності інвестицій порівнюють із тим рівнем окупності вкладів, який фірма (інвестор) вибирає для себе як стандартний, враховуючи, за якою ціною вона сама отримала капітал для інвестицій, і який «чистий» рівень прибутковості хотіла б мати під час його використання.

Цей стандартний рівень бажаної рентабельності вкладів часто називають бар'єрним коефіцієнтом (БК).

Принцип порівняння цих показників такий:

- якщо  $БКОІ > БК$  – проект вигідний;
- - якщо  $БКОІ < БК$  – проект не вигідний;
- - якщо  $БКОІ = БК$  – можна приймати будь-яке рішення.

Іншими словами, якщо інвестиційний проект зводиться «до нуля» навіть із внутрішнім коефіцієнтом окупності інвестицій більшим, ніж рівень окупності вкладів (бар'єрний коефіцієнт), який фірма вибрала для себе нормальний, то з бар'єрним коефіцієнтом окупності чиста поточна

вартість ЧПВ обов'язково буде позитивною, а рентабельність інвестицій – більше одиниці.

Якщо рентабельність інвестицій  $PI$  буде меншою бажаного рівня окупності, то чиста поточна вартість при бар'єрному коефіцієнті буде від'ємною, а рентабельність інвестицій  $PI$  – менше одиниці.

Таким чином, внутрішній коефіцієнт окупності інвестицій є ситом, через яке відсіюються невігідні проекти. Крім того, цей показник може бути підставою для ранжування проектів за ступенем вигідності.

Правда, це можна робити тільки в тому випадку, коли тотожні основні вихідні параметри проектів, які порівнюються:

- однакові суми інвестицій;
- однакова тривалість;
- однаковий рівень ризику;
- подібна схема формування грошових надходжень.

І нарешті, цей показник є індикатором рівня ризику проекту: чим більше внутрішній коефіцієнт окупності інвестицій перевищує прийнятий фірмою бар'єрний коефіцієнт (стандартний рівень окупності), тим більшим є запас міцності проекту, і тим меншою є небезпека можливих помилок під час оцінювання майбутніх грошових надходжень.

Таким чином, розрахунок привабливості на основі чистої вартості більш вірогідний. Водночас не потрібно його абсолютизувати, оскільки в житті часто можна досить точно визначити можливі рівні прибутковості під час реінвестування, і тоді проблема втрачає свою гостроту, хоча й не зникає повністю.



### Контрольні питання до модуля 3

1. Що таке освітленість?
2. Назвіть типи ламп та їх характеристики.
3. Для чого потрібна пускорегулююча апаратура?
4. Від чого залежать нормативні рівні освітленості?
5. Які лампи найбільш ефективні? Назвіть критерії їх вибору.
6. Як визначити витрати електроенергії в системах освітлення?
7. Які основні причини перевитрати електроенергії при організації освітлення об'єктів?
8. Забрудненість світильників і її вплив на енергоефективність
9. Від чого залежать втрати енергії в системах електропостачання?
10. Як визначити втрати електроенергії в електричних мережах?
11. Як здійснюється розрахунок втрат електроенергії і вибір економічного режиму роботи силового трансформатора?
12. Дайте визначення втрат в електродвигунах і вибір їх потужності залежно від навантаження.
13. Від чого залежать витрати електроенергії при зварюванні.
14. Від яких факторів залежать витрати електроенергії при обробці деревини.

## Список джерел

1. Маляренко В. А. Энергосбережение и энергетический аудит : учеб. пособие / В. А. Маляренко, И. А. Немировский ; под ред. В. А. Маляренко. – Харків : ХНАГХ, 2008. – 253 с.
2. Маляренко В. А. Енергозбереження та енергетичний аудит : навч. посібник/ В. А. Маляренко, І. А. Неміровський. – Харків : НТУ «ХПІ», 2010. – 341 с.
3. Енергетична стратегія України на період до 2030 р. та дальшу перспективу (основні положення) / Міністерство палива та енергетики України, Національна академія наук України. – Київ, 2005.
4. Энергетический менеджмент / А. В. Праховник, А. И. Соловей, В. В. Прокопенко и др. – Киев : ИЭЭ НТУ «КПИ», 2001. – 472 с.
5. Наказ Держкоменергозбереження № 27 від 1999 р.
6. Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств : ДСТУ 4713-2007. – Чинний від 2007-07-01. – Київ, 2007.
7. Промышленность Украины : путь к энергетической эффективности. – Kiev : EC-Energy Centre ; Denmark : DanPost Grafic, 1995
8. Про енергозбереження : Закон України від 01.07.1999р. №74/94-ВР. – Електронні текстові дані. – Режим доступу : <http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/74/94-вр>, вільний. – Закон України «Про енергозбереження – Законодавство України».
9. Усиление действий по подготовке энергоменеджеров в Украине : Материалы проекта по программе TACIS № EUC 9701. – Киев : ИЭЭ НТУУ «КПИ», 1999.
10. Методы исследований и организация экспериментов ; под ред. К. П. Власова. – Харьков : Гуманитарный Центр, 2002. – 256 с.
11. Паливно-енергетичний комплекс України на порозі третього тисячоліття ; за ред. А. К. Шидловського, М. К. Ковалка. – Київ : УЄЗ, 2001. – 400 с.
12. Інформаційно-аналітичне дослідження стану паливно-енергетичного комплексу України // Науково-технічна спілка енергетиків та електриків України. –2006. – № 288.

13. Справочная книга по светотехнике ; под ред. Ю.Б. Айзенберга. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 628 с.
14. Энергосбережение в зданиях. Нормы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению. НГСН 2.01–99. – М., 1999.

## ДОДАТОК А

### І Орієнтовна ефективність заходів з енергозбереження

Таблиця А.1 – Орієнтовна ефективність заходів щодо економії паливно-енергетичних ресурсів

Назва заходу	Розмір економії (–) або перевитрати (+) енергоресурсів, %
1	2
І Економія електричної енергії	
1 Заміна застарілого малопродуктивного енергоємного технологічного обладнання на прогресивне високоактивне обладнання провідних фірм	до 30,0
2 Компенсація реактивної, складової потужності в електромережах: упровадження компенсаційних пристроїв реактивної складової потужності; автоматичне компенсування реактивної потужності	0,05–0,06  0,1
3 Заходи з економії електроенергії в електроосвітлювальних установках: заміна ламп розжарювання на люмінесцентні, ртутні; автоматичне управління зовнішнім та внутрішнім освітленням	0,4–0,66 0,23–0,57 0,15
4 Впровадження низьковольтних перетинок між підстанціями, які обмежують струм холостого ходу трансформаторів	0,15
5 Впровадження обмежувачів холостого ходу зварювальних трансформаторів	0,052
6 Проведення заходів щодо відключення силових трансформаторів під час неробочих діб та змін	до 5,0
7 Проведення заходів з оптимізації режимів роботи трансформаторів	до 5,0
8 Впровадження заходів щодо заміни не завантажених асинхронних двигунів	до 10,0
9 Скорочення втрат стиснутого повітря: впровадження прямоточних клапанів у поршневих компресорах; заміна компресорів старих конструкцій на нові з більшим ККД; усунення нещільності у сальниках трубопроводів, з'єднувальній та запірній арматурі автоматизація компресорних станцій стиснутого повітря	0,13–0,15 0,25  0,037 0,1

Продовження таблиці А.1

1	2
10 Вентиляційні установки Автоматичне регулювання та управління вентустановками залежно від температури зовнішнього повітря Відключення вентустановок на час обідньої перерви та перезмінок Застосування багато швидкісних електродвигунів замість регулювання шиберами в напірній лінії Регулювання витяжної вентиляції шиберами на робочих місцях замість регулювання на нагнітанні Блокування вентиляторів теплових завіс із пристроями відкривання та закривання воріт	0,1–0,15 до 0,2 0,2–0,3 до 0,1 до 0,7
11 Удосконалення обліку затрат електроенергії Оснащення виробництв контрольно-вимірювальними приладами (технічний облік споживання електроенергії – за цехами, за спорудами)	0,15
12 Автоматизація систем контролю та управління за споживанням електроенергії з використанням комп'ютерної техніки	до 5,0
13 Впровадження регулювання електроприладів електродвигунів у насосному обладнанні, залежно від витрат води	до 3,0
II Економія теплової енергії	
1 Впровадження прогресивного високоефективного технологічного обладнання, що використовує підігріту воду в шкіряній, трикотажній, текстильній та інших галузях легкої промисловості замість застарілого малопродуктивного енергоємного обладнання	до 30,0
2 Реконструкція схем теплопостачання з обладнанням автономних котелень малої потужності, скороченням протяжних теплопроводів Використання вторинних енергоресурсів	до 15,0
3 Використання тепла зворотної технологічної води	до 10,0
4 Використання систем рециркуляції теплого повітря в системах вентиляції Впровадження конденсатовідвідників до установок, що використовують пару	до 5,0 0,6
5 Використання конденсату після технологічного процесу для потреб низькопотенційного споживання в опаленні, вентиляції, гарячому водопостачанні	0,6–0,08
6 Переведення систем опалення та вентиляції з пари на перегріту воду	0,02
7 Організація обліку та контролю використання теплової енергії	0,007–0,03
8 Автоматизація систем контролю та управління споживанням теплової енергії з використанням комп'ютерної техніки	до 5,0

## Продовження таблиці А.1

1	2
9 Скорочення використання теплової енергії у вихідні дні: зниження температури в приміщенні в неробочий час	до 0,2
10 Проведення теплоізоляційних робіт на трубопроводах, теплообмінних апаратах та арматурі	3–5
11 Проведення заходів із ліквідації неорганізованого припливу холодного повітря в опалювані приміщення через пошкоджені вікна, двері, фрамуги та інше	до 10,0
12 Проведення заходів з організації автоматичного контролю та регулювання подачі теплоносія в опалювальні системи споруди (явище перетоку)	3,0–8,0
13 Проведення заходів щодо ліквідації витікання теплоносія крізь нещільності в трубопроводах, арматурі, обладнанні тощо	1,0–3,0
14 Оптимізація схем міжцехових та внутрішньоцехових теплопроводів	1,0–3,5
15 Впровадження безканальної прокладки теплових мереж із використанням ізованих труб	до 7,0
16 Раціональна експлуатація сушильного устаткування	9,5
17 Проведення заходів щодо ревізії та ремонту запірної арматури	1,0–3,0
III Економія палива	
1 Збільшення коефіцієнта надлишку повітря в топці на 0,1	+0,7
2 Збільшення температури живильної води на вході в барабан котла на 10 °С	–2,0
3 Збільшення температури живильної води на вході у водяний економайзер на 10 °С	+0,23
4 Підігрів живильної води у водяному економайзері на 6 °С	–1,0
Зменшення температури відходних газів на 10 °С	–0,6
5 Установка водяного поверхневого економайзера	–4–7
6 Установка контактного водяного економайзера під час роботи на газі для підігріву технологічної води	–12
7 Відхилення вмісту CO <sub>2</sub> від оптимального розміру на 1 %	+0,6
8 Заміна парового розпилювача на паро-механічний, повітряний та ротаційний	–2,5
9 Заміна 1 т не повернутого з виробництва конденсату хімічно очищеною водою	+0,25
10 Виключення неізованих поверхонь за зовнішньої температури стінок 100 °С · т.у.п./рік м <sup>2</sup>	+1,5
11 Зменшення розміру продування на 1 % (за відсутності не використання тепла продувної води)	–0,3
12 Установка обдувного пристрою (газ виключений)	+0,2
13 Робота котла зі зниженням тиску з 13 кг/см <sup>2</sup> до 5 кг/см <sup>2</sup>	+6,0

## Продовження таблиці А.1

1	2
14 Автоматизація процесу горіння на газі та мазуті	-1-2
15 Автоматизація деаераторів	- 0,2
16 Наладка й експлуатація котлоагрегата за КМП	-3,0
17 Використання тепла безупинного продування	-1-2
19 Заміна обдуванням стиснутим повітрям замість насиченої пари	-1,0
20 Застосування гострого дуття під колосниковий штахет	-2,5
21 Збереження підмосковного вугілля відповідно до правил	-3,7
22 Збереження іншого вугілля відповідно до правил	-1-2
23 Переведення котельних, оснащених чавунними секційними котлами, або колів типу ММЗ, ВГД на теплофікацію від заводської котельної	-10,0
24 Установка охолоджувача випару деаератора $T_{y,n}$	-20,0
25 Переведення опалення приміщення з парового на водяне	-5,0
26 Перегрів приміщень через підвищення температури мережної води на 1 °С	+1,5
27 Використання охолодженої води від компресорів для підживлення котлів	-2,0
28 Установка електромагнітних клапанів на припливних вентиляційних системах і опалювальних агрегатах	-2,5
29 Переведення котлів на водогрійний режим	-2,0
30 Наладка режиму роботи котла ПТВМ	-1,5
31 Автоматизація водонагрівальних установок	-2,5
32 Використання нагрітого повітря, що викидається в атмосферу, на теплові завіси	по разр.
33 Переведення місцевого гарячого водопостачання на центральну бойлерну	-2,5
34 Робота конденсатовідвідників на обвідну лінію	до -1,5
35 Оснащення теплоспоживачів конденсатовідвідниками	до -1,5
36 Використання випару прогінної пари й установки конденсатовідвідників для потреб тепловодопостачання, підігріву живильної води	до -1,0
37 Наладка тепломереж підприємства і житлового сектора	-3,0
38 Використання брикетів замість рядового вугілля у комунальних котельних із шаровою системою спалювання	-20,0
39 Використання проектного виду палива	-2-3
40 Раціоналізація завантаження встановленого котельного устаткування	-2-3
41 Наладка топкового режиму й автоматизація процесу горіння	-2-6
42 Зниження температури відхідних газів на 10 °С під час спалювання газу	0,5
43 Те саме, мазуту	0,47

### Закінчення таблиці А.1

1	2
44 Те саме, кам'яного вугілля	–0,59
45 Те саме, антрациту і пісного вугілля	–0,51
46 Те саме, сланців	–0,56
47 Збільшення повернення конденсату в котельню на кожні 10 °С під час використання тепла продування з охолодженням дренажу з розпорошувача в теплообміннику до 50 °С	–0,12
48 Те саме, без використання продування	–0,05
49 Обладнання котлів поверхневим водяним економайзером або повітрянагрівачем	–5–8
50 Устаткування котлів контактними водяними економайзерами за наявності за котлом поверхневого економайзера	–8–10
51 Те саме, за відсутності за котлом поверхневого економайзера	–12–18
52 Заміна існуючих котлів котлами більш досконалої конструкції із тим же видами палива	–10



## **ДОДАТОК Б**

### **II Теми і питання для самостійної роботи та поточного контролю згідно лекційного курсу**

Лекція 1 Суть і значення енергетичного менеджменту для ефективного енергозабезпечення підприємства

1.1. Основні поняття та визначення, енергетичний потенціал України та його складові

1.2. Роль і значення енергетичного менеджменту на підприємстві

1.3. Обов'язки енергоменеджера та вимоги до нього

1.4. Прийняття рішень щодо раціонального енергозабезпечення підприємства

Лекція 2 Формування стратегій енергозабезпечення

2.1 Основні принципи державної політики в сфері енергозабезпечення

2.2 Виробництво та споживання електроенергії

2.3. Споживання тепла та газу

2.4 Виробництво та споживання нафтопродуктів

2.5 Потенціал розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії й альтернативних видів палива

2.6 Економічне обґрунтування обраних стратегій енергоефективності

2.7 Методи оцінки інвестицій у стратегічну енергоефективність

Лекція 3. Управління процесами енергозабезпечення

3.1. Основні принципи керування енерговикористанням

3.2. Координоване планування

3.3 Примусове пряме керування

## Лекція 4. Управління енергетичним навантаженням

### 4.1. Управління енергетичним навантаженням

### 4.2. Маркетинг енергозабезпечення

## Лекція 5. Нормалізація енергоспоживання та управління процесами енергозабезпечення

### 5.1. Суть і задачі нормалізації енергоспоживання

### 5.2. Види норм питомих витрат енергії та вимоги до них

## Лекція 6. Нормалізація енергоспоживання. Методики визначення норм питомих витрат

### 6.1. Методика визначення індивідуальних норм витрат електроенергії

### 6.2. Енергетичні баланси

## Лекція 7. Економічна ефективність управління енергозбереженням на підприємстві

### 7.1. Структура технологічних організаційно-технічних заходів

### 7.2. Економічні показники організаційно-технічних заходів

## Лекція 8. Методика оцінки економічної ефективності заходів з енергозбереження

### 8.1. Методика оцінки економічної ефективності заходів з енергозбереження.

### 8.2. Методи оцінки ефективності інвестицій в енергозбереження

## Лекція 9. Поновлювані джерела енергії

9.1 Загальні визначення понять стосовно поновлюваних джерел енергії

9.2 Класифікація нетрадиційних та поновлюваних джерел енергії і енергоустановок

9.3 Основні характеристики альтернативних джерел електричної енергії

9.4 Перспективи використання нетрадиційних джерел енергії

9.5 Розвиток нетрадиційної енергетики в Україні

## Лекція 10. Акумуляування енергії

10.1 Способи і технічні засоби акумуляування енергії

10.2. Застосування енергетичної біосировини для енергозабезпечення

## Лекція 11. Енергетичний аудит. Методологія аудиту

11.1. Енергетичний аудит, його задачі та основні етапи

11.2 Види енергетичних аудитів

## Лекція 12. Енергетичний аудит. Оцінка енергоспоживання

12.1 Обсяг споживання енергії, її вартість за документацією об'єкта

12.2 Енергетичне обстеження об'єкту аудиторами.

12.3 Знайомство з технологічним процесом.

## Лекція 13 Енергетичний аудит. Поточний стан енерговикористання

13.1 Поточний стан енерговикористання.

13.2 Безпосереднє вимірювання витрат енергії та енергоносіїв

13.3 Опосередковані вимірювання витрат енергії й енергоносіїв

13.4 Електропостачання виробничих механізмів і системи освітлення

13.5 Оцінка споживання енергії

13.6 Потоки енергії на об'єкті.

13.7 Співставлення і перехресна перевірка даних про енергоспоживання.

Лекція 14. Енергетичний аудит. Аналіз ефективності використання енергії

14.1 Аналіз ефективності використання енергії на об'єкті.

14.2 Елементи аналізу ефективності енерговикористання.

14.3 Опис підприємства та будівель.

14.4 Рекомендації з ефективного використання енергії.

Лекція 15. Енергетичний аудит. Звіт з енергоаудиту

15.1. Звіт із енергоаудиту

15.2. Презентація енергоаудиту на об'єкті

Лекція 16 Енергетичний менеджмент. Моделі системи енергетичного менеджменту

16.1 Модель системи енергетичного менеджменту за ДСТУ 4472:2005 Системи енергетичного менеджменту.

16.2 Модель системи енергетичного менеджменту за ISO 50001:2011 Системи енергетичного менеджменту.

Лекція 17. Енергетичний менеджмент. Методологія формування системи енергетичного менеджменту

17.1 Аудит системи енергетичного менеджменту.

17.2 Склад та зміст етапів формування системи енергетичного менеджменту.

17.3 Техніко-економічне обґрунтування необхідності формування системи енергетичного менеджменту.

17.4 Технічне завдання на розробку системи енергетичного менеджменту.

*Навчельне видання*

**Маляренко Віталій Андрійович**

**ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТ І ЕНЕРГЕТИЧНИЙ АУДИТ СИСТЕМ  
ЕЛЕКТРОПОСТАЧАННЯ**

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**

*(для студентів 5 та 6 курсу денної форми навчання  
освітнього рівня «магістр» за спеціальністю 141 – Електроенергетика,  
електротехніка та електромеханіка  
за освітньою програмою «Електротехнічні системи  
електроспоживання»)*

Відповідальний за випуск П. П. Рожков  
*За авторською редакцією*  
Комп'ютерне верстання автора

План 2017, поз. 153Л

---

Підп. до друку 27.04.2018. Формат 60 × 84/16  
Друк на ризографі. Ум. друк. арк. 3,7.  
Тираж 50 пр Зам. №

Видавець і виготовлювач:  
Харківський національний університет  
міського господарства імені О. М. Бекетова,  
вул. Маршала Бажанова, 17, Харків, 61002.  
Електронна адреса: [rectorat@kname.edu.ua](mailto:rectorat@kname.edu.ua).  
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:  
ДК № 5328 від 11.04.2017.