

ЛІТЕРАТУРА



НАВЧАЛЬНО-МЕТОДИЧНА

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ТЕРНОПІЛЬСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ІВАНА ПУЛЮЯ

Кафедра електричної інженерії



Методичні вказівки  
для виконання

## ПРАКТИЧНИХ РОБІТ

З КУРСУ

**"Забезпечення енергоефективності  
підприємств"**

для здобувачів вищої освіти  
за ОПШ Електроенергетика, електротехніка  
та електромеханіка  
другого рівня вищої освіти

ID 4487

Тернопіль 2023

Методичні вказівки для виконання практичних робіт з курсу «Забезпечення енергоефективності підприємств» для здобувачів другого рівня вищої освіти за ОПП Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка / Уклад.: М.М. Зінь. – Тернопіль: ТНТУ імені Івана Пулюя, 2023. – 77 с.

**Укладач:** Зінь М.М.

**Рецензент:** Коваль В.П.

Методичні вказівки розглянуто і затверджено на засіданні кафедри електричної інженерії.

Протокол № 1 від 25.08.2023 р.

Схвалено методичною радою ФПТ Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 1 від 30.08.2023 р.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП.....</b>	<b>5</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №1</b>	
<b>НОРМУВАННЯ ВИТРАТ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ     РЕСУРСІВ .....</b>	<b>6</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №2</b>	
<b>ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА КОЛИВАННЯ     НАПРУГИ ПІД ЧАС ПУСКУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ .....</b>	<b>13</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №3</b>	
<b>ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАМІНИ     ЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ.....</b>	<b>19</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №4</b>	
<b>ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ПІДПРИЄМСТВА.....</b>	<b>24</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №5</b>	
<b>ВИБІР ПЛАВКИХ ЗАПОБІЖНИКІВ, АВТОМАТІВ,     ПЕРЕРІЗУ ПРОВІДІВ І КАБЕЛІВ ЗА ДОПУСТИМИМ     НАГРІВАННЯМ.....</b>	<b>30</b>
<b>ПРАКТИЧНА РОБОТА №6</b>	
<b>ЕНЕРГЕТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ. ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ     РИЗИКІВ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ     КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ НА РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ     ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>41</b>
<b>ДОДАТКОВІ ВІДОМОСТІ.....</b>	<b>50</b>
<b>ЛІТЕРАТУРА .....</b>	<b>77</b>

## ВСТУП

Рівень життя людей і розвитку техніки та технологій у будь якій країні світу безпосередньо пов'язаний з енерговикористанням. Раніше вважалося, що чим більше споживається енергії на одного мешканця, тим вищий рівень життя та ширше використання сучасних технологій як у промисловості, так і в інших галузях народного господарства. Однак упродовж крайньої половини (орієнтовно) століття (починаючи з 70-х років ХХ-го століття) на першому плані стоїть вже не кількість спожитої енергії, а ефективність її використання. Причиною цього є глобальні кризи – енергетична, екологічна та економічна.

Знання, які будуть набуті під час вивчення дисципліни «Забезпечення енергоефективності підприємств», дадуть змогу майбутнім фахівцям розумно й ефективно управляти постачанням, розподілом та споживанням палива й енергії, котельними установками, системами розподілу енергії, енергетичними системами будівель, виробничим технологічним обладнанням, шкідливими викидами та відходами й ін.

Наведені методичні рекомендації до виконання практичних робіт є складовою частиною дисципліни «Забезпечення енергоефективності підприємств» для студентів, які здобувають освітній рівень «магістр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

Метою практикуму є практичне вивчення, закріплення та поглиблення базових знань, які були отримані під час лекційних занять.

Студент повинен ознайомитись з проблемами вибору та обґрунтування більш раціонального типу енергоносіїв, інвестування та фінансування в енергозбереження, енергетичного навантаження підприємства, питаннями інформаційного забезпечення діяльності у напрямку підвищення енергоефективності підприємств.

Вивчення дисципліни базується на знаннях попередніх дисциплін насамперед електротехнічного, енергетичного, інформаційного та економічного спрямування, які вивчалися під час здобуття освітнього рівня «бакалавр» зі спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка».

У цих методичних вказівках для виконання практичних робіт наведено задачі, які студенти повинні розв'язати згідно з індивідуальними завданнями.

За результатами семестру студент отримує підсумкову оцінку за 100-бальною системою.

*\*Вчасно захищеною вважається робота, захист якої відбувся у межах часу, що передбачений для цієї роботи в робочій навчальній програмі студента та згідно з розкладом занять.*

*Якщо за результатами модульного контролю студент отримав сумарну оцінку за два модулі, яка є меншою, ніж 45 балів, то він не допускається до іспиту і вважається таким, що не виконав всіх видів робіт, які передбачаються навчальним планом на семестр з дисципліни «Забезпечення енергоефективності підприємств».*

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №1

### НОРМУВАННЯ ВИТРАТ ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ

*Мета роботи:* ознайомитися з основними нормами витрат паливно-енергетичних ресурсів та виконати їх розрахунок.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Нормування витрат паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР)** – це визначення кількості раціонального споживання цих ресурсів на одиницю продукції встановленої якості. Основна задача нормування енергоспоживання, як складової процесу підтримування на високому рівні або підвищення енергоефективності підприємств, – забезпечити у виробництві використання методів раціонального розподілу та ефективного використання енергоресурсів.

Нормування витрат ПЕР необхідне для:

- планування потреб ПЕР для виробництва визначеної кількості продукції;
- аналізу роботи підприємства та його підрозділів шляхом порівняння норм та фактичних питомих витрат ПЕР;
- визначення питомої енергоемності кожного окремого виду продукції;
- порівняння енергоемності однойменної продукції, яка виготовлена різними способами.

#### Класифікація норм витрат ПЕР

Норми витрат палива, теплової, електричної та механічної енергії розрізняють (див. рис. 1.1):

- за ступенем агрегації (індивідуальні, групові);
- за складом витрат (втрат) (технологічні, загальновиробничі).



Рис. 1.1. Класифікація норм витрат ПЕР

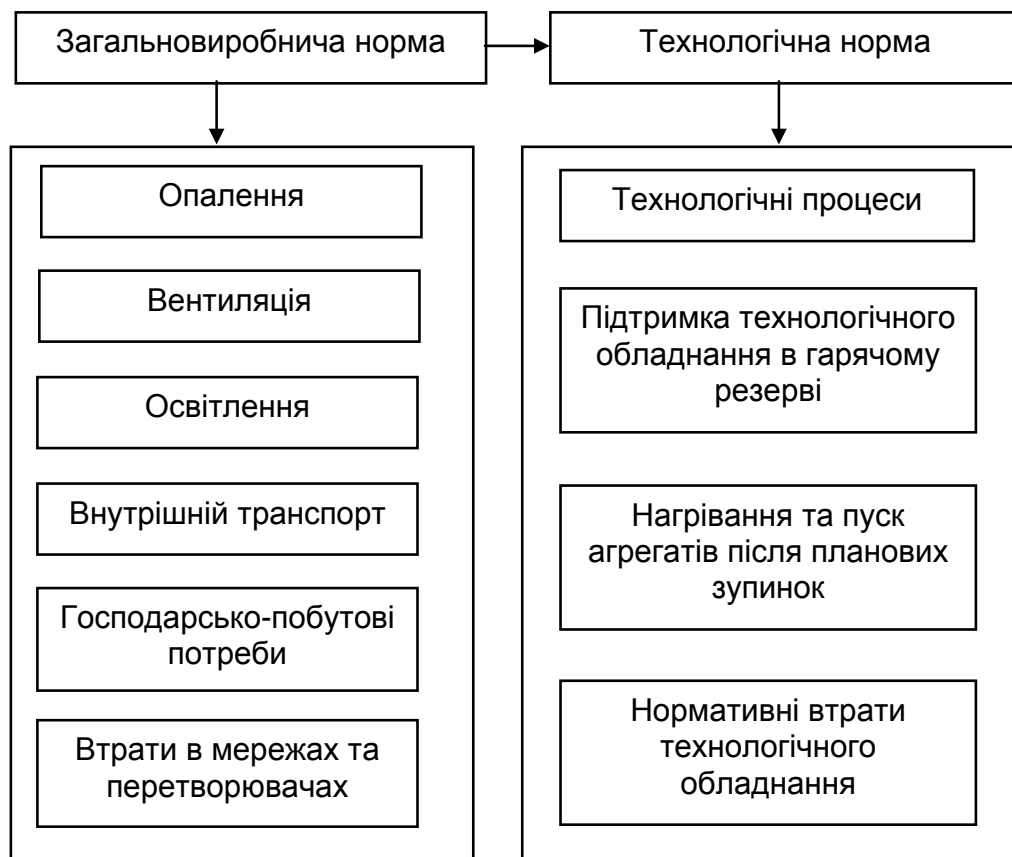
Індивідуальна норма витрат ПЕР – це норма витрат на виробництво одиниці однойменної продукції, яка виготовлюється певним способом на конкретному обладнанні.

Групова норма витрат ПЕР – норма витрат на виробництво одиниці однойменної продукції, яка виготовлюється згідно з різними технологічними схемами, на різнотипному обладнанні та з різної сировини.

Технологічна норма витрат ПЕР – норма витрат на основні та допоміжні технологічні процеси виробництва певного виду продукції.

Загальновиробнича норма витрат ПЕР – норма, яка враховує витрати енергії на основні та допоміжні потреби виробництва, а також технічні втрати енергії у перетворювачах, теплових та електричних мережах підприємств, під час виготовлення певної продукції.

На рис. 1.2 наведено приблизний склад технологічної та загальновиробничої норм витрат ПЕР.



**Рис. 1.2. Приблизний склад технологічної та загальновиробничої норм витрат ПЕР**

Основними методами розробки норм витрат ПЕР є:

- дослідний (за допомогою приладів);
- розрахунково-статистичний (на основі статистичних даних про питомі енергетичні витрати за минулі роки, тобто метод екстраполяції або енергетичного планування);
- розрахунково-аналітичний (на основі математичного опису

енергоспоживання з урахуванням чинників, які впливають на нормування витрат).

### **Розрахунок норм витрат ПЕР**

1. *Індивідуальна норма витрат ПЕР визначається згідно з співвідношенням:*

$$H_i = \sum_{j=1}^m e_j, \quad (1.1)$$

де  $e_j$ ,  $m$  - статі витрат та кількість статей витрат, згідно яких розраховується норма.

Якщо одна з статей витрат набагато перевищує інші, доцільно представити  $H_i$  у вигляді:

$$H_i = e_{\max} \cdot \left( 1 + \sum_{j=1}^{m-1} \delta_j \right), \quad (1.2)$$

де  $\delta_j = e_j / e_{\max}$ .

2. *Групова норма витрат ПЕР визначається за співвідношенням:*

$$H_{gp} = \sum_{i=1}^k (H_i)_i \cdot \delta_i, \quad (1.3)$$

де  $(H_i)_i$  – індивідуальна норма витрат  $i$ -тої технологічної групи;  $\delta_i = V_i / V$  - питома вага  $i$ -тої складової в загальному обсязі виробництва продукції;  $k$  – кількість технологічних груп.

3. *Технологічна цехова норма витрат ПЕР визначається за допомогою співвідношення:*

$$T_{i,j}^H = E^T / V_{j,i}, \quad (1.4)$$

де  $T_{i,j}^H$  - технологічна цехова норма витрат енергоресурсів на технологічний процес виготовлення  $i$ -го продукту в  $j$ -му цеху;  $E^T$  – витрати енергоресурсів на технологічний процес;  $V_{j,i}$  – обсяг виробництва  $i$ -го продукту (товарного) або його складової (напівпродукту) в  $j$ -му цеху.

4. *Технологічна заводська (галузева) норма витрат ПЕР визначається за допомогою виразу:*

$$Z^T = \sum_{j=1}^n T_j^H (V_{j,i} / V_i), \quad (1.5)$$

де  $n$  – кількість цехів підприємства (або підприємств), які виготовляють продукцію;  $V_i$  – обсяг виробництва  $i$ -го продукту на підприємстві.

5. *Загальновиробнича цехова норма витрат ПЕР визначається за допомогою виразу:*

$$C_{i,j}^H = T_{i,j}^H + E_j \cdot (k_{j,i} / V_{i,j}), \quad (1.6)$$

де  $C_{i,j}^H$  - загальновиробнича цехова норма витрат енергоресурсів на виробництво і-го продукту в j-му цеху;  $E_j$  – сумарна витрата енергоресурсів на допоміжні потреби j-го цеху;  $k_{j,i}$  – коефіцієнт пропорційності, згідно якого виконується розподіл загально виробничих цехових витрат енергії по видам продукції.

Якщо цех виготовляє продукцію одного виду (однакової якості), то  $k_{j,i} = 1$ . В цьому випадку загальновиробнича цехова норма витрат ПЕР визначається за співвідношенням:

$$C^H = (E^T + E^D) / V, \quad (1.7)$$

де  $E^T$  – витрати енергоресурсів на технологічний процес;  $E^D$  – витрата енергоресурсів на допоміжні потреби;  $V$  – обсяг виробництва продукту в цеху.

Аналіз співвідношень сумарних енергетичних витрат на виробництво продукту в цеху та витрат на виробництво продукту а цеху та енергетичних витрат на технологічний процес виконується за допомогою виразу:

$$N^T = (E^T / (E^T + E^D)) \cdot 100\%, \quad (1.8)$$

6. *Загальновиробнича заводська (галузева) норма витрат ПЕР визначається за допомогою співвідношення:*

$$Z^H = \sum_{j=1}^n C_j^H \cdot \alpha_j, \quad (1.9)$$

де  $\alpha_j$  – частка і-го цеху в загальному обсязі виготовлення однойменної продукції.

#### Допоміжні критерії енергетичної ефективності

Для проведення режиму енергозабезпечення та аналізу енерговикористання поряд з нормами витрат ПЕР повинні використовуватись наступні показники, які характеризують ефективність використання ПЕР на підприємстві або галузі: питома енергоємність продукції (робіт, послуг), забезпечення приросту потреб у ПЕР за рахунок їх економії, енергопродуктивність.

**Питома енергоємність продукції** – відношення енергії, яка споживається на виробничі потреби протягом року, до річного обсягу продукції:



$$E = \frac{P_{ПЕР}}{V}, \quad (1.10)$$

де  $P_{ПЕР}$  – енергія, яка споживається на виробничі потреби протягом року (в перерахунку на умовне паливо);  $V$  – річний обсяг продукції (в натуральному, умовному або вартісному вигляді).

**Забезпечення приросту потреб** в ПЕР за рахунок їх економії – відношення економії ПЕР до приросту потреб в ПЕР:

$$\begin{aligned} \Delta P_e &= (E / \Delta P) \cdot 100\%; \\ E &= E_H + E_{ВЕР}; \\ E_H &= (H_i - H_o) \cdot V_i, \end{aligned} \quad (1.11)$$

де  $E$  – економія ПЕР;  $\Delta P$  – приріст потреб в ПЕР;  $E_H$  – економія за рахунок зниження норм витрат по відношенню до базисного року (за базисний рік приймають середньостатистичний рік, попередній звітному);  $E_{ВЕР}$  – економія за рахунок збільшення використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР) по відношенню до  $i$ -го року;  $H_i, H_o$  – норми витрат енергоресурсу у звітному та базисному роках, відповідно;  $V_i$  – обсяг виробництва продукції у звітному році.

**Енергопродуктивність** – кількість виготовленої продукції на одиницю вартості ПЕР:

$$EPP = \frac{V_i}{Z_{ПЕР}}, \quad (1.12)$$

де  $Z_{ПЕР}$  – обсяг витрат ПЕР (у вартісному вигляді);  $V_i$  – обсяг виробництва продукції (у вартісному вигляді).

### Приклад

Визначити індивідуальні технологічні норми, групову технологічну норму, індивідуальні загальновиробничі норми, групову загальновиробничу норму. Виконати висновки відносно енергоефективності технологічних процесів та енергоефективності організації виробництва на підприємствах.

#### Характеристика промислових підприємств:

##### *Підприємство №1*

Витрати ПЕР:

- на основний технологічний процес -  $5 \cdot 10^6$  МДж;

- на нагрівання та пуск обладнання -  $3 \cdot 10^5$  МДж;
- на планові втрати -  $2 \cdot 10^5$  МДж;
- на допоміжні потреби -  $1 \cdot 10^6$  МДж;
- кількість одиниць продукції, що виготовляє – 10000 од.

### *Підприємство №2*

#### Витрати ПЕР:

- на основний технологічний процес -  $2 \cdot 10^7$  МДж;
- на нагрівання та пуск обладнання -  $5 \cdot 10^5$  МДж;
- на планові втрати -  $4 \cdot 10^5$  МДж;
- на допоміжні потреби –  $0,5 \cdot 10^7$  МДж;
- кількість одиниць продукції, що виготовляє – 20000 од.

#### Розв'язок:

Відповідно до визначень індивідуальної та групової технологічних норм маємо:

$$(T^H)_1 = (5 \cdot 10^6 + 3 \cdot 10^5 + 2 \cdot 10^5) / 10000 = 0,55 \cdot 10^3 \text{ МДж / од. продукції};$$

$$(T^H)_2 = (2 \cdot 10^7 + 5 \cdot 10^5 + 4 \cdot 10^5) / 20000 = 1,04 \cdot 10^3 \text{ МДж / од. продукції};$$

$$T^G = \left( 0,55 \cdot \frac{1}{3} + 1,04 \cdot \frac{2}{3} \right) \cdot 10^3 = 0,82 \cdot 10^3 \text{ МДж / од. продукції}.$$

Відповідно до визначень індивідуальної та групової загальновиробничих норм маємо:

$$(Z^H)_1 = (0,55 \cdot 10^3 + 1 \cdot 10^6) / 10000 = 0,65 \cdot 10^3 \text{ МДж / од. продукції};$$

$$(Z^H)_2 = (1,04 \cdot 10^3 + 0,5 \cdot 10^7) / 20000 = 1,29 \cdot 10^3 \text{ МДж / од. продукції};$$

$$Z^G = \left( 0,65 \cdot \frac{1}{3} + 1,29 \cdot \frac{2}{3} \right) \cdot 10^3 = 1,08 \cdot 10^3 \text{ МДж / од. продукції}.$$

#### Висновки

1. Технологічний процес на підприємстві №1 організовано з меншими витратами ПЕР при виготовленні однойменної продукції, ніж на підприємстві №2.

2. Групова технологічна норма ближче до індивідуальної технологічної норми на підприємстві №2, оскільки воно виготовляє продукції більше, ніж підприємство №1.

3. Групова загальновиробнича норма ближче до індивідуальної загальновиробничої норми підприємства №2, оскільки воно виготовляє більше продукції, ніж підприємство №1.

### ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

1. Визначити індивідуальні технологічні норми.
2. Визначити групову технологічну норму.
3. Визначити індивідуальні загальновиробничі норми.
4. Визначити групову загальновиробничу норму.
5. Зробити висновки щодо ефективності технологічних процесів та енергоефективності організації виробництва на підприємствах.

### Вихідні дані до виконання завдання

Підприємства	Характеристика промислових підприємств				
	Витрати ПЕР на основний технологічний процес, МДж	Витрати ПЕР на нагрівання та пуск обладнання, МДж	Витрати ПЕР на планові втрати, МДж	Витрати ПЕР на допоміжні потреби, МДж	Кількість одиниць продукції, од.
№1	$7 \cdot 10^6$	$4 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^6$	10000
№2	$3 \cdot 10^4$	$2 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	$0,5 \cdot 10^7$	20000
№3	$6 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^5$	$6 \cdot 10^3$	$0,8 \cdot 10^5$	15000
№4	$5 \cdot 10^7$	$4 \cdot 10^4$	$8 \cdot 10^8$	$1,07 \cdot 10^6$	25000
№5	$8 \cdot 10^8$	$4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^2$	$1,14 \cdot 10^3$	17000
№6	$4 \cdot 10^6$	$2 \cdot 10^5$	$1,5 \cdot 10^6$	$0,75 \cdot 10^8$	16000
№7	$7 \cdot 10^5$	$5 \cdot 10^6$	$7 \cdot 10^6$	$0,99 \cdot 10^3$	10500
№8	$4 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^3$	$3 \cdot 10^7$	$1,15 \cdot 10^6$	8000
№9	$9 \cdot 10^7$	$5 \cdot 10^6$	$5 \cdot 10^3$	$0,3 \cdot 10^8$	12000
№10	$5 \cdot 10^5$	$2 \cdot 10^3$	$4 \cdot 10^5$	$0,12 \cdot 10^7$	9000

### Варіанти завдань

Варіант	№ Підприємства	Варіант	№ Підприємства
1	1, 4, 5	6	5, 10, 7
2	2, 10, 8	7	1, 2, 3
3	7, 3, 9	8	4, 6, 9
4	6, 1, 10	9	5, 8, 1
5	4, 8, 3	10	2, 4, 7

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що таке нормування витрат ПЕР?
2. Назвіть основну задачу нормування енергоспоживання.
3. Для чого необхідне нормування витрат ПЕР?
4. Класифікація норм витрат ПЕР.
5. Назвіть основні методи розробки нормування витрат ПЕР.
6. Дайте визначення вторинним енергетичним ресурсам.
7. Назвіть допоміжні критерії для визначення енергетичної ефективності.

## СКЛАД ЗВІТУ:

1. Титульний аркуш.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Теоретичні відомості.
5. Завдання до виконання роботи, згідно з варіантом.
6. Результати виконання завдання.
7. Висновки.

Звіт з практичної роботи повинен бути виконаний на аркушах паперу формату А4 (297×210 мм).

## ПРАКТИЧНА РОБОТА № 2

### ПЕРЕВІРКА ЕЛЕКТРИЧНОЇ МЕРЕЖІ НА КОЛИВАННЯ НАПРУГИ ПІД ЧАС ПУСКУ ЕЛЕКТРОДВИГУНІВ

*Мета роботи:* виконати перевірку електричної мережі з напругою 0,38 кВ на коливання напруги під час пуску потужних електродвигунів.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Пусковий струм короткозамкнених електродвигунів у 4...7,5 разів більший від їх номінального струму. Тому втрата напруги в мережі при пуску електродвигуна в кілька разів більша від втрати напруги при його нормальній роботі, що приводить до різкого зниження напруги на клеммах електродвигунів.

Пуски електродвигунів здійснюють не часто, а тривалість пуску здебільшого не перевищує 10 с. Тому відхилення напруги при пуску електродвигунів допускають значно більші, ніж при нормальній роботі. Проте пусковий момент повинен бути достатнім для розгону електродвигуна до номінальних обертів.

Для електродвигунів з легкими умовами пуску (якщо початковий момент

приводного механізму менший, ніж  $\frac{1}{3}M$  або дорівнює йому) допускається зменшення напруги на затискачах у момент пуску не нижче 30 % від номінальної. На затискачах інших електродвигунів напруга не повинна знижуватись більш як на 20 % номінальної.

Коливання напруги в мережі перевіряють здебільшого при пуску короткозамкнених електродвигунів, приєднаних до джерела електроенергії (трансформатора) через повітряну лінію.

Для того, щоб коливання напруги в мережі 0,38 кВ під час пуску асинхронного електродвигуна знаходилося у заданих межах, необхідно щоб виконувалася умова:

$$\Delta U_{\text{факт}} \% \leq \Delta U_{\text{дон}} \% , \quad (2.1)$$

де  $\Delta U_{\text{дон}} \%$  – допустиме коливання (втрати) напруги, %;  $\Delta U_{\text{факт}} \%$  – фактичне коливання (втрати) напруги, %.

Наближене значення фактичного коливання (втрати) напруги у відсотках при пуску двигуна визначають за формулою:

$$\Delta U_{\text{факт}} \% = \frac{Z_{\text{м}}}{Z_{\text{м}} + Z_{\text{ед}}} \cdot 100 \% , \quad (2.2)$$

де  $Z_{\text{м}}$  – повний опір електричної мережі, Ом;  $Z_{\text{ед}}$  – повний опір короткого замикання асинхронного двигуна, Ом.

Причому:

$$Z_{\text{ед}} = \frac{U_{\text{н}}}{\sqrt{3} \cdot k_i \cdot I_{\text{нд}}} , \quad (2.3)$$

де  $U_{\text{н}}$  – номінальна напруга мережі, В;  $k_i$  – кратність пускового струму електродвигуна;  $I_{\text{нд}}$  – номінальний струм електродвигуна (каталожні дані), А.

При живленні від трансформатора повний опір мережі визначається:

$$Z_{\text{м}} = Z_{\text{л}} + Z_{\text{т}} , \quad (2.4)$$

де  $Z_{\text{л}}$  – повний опір лінії від трансформатора до двигуна, Ом;  $Z_{\text{т}}$  – повний опір короткого замикання трансформатора, Ом.

Повний опір лінії від трансформатора до двигуна:

$$Z_{\text{л}} = \sum l_i \sqrt{r_{oi}^2 + x_{oi}^2} , \quad (2.5)$$

де  $r_{oi}$ ,  $x_{oi}$  – питомі опори проводів  $i$ -тої ділянки лінії, Ом/км;  $l_i$  – довжина  $i$ -ї ділянки лінії, км.

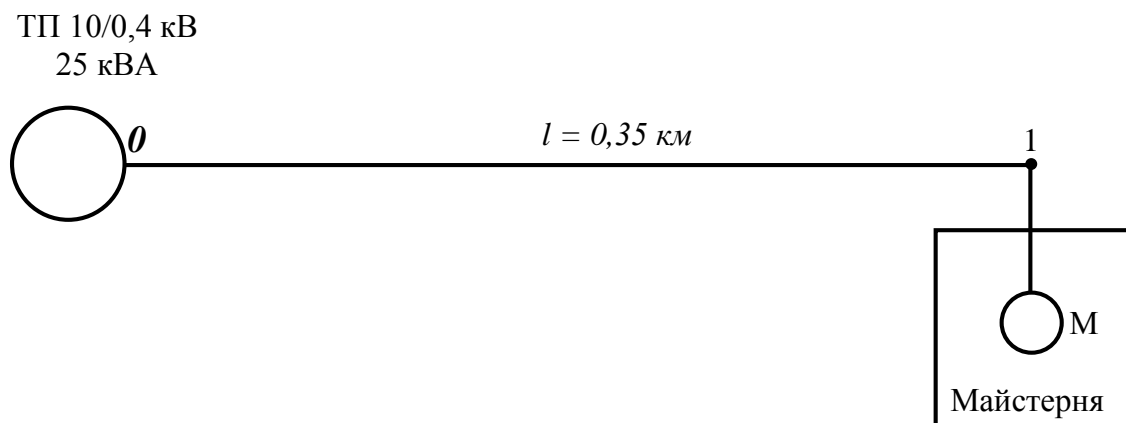
Повний опір короткого замикання трансформатора:

$$Z_m = \frac{U_K \% \cdot U_n^2}{100 \cdot S_{нтр}}, \quad (2.6)$$

де  $U_K\%$  – напруга короткого замикання трансформатора, %;  $U_n$  – номінальна напруга трансформатора з низької сторони, кВ;  $S_{нтр}$  – номінальна потужність трансформатора, кВА.

### Приклад

Асинхронний двигун із короткозамкненим ротором АИР 132М4 потужністю 11 кВт і напругою 0,38 кВ встановлений в приміщенні майстерні (рис. 2.1). Майстерня одержує живлення від трансформатора потужністю 25 кВА повітряною лінією довжиною 0,35 км, яку виконано проводом АС-25. Допустиме коливання напруги в мережі  $\Delta U_{дон} = 30\%$ . Перевірити мережу на можливість пуску асинхронного електродвигуна.



**Рис. 2.1. Розрахункова схема мережі**

### Розв'язок:

1. Задаємося умовою:  $\Delta U_{факт} \% \leq \Delta U_{дон} = 30\%$ .
2. Повний опір короткого замикання асинхронного двигуна:

$$Z_{ед} = \frac{380}{\sqrt{3} \cdot 7,5 \cdot 22} = 1,33 \text{ Ом.}$$

3. Повний опір лінії 0,38 кВ від трансформатора до двигуна:

$$Z_{л} = 0,35 \cdot \sqrt{1,146^2 + 0,319^2} = 0,41 \text{ Ом.}$$

4. Повний опір короткого замикання трансформатора:

$$Z_m = \frac{4,7 \cdot 380^2}{100 \cdot 25000} = 0,27 \text{ Ом.}$$

5. Повний опір мережі:

$$Z_m = 0,41 + 0,27j = 0,68 \text{ Ом.}$$

6. Фактичне коливання (втрата) напруги в процентах при пуску асинхронного електродвигуна:

$$\Delta U_{\text{факт}} \% = \frac{0,68}{0,68 + 1,33} \cdot 100 \% = 34\%.$$

7. Перевірка. Задана умова  $\Delta U_{\text{факт}} \% = 34 \leq \Delta U_{\text{дон}} = 30\%$  не виконується. Для одержання допустимого коливання напруги під час пуску двигуна необхідно замінити провід повітряної лінії. Беремо провід марки АС-35.

Тоді:

$$Z_l = 0,35 \cdot \sqrt{0,773^2 + 0,308^2} = 0,29 \text{ Ом.}$$

$$Z_m = 0,29 + 0,27j = 0,56 \text{ Ом.}$$

$$\Delta U_{\text{факт}} \% = \frac{0,56}{0,56 + 1,33} \cdot 100 = 29\%.$$

$$\Delta U_{\text{факт}} \% = 29\% \leq \Delta U_{\text{дон}} \% = 30\%.$$

Умова виконується.

## ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Асинхронний двигун із короткозамкненим ротором серії АИР потужністю  $P_{\text{нед}}$ , кВт і напругою 0,38 кВ встановлений у виробничому приміщенні (рис. 2.2). Електродвигун одержує живлення від трансформатора потужністю  $S_{\text{нт}}$ , кВА повітряною лінією довжиною  $l$ , км з проводу АС перерізом  $F$ , мм<sup>2</sup>. Відстань між проводами  $D_{\text{ср}}$ , мм. Перевірити мережу на можливість пуску асинхронного двигуна. Дані за варіантами для розрахунку мережі наведені у табл. 2.1.

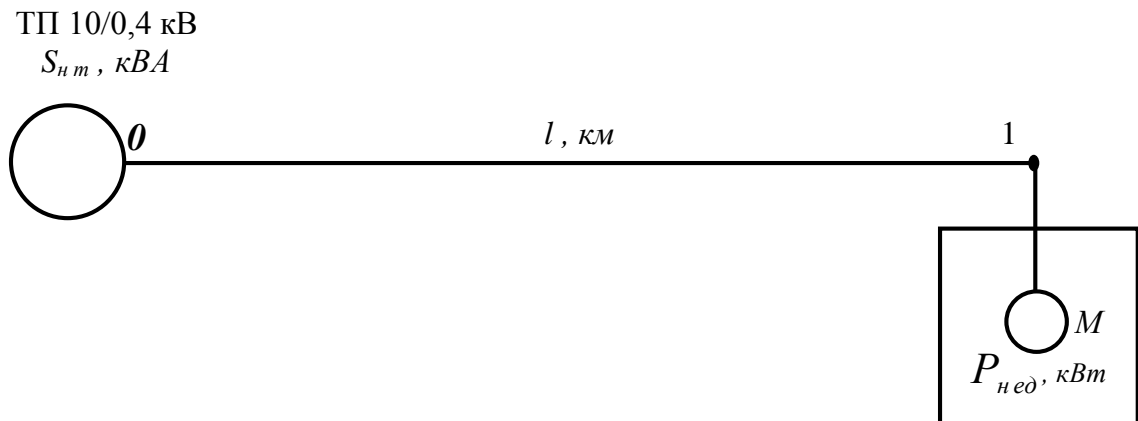


Рис. 2.2. Розрахункова схема мережі

## Варіанти завдань

### Таблиця 2.1. Вихідні дані для розрахунку мережі

Варіант	$S_{нм}$ , кВА	$P_{нед}$ , кВт	$I_{нед}$ , А	$k_i$	$l$ , м	$F$ , мм <sup>2</sup>	$D_{ср}$ , мм	$\Delta U_{дон}$ , %
1	25	11	21,1	7,5	100	25	400	20
2	40	15	28,5	7	200	35	600	20
3	63	22	41,5	7	150	35	400	30
4	100	11	22	7,5	300	25	600	20
5	160	22	42,5	7	100	50	400	30
6	25	11	22,9	6,5	200	25	600	30
7	40	15	30,1	6,5	150	25	400	20
8	63	18,5	37	6,5	50	35	600	20
9	100	22	44,7	6,5	250	35	400	30
10	160	30	59,6	6,5	200	50	600	30

## Додатки

### Таблиця 2.2. Економічні інтервали навантаження силових трансформаторів ТП 10/0,4 кВ

Вид навантаження	Номінальна потужність трансформатора, кВА							
	25	40	63	100	160	250	400	630
Виробниче	До 45	46-85	86-125	126-160	161-320	321-355	356-620	621-630
Комунально-побутове	До 45	46-75	76-120	121-150	151-315	316-345	346-630	631-640
Змішане	До 50	51-85	86-115	116-150	151-295	296-330	331-565	556-755

### Таблиця 2.3. Коефіцієнт допустимих навантажень та аварійних перевантажень трансформаторів ТП 10/0,4 кВ

Вид навантаження	$S_n$ , кВА	$t_{nm}$ , °C	$k_{cm}$	$\alpha \cdot 10^{-2}$ , 1/°C
Виробниче	До 63 100 і більше	-10	1,65 1,59	0,92
Комунальне	До 63 100 і більше	-10	1,68 1,65	0,9
Житлові будинки	До 63 100 і більше	-10	1,7 1,68	0,98
Змішане навантаження	До 63 100 і більше	-10	1,58 1,77	1,00



## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Чому втрата напруги в мережі при пуску електродвигуна більша від втрати напруги при його нормальній роботі?
2. Які існують умови пуску електродвигунів?
3. В яких межах допускається зниження напруги на затискача електродвигунів?
4. Як визначається фактична втрата напруги під час пуску електродвигуна?
5. Які заходи застосовують для зменшення коливання напруги під час пуску електродвигунів?

## СКЛАД ЗВІТУ:

1. Титульний аркуш.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Теоретичні відомості.
5. Завдання до виконання роботи, згідно з варіантом.
6. Результати виконання завдання.
7. Висновки.

Звіт з практичної роботи повинен бути виконаний на аркушах формату А4 (297×210 мм).

### ПРАКТИЧНА РОБОТА №3

## ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ЗАМІНИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО УСТАТКУВАННЯ

*Мета роботи:* ознайомитись з методами економічної ефективності та визначити ефективність заміни енергетичного устаткування.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

На сьогодні загально прийнятим є економічне порівняння варіантів методом приведених витрат.

Визначення ефективності заміни енергетичного устаткування за інших рівних умов проводиться порівнянням варіантів; вирішальним при цьому є економічні показники. Оптимальним із числа даних варіантів вважається варіант із мінімальною величиною приведених витрат (критерій: економічна ефективність варіанту).

Приведені витрати за кожним варіантом є сумою поточних витрат і капіталовкладень, приведених до однакової розмірності відповідно до нормативного коефіцієнта ефективності. Приведені витрати при установці нового устаткування визначаються за формулою:

$$V_n = I_n + E_n \cdot K_n, \quad (3.1)$$

а приведені витрати на заміну устаткування – за формулою:

$$V_c = I_c + E_c \cdot K_c, \quad (3.2)$$

де  $I_n$  – щорічні витрати виробництва при нормальній експлуатації, включаючи відрахування на реновацію після заміни застарілого устаткування;  $I_c$  – те ж при експлуатації старого устаткування;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт економічної ефективності;  $E_c$  – те ж при експлуатації старого устаткування;  $K_n$  – одноразові капіталовкладення, пов'язані із заміною устаткування;  $K_c$  – те ж при експлуатації старого устаткування.

Розглянемо кожен елемент витрат.

1. *Щорічні витрати виробництва* при експлуатації будь якого енергетичного устаткування:

$$I = I_{en} + I_{zn} + I_a + I_{n.p} + I_{вп} + I_{ін}, \quad (3.3)$$

де  $I_{en}$  – річні витрати на споживання палива, електроенергію, стисле повітря та інші енергоносії;  $I_{zn}$  – заробітна плата обслуговуючого персоналу;  $I_a$  – амортизаційні відрахування;  $I_{n.p}$  – річні витрати на поточний і капітальний ремонт;  $I_{вп}$  – річні витрати на власні потреби;  $I_{ін}$  – інші витрати.

Кожна складова виробництва може бути визначена наступним чином.

Розглянемо витрати за спожитий енергоносієм. Під енергоносієм розуміють той чи інший вид енергії або матеріальний носій, з якого її виробляють і/або за допомогою якого її передають на певну віддаль.

Наприклад, електрична енергія або той матеріальний носій, з яким передається енергія (природний газ, мазут, вугілля, гаряча вода і т.д.).

*Витрати на енергоносії визначаються:*

$$I_{ен} = S_e \cdot W_r, \quad (3.4)$$

де  $S_e$  – питома вартість палива, що заміщається, для даного економічного району (франко-споживач – ціна, в якій ураховані всі витрати з перевезення і страхування палива під час його доставки до споживача);  $W_r$  – річна витрата енергоносія.

*Річна витрата енергоносія визначається за фактичною витратою даного виду палива або енергії на підприємстві на підставі вимірів і показань приладів обліку:*

$$W_r = b \cdot E_2, \quad (3.5)$$

де  $E_2$  – кількість виробленої енергії (пари, гарячої води, стислого повітря, холоду тощо);  $b$  – питома витрата енергоносія на виробництво одиниці енергії.

У практиці роботи промислових підприємств можливі три випадки:

- підприємство отримує зовні тільки паливо, а всі види енергії, необхідні для виробництва, виробляються на енергоустановках підприємства (в цьому випадку питома витрата розраховується як кількість палива, необхідна для виробництва одиниці тепла (пари і гарячої води), повітря і т.п.);

- підприємство отримує енергію зовні і перетворює її на власних енергоустановках (питома витрата вважається як середньо виважена питома витрата даного району та питома витрата споживаючої установки);

- підприємство отримує всі види енергії зовні (питома витрата визначається за середньо виваженою для даного економічного району).

Питома витрата енергоносія для даної енергетичної установки береться на підставі випробувань, фактичних, звітних і паспортних даних на необхідних видах устаткування.

*Заробітна плата обслуговуючого персоналу визначається:*

$$I_{зн} = \sum n_m \cdot \Phi_m, \quad (3.6)$$

де  $n$  – число обслуговуючих працівників однієї спеціальності і одного розряду, чел.;  $\Phi$  – річний фонд заробітної плати однієї людини даної спеціальності і даного розряду;  $m$  – число спеціальностей або розрядів.

*Річні амортизаційні відрахування визначаються:*

$$I_a = \sum p_m \cdot B_m, \quad (3.7)$$

де  $p$  – частка амортизаційних відрахувань за групою основних фондів;  $B$  – балансова вартість визначеної групи основних фондів;  $m$  – число груп основних фондів.

*Річні витрати на поточний і капітальний ремонт визначаються:*

$$I_{n.p} = I_a \cdot p_{np}, \quad (3.8)$$

де  $p_{np}$  – коефіцієнт, що враховує частку відрахувань на ремонт.

Річні витрати на власні потреби складаються з оплати електроенергії, палива, тепла, повітря, витрачених на власні потреби:

$$I_{ВП} = I_E + I_B + I_T + \dots + I_{ін}, \quad (3.9)$$

де  $I_E$  – витрати на електроенергію, витрачену на власні потреби, у.о.;  $I_B$  – витрати на воду, витрачену на власні потреби, у.о.;  $I_T$  – витрати на паливо, витрачене на власні потреби, у.о.;  $I_{ін}$  – інші витрати на власні потреби, у.о.

Інші витрати визначаються за фактичними витратами на дане енергообладнання. У разі відсутності даних інші витрати можна визначити як частку постійних витрат на дане устаткування:

$$I_{ін} = R_{ін} \cdot I_{пост}, \quad (3.10)$$

де  $R_{ін}$  – коефіцієнт інших витрат, що обчислюється в залежності від постійних витрат.

## 2. Капіталовкладення:

- під час заміни зношеного енергетичного устаткування:

$$K_H = K_O + K_{np}, \quad (3.11)$$

де  $K_O$  – витрати на устаткування, монтаж, проектування і наладку даної установки;  $K_{np}$  – витрати на розширення і реконструкцію будівлі, приміщення у зв'язку з установкою нового устаткування;

- під час експлуатації старого устаткування:

$$K_c = K_{вид} + K_{тр}, \quad (3.12)$$

де  $K_{вид}$  – капіталовкладення на видобуток або виробництво енергоносія, перевитраченого застарілим енергоустаткуванням;  $K_{тр}$  – капітальні витрати на транспортування енергоносія, перевитраченого застарілим устаткуванням.

*Капіталовкладення у виробництво (видобуток) енергоносія:*

$$K_{вид} = p_\delta \cdot (b_c - b_H) = p_\delta \cdot (b_c \cdot E_2 - b_H \cdot E_2) = p_\delta \cdot (b_c - b_H) \cdot E_2 = p_\delta \cdot \Delta b \cdot E_2, \quad (3.13)$$

де  $p_\delta$  – питома вартість капітальних вкладень в здобич (виробництво) палива, що замикає паливно-енергетичний баланс даного району;  $\Delta b$  – різниця в питомих витратах старого і нового устаткування.

$$K_{тр} = p_{тр} \cdot (b_c - b_H) = p_{тр} \cdot \Delta b \cdot E_2, \quad (3.14)$$

де  $p_{тр}$  – питомі капітальні вкладення в транспортування палива, що замикає паливно-енергетичний баланс даного району.

Тоді

$$K_o + K_{np} = p_o \cdot \Delta b \cdot E_z + p_{mp} \cdot \Delta b \cdot E_z = (p_o + p_{mp}) \cdot \Delta b \cdot E_z, \quad (3.15)$$

Умовою економічної ефективності впровадження нового устаткування є дотримання нерівності:

$$B_c - B_H = I_c + E_H \cdot K_c - (I_H + E_H \cdot K_H) = (I_c - I_H) - E_H(K_H - K_c) = \Delta I - E_H \Delta K > 0, \quad (3.16)$$

Перетворена таким чином формула розрахунку приведених витрат, за якими порівнюється економічна ефективність варіантів, дає можливість звести весь розрахунок до знаходження економії експлуатаційних витрат ( $\Delta I$ ) і додаткових капіталовкладень ( $\Delta K$ ), пов'язаних із впровадженням нового енергоустаткування.

Підставляючи значення капіталовкладень, отриманих у формулах (3.11) і (3.15), отримуємо:

$$\Delta K = K_o + K_{np} - \Delta b E_z (p_o + p_{mp}), \quad (3.17)$$

Для визначення економії експлуатаційних витрат знаходимо  $\Delta I$  підставляючи значення експлуатаційних витрат для обох варіантів:

$$\begin{aligned} \Delta I &= I_c - I_H = (I_{ен}^c + I_{зн}^c + I_a^c + I_{mp}^c + I_{сн}^c + I_{np}^c) - (I_{ен}^H + I_{зн}^H + I_a^H + I_{mp}^H + I_{сн}^H + I_{np}^H) = \\ &= (I_{ен}^c - I_{зн}^H) + (I_{зн}^c - I_{зн}^H) + (I_a^c - I_a^H) + (I_{mp}^c - I_{mp}^H) + (I_{сн}^c - I_{сн}^H) + (I_{np}^c - I_{np}^H) = \\ &= \Delta I_{ен} + \Delta I_{зн} + \Delta I_a + \Delta I_{вн} + \Delta I_{н.р} \end{aligned} \quad (3.18)$$

Таким чином, розрахунок  $\Delta I$  зводиться до визначення різниці окремих статей експлуатаційних витрат старого і нового устаткування.

Величина витрат на заробітну плату залежить від скорочення персоналу, обслуговуючого дану установку. Якщо замінюють одну або дві енергетичні установки в котельній або компенсаторній станції, то, як правило, це не впливає на кількість обслуговуючого персоналу всієї котельної або компресорної, і в цьому випадку  $\Delta I_{ЗП} \approx 0$ . те ж саме можна сказати і про річні експлуатаційні витрати на власні потреби, амортизаційних відрахуваннях і інших витратах – величина їх незначна, тому вони взаємно компенсуються. У перед проектних розрахунках величиною цих витрат можна знехтувати, а при детальних розрахунках враховувати їх.

Розрахунок економічного ефекту впровадження нового устаткування для підприємств проводиться при цьому за фактичною вартістю енергоносія для даного підприємства, яка складається з відпускних цін на різні види палива та енергії для даного економічного району і витрат підприємств, пов'язаних з їх транспортуванням, зберіганням та перетворенням.

## ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Визначте ефективність заміни енергетичного устаткування методом приведених витрат (згідно з варіантом). Зробіть висновки.

## Варіанти завдань

Варіанти	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S_e$	200	100	33	114	118	221	66	70	82	36
$E_z$	34,5	70,1	15	18,3	20,2	30,1	15,7	42,7	31,8	18,4
$b$	1	2	8	12	4	7	10	9	15	3
$n$ – кількість обслуговуючих працівників однієї спеціальності і одного розряду	3	7	9	2	5	6	4	5	9	6
$\Phi$	26	23	22	15	18	14	16	17	20	10
$m$ – кількість спеціальностей або розрядів	4	5	5	5	6	3	3	2	2	4
$p$	25	14	18	19	17	24	13	8	15	17
$B$	115	93	84	80	75	66	55	100	90	82
$m$ – кількість груп основних фондів	4	2	3	5	7	8	5	6	9	7
$p_{np}$	11	11	11	12	13	14	15	10	9	16
$I_E$	22	83	35	42	60	70	51	40	30	25
$I_B$	160	170	180	190	200	150	210	195	185	175
$I_T$	516	620	420	324	500	305	601	740	403	555
$R_{in}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$I_{пост}$	33	33	33	33	44	44	44	44	44	44
$p_d$	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39
$b_c$	10	24	12	15	18	31	4	15	20	13
$b_n$	6	8	7	10	10	17	2	6	14	8
$p_{mp}$	140	84	60	55	116	32	72	97	132	113
$E_c$	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12
$E_n$	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15	0,15

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Методи визначення економічної ефективності заходів з енергозбереження.
2. Що називається приведеними витратами?
3. Що таке енергоносії? Які види енергоносіїв існують?
4. Що таке річна витрата енергоносія?
5. Назвіть випадки роботи промислових підприємств, стосовно енергоносіїв?
6. Які витрати залежать від продуктивності обладнання, а які не залежать?
7. Що таке капіталовкладення?

### СКЛАД ЗВІТУ:

1. Титульний аркуш.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Теоретичні відомості.
5. Завдання до виконання роботи (згідно з варіантом).
6. Результати виконання завдання.
7. Висновки.

Звіт з практичної роботи повинен бути виконаний на аркушах паперу формату А4 (297×210 мм).

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №4

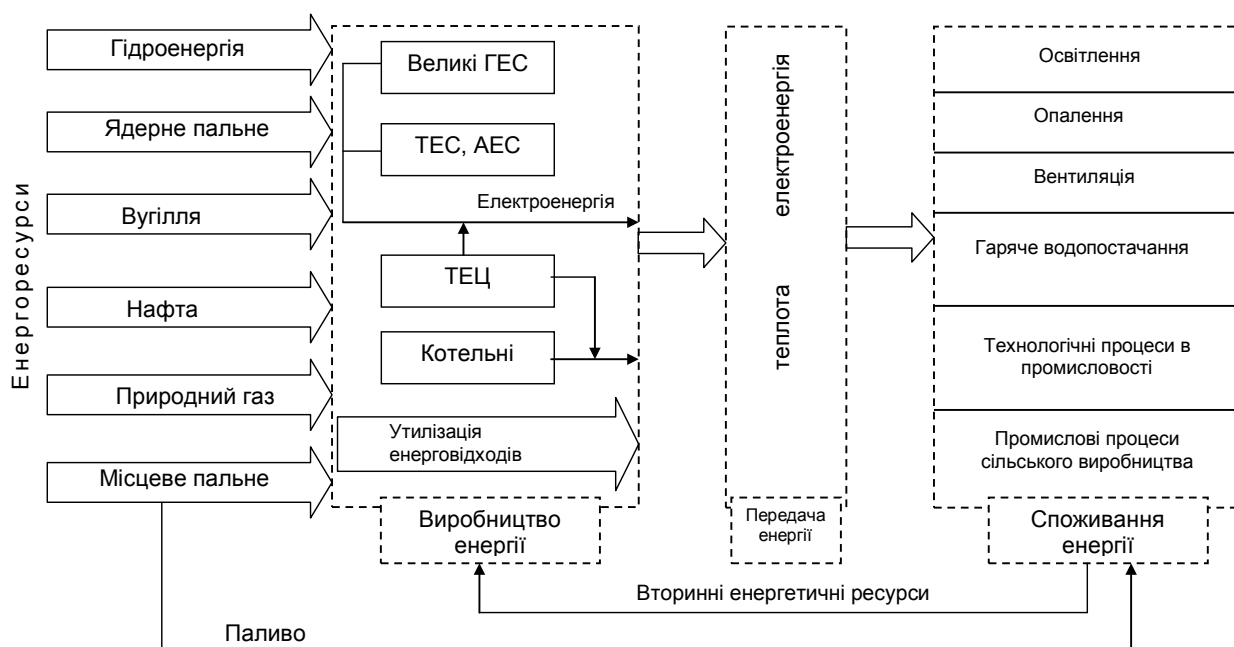
### ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС ПІДПРИЄМСТВА

*Мета роботи:* ознайомитися з видами енергетичного балансу та виконати їх розрахунок.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Система енергопостачання потрібна для надійного задоволення потреб підприємства у необхідних видах енергії належної якості та достатньої кількості. Загальні принципи побудови таких систем однакові для будь яких підприємств та відрізняються тільки кількістю компонентів, які входять до їхнього складу.

Необхідні види енергії та енергоносіїв можуть надходити до підприємства від різних постачальників. Більшість підприємств приєднані до мереж централізованого енергопостачання (рис. 4.1).

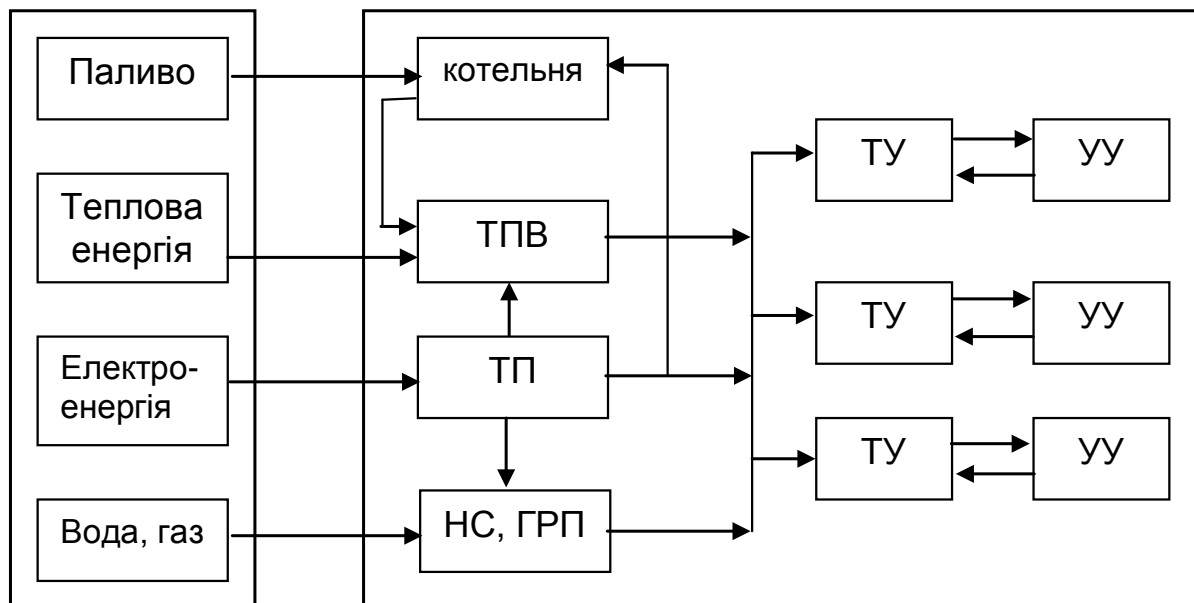


**Рис. 4.1. Система централізованого енергопостачання промислових підприємств:**  
ГЕС – гідроелектростанція; ТЕС – теплова електростанція;  
АЕС – атомна електростанція; ТЕЦ – теплоелектроцентрально

До них належать електроенергія, теплова енергія та органічне паливо. Джерелом енергії також може бути безпосередньо оточуюче середовище з потоками прямої або перетвореної енергії Сонця, а також енергія надр Землі, енергія річок, морів та океанів тощо.

На наступній стадії системи енергопостачання енергетичні потоки при необхідності можуть бути перетворені в інші види енергії або змінювати свої параметри у відповідності з умовами експлуатації пристроїв споживання енергії.

Перетворення енергії здійснюється на ТЕЦ, в котельнях, на компресорних станціях, в холодильних установках, на теплових пунктах, трансформаторних підстанціях та інших об'єктах, які входять до складу підприємства (рис. 4.2).



**Рис. 4.2. Схема енергосистеми промислового підприємства:**  
 ТПВ – тепловузол; ТП – трансформаторна підстанція; НС – насосна підстанція; ГРП – газорегуляторний пункт; ТУ – технологічні установки;  
 УУ – утилізаційні установки

У більшості випадків розміщення джерел енергії (ДЕ) та споживачів не співпадає. Тому енергетичне господарство підприємства повинно мати розгалужену систему передачі та розподілу енергії. В якості ДЕ на підприємствах можуть також виступати енергетичні відходи (вторинні енергетичні ресурси (ВЕР)).

*Основними споживачами енергії на підприємстві є:*

- технологічні споживачі, які безпосередньо пов'язані з виготовленням готової продукції або наданням послуг;
- системи освітлення;
- системи опалення, вентиляції та кондиціонування повітря;
- гаряче та холодне водопостачання.

Технологічні споживачі в залежності від галузі промисловості та сфери послуг суттєво відрізняються один від одного. В цілому енергетичне господарство підприємства представляє собою розгалужену структуру, яка характеризується взаємопов'язаними енергетичними та матеріальними потоками різного виду та призначення.

### **Порядок проведення енергетичного обстеження підприємства**

Обстеження включає в себе отримання загальної характеристики підприємства та даних, які необхідні для оцінки резервів економії енергоресурсів.



Для всебічного аналізу використання ПЕР на підприємстві складають наступні *види енергобалансів*:

- за видом енергоносіїв, які використовуються (паливо, теплова енергія, електрична енергія, механічна енергія);
- за цільовим призначенням, тобто з визначенням витрат на технологію та допоміжні потреби (опалення, вентиляцію, освітлення та ін.);
- за виробничо-територіальними одиницями (цех, ділянка та ін.);
- повний енергетичний баланс (у тепловому еквіваленті) включає в себе всі види енергії, які підлягають перетворенню на підприємстві.

Під час проведення енергетичного обстеження у загальній характеристиці підприємства повинні бути відображені наступні питання:

- номенклатура продукції та фактичні питомі витрати енергоресурсів та її виготовлення за рік, попередній перед проведенням енергетичного обстеження;
- джерела та схема енергопостачання;
- показники добових (взимку та влітку) графіків електричного та теплового навантаження;
- частина енергетичної складової в собівартості продукції;
- організаційна структура енергетичної служби.

Для оцінки ефективності використання енергії проводять обстеження за наступними напрямками:

1. Стан технічного обліку:

- способи обліку (розрахунковий, приладний, досвідно-розрахунковий);
- форми отримання, обробки та представлення інформації про контроль витрат енергії за цехами, ділянками, енергоємними агрегатами;
- відповідність схеми обліку енергії структурі норм;
- оснащення приладами витрат ПЕР.

2. Стан нормування:

- наявність на підприємстві затверджених норм витрат енергоресурсів;
- фактична структура норм у відповідності її технології та організації виробництва;
- динаміка норм та питомих витрат за три роки до обстеження.

3. Визначення резервів економії енергетичних ресурсів згідно з результатами обстежень обладнання та технологічних процесів, а також стану використання ВЕР.

За результатами проведення енергетичного обстеження підприємства складають перелік організаційно-технічних заходів (ОТЗ) з економії палива та

енергії. Системний підхід до аналізу енергоефективності технологічних процесів припускає виділення ієрархічних рівнів підпорядкування енерготехнологічних елементів систем енергопостачання та використання енергії промислового підприємства (рис. 4.3).

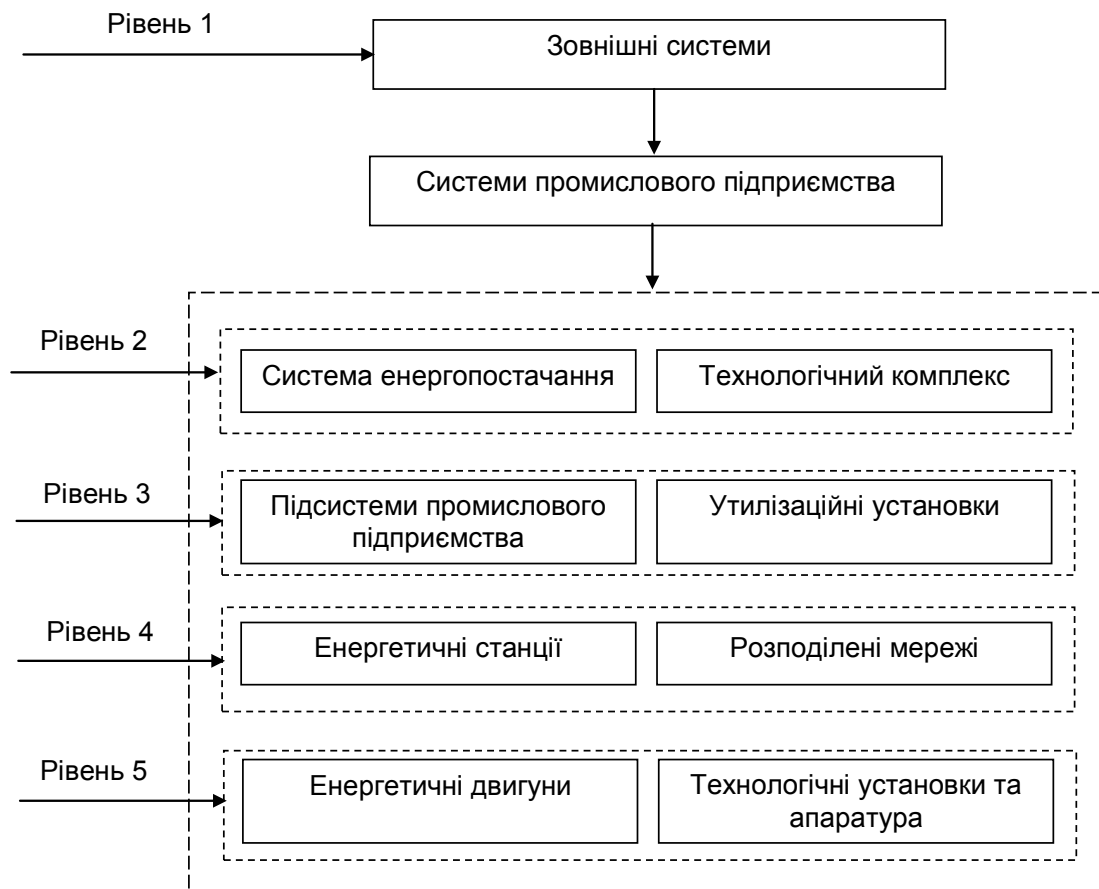


Рис. 4.3. Рівні ієрархії енергосистеми промислового підприємства

### Розрахунковий аналіз енергетичних балансів

Розрахунковий аналіз витрат електричної енергії може бути виконаний на основі наступних співвідношень:

1. Витрата електроенергії на технологічні установки, кВт · год:

$$W = N_H \cdot k_B \cdot t, \quad (4.1)$$

де  $N_H$  – номінальна потужність електродвигуна технологічної установки, кВт;  $k_B$  – коефіцієнт використання потужності електродвигуна;  $t$  – інтервал часу, год.

2. Витрата електроенергії на освітлення, кВт · год:

$$W_c = \left( \frac{E_j \cdot S_j \cdot z}{C_j} \right) \cdot t_j \cdot 10^{-3}, \quad (4.2)$$

де  $E_j$  – норма освітлення в  $j$ -му приміщенні, лк (люкс – одиниця

вимірювання освітлення);  $S_j$  - площа  $j$ -го приміщення,  $\text{м}^2$ ;  $z$  - коефіцієнт нерівномірності освітлення, приймає значення від 1,1 до 1,15;  $t_j$  - час роботи освітлювального приладу в  $j$ -му приміщенні, год.;  $C_j$  - світлова віддача освітлювального приладу,  $\text{лм} / \text{Вт}$  (люмен - одиниця вимірювання світлового потоку), визначається за допомогою співвідношення:

$$C_j = \left( \frac{\Phi}{N_C} \right) \cdot n_c, \quad (4.3)$$

де  $\Phi$  - світловий потік лампи освітлювального приладу,  $\text{лм}$ ;  $N_C$  - номінальна потужність лампи,  $\text{Вт}$ ;  $n_c$  - ККД освітлювального приладу.

### **Розрахунковий аналіз теплової енергії**

Цей аналіз енергетичного балансу може бути виконаний на основі наступних співвідношень:

- *вміст хімічної енергії, теплота фазових перетворень, Гкал:*

$$Q_{\Pi} = M \cdot r \cdot 10^{-6}, \quad (4.4)$$

де  $M$  - витрата матеріального потоку за інтервал часу (години, рік), що розглядається,  $\text{кг}$  або  $\text{м}^3$ ;  $r$  - питома хімічна енергія, енергія фазових перетворень,  $\text{ккал} / \text{кг}$  або  $\text{ккал} / \text{м}^3$ .

- *тепловий вміст матеріальних потоків, Гкал:*

$$Q_M = M \cdot c \cdot T \cdot 10^{-6}, \quad (4.5)$$

де  $c$  - масова або об'ємна питома теплоємність матеріального потоку  $M$ ,  $\text{ккал} / (\text{кг} \cdot \text{град})$  або  $\text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$ ;  $T$  - температура потоку,  $^{\circ}\text{C}$ .

- *витрата теплоти на опалення, Гкал:*

$$Q_{OT} = q_o \cdot V \cdot (T_{YC} - T_{ЗОВ}) \cdot t \cdot 10^{-6}, \quad (4.6)$$

де  $q_o$  - об'ємна опалювальна характеристика об'єкта,  $\text{ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot ^{\circ}\text{C})$ ;  $V$  - зовнішній об'єм об'єкту,  $\text{м}^3$ ;  $T_{YC}$ ,  $T_{ЗОВ}$  - температури усередині та зовні об'єкту,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $t$  - інтервал часу, що розглядається, год.

- *витрата тепла на вентиляцію, Гкал:*

$$Q_B = q_B \cdot V_B \cdot (T_{YC} - T_{ЗОВ}) \cdot t_B \cdot 10^{-6}, \quad (4.7)$$

де  $q_B = m \cdot c_B \cdot (V_B / V)$ ;  $m$  - кратність повітрообміну,  $1 / \text{год}$ ;  $c_B$  - об'ємна питома теплоємність повітря,  $\text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot ^{\circ}\text{C})$ ;  $V_B$  - об'єм, який вентилують,  $\text{м}^3$ .

- *втрати теплоти разом з димовими газами, Гкал:*

$$Q_{дг} = V_{дг} \cdot c_{дг} \cdot T_{дг} \cdot 10^{-6}, \quad (4.8)$$

де  $V_{дг}$  – вихід димових газів на  $1 \text{ м}^3$  газоподібного або  $1 \text{ кг}$  твердого палива,  $\text{м}^3 / \text{м}^3$  або  $\text{м}^3 / \text{кг}$ ;  $c_{дг}$  – об’ємна питома теплоємність димових газів,  $\text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$ ;  $T_{дг}$  – температура димових газів,  $^\circ\text{C}$ .

- *тепловий еквівалент електричної енергії, Гкал:*

$$Q = W \cdot 0.86 \cdot 10^{-3}, \quad (4.9)$$

де  $W$  – підведена (споживана) електрична енергія на протязі інтервалу часу, що розглядається,  $\text{кВт} \cdot \text{год}$ .

## ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Виконати розрахунковий аналіз енергетичних балансів підприємства:

- витрат електричної енергії;
- теплової енергії.

### Варіанти завдань

Параметри	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$N_H$ , Вт	800	5000	1760	923	1600	900	1500	2200	3600	2150
$k_B$	0,9	0,4	0,85	0,77	0,66	0,8	0,33	0,45	0,54	0,7
$t$ , год.	8..12	7..15	7..10	7..12 13..17	8..10 11..15	8..17	9..18	9..12 14..18	10..18	8..14 15..19
$E_{j_2}$ , ЛК	50	30	50	40	30	50	35	45	55	60
$S_{j_2}$ , $\text{м}^2$	100	80	120	153	205	180	94	200	153	162
$z$	1,1	1,12	1,13	1,15	1,14	1,133	1,125	1,15	1,143	1,124
$t_{j_2}$ , год.	15	9	7	12	10	6	11	12	13	8
$\Phi$ , лм	1550	1600	1000	1630	790	1000	1550	1630	1000	1600
$N_C$ , Вт	100	150	75	200	60	75	100	200	75	150
$n_c$	15	10	17	5	20	17	15	5	17	10
$M_2$ , $\text{м}^3$	65	15	28	31	49	55	79	62	40	18
$r$ , $\text{ккал} / \text{м}^3$	20	25	18	19	21	16	22	19	23	17
$c$ , $\text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$	0,41	0,406	0,45	0,5	0,47	0,42	0,44	0,49	0,46	0,43
$T$ , $^\circ\text{C}$	30	55	60	77	45	46	39	42	43	55
$q_o$ , $\text{ккал} / (\text{м}^2 \cdot \text{год} \cdot \text{град})$	0,9	0,85	1,7	2,3	2,4	3,1	2,5	3,2	3,5	4
$V$ , $\text{м}^3$	1000	800	1200	1530	2050	1800	940	2000	1530	1620
$T_{yc}$ , $^\circ\text{C}$	20	18	23	25	19	21	28	22	24	27
$T_{зоб}$ , $^\circ\text{C}$	13	10	18	17	5	15	14	18	10	16
$t_B$ , год.	10	8	5	9	11	15	12	6	14	7
$m$ , л / год.	5	3	8	7	2	4	6	2	4	5
$c_B$ , $\text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$	0,024	0,24	0,24	0,024	0,024	0,24	0,24	0,024	0,024	0,24
$V_B$ , $\text{м}^3$	1000	800	1200	1530	2050	1800	940	2000	1530	1620
$V_{дг}$ , $\text{м}^3 / \text{кг}$	10	5	12	22	18	12	11	16	20	22
$c_{дг}$ , $\text{ккал} / (\text{м}^3 \cdot \text{град})$	0,38	0,41	0,42	0,45	0,46	0,48	0,49	0,46	0,42	0,45
$T_{дг}$ , $^\circ\text{C}$	0	100	200	300	400	500	600	400	200	300
$W$ , Вт	1200	800	2500	3000	1660	5420	4200	1100	930	2250

## КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Які види енергії та енергоносіїв можуть надходити до підприємства?
2. Назвіть основних споживачів енергії на підприємствах?
3. Які види енергобалансів Ви знаєте?
4. Що називається загальною характеристикою підприємства (стосовно енергетичного балансу)?
5. За якими напрямленнями проводять обстеження для оцінки ефективності використання енергії?
6. Поясніть ієрархічні рівні систем енергопостачання?
7. Дайте визначення наступним поняттям: номінальна потужність, номінальний струм, питома теплоємність, частота електричного струму?
8. Показники якості електричної енергії?
9. Дайте визначення надійності системи енергопостачання?
10. Що таке кратність повітрообміну?

## СКЛАД ЗВІТУ:

1. Титульний аркуш.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Теоретичні відомості.
5. Завдання до виконання роботи (згідно з варіантом).
6. Результати виконання завдання.
7. Висновки.

Звіт з практичної роботи повинен бути виконаний на аркушах формату А4 (297×210 мм).

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №5

### ВИБІР ПЛАВКИХ ЗАПОБІЖНИКІВ, АВТОМАТІВ, ПЕРЕРІЗУ ПРОВОДІВ І КАБЕЛІВ ЗА ДОПУСТИМИМ НАГРІВАННЯМ

*Мета роботи:* навчитися вибирати переріз проводів за умовами нагрівання та апарати для захисту проводок від перенавантаження та короткого замикання.

### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

Під час протікання проводом електричного струму він нагрівається до температури, за якої кількість теплоти, яку одержує провід, дорівнює кількості теплоти, яка віддається його поверхнею у навколишнє середовище. Температура проводу не повинна перевищувати (згідно з діючими правилами улаштування електроустановок):

70 °С – для неізолюваних проводів;

55 °С – для проводів зі звичайною гумовою ізоляцією;

65 °С – для проводів з гумовою теплостійкою ізоляцією;

70 °С – для проводів з полівінілхлоридною ізоляцією.

Для кабелів з паперовою ізоляцією у металевій оболонці:

80 °С – за напруги 3 кВ; 65 °С – за напруги 6 кВ; 60 °С – за напруги 10 кВ;

50 °С – за напруг відповідно 20 та 35 кВ.

Під час розрахунків необхідно визначити струм, який можна пропустити через провід за заданих умов, так щоб його температура не перевищила допустиму.

Під час короткого замикання (КЗ) або перевантажень, коли струм у проводі перевищує номінальні значення, провід повинен автоматично відключатися, інакше може загорітися ізоляція. Для автоматичного відключення проводу у випадках перевищення встановлених значень струму застосовують апарати захисту – плавкі запобіжники, автоматичні вимикачі та ін. Якщо проводи захищені запобіжниками або автоматами, то розрахунок електричної мережі починають з вибору апаратів захисту.

### **Вибір перерізу проводів та кабелів, які захищаються плавкими запобіжниками, за допустимим нагріванням**

Плавкі запобіжники вибирають за наступними параметрами:

1. За номінальною напругою:

$$U_{н\ зап} \geq U_{н\ мер}, \quad (5.1)$$

де  $U_{н\ мер}$  – номінальна напруга мережі, В.

2. За номінальним струмом плавкої вставки.

Плавка вставка запобіжника для захисту окремого струмоприймача вибирається більшою із двох умов:

умова 1

$$I_{\sigma} \geq I_p, \quad (5.2)$$

де  $I_p$  – тривалий робочий струм лінії, А;

Для електродвигуна:

$$I_p = \kappa_3 \cdot I_n = \kappa_3 \cdot \frac{P_n}{\sqrt{3}U_n \cdot \cos \varphi_n \cdot \eta_n}, \quad (5.3)$$

де  $\kappa_3$  – коефіцієнт завантаження;  $P_n$  – номінальна потужність

електродвигуна, кВт;  $U_H$  – номінальна напруга мережі, кВ;  $\cos\varphi_H$  – коефіцієнт потужності під час номінального завантаження;  $\eta_H$  – к.к.д. електродвигуна під час номінального завантаження.

*Для освітлювального навантаження:*

$$I_P = \frac{P_l}{\sqrt{3}U_H}, \quad (5.4)$$

де  $P_l$  – освітлювальне навантаження лінії, кВт.

*умова 2*

$$I_\theta \geq \frac{I_{max}}{\alpha}, \quad (5.5)$$

де  $I_{max}$  – максимальний струм лінії обумовлений запуском електродвигуна, А;  $\alpha$  – коефіцієнт, що враховує умови пуску електродвигунів;  $\alpha = 2,5$  під час легкого пуску (5...10 с),  $\alpha = 1,6...2,0$  під час важкого пуску електродвигуна (до 40 с).

*Для лінії, що живить один електродвигун:*

$$I_{max} = I_{пуск} = \kappa_i \cdot I_H, \quad (5.6)$$

де  $\kappa_i$  – кратність пускового струму електродвигуна.

*Для мережі, яка живить групу струмоприймачів умова 1 (5.2) записується так:*

$$I_\theta \geq k_0 \cdot \sum I_{pi}, \quad (5.7)$$

де  $k_0$  – коефіцієнт одночасності.

*Для групи струмоприймачів, серед яких є електродвигуни:*

$$I_{max} = k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{пуск1}, \quad (5.8)$$

де  $I_{пуск1}$  – пусковий струм одного електродвигуна, під час пуску якого максимальний струм у лінії буде найбільшим, А;  $\sum I_{p(n-1)}$  – сума тривалих робочих струмів інших споживачів, без врахування електродвигуна з найбільшим пусковим струмом, А.

Тоді умова 2 (5.5) буде мати вигляд:

$$I_\theta \geq \frac{k_0 \cdot \sum I_{p(n-1)} + I_{пуск1}}{\alpha}, \quad (5.9)$$

*Умова селективності:* необхідно, щоб номінальний струм плавкої

вставки кожного наступного запобіжника (за напрямком до джерела живлення) був на один (два) східці більшим від номінального струму плавкої вставки попереднього запобіжника.

Після того, як визначили номінальний струм плавкої вставки, вибирають відповідний йому переріз проводу. Вибір перерізу проводу залежить від того, чи буде він захищатися плавкою вставкою лише від КЗ чи й також від перевантаження.

Від перевантаження необхідно захищати:

- всі мережі у вибухонебезпечних приміщеннях;
- освітлювальні мережі в житлових та суспільних приміщеннях, у торгових та службово-побутових приміщеннях виробничих підприємств та у пожежонебезпечних зонах;
- мережі будь якого призначення, що виконані за допомогою проводів з горючою ізоляцією, які прокладені відкрито;
- силові мережі промислових підприємств, житлових, громадських і торговельних приміщень, в яких за умовами технологічного процесу або режиму роботи можуть виникати тривалі перевантаження.

Якщо мережу необхідно захистити від короткого замикання та перевантаження, то *допустимий струм проводів з полівінілхлоридною, гумовою та аналогічною ізоляцією* визначається так:

$$I_{\text{дон}} \geq 1,25 \cdot I_{\text{с}}, \quad (5.10)$$

де  $I_{\text{дон}}$  – допустимий струм проводу, А.

*Для кабелів з паперовою ізоляцією* допускається:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{с}}, \quad (5.11)$$

Якщо проводку необхідно захищати лише від струмів КЗ, тоді:

$$I_{\text{дон}} \geq 0,33 \cdot I_{\text{с}}, \quad (5.12)$$

За значенням допустимого розрахункового струму та способу прокладки проводу за таблицями ПУЕ визначають значення допустимого табличного струму та відповідний йому стандартний переріз проводу або кабелю [2-4, 6, 7]. Допустимі струми проводів і кабелів наведені для температури повітря +25 °С та температури землі +15 °С.

Вибраний провід перевіряють на тривалий робочий струм мережі:

$$I_{\text{дон}} \geq I_{\text{р}}, \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_{\text{р}}, \quad (5.13)$$

де  $k_t$  – поправочний температурний коефіцієнт.

Переріз нульового проводу повинен становити не менше 50% від перерізу фазного проводу (може бути нижчим на один східець).



## Вибір перерізу проводів та кабелів, які захищаються автоматами, за допустимим нагріванням

Автоматичний вимикач вибирають за наступними умовами:

- тип автомату,
- за номінальною напругою автомату:

$$U_{н.авт} \geq U_{н.мер}, \quad (5.14)$$

- за номінальним струмом автомату:

$$I_{н.авт} \geq I_p, \quad (5.15)$$

- за номінальним струмом теплового роз'єднувача автомату:

$$I_{н.т.р.} \geq 1,25 I_p, \quad (5.16)$$

- за струмом спрацювання електромагнітного роз'єднувача (відсічки):

$$I_{с.ем.р.} \geq 1,25 I_{max}; \quad (5.17)$$

$I_{max}$  визначається за формулами (5.6) або (5.8).

$$I_{с.ем.р.} = k_{відс} I_{н.т.р.}, \quad (5.18)$$

де  $k_{відс}$  – кратність відсічки (паспортна характеристика).

Під час захисту проводів від перенавантажень та КЗ згідно з ПУЕ необхідно виконувати наступні умови:

1) під час захисту автоматами, які мають лише електромагнітний роз'єднувач, допустимий струм проводів з полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією визначають за умовою:

$$I_{дон} \geq 1,25 \cdot I_{y.a}, \quad (5.19)$$

де  $I_{y.a}$  – струм уставки автоматичного вимикача, А.

2) під час захисту автоматами, які мають лише електромагнітний роз'єднувач і працюють у вибухобезпечних виробничих приміщеннях, допустимий струм проводів з полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією допускається визначати за умовою:

$$I_{дон} = I_{y.a}, \quad (5.20)$$

Умову (5.20) необхідно також виконувати у наступних випадках:

- для кабелів з паперовою ізоляцією, які захищаються автоматами лише з електромагнітним роз'єднувачем;
- для провідників усіх марок та вимикачів з нерегульованими тепловими роз'єднувачами, з відсіканням або без нього;
- для проводів з полівінілхлоридною та гумовою ізоляцією з вимикачами, які мають регульований тепловий роз'єднувач.

3) для кабелів із паперовою ізоляцією та ізоляцією з вулканізованого поліетилену, які захищаються вимикачами із регульованим тепловим роз'єднувачем допустимий струм визначають за умовою:

$$I_{\text{доп}} = 0,8 I_{y.a}, \quad (5.21)$$

На відгалуженнях до електродвигунів з короткозамкненим ротором у вибухобезпечних зонах необхідно виконувати умову:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.дв}}, \quad (5.22)$$

а у вибухонебезпечних зонах:

$$I_{\text{доп}} \geq 1,25 I_{\text{н.дв}}, \quad (5.23)$$

Якщо проводи необхідно захищати тільки від КЗ, то допустимий їх струм визначають за наступними умовами:

– для автоматів з тепловим нерегульованим роз'єднувачем:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.т.р.}}, \quad (5.24)$$

– для автоматів з тепловими регульованим роз'єднувачем:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,8 \cdot I_{\text{н.т.р.}}, \quad (5.25)$$

– для автоматів, які мають лише електромагнітний роз'єднувач:

$$I_{\text{доп}} \geq 0,22 \cdot I_{\text{с.ем.р.}}, \quad (5.26)$$

Вибраний переріз проводів повинен задовольняти умови (5.13):

$$I_{\text{доп}} \geq I_p, \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_p.$$

Для відгалужень до електродвигунів:

$$I_{\text{доп}} \geq I_{\text{н.дв}}, \quad \text{або} \quad I_{\text{табл}} k_t \geq I_{\text{н.дв}}.$$

Вибрані захисні апарати повинні бути перевірені за умовами чутливості за наступними співвідношеннями:

*Для плавких запобіжників та автоматів з тепловим роз'єднувачем:*

$$\frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{в}}} \geq 3, \quad \frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{н.т.р.}}} \geq 3 \quad (5.27)$$

*Для автоматів з електромагнітним роз'єднувачем:*

$$\frac{I_{\text{к}}^{(1)}}{I_{\text{с.ем.р.}}} \geq 1,25 \dots 1,4 \quad (5.28)$$

1,25 – для  $I_{н.а.} > 100 A$ ; 1,4 для  $I_{н.а.} \leq 100 A$ .

### Приклад

У майстерні встановлені електродвигуни та освітлювальні установки. Двигуни працюють без довгочасних перенавантажень. Лінія ТП-РЩ1 (рис. 5.1) прокладена кабелем з паперовою ізоляцією у каналі при  $t_{01} = 20^{\circ}C$ . На інших ділянках проводка виконана проводом АПРН в трубах. Двигун М2 та освітлювальне навантаження захищені плавкими запобіжниками, інші споживачі – автоматами. Температура у приміщенні майстерні  $t_{02} = 30^{\circ}C$ . Напруга мережі 380 В. Коефіцієнт одночасності на ділянці ТП-РЩ1 прийміть рівним 0,9. Параметри споживачів електроенергії наведені в табл. 5.1.

Вибрати параметри захисних апаратів та переріз проводів і кабелю за умовами нагрівання.

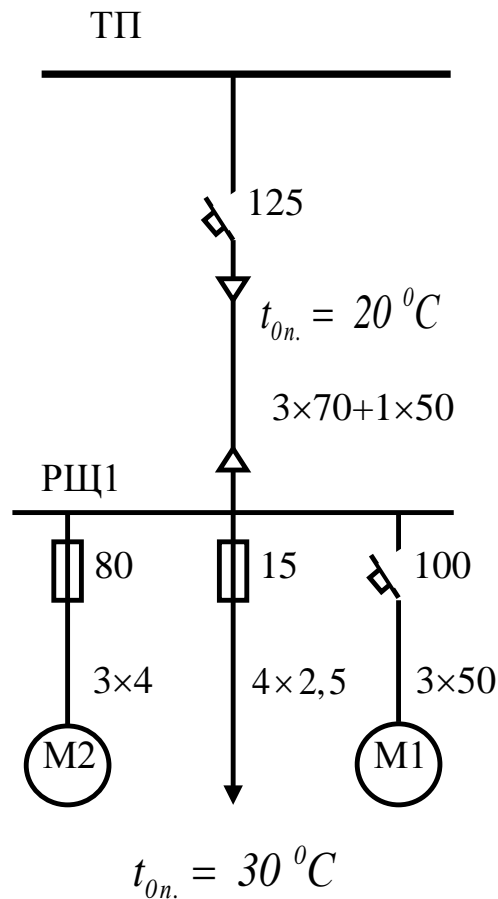


Рис. 5.1. Розрахункова схема мережі

**Таблиця 5.1. Параметри споживачів електроенергії**

Параметр	Споживач		
	М1	М2	Л
Рн дв, кВт	55	15	8
Тип	ф. ротор	к.з. ротор	
Кі	1,5	7	1
$\eta_n$	0,84	0,89	1
$\cos \varphi_n$	0,88	0,9	1
Кз	0,85	1,0	1

Розв'язок:

Ділянка РЩ1-М1.

1. Визначаємо номінальний струм електродвигуна М1:

$$I_H = \frac{P}{\sqrt{3} \cdot U_n \cdot \eta_n \cdot \cos \varphi_n} = \frac{55}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,84 \cdot 0,88} = 113 \text{ A}.$$

2. Робочий (розрахунковий) струм лінії:

$$I_p = k_3 \cdot I_H = 0,85 \cdot 113 = 96 \text{ A}.$$

3. Вибираємо тип автоматичного вимикача: ВА51.

4. Номінальна напруга автомату:

$$U_{н.авт} = 660 \text{ В} \geq U_{н.мер} = 380 \text{ В}.$$

5. Номінальний струм автомату:

$$I_{н.авт} = 100 \text{ А} > I_p = 96 \text{ А}.$$

6. Номінальний струм теплового роз'єднувача:

$$\text{умова 1 } I_{н.т.р.} = 100 \text{ А} > I_p = 96 \text{ А}.$$

$$\text{умова 2 } I_{max} = \kappa_i \cdot I_n = 1,5 \cdot 113 = 170 \text{ А}.$$

$$I_{н.т.р.} = 100 \geq \frac{I_{max}}{\alpha} = \frac{170}{2,5} = 68 \text{ А}.$$

7. Струм спрацювання електромагнітного роз'єднувача:

$$I_{с.ем.р.} = 7 \cdot I_{н.т.р.} = 7 \cdot 100 = 700 \text{ А}.$$

$$I_{с.ем.р.} = 700 \text{ А} > 1,25 \cdot I_{max} = 1,25 \cdot 170 = 213 \text{ А}.$$

8. Допустимий струм для проводу АПРН (три одножильних прокладені в трубі) при захисті лише від КЗ:

$$I_{дон} \geq 0,22 \cdot I_{с.ем.р.} = 0,22 \cdot 700 = 154 \text{ А}.$$

$$F = 50 \text{ мм}^2, I_{\text{табл}} = 130 \text{ А}, \kappa_t = 0,91.$$

$$\kappa_t \cdot I_{\text{табл}} = 0,91 \cdot 130 = 118 > I_{\text{н.дв}} = 113 \text{ А}.$$

На ділянці РЩ1-М1 приймаємо автоматичний вимикач ВА51-31-34. Лінію виконуємо проводом АПРН 3×50, який прокладений у трубі.

Ділянка РЩ1-М2.

$$1. \quad I_n = \frac{15}{\sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot 0,89 \cdot 0,9} = 28,5 \text{ А}.$$

$$2. \quad I_p = \kappa_3 \cdot I_n = 1 \cdot 28,5 = 28,5 \text{ А}.$$

3. Запобіжник типу ПН2-100.

$$4. \quad U_{\text{н.зан}} = 380 \text{ В} = U_{\text{н.мер}} = 380 \text{ В}.$$

$$5. \quad I_{\text{н.зан}} = 100 \geq 28,5 \text{ А}.$$

$$6. \quad I_g \geq 28,5 \text{ А}.$$

$$I_g \geq \frac{I_{\text{max}}}{\alpha} = \frac{7 \cdot 28,5}{2,5} = 79,8 \text{ А}. \quad I_g = 80 \text{ А}.$$

$$7. \quad I_{\text{дон}} \geq 0,33 \cdot I_g = 0,33 \cdot 80 = 26,4 \text{ А}.$$

$$F = 4 \text{ мм}^2, \quad I_{\text{табл}} = 28 \text{ А}, \quad \kappa_t = 0,91$$

$$\kappa \cdot I_{\text{табл}} = 0,91 \cdot 28 = 25,5 < I_{\text{н.дв}} = 28,5 \text{ А}.$$

На ділянці РЩ1-М2 приймаємо запобіжник ПН2-100,  $I_g = 80 \text{ А}$ . Лінію виконуємо проводами АПРН 3×4, які прокладені у трубі.

Ділянка РЩ1-Л.

$$1. \quad I_n = I_p = \frac{8}{\sqrt{3} \cdot 0,38} = 12,2 \text{ А}.$$

2. Запобіжник типу ПН2-100.

$$3. \quad U_{\text{н.зан}} = 380 \text{ В} = U_{\text{н.мер}} = 380 \text{ В}.$$

$$4. \quad I_{\text{н.зан}} = 100 \geq 12,2 \text{ А}.$$

5.  $I_{\epsilon} = 15A.$

6.  $I_{\text{дон}} = 1,25 \cdot I_{\epsilon} = 1,25 \cdot 15 = 18,75A.$

$$F = 2,5\text{мм}^2, I_{\text{табл}} = 19A, \kappa_t = 0,91.$$

$$\kappa_t \cdot I_{\text{табл}} = 0,91 \cdot 19 = 17,29 > I_p = 12,2A.$$

На ділянці РЩ1-4 приймаємо запобіжник ПН2-100,  $I_{\epsilon} = 15A$ . Лінію виконуємо проводами АПРН 4×4, які прокладені у трубі.

#### Ділянка ТП-РЩ1

1.  $I_p = m \cdot \sum I_p = 0,9 \cdot (96 + 28,5 + 12,2) = 123A.$

2.  $I_{\text{max}} = \sum I_{p(n-1)} + I_{\text{пуск}} = (28,5 + 12,2) + 1,5 \cdot 113 = 210,2A.$

3. Приймаємо автомат ВА51.

4.  $U_{\text{н.авт}} = 660B \geq U_{\text{н.мер}} = 380B.$

5.  $I_{\text{н.авт}} = 160A > I_p = 123A.$

6.  $I_{\text{н.т.р.}} = 125A > I_p = 123A.$

7.  $I_{\text{с.ем.р.}} = 10 \cdot I_{\text{н.т.р.}} = 10 \cdot 125 = 1250A > 1,25 \cdot 210,2 = 262,8A.$

8.  $I_{\text{дон}} = I_{\text{н.т.р.}} = 125A.$

$$F = 70\text{мм}^2, I_{\text{табл}} = 140A, K_t = 1,04.$$

$$K_t \cdot I_{\text{табл}} = 1,04 \cdot 140 = 146 > I_p = 123A.$$

На ділянці ТП-РЩ1 приймаємо автоматичний вимикач ВА51-33-34. Лінію виконуємо кабелем СБ 3×70 + 1×50, який прокладений у каналі.

### ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

У приміщенні встановлені електродвигуни з КЗ ротором та освітлювальні установки. Двигун М1 працює без перевантаження, М2 – з перевантаженням. Лінія ТП-РЩ1 (рис. 5.1) прокладена кабелем у землі при  $t_{01}, ^\circ\text{C}$ .

На інших ділянках електрична лінія виконана проводом АПВ у трубах. Освітлювальні навантаження Л1, Л2 захищені плавкими запобіжниками, інші споживачі – автоматами. Температура у приміщені  $t_{02}, ^\circ\text{C}$ .

Напруга мережі 380 В. Коефіцієнт одночасності на ділянці ТП-РЩІ –  $k_0$ . Параметри споживачів електроенергії та вихідні дані (згідно з варіантом) для розрахунку наведені у табл. 5.2.

Виберіть параметри захисних апаратів та перерізи проводів і кабелю за умовами нагрівання.

### Варіанти завдань

Таблиця 5.2. Розрахункові параметри мережі

Параметр	Варіант													
	1		2		3		4		5		6		7	
	М1	М2	М1	Л1	М2	Л2	М1	Л2	М2	Л1	М1	М2	М1	Л2
Приміщ.	Споживач 1		Споживач 2		Споживач 3		Споживач 4		Споживач 5		Споживач 6		Споживач 7	
Рн, кВт	11	10	15	8	18,5	11	30	11	11	12	22	30	18,5	6
Кі	7,5	7,5	7	1	7	1	7,5	1	6,5	1	6,5	6,5	6,5	1
$\eta_n$	0,88	0,89	0,88	1	0,89	1	0,85	1	0,87	1	0,9	0,91	0,88	1
$\cos \varphi_n$	0,9	0,89	0,89	1	0,9	1	0,91	1	0,82	1	0,86	0,86	0,85	1
Кз	0,8	1	1	1	1	1	0,89	1	1	1	0,9	1	1	1
$k_0$	0,85		0,9		0,95		0,95		0,85		0,9		0,95	
$t_{01}, ^\circ\text{C}$	15		20		10		15		20		10		20	
$t_{02}, ^\circ\text{C}$	20		25		15		25		30		20		25	

### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Допустимі температури нагрівання проводів та кабелів.
2. Умови вибору плавких запобіжників для захисту одиночного струмоприймача.
3. Умови вибору плавких запобіжників для захисту групи струмоприймачів.
4. Умови вибору автоматичних вимикачів.
5. Як вибирається переріз проводу за умовами нагрівання?
6. За якими умовами перевіряється вибраний переріз проводів?
7. Умови перевірки чутливості захисних апаратів?

8. Які поправочні коефіцієнти враховуються під час розрахунку проводів за умовами нагрівання?

### СКЛАД ЗВІТУ:

1. Титульний аркуш.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Теоретичні відомості.
5. Завдання до виконання роботи згідно з варіантом.
6. Результати виконання завдання.
7. Висновки.

Звіт з практичної роботи повинен бути виконаний на аркушах формату А4 (297×210 мм).

## ПРАКТИЧНА РОБОТА №6

### ЕНЕРГЕТИЧНЕ ПЛАНУВАННЯ. ОЦІНКА ТА АНАЛІЗ РИЗИКІВ ПІД ЧАС ПЛАНУВАННЯ КАПІТАЛОВКЛАДЕНЬ НА РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ ДЖЕРЕЛ

*Мета роботи:* вивчити підходи до енергетичного планування, схему побудови енергетичного плану підприємства. Визначити основні показники ефективності інвестиційних проєктів.

#### ТЕОРЕТИЧНІ ВІДОМОСТІ

**Енергетичне планування (ЕП)** включає в себе:

- процес планування, тобто систематичний збір та аналіз інформації відповідно «попиту / пропозиції» енергії;
- побудову плану розвитку енергетичних джерел.

*Основна концепція ЕП* – забезпечення аналітичною інформацією осіб, які приймають рішення на різних рівнях відповідальності.

*Системний підхід до ЕП* включає наступну послідовність основних кроків:

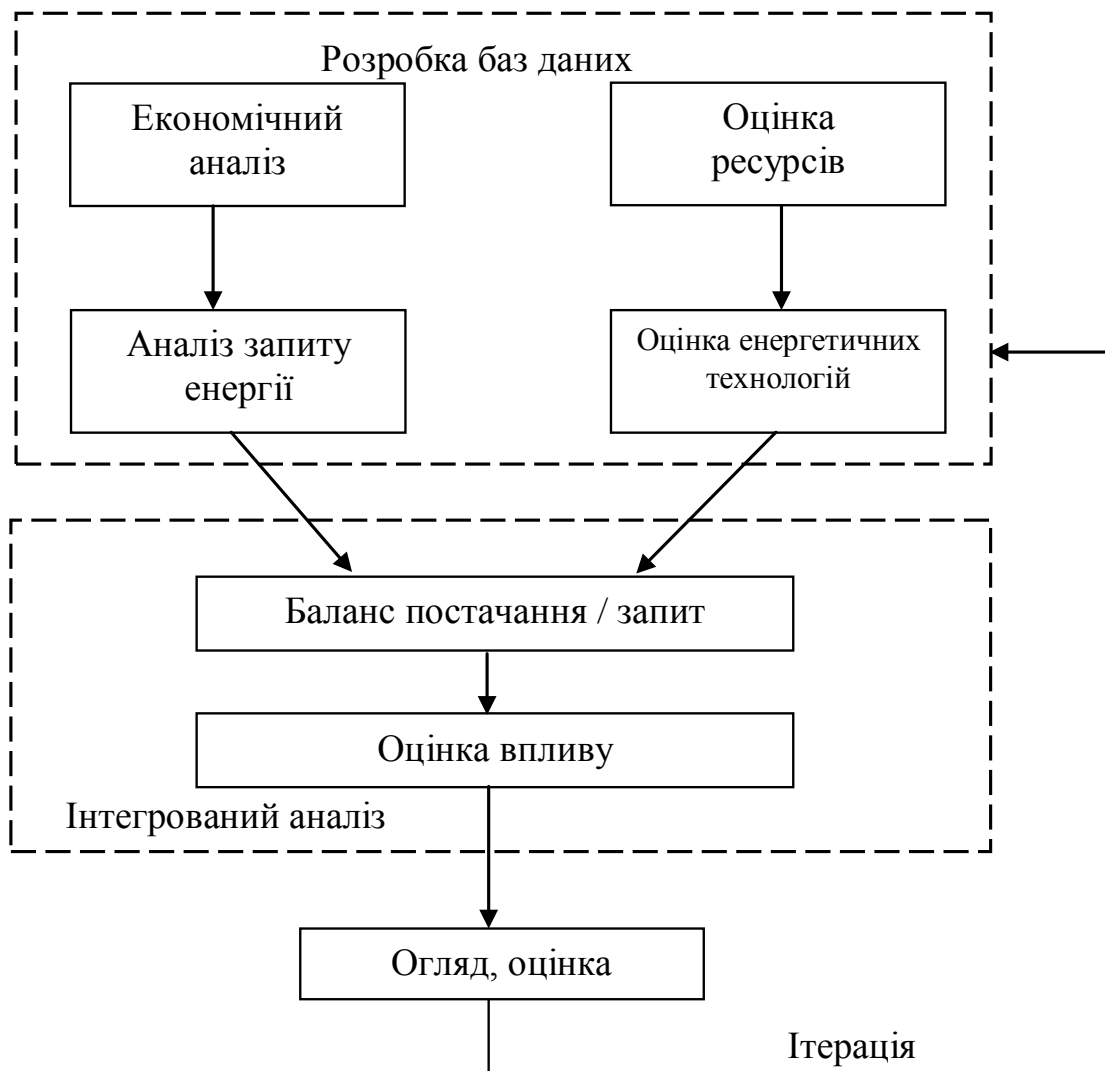
- визначення мети плану;
- визначення підходу, який необхідно прийняти;
- збір та ідентифікація вихідної інформації, яка необхідна для процесу планування;
- вибір методу аналізу;
- проведення інтегрованого аналізу;
- попередня побудова плану розвитку енергетичних джерел;
- реформування інформації для осіб, які приймають рішення;
- побудова плану розвитку енергетичних джерел.



На рис. 6.1 наведено послідовність типових задач ЕП, яка представляє собою частину динамічного процесу планування, тобто кожний послідовних крок може виконуватись декілька разів перед переходом до наступного.

*Енергетичне планування виконують для:*

- розвитку системи постачання енергією;
- максимальної надійності та безпеки енергетичних джерел;
- забезпечення розмаїття енергетичних джерел, гнучкості енергосистем, зменшення залежності від ПЕР, які закупаються на енергоринках, а також максимальне використання відновлюваних енергоресурсів;
- мінімізації впливу на довкілля.



**Рис. 6.1.** Типова послідовність задач енергетичного планування

*Інформаційна база ЕП* включає в себе: деталізовану технічну інформацію; інформацію для прийняття рішень.

*Деталізована технічна інформація* необхідна спеціалістам (інженерам, економістам та ін.) для оцінки технічної та економічної життєздатності різних варіантів плану (різних енергетичних проєктів) та включає в себе

характеристики енергетичної ефективності, технічної доцільності та оптимальності рішень, які приймаються.

В процесі формування вихідної інформаційної бази виникає необхідність визначення *базисного року*. Базисний рік повинен задовольняти ряду вимог, основними з яких є:

- необхідний для відповідного рівня планування обсяг інформації;
- достовірність інформації;
- наближеність (наскільки це можливо) до поточного року та його «нормальність».

Зазвичай у якості базисного року приймають осереднення статистичної інформації за декілька років.

*Інформація для прийняття рішення* відрізняється від деталізованої інформації тим, хто підготує подібну інформацію. Тобто, особи, які приймають рішення на відповідному рівні відповідальності, як правило, не орієнтуються в технічних деталях проєкту. Більш того, занадто детальна технічна інформація може утруднити прийняття оптимального рішення (або привести до невірних рішень) і в цьому сенсі є «неякісною».

«Якісна» інформація для прийняття рішень повинна відповідати на наступні питання.

*Яку кількість енергоресурсів необхідно для економічного розвитку у рамках прийнятого часового інтервалу?*

*Які види енергоресурсів можуть бути активовані?*

*Які фінансові та матеріальні ресурси необхідні для розвитку енергетичних джерел?*

*Який варіант розвитку є найбільш доступним та яким чином взаємодіють різні варіанти прийнятих рішень?*

*Інтегрований аналіз* в ЕП включає в себе: вибір методу аналізу; аналіз; оцінку результатів аналізу.

#### **Вибір методу аналізу передбачає:**

- вибір виду та складі методу аналізу у відповідності з об'єктом та метою ЕП;
- вибір процедури екстраполяції майбутньої ситуації на основі аналізу теперішньої ситуації.

#### **Ітераційна процедура проведення інтегрованого аналізу передбачає:**

- побудову балансу «попит / пропозиція» енергії;
- оцінку впливу;
- «вибір серед варіантів».

Важливим елементом порівняльного аналізу різних варіантів енергетичного розвитку є оцінка вартості показників виробництва та споживання енергії, враховуючи тарифи енерговикористання та собівартість енергії, які плануються.

## План енергетичного розвитку підприємства

Розглянемо послідовність кроків ЕП на прикладі побудови енергетичного плану промислового підприємства (рис. 6.2).

При прийнятті «рішення на розширення» виконується аналіз показників ефективності технологій в «базовому» році. В якості «альтернативного» рішення можна розглядати «рішення на оновлення», тобто рішення щодо впровадження нових технологій та технологічного обладнання.

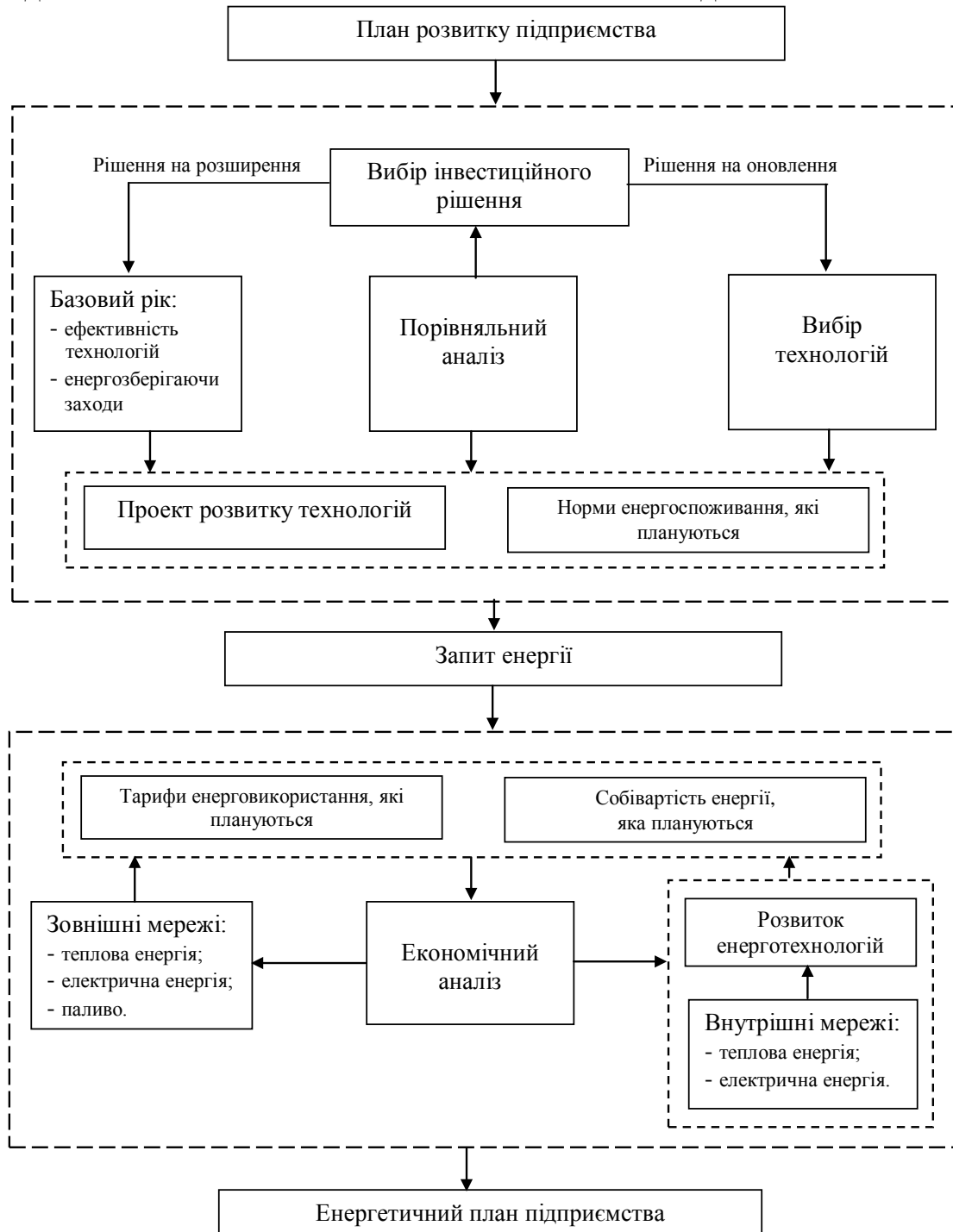


Рис. 6.2. Схема побудови енергетичного плану підприємства

Критерієм оптимальності плану розвитку підприємства є досягнення енергоефективності нових або модернізованих технологій, тобто досягнення мінімального «запиту енергії», який необхідний для виробництва продукції встановленої якості.

Підприємство має два основних варіанта задоволення потреб в ПЕР: розширення запозичення із зовнішніх енергетичних мереж; розвиток внутрішніх енергетичних мереж. Також можливий варіант комбінації рішень з проведенням їх порівняльного аналізу, згідно собівартості енергії.

#### Показники ефективності інвестиційних проєктів.

Існують декілька способів оцінки інвестиційних проєктів:

- за періодом окупності;
- за звітним рівнем доходу;
- за звітною нормою прибутку;
- за чистою поточною цінністю;
- за внутрішньою нормою рентабельності;
- за індексом рентабельності.

#### Правила прийняття рішення:

За періодом окупності (*Ток*) – найменший період окупності;

За звітною нормою прибутку (*ЗНП*) – найбільша норма прибутку;

За чистою поточною цінністю (*ЧПЦ*):

- ЧПЦ додатне значення – ТАК;
- ЧПЦ від'ємне значення – НІ.

За внутрішньою нормою рентабельності (*ВНР*):

- ВНР перевищує прийняту ставку дисконту – ТАК;
- ВНР менше прийнятої ставки дисконту – НІ.

За індексом рентабельності (*ІР*):

- ІР більше одиниці – ТАК;
- ІР менше одиниці – НІ.

*Період окупності Ток* представляє собою інтервал часу, необхідний для відшкодування первинного обсягу інвестицій. Приймаючи рішення необхідно обирати варіант з найменшим строком окупності.

*ЗНП* визначається як співвідношення необхідних інвестицій з майбутньою величиною чистого річного прибутку.

*Звітний рівень прибутку (ЗРП)* визначається відношенням суми чистого

прибутку від реалізації проєкту на інвестиції по проєкту.

*Поточна цінність (ПЦ)* представляє собою оцінку теперішньої вартості майбутнього прибутку. В інвестиційному аналізі зазвичай використовують математичний метод приведення грошових надходжень майбутніх періодів до поточного рівня. Цей метод називається **методом дисконтування**.

ПЦ майбутніх надходжень встановлюється шляхом використання так званої ставки дисконту – мінімально потрібної норми прибутку, яку визначає для себе інвестор.

Під час визначення ставки дисконту інвестор орієнтується на банківський відсоток та припустимий рівень інфляції:

$$r = a + i, \quad (6.1)$$

де  $a$  – банківський відсоток;  $i$  – припустимий рівень інфляції.

У випадку коли надходження грошових засобів відбувається нерівномірно, ПЦ визначається за співвідношенням:

$$ПЦ = \sum_{t=0}^n \frac{A_t}{(1+r)^t}, \quad (6.2)$$

де  $t$  – порядковий номер року дії проєкту;  $n$  – час реалізації (строк амортизації) проєкту;  $A_t$  – річний обсяг надходжень грошових засобів.

У випадку рівномірного надходження грошових засобів:

$$ПЦ = \frac{A_t}{r} \cdot \left( 1 - \frac{1}{(1+r)^n} \right), \quad (6.3)$$

*Чиста поточна цінність (ЧПЦ)* представляє собою перевищення ПЦ над сумою первинних інвестицій ( $I$ ):

$$ЧПЦ = ПЦ - I, \quad (6.4)$$

### **Приклад 1**

Первинні капіталовкладення в проєкт, який пов'язано з модернізацією обладнання, складає 3000 грн. Розрахунковий строк амортизації – 2 роки. Річна сума надходжень грошових засобів – 3000 грн. на рік. Ставка дисконту – 12%.

Розв'язок:

$$ПЦ = 3000 \left( \frac{1}{1+0,12} + \frac{1}{(1+0,12)^2} \right) = 5070 \text{ грн.}$$

або у випадку рівномірного надходження грошових засобів:

$$ПЦ = \frac{3000}{0,12} \left( 1 - \frac{1}{(1+0,12)^2} \right) = 5070 \text{ грн.}$$

$$ЧПЦ = 5070 - 3000 = 2070 \text{ грн.}$$

Перевагою методу оцінки по ЧПЦ є те, що враховується часова цінність грошей.

Внутрішня норма рентабельності (ВНР) визначається як ставка дисконту, при якій величина І дорівнює величині ПЦ, тобто ВНР визначається з умови:

$$ПЦ - I = ЧПЦ = 0, \quad (6.5)$$

### Приклад 2

Приймаємо умови прикладу 1, припустимо що первинні капіталовкладення складають 5070 грн.

Розв'язок:

$$ЧПЦ = ПЦ - I = 5070 - 5070 = 0, \text{ при } r = 12\%, \text{ тобто } ВНР = 12\%.$$

Значення ВНР при якому проєкт можна вважати доцільним, повинно перевищувати прийняту ставку дисконту.

Перевага методу оцінки по ВНР полягає в тому, що в ньому враховується часова цінність грошей, оскільки він є більш точним та реалістичним.

Недоліками даного методу є те, що він потребує значного часу для проведення розрахунків за нерівномірного надходження грошових засобів. Крім того, метод не враховує зміни обсягів інвестицій у проєкти, які конкурують.

Індекс рентабельності (ІР) проєкту це відношення ПЦ майбутніх грошових надходжень до величини первинних інвестицій:

$$ІР = \frac{ПЦ}{I}, \quad (6.6)$$

### Приклад 3

Приймаємо умови прикладу 1. Знайти  $IP$ .

Розв'язок:

$$IP = \frac{5070}{3000} = 1,6$$

В даному випадку проєкт можна вважати доцільним, оскільки  $IP > 1$ .

Індекс рентабельності є засобом розташування проєктів за рейтингом доцільності у порядку зменшення.

### ЗАВДАННЯ ДО ПРАКТИЧНОЇ РОБОТИ

Первинні капіталовкладення в проєкт, який пов'язано з модернізацією обладнання, складає  $S$ . Розрахунковий строк амортизації –  $n$ . Річна сума надходжень грошових засобів –  $A_t$ . Ставка дисконту –  $r$ . Визначити  $ПЦ$  (для обох випадків),  $ЧПЦ$ ,  $ВНР$  та  $IP$ , згідно варіанту.

#### Варіанти завдань

Показник	Варіанти									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$S$ , у.о.	3000	2700	5000	2100	4000	4500	3500	2000	2350	4200
$n$ , роки	2	3	2	4	5	2	4	3	3	2
$A_t$ , у.о.	3000	5000	4000	2700	2000	4200	4500	2350	2100	3500
$r$ , %	12	14	20	6	10	11	17	22	15	13

#### КОНТРОЛЬНІ ПИТАННЯ

1. Що включає в себе енергетичне планування та інформаційна база енергетичного планування?
2. Яка послідовність задач енергетичного планування і для чого виконують енергетичне планування?
3. Яким вимогам повинен задовольняти базисний рік?
4. Чим відрізняється інформація для прийняття рішень від деталізованої інформації?
5. Що називають «якісною» інформацією для прийняття рішення при енергетичному плануванні?
6. Що є критерієм оптимальності плану розвитку підприємства?

7. Що включає в себе інтегрований аналіз?
8. Назвіть показники ефективності інвестиційних проєктів.
9. Які правила прийняття рішень під час енергетичного планування?
10. Що називають методом дисконтування?

#### СКЛАД ЗВІТУ:

1. Титульний аркуш.
2. Назва роботи.
3. Мета роботи.
4. Теоретичні відомості.
5. Завдання до виконання роботи згідно з варіантом.
6. Результати виконання завдання.
7. Висновки.

Звіт з практичної роботи повинен бути виконаний на аркушах формату А4 (297×210 мм).



## ДОДАТКОВІ ВІДОМОСТІ

### Терміни та визначення

**Енергозбереження** — це багатогранна діяльність, процес, комплекс заходів, які супроводжують усі стадії життєвого циклу об'єктів господарювання, спрямовані на раціональне використання енергетичних ресурсів. У ході цього процесу діяльності знижується потреба в ПЕР на одиницю кінцевого продукту і зменшується несприятливий вплив на навколишнє середовище.

**Енергозберігаюча політика** - адміністративно-правове і фінансово-економічне регулювання процесів видобування, переробки, транспортування, зберігання, виробництва, розподілу та використання ПЕР з метою їх раціонального використання та економного витрачання.

**Паливно-енергетичні ресурси (ПЕР)** - сукупність всіх природних і перетворених видів палива та енергії, які використовуються в національному господарстві.

**Раціональне використання ПЕР** - досягнення максимальної ефективності використання ПЕР при існуючому рівні розвитку техніки та технології і одночасному зниженні техногенного впливу на навколишнє природне середовище.

**Енергоефективні продукція, технологія, обладнання** - продукція або метод, засіб її виробництва, що забезпечують раціональне використання ПЕР порівняно з іншими варіантами використання або виробництва продукції однакового споживчого рівня чи з аналогічними техніко-економічними показниками.

**Енергозберігаючі (енергоефективні) заходи** - заходи, які спрямовані на впровадження та виробництво енергоефективних продукції, технологій та обладнання.

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

**Енергетичний моніторинг** - комплекс заходів (спостерегань, оцінювань, прогнозів), що дозволяє неперервно спостерігати за режимом споживання ПЕР у виробничій системі, реєструвати його основні показники, оперативно виявляти результати впливу зовнішніх і внутрішніх чинників на ефективність використання ПЕР у виробничій системі.

**Енергоефективність** - властивість обладнання, технології, виробництва або систем загалом, яка характеризує міру використання енергії на одиницю кінцевого продукту. Енергоефективність може бути оцінена за допомогою показників як кількісно (кВт·год, тони умовного палива, кДж на одиницю кінцевого продукту), так і якісно (низька, висока). Підвищення енергоефективності досягається за рахунок реалізації системи цілеспрямованих

організаційних і технічних заходів.

**Норми питомих витрат палива та енергії** - регламентована величина питомих витрат ПЕР для даного виробництва, процесу, даної продукції, роботи, послуги.

**Прямі втрати ПЕР** - втрата ПЕР поза технологічними процесами (вид нераціонального використання ПЕР).

**Марнотратне витрачання ПЕР** - систематичне, без виробничої потреби, не зумовлене вимогами технічної безпеки недовантаження або використання на холостому ходу електродвигунів, електропечей та іншого електро- і теплоустаткування; систематична втрата стисненого повітря, води і тепла, спричинена несправністю арматури, трубопроводів, теплоізоляції трубопроводів, печей і тепловикористовувального устаткування; недотримання вимог нормативної та проектної документації щодо теплоізоляції споруд та інженерних об'єктів, яке призводить до зниження теплового опору огорожувальних конструкцій, вікон, дверей під час опалювального сезону (вид нераціонального використання ПЕР).

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

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

**Енергоаудит** - діяльність, яка зорієнтована на обстеження об'єкта з огляду ефективності його енерговикористання, виявлення фактів нераціонального використання енергії, визначення заходів для енергозбереження, оцінки технічних та економічних можливостей щодо їх реалізації. Цей вид діяльності спрямований на зменшення споживання енергетичних ресурсів суб'єктами господарювання за їх ініціативою за рахунок підвищення ефективності використання енергії.

**Енергоконсалтинг** - консультаційна діяльність, спрямована на роз'яснення переваг реалізації завдань енергозбереження; на надання практичної допомоги в розв'язанні енергетичних проблем замовника; на вибір та обґрунтування енергоефективних рішень; на популяризацію знань, навчання персоналу замовника.

**Енергосервісна компанія** здійснює енергоконсалтингову діяльність у поєднанні з пошуком інвесторів для реалізації конкретних проектів енергозбереження або сама виступає як такий інвестор.

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

**Система екологічного менеджменту** - це частина загальної системи керування підприємством, що містить у собі організаційну структуру, планування, розподіл відповідальності, практичні методи, процедури, процеси

й ресурси, необхідні для розробки, впровадження, реалізації, аналізу й розвитку екологічної політики.

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

**Фактичний енергетичний баланс** – баланс, що відображає наявний стан використання енергетичних ресурсів (досягнутий рівень корисного споживання палива й енергії), а також усі виправдані та не виправдані їх втрати.

**Оптимальний енергетичний баланс** – баланс, що складається для визначення варіанту енергопостачання об'єкту, за якого вироблення продукції можна здійснювати з мінімальними витратами (вибір найбільш економічних видів енергетичних ресурсів, установлення оптимальних режимів сумісної роботи генерувальних і енергоспоживних установок та ін.).

**Енергетичний баланс у робочій формі** – баланс, у витратній частині якого відображено розподіл енергетичних ресурсів, що виробляються чи надходять від інших джерел за виробничо-територіальною та цільовою ознакою без розподілу їх витрати на корисну складову та втрати.

**Зведений енергетичний баланс** – баланс, що складається на підставі часткових енергобалансів усіх видів ПЕР у грошовій формі та у відсотках. Допустимим, крім того, є складання зведеного енергобалансу додатково у тонах умовного палива, кВт·год, кДж чи інших одиницях.

**Частковий енергетичний баланс** – баланс, що складається для окремих видів палива, енергії чи енергоносіїв. Частковий енергобаланс складається в грошовій та натуральній (у тоннах умовного палива (т.у.п), кВт·год, кДж чи інших одиницях) формах, а також у відсотках.

**Баланс витрат на енергоресурси** – енергетичний баланс у грошовій формі.

**Експериментальний спосіб складання енергетичного балансу** – спосіб, який ґрунтується на проведенні випробувань енергоустаткування, замірах та обліку фактичних витрат енергетичних ресурсів.

**Розрахунковий спосіб складання енергетичного балансу** – спосіб, у разі використання якого корисне споживання та втрати енергетичних ресурсів визначаються на підставі відповідних фізико-хімічних та емпіричних формул.

**Розрахунково-експериментальний спосіб складання енергетичного балансу** – спосіб, що передбачає комбіноване використання як розрахункового так і експериментального способів складання енергобалансу.

**Ведення аналізу енергетичного балансу** – процедура, що полягає у визначенні основних споживачів енергоресурсів для вироблення пріоритетних напрямків робіт з енергозбереження. За наявності фактичного та оптимального енергетичних балансів ведення аналізу енергобалансів полягає у визначенні місць (підрозділи, технологічні процеси), де енергоресурси витрачаються найменш ефективно. Після цього здійснюють розроблення пріоритетних напрямків робіт з енергозбереження.

## Рівняння енергетичного балансу

Складемо рівняння енергобалансу, що відбиває зв'язок між енергією, що надходить, і затрачуваною на виконання корисної роботи з урахуванням втрат при її споживанні, перетворенні і розподілі:

$$P_{\text{спож}} = P_{\text{кор}} + \sum P_{\text{втр}}$$

де  $P_{\text{спож}}$  – споживана з мережі потужність;  $P_{\text{кор}}$  – потужність, затрачувана на виконання корисної роботи;  $\sum P_{\text{втр}}$  – втрати потужності під час споживання, розподілу та перетворення енергії.

В енергетичному балансі повинні бути відбиті всі джерела надходження енергії, з одного боку, і всі напрямки витрати енергії, з другого. У зв'язку з цим виділяють прибуткову і видаткову частини енергобалансу.

Під *прибутковою частиною енергобалансу* розуміють систему показників енергетичного балансу, що характеризує структуру видобутку і виробництва усіх видів енергоресурсів і енергії, надходження їх з боку і перехідні залишки.

*Видаткова частина енергобалансу* – це система показників енергетичного балансу, що характеризує структуру і напрямки використання усіх видів енергоресурсів і енергії (включаючи втрати), відпуски їх на сторону і перехідні залишки.

Для виконання корисної роботи, на яку спрямована діяльність об'єкту, що розглядається, як правило, необхідні кількарізкові перетворення одного виду енергії на інший. Але при перетворенні і розподілі енергії неминуче виникають її втрати в елементах засобів, що здійснюють ці перетворення. Під *втратами енергії* ми будемо розуміти ті одержувані при перетворенні види енергії, що неможливо використовувати для виконання корисної роботи.

Крім «неминучих» втрат, у робочому циклі виробництва також можуть виникати «додаткові» втрати, зумовлені технічним станом агрегатів, експлуатацією їх у неоптимальних режимах роботи і ін.

Під час енергетичного аудиту доцільно складати енергобаланс у робочій формі. На вимогу замовника енергетичного аудиту можливим є складання оптимального енергобалансу для порівняння його з фактичним. У цьому випадку визначають місця найбільших розбіжностей між балансами щоб першочергово провести там дослідження щодо ефективності використання ПЕР.

Складання енергобалансів зазвичай полягає у визначенні рівня споживання ПЕР (у натуральних показниках та в грошовому еквіваленті) окремими підрозділами та (або) технологічними процесами підприємствами.

Енергобаланси складають на підставі документації підприємства, яке оснащено достатньою кількістю вимірювальної апаратури, а також з урахуванням результатів вимірювань, здійснених під час енергетичного аудиту.

Якщо на підприємстві немає вимірювальної апаратури допустимим є використання розрахункових методів для визначення рівня споживання ПЕР окремими підрозділами та (або) технологічними процесами підприємства. Для таких підприємств енергоаудитори можуть як здійснювати перевірку розрахунків, що їх використовують на підприємстві, так і провадити вимірювання фактичного споживання енергоресурсів окремими підрозділами та (або) технологічними процесами. Під час перевірки достовірності енергобалансів першочергову увагу слід приділяти саме тим технологічним процесам та устаткуванню, питомі витрати яких перевищують більш ніж на 40-50 % аналогічні показник інших підприємств галузі та кращих зарубіжних.

### **Методи складання енергетичних балансів**

Енергобаланси, використовувані під час проведення енергоаудиту, складають за інформацією щодо споживання ПЕР за останній перед енергетичним обстеженням звітний період (найчастіше за останній рік) для підприємств, що не змінювали і не планують у найближчі роки змінювати обсяги виробництва більше ніж на 20-30%. Для випадків, коли без істотних змін технології підприємства протягом останніх 5-10 років працювали нестабільно, зі зміною обсягів виробництва більш ніж на 20-30%, допустимо використовувати для складання енергобалансів усередненої за останні 5-10 років інформації щодо енергоспоживання основними підрозділами та технологіями. Останнє є доцільним для випадків, коли середньорічний обсяг виробництва за останні 5-10 років не відрізняється від запланованого на наступний звітний період більше ніж на  $\pm (5-10) \%$ .

*Найточнішим є експериментальний спосіб складання енергобалансу.* У процесі іспиту устаткування за допомогою лабораторних приладів робляться виміри підведеної до нього потужності, а також параметрів основного і усіх відгалужених енергопотоків. При цьому продуктивність (навантаження) досліджуваної установки підтримується постійною на деякому заданому рівні. Такі іспити проводяться при декількох значеннях продуктивності. У результаті одержуємо ряд енергобалансів, що відносяться до різного навантаження досліджуваної установки. Необхідна точність виміру потужності, особливо для теплоенергетичного устаткування, може бути отримана лише при достатній тривалості кожного іспиту, оскільки стан досліджуваного об'єкта повинен бути рівноважним і режим процесу повинен бути сталим. Тому одержати значну кількість експериментальних крапок вдається рідко.

Для досягнення достовірних результатів при використанні експериментального способу одержання енергобалансів необхідно дотримуватися визначених правил проведення експерименту. Зокрема, іспити повинні бути повними, тобто охоплювати не тільки основне устаткування, але і допоміжні механізми. Крім того, з метою одержання енергобалансів, що відповідають прогресивним умовам експлуатації установки, необхідно забезпечити при іспитах підтримку прогресивних технологічних параметрів і

нормальних параметрів підведеної енергії, а також нормальний технічний стан досліджуваного об'єкта і якісне його експлуатаційне обслуговування.

Після закінчення експерименту характеристики підведеної потужності чи втрат будуються по отриманим дослідним даним і, як правило, згладжуються (тобто будується не ламана лінія, а монотонна крива). Характеристики питомих показників будуються також по точках, але не по обчисленим для кожного окремого режиму роботи установки (окремого енергобалансу) значенням цих показників, а по їхніх значеннях, що відповідають ординатам згладженої вихідної характеристики. Недотримання цього правила може привести до розбіжності вихідних і похідних характеристик, що неприпустимо.

Як було сказано, експериментальний спосіб одержання енергобалансів є найбільш точним. Однак його використання вимагає наявності відповідного персоналу і необхідної вимірювальної апаратури, можливості виведення з роботи установки на час її іспитів, проведення відповідних підготовчих робіт і ін. Тому можливості практичного застосування цього методу обмежені.

Допустимими є *розрахунковий та розрахунково-експериментальний способи* складання енергобалансів. Останній є найпоширенішим, оскільки дає змогу вибрати оптимальне співвідношення між виконанням вимірювань і витратами на системи обліку та на енергоносії, що їх підприємство споживає.

При використанні *розрахункового методу* корисна складова витрати енергії і її втрат в усіх напрямках визначаються розрахунковим шляхом на підставі фізико-хімічних і емпіричних залежностей. Однак, з метою контролю і забезпечення більшої точності результатів бажано і у цьому випадку визначити хоча б окремі елементи втрат шляхом проведення вимірів за допомогою наявних приладів енергетичного обліку (наприклад, у такий спосіб може бути виконаний вимір утрат холостого ходу устаткування). Розрахунковий метод дозволяє одержувати енергобаланси агрегатів для будь яких значень технологічних параметрів і будь якої продуктивності установки, що дуже корисно для аналізу і нормалізації питомих витрат енергії. При цьому можна побудувати не згладжені, а точні енергетичні характеристики устаткування.

Очевидно, що даний спосіб одержання енергобалансів з технічної сторони і організаційної точок зору набагато простіше експериментального. Його застосування може бути обмежено лише відсутністю необхідних фізико-хімічних чи емпіричних залежностей між параметрами, які нас цікавлять, чи невідповідністю цих залежностей конкретним видам устаткування або умовам його роботи.

*Розрахунково-експериментальний спосіб* одержання енергобалансів є найбільш універсальним і доступним. При використанні цього методу корисна складова витрати енергії визначається розрахунковим шляхом, а втрати енергії – експериментальним і розрахунковим способом з наступним їхнім аналізом і ув'язуванням в енергобалансі установки. Найбільш часто на практиці при проведенні енергетичних аудитів може бути застосований саме розрахунково-експериментальний спосіб одержання енергобалансів. Однак необхідно пам'ятати, що в результаті використання одночасно двох різних за точністю

способів визначення корисної витрати і втрат енергії в отриманих енергобалансах можливі значні непогодженості (тобто балансу енергії в повному розумінні цього слова може не бути).

*Також слід зазначити, що навіть під час використання одного способу складання балансу часто у випадку підстановки знайдених величин складових у формулу балансу строгої рівності не виходить. У цьому випадку необхідно продовжити теоретичний розгляд об'єкту з метою визначення раніше не врахованих статей витрати енергії і повторювати процес побудови формули балансу доти, доки не буде отримана строга рівність статей приходу і витрати енергії.*

Тільки у цьому випадку етап побудови балансу можна вважати завершеним і переходити до розгляду фактичного стану об'єкту.

Під час складання часткових енергобалансів недопустимою є ситуація, коли не ідентифікованим залишається понад 20% споживаного енергоресурсу та витрат на енергоресурси загалом для підприємства з малим обсягом споживання ПЕР. Для підприємства з великим та середнім обсягом споживання ПЕР це значення не повинне перевищувати 5% та 10% відповідно.

Спочатку слід скласти часткові енергобаланси за типами енергоресурсів. Після того з урахуванням цін і тарифів складають баланс витрат на енергоресурси окремих підрозділів (виробництв, технологій), а на їх підставі – зведений енергобаланс у грошовій формі та у відсотках. В окремих випадках допустимим є складання зведеного енергобалансу додатково у натуральній формі (тонни умовного палива (т.у.п.), кВт·год, кДж та ін.).

### **Принципи фінансування заходів з підвищення енергоефективності підприємств**

До інструментів, які використовуються за кордоном для формування фінансової політики в сфері енергозбереження, належать: встановлення цін; програми прямої фінансової підтримки (гранти); пільгове фінансування; державні (технологічні) закупівлі; добровільні угоди між державним і приватним секторами; податкові стимули – енергетичні податки, податкові пільги.

Загалом, всі ці інструменти поділяються на дві категорії: «стимулюючі» (інформація, фінансова підтримка) і «обмежувальні» (заборони, збори). Оптимальним підходом є їх поєднання, оскільки стимулюючі заходи встановлюють політику, а обмежувальні – забезпечують її виконання. Здійснення належного впливу на ціну енергоресурсів або на ціну енергоефективних заходів забезпечує стимулювання інвестицій в сфері підвищення енергоефективності.

Одним з прикладів стимулюючих заходів є:

- програми прямої підтримки,
- пільгове фінансування,
- податкові стимули.

Такі заходи є важливими фінансовими механізмами, які уряд може використовувати для збільшення інвестиції в проекти з енергозбереження.

*Програма прямої підтримки і кредити*, по яких держава гарантує виплату відсотків, сприяють технологічним інвестиціям і створюють умови для подальшого технологічного розвитку, накопиченню знань і розширення ринку. Проте такі програми і кредити зв'язані із значними витратами і повинні використовуватися в цілях сприяння впровадженню і розповсюдженню нових енергоефективних технологій, але при цьому гранти не повинні носити постійного характеру.

Недоліком гранту є наявність чинника невизначеності, пов'язаного з тим, чи міг би той або інший продукт існувати на ринку без гранту. Крім того, тут існує проблема «безкоштовних користувачів» – користувачів, які б погоджувалися здійснювати інвестиції у ці технології і без отримання гранту.

Розроблені різні методи по вдосконаленню механізму грантів – *добровільні угоди і програми державних (технологічних) закупівель*.

Мета їх полягає в тому, щоб залучити до цієї діяльності більше учасників і забезпечити зв'язок між грантами і структурою ринку.

*Податки* є могутнім механізмом, що дозволяє впливати на споживання енергії і інвестиції в проекти з енергозбереження. *Податкові пільги* є більш ефективним механізмом, ніж програми прямої підтримки.

Екологічно орієнтований, так званий «податковий зсув» набуває все більше розповсюдження в Європі. При цьому доходи, отримані за рахунок підвищення екологічних податків (в основному це енергетичні податки) спрямовуються на зниження податку на прибуток (дохід).

Правила державних закупівель доповнюються принципами енергоефективних закупівель. Це має щонайменше три позитивні результати:

*По-перше*, закупівлі енергоефективних товарів забезпечують покращення співвідношення витрат і результатів, що дозволяє заощадити грошові кошти для фінансування додаткових проектів з енергозбереження.

*По-друге*, державний сектор виступає прикладом, демонструючи вигоди енергоефективних заходів.

*По-третьє*, державні закупівлі створюють відповідний попит і можуть впливати на ринок.

Одним з шляхів вирішення цих проблем і стимулювання банків до здійснення діяльності в сфері енергозбереження є надання *пільгових державних кредитів*. Така система сприяє усвідомленню банківським сектором значущості проблем енергоефективності і підвищує обізнаність банків щодо проектів, пов'язаних з підвищенням енергоефективності. Це стимулює банки наймати відповідних співробітників і (або) навчати існуючих співробітників питанням, пов'язаним з енергоефективністю, і тому, як слід оцінювати проекти з енергозбереження.

Відсутність належного зв'язку між фінансовими установами і власниками проектів призводить до того, що цілком прибуткові проекти з енергозбереження не отримують фінансування. Ця проблема може бути



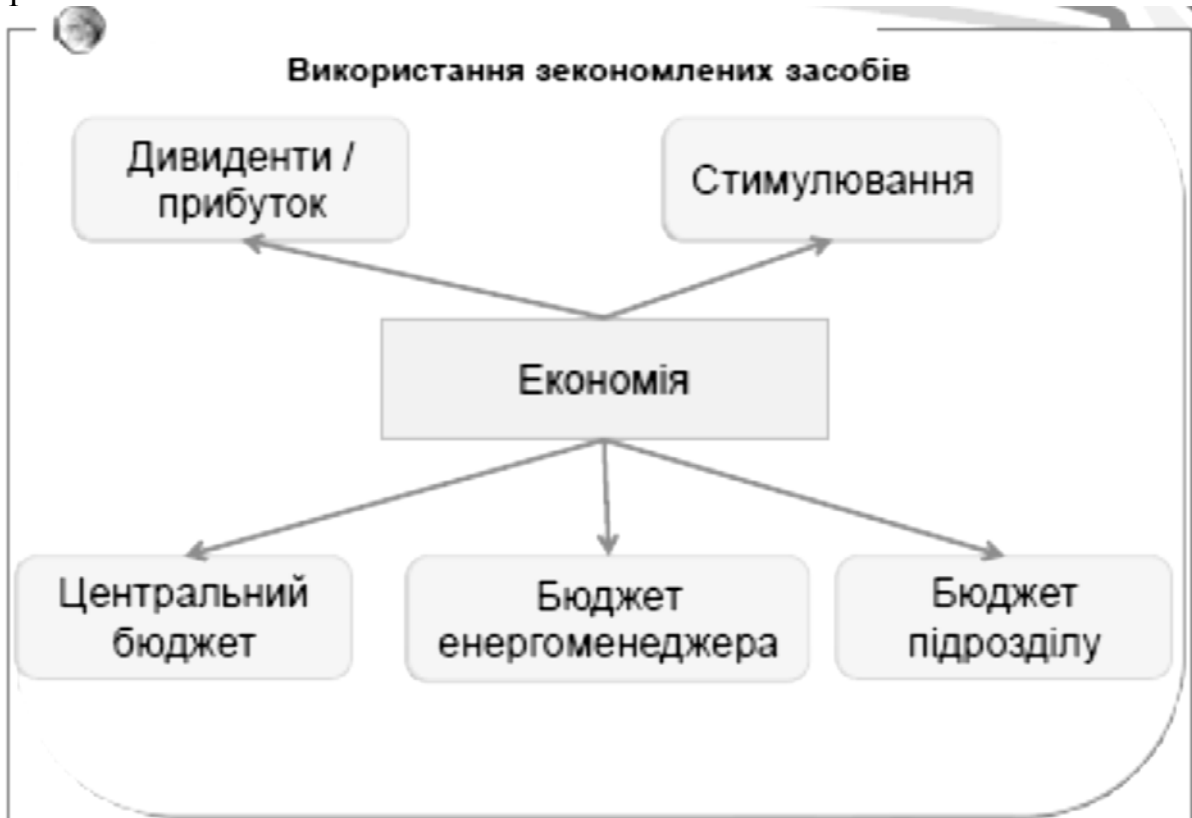
вирішена шляхом залучення *третьої сторони*, яка має досвід у підготовці та презентації проєктів.

#### *Забезпечення послідовності*

На стадії досягнення контролю над енергоспоживанням й на початку стадії інвестування в заходи з енергозбереження ваше підприємство повинно бути здатним добитися значної економії за малих витрат.

#### *Важливе питання - що ж повинно відбутися з цією економією?*

Якщо частка цієї легко отриманої економії не повернеться у ваш бюджет, то можливість створення самовідновного інвестиційного фонду для підтримки майбутньої діяльності буде загублена. І згодом вам набагато сутужніше буде одержати економію.



**Рис. Д.1. Структурна схема використання коштів, які було зекономлено внаслідок підвищення енергоефективності підприємства (схема розподілу)**

Але якщо у вас є доступ до частки економії, одержуваної від роботи вашого персоналу (рис. Д.1), то вона може бути реінвестована у:

- подальші енергозберігаючі заходи;
- заходи, які необхідні для створення потрібного клімату для подальшого успішного підвищення енергоефективності підприємства, але які самі по собі прямо не дають економії;
- підтримку або відновлення інформаційної системи підвищення енергоефективності підприємства.

#### *Обсяг фінансування*

Якою б не бачилася основна мета підвищення енергоефективності на вашому підприємстві і яким би не був обраний спосіб фінансування цієї

діяльності, загальна сума, звичайно, на стадіях досягнення контролю над енергоспоживанням, інвестування у заходи з підвищення енергоефективності і у більшу частину стадії підтримки контролю над енергоспоживанням, не повинна бути *нижчою* 10% від річних витрат на енергію.

Природно, що у деяких випадках може знадобитися й більше. Це залежить від рівня інвестицій, необхідних для:

- підвищення енергоефективності установок, устаткування;
- підвищення рівня усвідомлення персоналом важливості своєї діяльності;
- забезпечення необхідного навчання;
- відновлення інформаційної системи;
- забезпечення достатньої кількості й кваліфікації персоналу, який передбачається залучити до виконання цих робіт.

#### *Потік коштів*

Ретельне планування може мінімізувати початкові витрати на інвестування й допомогти одержати видиму економію. З погляду роботи фінансової й бухгалтерської системи потрібно, щоб:

- безвитратні заходи впроваджувалися без яких небудь затримок;
- заходи з малим терміном окупності, які працюють протягом усього року, слід впроваджувати якомога раніше у звітному періоді;
- заходи з малим терміном окупності, які мають сезонну складову, слід впроваджувати безпосередньо ще до початку звітного періоду, під час якого вже може бути отримана очікувана економія.

### **Енергозбереження та енергоефективність, їх взаємозв'язок і значення для людства**

Чому так важливо займатися енергозбереженням? Людство з давніх часів використовує енергію в тій або іншій формі її прояву. І досить скоро людина усвідомила, що для забезпечення свого розвитку, підтримки й підвищення життєвого рівня їй необхідно дедалі більше добувати (одержувати, виробляти) і використовувати енергію. Саме тому стільки зусиль інтелектуальних, фізичних, матеріальних і фінансових людство спрямувало на освоєння нових і вдосконалення існуючих способів, методів, технологій та обладнання для виробництва корисної енергії. Разом с тим стає очевидним, що:

- запаси корисних копалин на Землі поступово виснажуються;
- відновлювані джерела енергії за існуючого розвитку технологій та обладнання не в змозі покрити зростаючі потреби населення;
- атомна енергетика поки що не може забезпечити достатню міру надійності своєї роботи;
- внаслідок життєдіяльності людини і переважно під час виробництва необхідних для неї енергії та продуктів відбувається забруднення навколишнього середовища, що призводить, наприклад, до кислотних дощів, "парникового ефекту" тощо.

Останній показник уже виріс у величезну проблему людства, і її

необхідно розв'язувати вже цьому поколінню. Виникає запитання: а наскільки взагалі вистачить запасів планети Земля як у плані корисних копалин, так і в плані «стійкості» щодо впливів діяльності людини? Багато вчених світу проводять дослідження з цих проблем, прогнозують, моделюють можливі варіанти розвитку. І практично всі підтверджують, що якщо не буде знайдено практичних розв'язань перерахованих вище проблем енергетики, то вже до 2020-2040 рр. людство зіткнеться зі значними енергетичними і екологічними проблемами. І тут виникають інші важливі запитання: наскільки ефективно ми використовуємо енергію? Чи треба нам її так багато виробляти? Чи можливо організувати процеси життєдіяльності людини таким чином, щоб, не підвищуючи рівня виробництва енергії (або підвищуючи його трохи), істотно підвищити ефективність її використання і, таким чином, підвищити рівень розвитку і добробут суспільства? Чи можливо знизити вплив на навколишнє середовище, використовуючи нові, «чистіші» технології і способи одержання енергії та продуктів виробництва?

Досвід розвитку світової спільноти останніх двох-трьох десятиріч років свідчить, що ми в змозі відшукати позитивні відповіді на поставлені вище запитання. Це і є сферою діяльності, яка пов'язана з енергозбереженням та енергоефективністю. Протягом року пересічна людина споживає енергію в обсязі 2,2 тонни умовного палива (т.у.п.). Зокрема у США споживання енергії дорівнює 12 т.у.п., у Німеччині – 6 т.у.п., а у країнах Африки – 0,1 т. у. п., що на 40 % менше від мінімуму, який потрібний для підтримання життєдіяльності людини. В Україні на кожного мешканця припадає 4,12 т.у.п. щороку.

Раніше, у 70-80-х роках ХХ століття, найважливішим показником рівня розвитку суспільства і держави була кількість виробленої енергії і валовий внутрішній продукт на душу населення країни. У п'ятірку світових лідерів за цими показниками входили колишній Радянський Союз, США, Канада, Німеччина, Японія. Нині більш повно рівень розвитку технології, обладнання, а значить, і суспільства загалом, характеризують, крім валового внутрішнього продукту на душу населення країни, показники енергоємності одиниці продукції за різними видами виробництва. Ці показники прямо пов'язані з паливно-енергетичними ресурсами країни та ефективністю їх використання, рівнем розвитку технології та обладнання, фінансовим та економічним добробутом держави. На жаль, Україна за цими показниками набагато відстає не тільки від високорозвинених країн Заходу, але й від інших країн Східної і Центральної Європи, і це при тому, що вона володіє значним енергетичним, технологічним та інтелектуальним потенціалом.

### **Нормування ПЕР у контексті ринкової стратегії енергозбереження**

Норми споживання ПЕР повинні бути одним із головних критеріїв прийняття рішень про впровадження енергозберігаючих заходів. Але практична реалізація останніх значною мірою залежить від фінансових можливостей конкретних підприємств, у зв'язку з чим ліквідація навіть об'єктивно наявної

неекономічності вимагає індивідуального підходу.

Нерозвиненість інфраструктури супроводжується негативним впливом таких факторів:

- у випадку вартості ПЕР на рівні або навіть вище світового багато підприємств почувають себе цілком комфортно; вони досить успішно обходяться без турбот, що пов'язані з енергозбереженням, завдяки тому, що відшуковують необхідні резерви, наприклад, за рахунок скорочення фонду оплати праці тощо;

- неуважне ставлення до питань економії ПЕР має системний характер, причому в більшості випадків у керівній ланки відсутні хоч якісь цілісні уявлення про технічні рішення, які сприяли б скороченню втрат, а також їх порівняльній ефективності;

- у недалекій перспективі нереально сподіватися на науково обґрунтоване нормування ПЕР, необхідних для випуску одиниці однотипної продукції, оскільки технологічна база уніфікації вкрай недосконала, діапазон зносу устаткування досить великий, але головне, утім, що за останні роки відбулася радикальна трансформація структури цін на товари і послуги.

Відтак норми споживання ПЕР повинні встановлюватися залежно від технічного стану конкретного підприємства. Разом з цим перспективи фактичного підвищення його енергоефективності майже цілком залежать від його фінансового стану.

Норма витрат ПЕР – це науково, технічно та економічно обґрунтована міра споживання чи витрати ресурсів на одиницю продукції певної якості, що забезпечує мінімум витрат на випуск згаданої продукції з урахуванням специфіки, особливостей, а іноді і реальних можливостей виробництва в нинішніх і планових його умовах.

Важливо підкреслити, що норми енергоспоживання індивідуальні для кожного, оскільки переважний вплив на них має специфіка конкретних умов експлуатації. Поняття «норматив витрат» має на увазі питому витрату матеріальних ресурсів на одиницю маси, площі тощо.

Як основний метод розробки норм споживання ПЕР рекомендується розрахунково-аналітичний з орієнтацією на прогресивні показники використання ресурсів. Мається на увазі безпосереднє визначення зазначених норм – прямим розрахунком чи не прямим – відносно зміни нормативних складових енергоспоживання в плановому році порівняно з базовим. Варто врахувати, що реалізація цього методу істотно ускладнюється, якщо на дослідження ПЕР впливають погано формалізовані фактори, – наприклад, погодні умови чи непроєктно низьке завантаження потужностей.

У країнах зі стабільною економікою домінують розрахунково-статистичні підходи до визначення норм споживання ПЕР, що використовують дані за минулий період експлуатації кожного конкретного об'єкту. На думку більшості фахівців, в Україні на поточний період умови для цього відсутні. Пропонується навіть тимчасово відмовитися від нормування і зробити ставку на кількісну оцінку рівня зіставлюваної ефективності використання ПЕР підприємствами,

які споріднені у технологічному відношенні.

Часто для більшої реалістичності нормативів споживання ПЕР застосовують підвищувальні коефіцієнти, що враховують об'єктивні фактори, які не можна усунути без здійснення радикальних заходів.

*Засоби енергоаудиту.* Початковим етапом будь яких досліджень у розглянутій сфері є збір і систематизація даних. Рівень їх реалізації багато в чому зумовлює ефективність вирішення проблем, які пов'язані з виявленням напрямків і заходів щодо економії ПЕР. До них належить впровадження нових технологічних процесів, модернізація устаткування, раціоналізація використання енергоносіїв, вирівнювання графіків навантаження енергосистем тощо.

Складання та аналіз енергетичних балансів промислових об'єктів є одним із найбільш важливих елементів у комплексі робіт щодо економії ПЕР. Даний підхід орієнтований на вирішення таких завдань:

- оцінка стану та ефективності енергоспоживання, виявлення причин виникнення і визначення втрат ПЕР;
- встановлення резервів економії ПЕР і розробка технічних рішень, пов'язаних із їх практичною реалізацією;
- поліпшення режимів роботи технологічного і, у першу чергу, енергетичного устаткування;
- визначення раціональних обсягів енергоспоживання у виробничих процесах і установках.

Раціональний енергобаланс відбиває рівень споживання ПЕР з урахуванням заходів щодо їх економії, які не потребують реконструкції основного устаткування. Нормалізований енергобаланс відповідає науково обґрунтованим нормам споживання ПЕР.

Відомо, що не будь яка енергія придатна для практичної реалізації, і тільки ексергія визначає технологічну цінність різних видів енергії.

Ексергетичний метод у даному випадку полягає в оцінці усіх матеріальних і енергетичних потоків з погляду максимально корисної роботи, яку вони можуть виконати, тобто – ексергії. Основними завданнями ексергетичного аналізу є:

- оцінка усіх видів ресурсів енергоносіїв, у тому числі ВЕР, у межах одного технологічного процесу, виробничої ділянки, підприємства тощо;
- встановлення ступеня термодинамічної досконалості технологічних систем щодо проєктних і експлуатаційних даних із визначенням ексергетичних втрат на всіх етапах виробничого процесу;
- проведення термодинамічної оптимізації технологічних систем, окремих установок і їхніх елементів.

Дуже важливо відзначити: абстрактне в певному значенні дослідження конкретного підприємства за допомогою енергетичного, ексергетичного аналізу чи якимось іншим способом, адекватним розглянутій ситуації, дозволяє розробити комплекс заходів, спрямованих на як завгодно значне збільшення його енергоекономічності, аж до рівня кращих світових стандартів.

*Механізм виду діяльності.* Спочатку конкретне підприємство детально аналізується на можливість побудови зазначеної залежності. Норми споживання ПЕР, як правило, встановлюються за умови виконання в реальний термін маловитратних заходів. Поряд з ними в обов'язковому порядку повинні впроваджуватися технічні рішення, які характеризуються підвищеною ефективністю, критерієм чого є можливість своєчасного обслуговування і повернення банківських кредитів.

Якщо витрати на проведення підготовчого етапу для відповідного підприємства непосильні, воно на поточний період у принципі не здатне займатися підвищенням власної енергоекономічності. Тимчасові норми для подібних підприємств повинні встановлюватися на рівні їхнього фактичного споживання ПЕР, безвідносно до прецедентів, чи ж, навпаки, масовим проявом більш високої економічності в аналогічних умовах.

Однак у реалізацію регіональної і державної стратегії енергозбереження можуть бути залучені всі без винятку суб'єкти виробничо-підприємницької діяльності. При цьому доцільно впровадити обов'язкові відрахування кожним із них у розмірі, наприклад, до 10% вартості споживаних ПЕР на рахунки банківських структур, які займаються питаннями енергоефективності в Україні для акумулювання і використання у напрямках, найбільш пріоритетних з огляду техніко-економічної ефективності.

Розмір зазначених відрахувань варто пов'язати з показником неекономічності витрат ПЕР. Таким показником може бути, наприклад, відношення витрат на актуальні енергозберігаючі заходи до вартості продукції, що випускається. Відрахування повинні стягуватися у формі підвищення вартості видів енергії і, головне, мати форму кредиту, відсоткова ставка якого, будучи нижчою, ніж у комерційних банках, давала б розумний дисконт.

Зазначені динамічні моделі здатні реально сприяти в питаннях енергозбереження. Груба установка на виконання непорушних нормативів непродуктивна з ряду причин і, зокрема, через принципову складність рознесення витрат комплексних виробництв на всі види продукції.

*Деякі концептуальні положення.* Стратегія енергозбереження в доступній для огляду перспективі повинна базуватися на створенні умов для пошуку кожним конкретним суб'єктом виробничо-підприємницької діяльності паритету між двома діаметрально протилежними варіантами поведінки: з одного боку – підвищення власної енергоекономічності за допомогою впровадження адекватних нововведень, з іншого – кредитування у встановленому розмірі банками структур, які займаються питаннями енергоефективності в Україні, метою яких є фінансування пріоритетних проектів. При цьому факторами стимулювання для підприємств, які займаються впровадженням енергозберігаючих заходів, і структур виконавчої влади стануть: штрафні санкції за порушення в ході виконання етапів робіт і необхідність забезпечення комерційної ефективності акумульованих фінансових ресурсів.

Як основний критерій для встановлення норм енергоспоживання конкретного підприємства на поточний період доцільно прийняти можливість

погашення кредиту комерційного банку, взятого під впровадження енергозберігаючих заходів. Для такої оцінки важливим є вироблення широкого спектру технічних рішень: від усунення грубих дефектів порівняно елементарними засобами до суто гіпотетичного засобу, тобто виведення об'єкта на рівень світових стандартів.

Нерозвиненість ринкової інфраструктури висуває на перший план ефективність власне стратегії енергозбереження, стосовно якої норми споживання ПЕР, що принципово не піддаються стандартизації в умовах існуючих реалій, вторинні.

Пропонований механізм дозволяє раціонально концентрувати фінансові ресурси на найважливіших напрямках, сприяючи на підвищення енергоефективності всіх етапів виробництва і використання.

### **Законодавча база з питань організації енергозбереження в Україні та інших країнах**

Закон України «Про енергозбереження» було розроблено з метою розвитку нової галузі – енергозбереження. Зміни, які відбулися за останні роки в економіці і законодавстві, не могли не відбитися на законодавчих принципах. Однак їх варто корегувати відповідно до динаміки часу.

*Юридичні основи інвестиційної діяльності в галузі енергозбереження.* Відзначимо, що основні закони, які реалізують інвестиційну політику України, успішно діють, наприклад Закон України «Про режим іноземного інвестування». Однак, як правило, вони не враховують важливих для галузі енергозбереження деяких особливостей.

Податкові пільги підприємства, які беруть участь в енергозбереженні. Пропозицій щодо пільгового оподаткування багато, і вони відрізняються джерелом, з якого пільги фінансуються, а також поверненням інвестицій. Найбільш прийнятна в даних економічних умовах схема – це «самоінвестування підприємств». Частина прибутку підприємства, отримана за рахунок упровадження енергозберігаючого устаткування, виділяється із загальної суми прибутку і звільняється від оподаткування терміном на 2 роки за умови використання засобів на енергозбереження. Такий стимул назвати податковою пільгою можна тільки умовно тому, що від податку звільняється лише частина прибутку, яка виникає в наслідок мобілізованого капіталу і без витрат праці і засобів не утвориться. Дану пропозицію можна удосконалити, впроваджуючи ставки 25%, 50% для 3-го і 4-го років.

Розрахунки показують, що такі пільги ефективні для маловитратних і деяких середньовитратних енергозберігаючих заходів. Для великих капіталовкладень варто залучати фінансовий капітал чи держбюджетне фінансування.

Фінансування енергозберігаючих проєктів і повернення інвестицій. Законодавство дозволяє використовувати для енергозбереження такі джерела фінансування: бюджет країни, бюджети регіонів, позабюджетні фонди,

інвестиційні фонди, фінансово-промислові групи, комерційні банки.

Пайовий фонд не є юридичною особою, а отже, не є платником податку з прибутку. У сучасних умовах ці фонди вважаються найбільш ефективним, надійним і оперативним засобом для масової мобілізації вільних коштів юридичних і фізичних осіб. Тут інвестор платить тільки 12% прибуткового податку від усього прибутку, що одержав для нього пайовий фонд.

Застава частини паїв дозволить інвестору одержати кредит для проведення енергозберігаючого заходу. Паї поширюються на рівні з грошима між фондом, банком та інвестором. Вони служать заставою і предметом купівлі-продажу. Кожен власник паю має над ним повний контроль і цілком визначає долю свого пайового пакета.

Незвичайною є схема фінансування енергозбереження за допомогою векселів, випущених обленерго на суму заборгованості за платежами за використану електроенергію. У цьому випадку при одержанні кредиту векселі відіграють ту ж роль, що й пайові пакети. Гарантом повернення коштів обласна адміністрація. Особливість цього векселя в тому, що на ньому позначений термін, раніше якого не можна подати його до оплати. У межах відстрочки інвестор вільно розпоряджається отриманою сумою, контроль за її використанням здійснює банк.

Подібні схеми фінансування широкої практики в Україні не мають. Це робить дорожчим роботи з енергозбереження і робить непривабливою діяльність у цій сфері.

Складні схеми фінансування енергозберігаючих проєктів створили умови для виникнення енергосервісних компаній. Вони працюють не тільки як посередники, але й як виконавці робіт. Під кожен проєкт пропонується створити окрему ЕСКО і навіть банк ЕСКО. Поряд з енергосервісними компаніями виникає також специфічна форма організації робіт – ефективний енергопідряд, який на заході називають «перформанс-контрактом». У цьому випадку нова фірма спочатку апробується в областях або інших адміністративних одиницях країни під час створення демонстративних зон високої енергетичної ефективності. Подібні зони починають виникати в Україні і вимагають свого законодавчого оформлення.

*Основні джерела фінансування.* У системі фінансового забезпечення державної енергозберігаючої політики можна виділити три основні групи джерел і відповідно три види гарантій, які надаються державним і закордонним інвесторам.

У першу чергу, це бюджетні кошти, які виділяються урядом. До другої групи фінансування енергозберігаючих проєктів відносяться бюджети регіонів, кошти місцевих органів управління, позабюджетні фонди енергозбереження, які створюються в регіонах. Джерелами третьої групи є промислові підприємства, науково-дослідні і проєктні організації, комерційні банки, страхові компанії, а також фінансово-промислові групи і пайові інвестиційні фонди.

*Способи фінансування.* Найчастіше для фінансування великого проєкту



застосовуються змішані способи. При реалізації енергозберігаючого проекту може знадобитися створення енергосервісної компанії, засновники якої будуть здійснювати акціонерне фінансування. При цьому частина устаткування може бути надана акціонером у вигляді прямих інвестицій в акціонерний капітал, частина – передана в лізинг. Обігові кошти можуть бути виділені банками як кредит; банки також можуть кредитувати і закупівлю устаткування. Часина робіт, наприклад, передпроектні дослідження і проектування, може бути виконана за рахунок державних асигнувань. Кожен проєкт, таким чином, може потребувати унікального поєднання різних способів фінансування, і це сполучення залежить від конкретних учасників проєкту і його складу. Подібні питання повинні бути вирішені під час розроблення бізнес-планів.

У світовій практиці енергозбереження широко застосовують енергосервісні компанії, що можуть бути не тільки посередниками, але й виробниками енергії.

*Фінансування енергосервісних компаній (ESCO).* Практика показує, що значне число учасників реалізації енергоефективних проєктів усвідомлюють необхідність створення таких компаній. Засновниками ESCO можуть виступати:

- закордонні та вітчизняні комерційні банки і фінансові інститути, які можуть зробити в якості інвестицій прями внески у грошовій формі у статутний капітал;
- регіональна адміністрація; у даному випадку джерелом інвестицій у статутний капітал можуть служити земельні ділянки, будинки і споруди, асигнування, які надані на пільговій основі, інші активи;
- закордонні та вітчизняні виробники устаткування, що надають це устаткування і якості капіталу компанії;
- фізичні особи.

Під час реалізації енергозберігаючих проєктів часто рекомендується така форма кредитування, як лізинг. Перевагою лізингу є той факт, що орендні платежі за невикористовуване устаткування можуть бути включені в собівартість продукції. Погашається кредит і виплачуються відсотки на нього не з прибутку. Таким чином, підприємству не треба нарощувати прибуток для погашення кредиту. Це дуже важлива обставина, тому що податок на прибуток є важким тягарем для нового підприємства.

*Схема кредитування енергозберігаючих проєктів.*

У цій схемі беруть участь:

- Споживачі – юридичні особи, які платять за енергозбереження. При цьому дуже часто великі підприємства мають у своєму розпорядженні власні джерела тепла чи електропостачання.
- Банк споживача приймає платежі за користування енергією.
- Виробники – юридичні особи, підприємства енергетичного комплексу, що одержують оплату за спожиті енергоресурси. У випадку, якщо споживач і виробник є тією самою юридичною особою, то елемент виробника збігається з елементом споживача.

- Закордонні кредитори надають фінансові ресурси, необхідні для здійснення проєкту, у формі кредиту.

- ЕСКО – енергосервісна компанія, яка здійснює енергозберігаючий проєкт. Вона має виступати як останній позичальник кредиту, використовуючи в той же час власні джерела для реалізації проєкту. Відповідно до контракту між ЕСКО і споживачем ЕСКО бере участь у додатковому прибутку, одержуваному при впровадженні енергозберігаючого проєкту, за рахунок чого утвориться джерело погашення кредиту. У випадку, якщо ЕСКО є також виробником енергії, у даній схемі буде відсутній елемент виробника.

- Банк ЕСКО – комерційний банк, що є фінансовим ядром схеми реалізації проєкту.

*Короткотермінове кредитування.* Таке кредитування може здійснюватися комерційними банками для фінансування закупівель і оплати послуг підрядчиків, фінансування обігового капіталу. Потреба в короткотерміновому кредиті може виникнути при непередбаченій утраті ліквідності позичальника (ЕСКО), яка може настати під час реалізації багаторічного проєкту. Кредитором може виступати уповноважений банк.

Поширеною формою гарантій при короткотермінових кредитах є застава високоліквідного майна: цінних паперів, товарно-матеріальних запасів. Можливе страхування кредиту, гарантія іншого банку. При зазначених гарантіях відсоткова ставка щодо кредиту може бути мінімальною. Якщо застосовуються інші види гарантій, відсоткова ставка зростає.

*Кредит постачальника.* У світовій практиці поширені так звані кредити постачальника, які реалізуються за допомогою відстроченого платежу за постачання устаткування. Часто відстрочка платежу складає 6-10 років, іноді навіть більше. Істотною особливістю такої форми кредиту є банківські гарантії. У випадку реалізації енергозберігаючих проєктів іноді можна скористатися урядовими гарантіями.

Рішення проблеми ризиків під час проєктного фінансування. *Звичайно розглядають три види розподілу ризику під час проєктного фінансування: з повним регресом позичальника; з обмеженим регресом; без регресу.*

Під регресом розуміють вимогу про відшкодування позички. Стосовно енергозберігаючих проєктів, очевидно, немає сенсу розглядати варіант без регресу на позичальника. У цьому випадку всі ризики при кредитуванні приймає на себе сторона, що фінансує, і вартість фінансових ресурсів виявляється дуже високою, особливо якщо взяти до уваги політичні ризики, властиві Україні. Повний регрес на позичальника має на увазі прийняття ним усіх ризиків. У цьому випадку кінцевий позичальник (ЕСКО) повинен надати надійні гарантії повного і своєчасного повернення кредиту, що для нової компанії є малоімовірним.

Найбільш придатним видом розподілу ризиків для енергозберігаючих проєктів, очевидно, варто вважати обмежений регрес на позичальника. У зв'язку з цим необхідно розглянути можливі ризики і визначити учасників проєкту, які б могли прийняти на себе ці ризики.

*Державні ризики.* Тут включення урядових гарантій у механізм фінансування енергозберігаючих проєктів може виявитися ефективним вирішенням проблеми загальнодержавних політичних ризиків, особливо якщо такі гарантії підкріплені міжурядовими угодами.

*Регіональні ризики.* Насамперед необхідно відзначити, що такі ризики повинні оцінюватися в бізнес-плані стосовно конкретного проєкту. Такі ризики можна оцінювати за 10-бальною шкалою, в якій значення 1 відповідає максимально позитивній оцінці чинника, а значення 10 – максимально негативній.

*Ризик доставки.* Цей вид ризику звичайно приймає на себе страхова компанія, яка страхує вантажоперевезення.

*Ризик на стадії впровадження.* Доцільно цей ризик покласти на генерального підрядчика, передбачивши в контракті з ним відповідні положення. Цей ризик буде мінімальним, якщо виконуються 2 умови:

- Планові заходи щодо енергозбереження є незалежними один від одного. Таким чином, якщо при реалізації якого небудь заходу виявляться нездоланні проблеми чи ефект від упровадження технологій буде занадто малий, це не вплине на реалізацію інших заходів, які входять у проєкт.

- Упроваджені технології є апробованими генеральним підрядчиком, і устаткування випускається серійно.

*Ризик відсутності ефекту.* Цей ризик можна розглядати як комплексний, оскільки він дійсно поєднує ризики на стадії проєктування, на стадії монтажу і пусконаладжувальних робіт, на стадії експлуатації. Тому виробничий ризик може бути розподілений між різними ділянками реалізації проєкту. Однак, доцільно було б не розподіляти цей ризик, тому що досить часто з'ясування відповідального за відсутність ефекту призводить до певних витрат.

*Ризик менеджменту.* З огляду на значний термін кредитування можна констатувати, що багато звичайних гарантій повернення кредиту стають малодійовими, тому що за час здійснення проєкту це устаткування втрачає значну частину первинної вартості через зношування, якщо взагалі не списується. Цілком передбачити всі можливі ризики чи проблеми в майбутньому при значному терміні кредитування практично неможливо. Одним із багатьох факторів, який дає гарантію, що компанія буде адекватно реагувати на зміну ситуації, є компетентний персонал.

### **Нормативно-правове регулювання енергозбереження**

*Система енергозбереження в Україні.* Правове функціонування системи енергозбереження в Україні визначено Законом України «Про енергозбереження», що був прийнятий Верховною Радою 1 червня 1994 року. Цей закон визначає інституціональні посади, а також регулюючі та стимулюючі механізми енергозбереження в Україні. Для реалізації цього Закону Указом Президента України № 666 від 26.07.95 р. Був затверджений Державний комітет України з питань енергозбереження як центральний орган державної

виконавчої влади, що здійснює державне управління і проведення єдиної державної політики в сфері енергозбереження і підвищення ефективності роботи щодо раціонального використання та ощадливої витрати ПЕР. Функції комітету були конкретизовані Указом Президента України «Про положення про Державний комітет України щодо енергозбереження» від 6.10.95 №918/95. На виконання цих Указів Президента постановою Кабінету Міністрів України від 9.01.96 р. №20 «Про управління сферою енергозбереження» передбачено в галузевих міністерствах і відомствах, у сферу управління яких входять підприємства й організації, що займаються видобутком, переробленням, транспортуванням, збереженням, обміном і використанням ПЕР, створенням підрозділів з питань енергозбереження. Типове положення про підрозділ з енергозбереження у галузевих міністерствах і відомствах затверджено наказом Держкоменергозбереження від 6 березня 1996 року №10, який зареєстровано у Міністерстві юстиції 21.03.96 за № 130/1155.

Постановою Кабінету Міністрів України від 29.04.96 №487 «Про затвердження Положення про Фонд паливно-енергетичного комплексу» створений загальнодержавний позабюджетний фонд енергозбереження з метою фінансування і матеріально-технічної підтримки дій щодо раціонального використання й економії ПЕР. Передбачено, що гроші Фонду формуються за рахунок платежів за нераціональне використання ПЕР, добровільних внесків юридичних і фізичних осіб, а також інших надходжень, не заборонених законодавством.

Перерахованими нормативно-правовими актами забезпечене, в основному, створення інституційних посад державного управління енергозбереженням в Україні.

*Регулюючі механізми енергозбереження.* У реальних умовах України роль державного управління енергозбереженням у сучасних умовах полягає, насамперед, у формуванні «правил гри» в економічному середовищі, які б сприяли залученню споживачів до раціонального використання ПЕР.

Діяльність державних структур, які займаються питаннями енергоефективності в Україні, орієнтована, у першу чергу, на стимулювання способів енергозбереження, виходячи і з сьогоднішніх економічних реалій, і на перспективу. Законом України «Про енергозбереження» передбачено здійснення державного регулювання діяльності в сфері енергозбереження на основі введення нормативно-технічних і економічних способів управління.

*Стандартизація.* Ключова роль серед нормативно-технічних дій належить стандартизації вимог до енергоемності продукції. На сьогоднішній день в Україні розроблено більше 11 базових щодо енергозбереження стандартів; крім того, до цієї сфери можна віднести ще 74 стандарти в паралельних галузях. У стадії розробки перебувають ще кілька стандартів. Стратегічним напрямком розвитку стандартизації на даному етапі є формалізація методик пошуку витрат ПЕР під час їх транспортування мережами. Це зумовлено тим, що саме ці показники витрат істотно збільшилися з початку 90-х років минулого століття. Значна робота стосовно стандартизації,

відповідно до вимог енергозбереження у будівельній галузі, впроваджується Держбудом. Там упроваджено нові вимоги до теплоопору огорожувальних конструкцій у будівництві.

Однак методи стандартизації не дають швидкого результату, оскільки стандарти не енергоємне устаткування, реально починають працювати через 5–7 років після його впровадження, що зумовлене тривалим циклом проектування та освоєння виробництва нової продукції, тим паче в умовах значного економічного спаду. Зараз в Україні лише 10% новобудов відповідає вимогам енергозбереження.

*Нормування капітальних витрат ПЕР.* Закон України «Про енергозбереження» передбачає на період до введення в дію системи стандартів з енергозбереження застосувати прогресивні норми витрат ПЕР. Виходячи з цього і з огляду на фактор відсутності ефективного власника на виробництві та пов'язані з цим факти безгосподарності, на даному етапі доцільно відновити систему нормування капітального споживання ПЕР на виробництво продукції – хоча б на перехідний період (3-5 років) .

Відомо, що система нормування досить детально була розроблена ще Держпланом СРСР. Однак у цілому вона істотно не вплинула на ситуацію, у першу чергу, через директивне зниження споживання ПЕР. Крім цього, певна методична недосконалість дозволяла освіченому енергетику маніпулювати з виконанням норм за рахунок віднесення частини витрат ПЕР на так званий розділ «Інші виробничі витрати».

Своєю суттю методи нормування відповідають етапу впровадження маловитратних і організаційних методів.

Відповідно до загальної постанови більшість енергоємних підприємств України охоплено системою нормування. Позитивна тенденція до зменшення капітальних витрат ПЕР спостерігалась під час виробництва більшості видів енергоємної продукції. Ця тенденція стійко втримується і зараз. Однак у цілому, особливо в найбільш енергоємному металургійному та хімічному комплексі, такий перелом відбувається на дуже високих рівнях енерговитрат. Завданням державного управління в сфері енергозбереження є зниження цього рівня.

### **Управління у сфері енергозбереження і відповідальність за порушення закону і правових актів**

Основними принципами державної політики в сфері енергозбереження є:

а) створення державою економічних і правових умов для зацікавленості в енергозбереженні юридичних та фізичних осіб;

б) здійснення державного регулювання діяльності в сфері енергозбереження на основі застосування економічних і нормативно-технічних управлінських заходів;

в) наявність пріоритетних вимог щодо енергозбереження при здійсненні будь-якої господарської, управлінської чи іншої діяльності;

г) об'єднання методів економічного стимулювання і фінансової відповідальності з метою раціонального використання та ощадливої витрати ПЕР тощо.

Об'єктами правового регулювання законодавства про енергозбереження є відносини в сфері функціонування енергетичного господарства України. Суб'єктами правового регулювання відносин у сфері енергозбереження є юридичні і фізичні особи, у результаті діяльності яких здійснюється : проведення енергозберігаючої політики і заходів щодо енергозбереження у всіх галузях народного господарства, включаючи створення ефективних систем управління і способів контролю за енергозбереженням.

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

Державне управління в сфері енергозбереження здійснює Кабінет Міністрів України та уповноважений ним орган. При цьому реальне стимулювання енергозбереження здійснюється шляхом:

- а) надання податкових пільг;
- б) пріоритетного кредитування заходів щодо енергозбереження;
- в) встановлення підвищених норм амортизації енергозберігаючих основних фондів;
- г) цільових державних та інших субсидій і безповоротного асигнування на виконання пошукових НДР у сфері енергозберігаючих технологій та нетрадиційних видів енергії, на виробництво й освоєння нових видів енергозберігаючої техніки і технологій.

При цьому розміри податкових, кредитних та інших пільг устанавлюються згідно з законодавством України.

Особлива увага в управлінні приділяється контролю в сфері енергозбереження і відповідальності за порушення Закону і правових актів. Мета контролю – забезпечення дотримання норм законодавства про енергозбереження всіма державними органами, юридичними і фізичними особами. Контроль здійснюється відповідно до порядку, встановленого Кабінетом Міністрів України.

Контролю підлягає енергетичне господарство, правильність і ефективність використання цільових засобів. Відповідальність за порушення законодавства несуть особи, винні: в невиконанні відповідних вимог щодо енергозбереження, у відмові від своєчасної інформації, порушенні вимог законодавства, фінансуванні технологій і оснащення, які не відповідають стандартам тощо.

## Енергетична стратегія підприємства з питань енергоефективності

### *Енергетична стратегія підприємства в питанні енергоефективності.*

Без чітко визначеної енергетичної стратегії компанія не зможе розробити ефективну програму по енергоефективності. Енергетична стратегія повинна визначити загальні цілі у відношенні використання енергії, і тому повинна включати наступні питання:

- закупівля первинних енергоресурсів;
- їхнє перетворення на підприємстві;
- розподіл і постачання;
- використання енергії.

Стратегія не повинна бути зосереджена тільки на вартості енергії, вона повинна стати всеосяжним документом, що відбиває те, як прийняті рішення вплинуть на енергоефективність.

Енергетична стратегія повинна включати ряд цілей, з якими буде зв'язана робота підприємства, і встановлюватися задачі для її поліпшення.

Стратегія починається з розробки корпоративного рішення про енергоефективність. Опублікування корпоративної енергетичної політики демонструє те, що питання енергії тепер є загальними для усіх. Вона представляє розуміння необхідності і рішучість поліпшувати енергоефективність, як частина філософії компанії. Енергетична політика повинна розроблятися для внутрішнього користування і використовуватися як документ для суспільних зв'язків.

### *Типове корпоративне рішення про енергоефективність:*

#### *1. Основні стратегічні принципи.*

Ми будемо постійно поліпшувати використання енергії.

Наша компанія ставить метою домогтися найнижчого можливого рівня використання енергії у всіх виробничих процесах.

#### *2. Мета.*

Ми зробимо поліпшення енергоефективності основою політики компанії і прийняття рішень.

#### *3. Процеси.*

Ми будемо розробляти і здійснювати заходи, що будуть сприяти ефективному використанню енергії і сировини.

Ми будемо віддавати перевагу енергоефективному обладнанню.

#### *4. Науково-дослідні роботи.*

Ми будемо розширювати наші знання технологічних процесів за допомогою проведення науково-дослідних робіт для гарантування того, що наші рішення забезпечать найнижчий рівень споживання енергії, тим самим підвищуючи віддачу вкладених часу і коштів.

#### *5. Організація.*

Ми будемо працювати над підвищенням рівня знань про енергоефективність у своїй організації, і над підвищенням значимості енергоефективності для загальних показників роботи компанії.

Ми будемо стимулювати участь працівників у енергоефективності.

Ми підкреслюємо, що всі рівні керівництва несуть відповідальність за інтегрування енергоефективності в довгострокові плани і стратегію.

Дуже важливо те, що, якщо корпоративне рішення про енергоефективність прийняте, то його необхідно виконувати. Якщо керівник компанії вживе заходи, які не будуть відповідати корпоративному рішення, то вони будуть знецінені і марні. Компанія також повинна забезпечити виділення необхідних коштів для досягнення цілей корпоративного рішення і створення відповідної структури управління для виконання робіт.

Існує також необхідність чіткого визначення обов'язків у питаннях, які пов'язані з використанням усіх видів палива й енергії. Енергоефективність повинна стати частиною обов'язків кожного працівника, а визначений персонал повинен здійснювати загальне керівництво або відігравати координаційну роль.

Стратегія не буде ефективною, якщо ви не зможете контролювати хід її виконання. Моніторинг і оцінка результатів необхідні для надання інформації вищому керівництву про те, що вкладення в енергоефективність фінансового капіталу або трудових ресурсів приносять реальний фінансовий і виробничий результат. Дані моніторингу також можуть використовуватися для порівняння показників роботи вашого підприємства з установленими цілями по поліпшенню енергоефективності. Установка цілей дає чіткі орієнтири для поліпшення енергоефективності як на всьому підприємстві, так і в його підрозділах.

Енергетичні показники повинні регулярно переглядатися, а успіхи повинні стати надбанням усіх зацікавлених осіб на підприємстві і поза підприємством. Зацікавленими особами можуть бути акціонери, працівники, керівники, а також місцеві жителі, на життя яких впливає функціонування цього підприємства.

#### *Переваги від здійснення енергетичної стратегії*

Ресурсами, які використовуються для поліпшення енергоефективності, є не тільки фінанси, а також час, рішучість і професійні знання, необхідні для поліпшення енергоефективності. Вигоди також не є одноразовими чи просто фінансовими. Вони можуть тривати рік за роком, і економія (у відношенні енергії, витрат, і інших показників) реально вимірюється і розраховується.

#### *Переваги в широкому змісті можна підрозділити на три види:*

*Екологічні вигоди* – ті, які пов'язані зі зменшенням негативного впливу на місцеву і глобальну екологію.

*Виробничі вигоди* – ті, які пов'язані з ефективністю і роботою компанії в цілому, поліпшенням роботи персоналу або поліпшенням якості продукції.

*Фінансові вигоди* – ті, які пов'язані з безпосереднім фінансовим внеском (тобто зменшенням витрат) у компанію.

Таким чином, рекламуючи енергоефективність потрібно підкреслювати її численні вигоди. Проте, саме фінансові вигоди завжди є переважаючим критерієм, тому на ньому потрібно сфокусувати увагу.

*Енергетична стратегія повинна надавати відповіді на чотири наступних*



*питання:*

Де ми знаходимося сьогодні?

Де ми хочемо знаходитися?

Як ми можемо цього домогтися?

Як ми визнаємо, чого ми домоглися?

Розробка корпоративного рішення повинна включати відповідь на друге питання і визначати границі, у яких буде зважуватися третє питання. Реальні відповіді на інші питання будуть отримані у результаті роботи в рамках програми по енергоефективності, зокрема під час виконання енергоаудитів і організації системи енергоменеджменту.

*Вимоги до програми енергозбереження*

Програма енергозбереження повинна встановлювати мету, завдання, порядок розроблення та впровадження енергозберігаючих заходів.

Програма повинна містити такі розділи:

- загальні положення, що містять мету та завдання;
- відповідальність керівництва;
- характеристика та перспективи розвитку ВС (виробничих систем) щодо використання ПЕР;
- наявний стан споживання ПЕР;
- прогнозовані потреби виробничої системи в ПЕР;
- стан, потенціал та пріоритети енергозбереження у ВС;
- план впровадження енергозберігаючих заходів із зазначенням термінів виконання та відповідальних осіб за їхнє упровадження;
- першочергові маловитратні та перспективні енергозберігаючі заходи;
- техніко-економічне обґрунтування енергозберігаючих заходів;
- завдання підрозділам ВС щодо використання енергоефективного устаткування та технологій;
- управління документообігом та інформаційними потоками;
- управління контрольно-вимірювальним устаткуванням;
- стимулювання персоналу ВС у сфері енергозбереження;
- готування кадрів;
- моніторинг виконання програми;
- механізм реалізації програми (послідовність реалізації, виконавці, необхідні матеріально-технічні та фінансові ресурси, джерела фінансування програми тощо).

*Тарифи на енергоносії, їх види, можливість вибору*

В останні роки у вітчизняній енергетичній галузі склалася несприятлива практика встановлення і використання тарифів на електричну енергію. Це є причиною виникнення багатьох проблем як у самої енергетики, так і в державі в цілому. Тут, у першу чергу, вражає практично повна відсутність єдиної, зваженої державної політики в області розробки і впровадження тарифів на електроенергію. Потреба в такій політиці особливо гостро відчувається в умовах реструктуризації енергетики і створення оптового ринку електричної енергії. При цьому, однак, необхідно підкреслити, що мова в даному випадку

йде не про політику встановлення обґрунтованої ціни на енергію, а про створення тарифів, здатних ефективно стимулювати споживачів до пошуку і використання маневреного електричного навантаження, до підвищення ефективності енергоспоживання.

Тарифи в енергетику завжди виконували не тільки економічну функцію повернення витрат на виробництво, передачу і розподіл енергії і забезпечення необхідного прибутку для нормального розвитку галузі, але значною мірою використовувалися для управління процесом електропостачання-електроспоживання. В умовах ринку електроенергії ефективне виконання тарифами саме цієї «додаткової» функції здобуває надзвичайно велике значення.

В останній час роль ініціатора і координатора розробок у сфері удосконалення тарифів на електричну енергію взяла на себе Національна комісія регулювання електроенергетики. Однак необхідно розуміти, що розробка і впровадження прогресивної системи тарифів на електричну енергію самі по собі не принесуть бажаних результатів без одночасного створення інших, відзначених вище умов ефективного управління енерговикористанням.

Як показує аналіз систем тарифів на електроенергію розвинених країн, *основними їхніми функціями варто вважати:*

- відшкодування реальних витрат на виробіток, передачу і розподіл електроенергії, а також одержання справедливого прибутку для енергопостачальної компанії;

- стимулювання споживачів до режимів електроспоживання в інтересах роботи енергосистеми;

- забезпечення охорони навколишнього середовища і створення умов для поліпшення екологічної обстановки;

- стимулювання споживачів до участі у зниженні дефіциту потужності в енергосистемі;

- стимулювання енергозбереження у споживачів.

У промислово розвинених країнах широко використовується *три основні концепції формування тарифних ставок.*

1. Тариф розраховується виходячи з необхідного доходу, достатнього для покриття витрат протягом періоду експлуатації енергоджерела і утворення певного прибутку.

2. На основі розрахунку короткострокових граничних (маржинальних) витрат встановлюється диференційовані за часом перемінні тарифи (добові, сезонні), що відбивають зміну навантаження і зв'язані з цим витрати енергокомпаній на маневрування.

3. Ціна на електроенергію встановлюється на основі довгострокових граничних витрат, що враховують витрати на спорудження і запровадження в експлуатацію нових електрогенеруючих потужностей.

Можна виділити наступні найбільш характерні для більшості розвинених країн *види тарифів на електроенергію:*

- добові тарифи;

- сезонні тарифи;
- тарифи за категоріями споживачів (промисловий, сільськогосподарський, побутовий і т.д.);
- тарифи за надійністю електропостачання (для споживачів, що згодні на перерви в електропостачанні чи значне зниження обсягу електроспоживання в періоди максимальних навантажень);
- соціально орієнтовані тарифи.

У той же час основними використовуваними тарифними системами в більшості країн, як і раніше, є:

1. *Одноставочна* – застосовується звичайно у побутовому і частково у промисловому секторах. При цьому можуть встановлюватися (за згодою сторін):

- єдина постійна ставка на 1 кВт·год використаної електроенергії;
- ставка на одиницю часу, незалежно від обсягу споживання енергії;
- ступінчаста ставка, розмір якої змінюється пропорційно до збільшення обсягу електроспоживання;
- групова – з різною ціною 1 кВт·год у залежності від кількості споживаної електроенергії, або від потужності приєднаних установок.

2. *Двоставочна* – використовується як для побутових, так і для промислових споживачів. Основна ставка залежить від величини приєднаної потужності, додаткова – забезпечує оплату фактично спожитої енергії.

3. *Триставочна* – споживач платить за загальний обсяг використаної електроенергії, за її споживання під час пікових навантажень енергосистеми і за приєднану потужність.

Крім того, застосовуються і складні тарифні системи, – на основі обліку декількох різних показників, а також індивідуальні – для великих одиничних споживачів, які можуть враховувати час використання електроенергії, тривалість контракту і т.д.

В окремих країнах, у залежності від місцевих умов, встановлюються різні ставки на зимові і літні місяці (звичайно, листопад-березень і квітень-жовтень). Крім того, розрізняються ставки на години малого навантаження (з 22 до 6 год.), повного (з 6 до 22 год., за винятком часу пікового навантаження) і пікового навантаження. Існує також територіальна диференціація тарифів (для обліку сформованої в окремих районах країни структури виробництва і споживання електроенергії) і диференціація за кліматичними зонами (наприклад, необхідність електроопалення у тундровій зоні чи кондиціювання у зоні жаркого клімату). Діапазон розходжень регіональних ставок, як правило, не перевищує 10 – 12 %.

Останнім часом багато країн активно застосовують так звані тарифи реального часу (США, Великобританія, Фінляндія), що дозволяють енергопостачальним організаціям щогодини відслідковувати обстановку на ринку електроенергії. Така система тарифів знайшла своє застосування серед споживачів, які здатні оперативно регулювати технологічний процес, підбудовуючи його під зміну годинних значень цін на електричну енергію.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Толбатов В.А., Лебединський І.Л., Толбатов А.В. Організація систем енергозбереження на промислових підприємствах: навч. посібн. – Гриф «Рекомендовано МОН України» (лист №1.4/18 Г-2987 від 31.12.2008 р.). – Суми: СумДУ, 2009. – 192 с.
2. Праховник А.В., Суходоля О.М., Денисюк С.П., Прокопенко В.В.. Енергозбереження в промисловості. – Част. 1: навч. посібн. – К: НТУУ «КПІ», 2011. – 511 с.
3. Праховник А.В., Суходоля О.М., Денисюк С.П., Прокопенко В.В.. Енергозбереження в промисловості. – Част. 2 «Енергетичне обладнання»: навч. посібн. – К: НТУУ «КПІ», 2012. – 228 с.
4. Джеджула В. В. Енергозбереження промислових підприємств: методологія формування, механізм управління: монографія / В. В. Джеджула. – Вінниця: ВНТУ, 2014. – 346 с.
5. Основи енергоменеджменту в АПК. Методичні вказівки до виконання практичних робіт для студентів денної форми навчання за напрямом підготовки 6.100101 «Енергетика та електротехнічні системи в агропромисловому комплексі» / О. П. Голик, М. С. Мірошніченко, В. О. Зубенко. – Кіровоград: КНТУ, 2014. – 80 с.
6. Практичний посібник з енергозбереження для об'єктів промисловості, будівництва та житлово-комунального господарства України / А.В. Праховник, В.В. Прокопенко, А.М. Беленький та ін. — Луганськ: Місячне сяйво, 2010. — 696 с.