

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Національний університет «Запорізька політехніка»

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
до лабораторних робіт з дисципліни
«Енергетичний аудит
та економічні аспекти енергоефективності»
для студентів спеціальності
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка»,
освітня програма (спеціалізація) «Енергетичний менеджмент»
денної форми навчання

2022

Методичні вказівки до лабораторних робіт з дисципліни «Енергетичний аудит та економічні аспекти енергоефективності» для студентів спеціальності 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», освітня програма (спеціалізація) «Енергетичний менеджмент» денної форми навчання / Укл.: К.О.Братковська. – Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка», 2022. – 44 с.

Укладач: К.О.Братковська, доцент, канд.екон.наук

Рецензент: О.М.Климко, доцент, канд.техн.наук

Відповідальний
за випуск: О.А.Шрам, доцент, канд.техн.наук

Затверджено
на засіданні кафедри
«Електропостачання
промислових підприємств»
Протокол № 9
від «24» травня 2022 р.

Рекомендовано до видання
НМК електротехнічного
факультету
Протокол № 7
від «23» червня 2022р.

ЗМІСТ

ВСТУП	4
Лабораторна робота №1	5
Лабораторна робота №2	13
Лабораторна робота №3	31
Перелік посилань	43

ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «Енергетичний аудит та економічні аспекти енергоефективності» є формування у студентів на основі базових теоретичних знань про енергетичний аудит та енергетичну ефективність, вмінь визначення проблематики дослідження економічних аспектів процесів підвищення енергоефективності та практичних навичок застосування математичних методів при оцінці економічної ефективності та виборі енергозберігаючих заходів.

Робочою програмою дисципліни передбачено виконання лабораторних робіт за наступними темами:

ЛР №1 Формування звіту з енергоаудиту та аналіз даних. Визначення економії первинних та похідних ПЕР та показників енергоефективності за допомогою ЕОМ.

ЛР №2 Техніко-економічне обґрунтування заміни обладнання або використання енергоспоживаючого обладнання.

ЛР №3 Собівартість виробництва енергії у роздільному та комбінованому циклі виробництва.

Лабораторна робота №1

Формування звіту з енергоаудиту та аналіз даних. Визначення економії первинних та похідних ПЕР та показників енергоефективності

1.1 Мета роботи

Навчитися визначати економію ПЕР та показники енергоефективності на основі даних енергоаудиту та аналізувати отримані результати.

1.2 Загальні відомості

Під енергетичним аудитом розуміють обстеження підприємства, організації або окремих їх ланок із метою визначення можливостей економії енергії шляхом впровадження механізмів ефективного енерговикористання.

Енергетичний аудит розв'язує такі задачі:

- складання карти використання об'єктом паливно-енергетичних ресурсів (ПЕР);
- розробка організаційних і технічних заходів, які направлені на зменшення втрат енергії;
- визначення потенціалу енергозбереження;
- фінансова оцінка енергозберігаючих заходів.

Аналіз ефективності використання ПЕР на об'єкті супроводжується розрахунком економії первинних та похідних ПЕР та обчисленням основних показників енергоефективності.

Економія (перевитрати) ПЕР цеху конкретного підприємства розраховується за формулами:

$$\Delta E_w = \sum_i Q_{wi}^0 [e_{wi}^\delta - e_{wi}^0 + \sum_j (q_{ji}^\delta - q_{ji}^0) \cdot e_j^\delta + \sum_\phi (q_{\phi i}^\delta - q_{\phi i}^0) \cdot e_{\phi i}^\delta] \quad (1.1)$$

$$\Delta T_w = \sum_i Q_{wi}^0 [t_{wi}^\delta - t_{wi}^0 + \sum_j (q_{ji}^\delta - q_{ji}^0) \cdot t_j^\delta + \sum_\phi (q_{\phi i}^\delta - q_{\phi i}^0) \cdot t_{\phi i}^\delta] \quad (1.2)$$

де ΔE_w , ΔT_w – економія (або перевитрати) відповідно електроенергії, кВт·год, і умовного палива, кг у.п., цеху;

Q_{wi}^0 – кількість виробленої цехом продукції у звітному періоді, н.о.;

$e_{wi}^\delta, t_{wi}^\delta$ – базові цехові питомі витрати відповідно електроенергії, кВт·год/н.о., та умовного палива кг у.п./н.о., на виготовлення і-ї продукції;

e_{wi}^0, t_{wi}^0 – звітні цехові питомі витрати відповідно електроенергії, кВт·год/н.о., та умовного палива кг у.п./н.о., на виготовлення і-ї продукції;

q_{ji}^δ, q_{ji}^0 – цехові питомі витрати j-го похідного енергоносія на виробництво і-ї продукції (витратні коефіцієнти) відповідно в базовому та звітному періодах, н.о./н.о.;

e_j^δ, t_j^δ – цехові питомі витрати електроенергії, кВт·год/н.о., та умовного палива, кг у.п./н.о.;

$q_{\phi i}^\delta, q_{\phi i}^0$ – цехові питомі витрати ф-го напівфабрикату на виробництво і-ї продукції (витратні коефіцієнти) в базовому і звітному періодах, н.о./н.о.;

$e_\phi^\delta, t_\phi^\delta$ – цехові питомі витрати відповідно електроенергії, кВт·год/н.о., та умовного палива, кг у.п./н.о., на виготовлення ф-го напівфабрикату у базовому періоді.

Під кількістю виробленої цехом продукції треба розуміти кількість продукції товарної і переданої для використання іншим цехам. Кількість продукції, що використана як напівфабрикат самим цехом, не враховується.

У разі, коли економію (перевитрати) палива визначають у вартісному вигляді, то розрахунок економії ПЕР цеху необхідно здійснювати окремо для кожного виду використаного палива. Окремий розрахунок раціонально здійснювати і тоді, коли ціни на різні види палива в перерахунку на умовне паливо суттєво відрізняються. В цьому випадку необхідно визначити і питомі витрати кожного виду палива на вироблення похідних енергоносіїв та напівфабрикатів.

Вартість зекономлених цехом ПЕР розраховують як алгебраїчну суму вартості зекономленої електроенергії і умовного палива:

$$S_w = \Delta E_w \cdot Z_e + \Delta T_w \cdot Z_t \quad (1.3)$$

де ΔS_w – вартість зекономлених цехом ПЕР, у грн.;

Z_e , Z_t – ціни відповідно електроенергії та умовного палива (грн./кВт·год, грн./кг у.п.).

Ціна умовного палива для кожного цеху визначається як середньозважена ціна усіх β видів палива, що витрачені цехом за звітний період:

$$Z_t = \sum_{\beta} T_{\beta} \cdot Z_{\beta} / \sum_{\beta} T_{\beta} \cdot K_{\beta} \quad (1.4)$$

де T_{β} – кількість витраченого β -го палива, н.о.;

Z_{β} – ціна β -го палива, грн./н.о.;

K_{β} – коефіцієнт перерахунку β -го палива на умовне, кг у.п./н.о.

Основні показники енергоефективності діляться на три групи:

- встановлені технічною документацією на прилади і продукцію;
- показники енергоефективності технологічних і виробничих процесів, які використовуються при проведенні енергетичного обстеження;
- індикатори впровадження енергозбереження.

Крім цього, показники енергоефективності можна поділити на прямі (енергоємність, паливоємність, електроенергоємність, теплоенергоємність випуску продукції тощо, коефіцієнт корисного використання енергії, питомі витрати палива, електричної або теплової енергії) та непрямі (середня ціна одиниці спожитих ПЕР, вартість спожитих ПЕР на одиницю обсягу випуску продукції, частка витрат ПЕР у собівартості продукції, робіт, послуг та інші).

Таблиця 1.1 – Показники енергоефективності підприємства

Прямі показники	
Енергоємність випуску продукції, кг у.п./грн	$e = \frac{P}{V_B}$ де P – обсяг споживання ПЕР на енергетичні цілі, кг у.п.; V_B – обсяг випуску продукції на підприємстві, грн.
Енергоємність валової доданої вартості (ВДВ), кг у.п./грн	$e_{\text{вдв}} = \frac{P}{V_{\text{вдв}}}$ де $V_{\text{вдв}}$ – обсяг ВДВ на підприємстві
Паливоємність $B_{E(\text{ВДВ ВВП})}$, електроенергоємність $W_{E(\text{ВДВ ВВП})}$, теплоенергоємність $Q_{B(\text{ВДВ ВВП})}$ випуску	$B_{E(\text{ВДВ ВВП})} = \frac{\sum B_i}{V_{E(\text{ВДВ ВВП})}}$ $W_{E(\text{ВДВ ВВП})} = \frac{W_i}{V_{E(\text{ВДВ ВВП})}}$ $Q_{B(\text{ВДВ ВВП})} = \frac{Q_i}{V_{B(\text{ВДВ ВВП})}}$ де B – обсяг споживання органічного палива, кг у. п./грн.; W – обсяг споживання електроенергії, кВт год; Q – обсяг споживання теплової енергії, Гкал.
Коефіцієнт корисного використання енергії	$K_{KB} = \frac{E_K}{E_3}$ де E_3 – загальна кількість енергії; E_K – кількість використаної енергії.
Питомі витрати палива, кг у.п./од. ПРП, електроенергії, кВт год/од. ПРП, теплової енергії, Гкал/од. ПРП	$d = \frac{\sum B_i}{\Pi}; W = \frac{W}{\Pi}; q = \frac{Q}{\Pi}$ Π – обсяг ПРП за певний проміжок часу, натуральних одиниць

Продовження таблиці 1.1

Непрямі показники	
Середня ціна одиниці спожитих ПЕР, грн/т у. п.	$C_{\text{сеп}}^{\text{ПЕР}} = (\sum C_i B_i + T_e W + T_m Q) / (\sum B_i + W + Q)$ де C_i – ціна на i -ий вид органічного палива, грн/т у. п.; B_i – споживання i -го виду органічного палива, т у. п.; T_e – тариф на електроенергію, грн/кВт год; W – споживання електроенергії, у чисельнику – в кВт год, у знаменнику – в т у.п.; T_m – тариф на теплову енергію, грн/Гкал; Q – споживання теплової енергії, у чисельнику – в Гкал, у знаменнику – в т у.п.
Енергоемність основних виробничих фондів, т у. п./грн	$E_{\text{ОВФ}} = (\sum B_i + W + Q) / D_{\text{ОВФ}}$ де W – обсяг спожитої електроенергії, т у. п.; Q – обсяг спожитої теплової енергії, т у. п.; $D_{\text{ОВФ}}$ – середньорічна вартість основних виробничих фондів, грн.
Вартість спожитих ПЕР на одиницю обсягу випуску продукції, грн/грн	$C_E = C_{\text{ПЕР}} / V_E$ де $C_{\text{ПЕР}}$ – вартість спожитих ПЕР на виробництво певного обсягу випуску продукції, грн.
Частка витрат на ПЕР в обсязі проміжного споживання (випуску), %	$I_{\text{nc}(E)} = \left(\frac{C_{\text{ПЕР}}}{V_{\text{nc}(E)}} \right) \cdot 100\%$ де $C_{\text{ПЕР}}$ – вартість спожитих ПЕР, грн.; $V_{\text{nc}(E)}$ – обсяг проміжного споживання, грн.
Частка витрат ПЕР у собівартості продукції, робіт, послуг, %	$I_{\text{CB}} = \left(\frac{C_{\text{ПЕР}}}{\text{CB}} \right) \cdot 100\%$ де $C_{\text{ПЕР}}$ – вартість спожитих ПЕР, грн.; CB – собівартість продукції, робіт, послуг, грн.

1.3 Підготовка до роботи

При підготовці до лабораторної роботи студенту необхідно:

1 Вивчити методичні вказівки до лабораторної роботи.

2 Згідно з вихідними даними за заданим викладачем варіантом за таблицею 1.2 розрахувати:

- обсяги споживання ПЕР та витрат на ПЕР в базовому та звітному періодах;
- економію первинних та похідних ПЕР;
- загальну вартість зекономлених цехом ПЕР;
- показники енергоефективності у звітному періоді, та у випадку зниження споживання електроенергії.

Ковальський цех машинобудівного заводу за звітний період виробив **a** т сталених поковок із 5400 т зливків, виготовлених у сталеливарному цеху заводу. Питомі витрати енергоносіїв склали: електроенергії – **c** кВт·год/т, стиснутого повітря – 150 м³/т, природного газу – **f** м³/т, пари – **h** Гкал/т, сталених зливків – 1,35 т/т.

За той самий період минулого року (тобто в базовому періоді) витратний коефіцієнт металу на тонну поковок складав 1,36 т/т, питома витрата електроенергії – **b** кВт·год/т, стиснутого повітря – 140 м³/т, природного газу – **d** м³/т, пари – **g** Гкал/т.

Крім того, в базовому періоді на вироблення 1 Гкал пари витрачалося 80 м³ природного газу, 20 кг мазуту і 30 кВт·год електроенергії; на вироблення 1 тис. м³ стиснутого повітря – 95 кВт·год електроенергії, на відливання 1 тонни зливків – 1200 кВт·год електроенергії і 1300 м³ природного газу.

Загальну вартість зекономлених цехом ПЕР визначити за ціною електроенергії 2,0972 грн./кВт·год, природного газу – 8188,65 грн./тис.м³, мазуту – 6080 грн./т.

Обсяги споживання ПЕР та витрат на ПЕР в базовому та звітному періодах визначити, якщо вартість товарної продукції 38 тис. грн./т, рентабельність виробництва 18%.

Показники енергоефективності визначити у звітному періоді, та у випадку зниження споживання електроенергії на 11%.

3 Підготувати вихідні дані для розрахунку на ЕОМ у вигляді таблиці 1.3.

Таблиця 1.2 – Вихідні дані до розрахунку

Варіант	Кількість виробленої цехом продукції у звітному періоді, т	Базові цехові питомі витрати електроенергії, кВт·год/т	Звітні цехові питомі витрати електроенергії, кВт·год/т	Базові цехові питомі витрати природного газу, м ³ /т	Звітні цехові питомі витрати природного газу, м ³ /т	Базові цехові питомі витрати теплоенергії, Гкал/т	Звітні цехові питомі витрати теплоенергії, Гкал/т
	a	b	c	d	f	g	h
1	5200	27	26	31,5	30	0,052	0,05
2	3400	28	29	32	30	0,05	0,048
3	4600	30	28	30	26,5	0,053	0,055
4	5000	31	32	29	28,5	0,055	0,048
5	3900	30	31	33	34	0,049	0,046

Таблиця 1.3 – Дані для вводу в ЕОМ

№ з/п	Назва показника	Значення
1	Споживання електроенергії, кВт·год	
2	Споживання природного газу, м ³	
3	Споживання мазуту, т	
4	Вартість електроенергії, грн./кВт·год	
5	Вартість природного газу, грн./тис.м ³	
6	Вартість мазуту, грн./т.	
7	Вартість товарної продукції, тис. грн.	
8	Рентабельність виробництва, %	

4 Оформити заготовку до звіту з лабораторної роботи (титульна сторінка, мета роботи, основні теоретичні відомості, формули й розрахунки).

1.4 Порядок проведення роботи

1 Розрахувати обсяги споживання ПЕР та витрат на ПЕР в базовому та звітному періодах; економію первинних та похідних ПЕР; загальну вартість зекономлених цехом ПЕР; показники енергоефективності у звітному періоді, та у випадку зниження споживання електроенергії.

2 Ввести в ЕОМ та розрахувати показники енергоефективності у звітному періоді, та у випадку зниження споживання електроенергії.

1.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинні бути приведені стисле викладення теоретичного матеріалу, який використовується при виконанні роботи; розрахунок за вихідними даними згідно заданого варіанту; результат розрахунку на ЕОМ; висновки та аналіз результатів.

1.6 Контрольні запитання

1. Що є предметом енергетичного аудиту?
2. Які задачі енергетичного аудиту?
3. З яких етапів складається енергетичний аудит?
4. Яке основне призначення системи показників енергоефективності?
5. Що враховується при визначенні економії (перевитрати) ПЕР цеху конкретного підприємства?
6. Як змінюються показники енергоефективності і як за їх допомогою можна проаналізувати стан енергоефективності підприємства?

Лабораторна робота №2

Техніко-економічне обґрунтування заміни обладнання або використання енергоспоживаючого обладнання

2.1 Мета роботи

Навчитися проводити техніко-економічне обґрунтування заміни або встановлення енергозберігаючого та енергоспоживаючого обладнання та аналізувати отримані результати.

2.2 Загальні відомості

Одним з найважливіших напрямів скорочення поточних витрат на підприємствах є модернізація основних засобів з одночасним здійсненням енергозберігаючих заходів (ЕЗЗ). Такі проекти пов'язані або з установкою додаткового енергозберігаючого обладнання (теплообмінники, автоматичні регулятори енергоспоживання тощо.), або із заміною старого обладнання на нове, менш енергоємне. Сюди ж відносяться проекти витратного характеру, пов'язані з будівництвом і монтажем об'єктів інженерної інфраструктури (опалення та вентиляція, водопостачання, освітлення будівель тощо).

Для досягнення максимальної ефективності ЕЗЗ необхідно зробити порівняння кількох альтернативних варіантів технічних рішень з точки зору їх економічної доцільності. Ефективність ЕЗЗ характеризується системою показників, що відображають співвідношення витрат і результатів проекту стосовно до інтересів його учасників. Без бази порівняння проводиться лише оцінка абсолютної ефективності проектів. В інших випадках базою порівняння виступає існуючий варіант діяльності або один з проектів.

Оцінка проектів за витратами виконується, якщо результати проектів тотожні повністю. Проект з меншими витратами є кращим. В іншому випадку додатково виконується вартісна оцінка наявних відмінностей.

Для оцінки доцільності додаткових витрат на дії (заходи), що збільшують корисний результат, або для визначення вигідності додаткових заходів з енергозбереження (наприклад, посилення теплоізоляції, використання вторинних енергоресурсів, доцільності

залучення у виробництво гірших ресурсів і т. д.) використовують показники приросту. Ефективність додаткових витрат визначається, виходячи зі співвідношення приросту витрат і приросту продукції (іншого корисного результату).

Абсолютний ефект показує результати проекту за відсутності заміни техніки аналогічного призначення, а також у разі якщо продовження використання заміної техніки недоцільно і буде припинено.

Абсолютний ефект проекту (E_a) визначається за формулою:

$$E_a = D_H - K_H; \quad (2.1)$$

де: D_H – порівнянний дохід за проектом за розрахунковий період, грн.; K_H – капіталовкладення за проектом, грн.

Дохід може обчислюватися як результат основної діяльності (прибуток плюс амортизаційні відрахування), так і як зниження собівартості в результаті заходів з енергозбереження та зменшення інших операційних витрат.

Ефект заміни діючої техніки аналогічного призначення показує результати проекту за умови, що базовий (замінний) варіант конкурентоспроможний. При відмові від проекту базовий варіант передбачає використання старої техніки. Він не потребує капіталовкладень, проте можливі витрати на ремонт.

Ефект заміни діючої техніки (E_T) визначається за формулою:

$$E_T = D_H - D_B - K_H, \quad (2.2)$$

де: D_H і D_B – порівнянний дохід за розрахунковий період відповідно за новим і базовим варіантами, грн.; K_H – капіталовкладення за проектом, грн.

Якщо базовий і новий варіанти відрізняються тільки витратами, то ефект заміни діючої техніки (E_T) можна визначити за формулою:

$$E_T = C_B - C_H - K_H, \quad (2.3)$$

де: C_B і C_H – сумірні операційні витрати за вирахуванням амортизаційних відрахувань за розрахунковий період відповідно по базовому і новому варіантам, грн.; K_H – капіталовкладення за проектом (нового варіанту), грн.

Порівняння проектів аналогічного призначення дозволяє визначити кращий варіант. Базою порівняння завжди є проект із меншою величиною капіталовкладень. Проекти порівнюються в чистому вигляді.

Порівняльний ефект проекту (E_{II}) визначається за формулою:

$$E_{II} = E_2 - E_1 = D_2 - K_2 - D_1 + K_1, \quad (2.4)$$

де: E_2 і E_1 – абсолютний ефект відповідно варіанта 2 і варіанта 1, прийнятого за базу порівняння, грн.; D_2 і D_1 – порівняльний дохід за розрахунковий період відповідно за варіантом 2 і варіантом 1, грн.; K_2 і K_1 – капіталовкладення відповідно за варіантом 2 та варіантом 1, грн.

Якщо проекти різняться тільки витратами, то для їх порівняння можна використовувати формулу:

$$E_{II} = K_1 + C_1 - K_2 - C_2, \quad (2.5)$$

де: K_1 і K_2 – капіталовкладення відповідно за варіантом 1 та варіантом 2, грн.; C_1 і C_2 – сумірні операційні витрати за вирахуванням амортизаційних відрахувань за розрахунковий період відповідно за варіантом 1 та варіантом 2, грн.

Для енергозберігаючих проектів в якості інвестицій випускають капіталовкладення в придбання, модернізацію та реконструкцію основних засобів.

У загальному вигляді до складу капіталовкладень можуть входити такі види витрат:

$$K = K_{БУД} + K_{ОБ} + K_{СУП} , \quad (2.6)$$

де: $K_{БУД}$ – капіталовкладення в будівельні конструкції; $K_{ОБ}$ – капіталовкладення в робочі машини й обладнання, що містять витрати на їх придбання і монтаж; $K_{СУП}$ – супутні капіталовкладення, що містять витрати на передінвестиційні дослідження, проектування та розробку ТЕО; нематеріальні активи (придбання ліцензій, ноу-хау, патентів тощо); інші.

За відсутності проектно-кошторисної документації капіталовкладення в обладнання можна розрахувати в укрупненому вигляді за формулою:

$$K_{ОБ} = C_{ОБ} \left(1 + \frac{k_{TP}}{100} + \frac{k_M}{100} \right) , \quad (2.7)$$

де: k_{TP} – коефіцієнт, що враховує витрати на упакування і транспортування, він становить приблизно 10-13% від відпускної ціни (контрактної вартості); k_M – коефіцієнт, що враховує витрати на монтаж обладнання та пусконаладжувальні роботи, і залежить від виду технічних засобів (зазвичай складає 10-20% від відпускної ціни обладнання, потрібного монтажу, проте в деяких випадках, наприклад, для великих джерел теплопостачання, може досягати 50%).

Річний потенціал енергозбереження в загальному вигляді визначається сумарною економією всіх видів енергоресурсів при реалізації ЕЗЗ:

$$\begin{aligned} \Delta E &= \Delta E_{II} + \Delta E_Q + \Delta E_W + \Delta E_B = \\ &= C_{II} \Delta B_H + C_Q \Delta Q + C_W \Delta W + C_B \Delta V_B \end{aligned} \quad (2.8)$$

де: $\Delta E_{\Pi}, \Delta E_Q, \Delta E_W, \Delta E_B$ – відповідно вартість зекономленого палива, теплової, електричної енергії і води; $\Delta B_H, \Delta Q, \Delta W, \Delta V_B$ – відповідно річна економія палива, теплової, електричної енергії і води в натуральному виразі; C_{Π} – ціна за одиницю натурального палива; C_Q – ціна одиниці теплоти; C_W – тариф на електроенергію, C_B – вартість 1 м³ води.

При оцінці конкретного ЕЗЗ в розрахунках слід враховувати тільки ті види енерговитрат, які зазнають зміни при реалізації даного проекту. Так, при реконструкції котелень це можуть бути витрати на паливо, електроенергію і воду. Для проектів, пов'язаних з модернізацією опалення і вентиляції об'єктів, що використовують покупну теплову енергію, економія сумарних енерговитрат може виражатися зміною витрати теплової та електричної енергії. Слід зазначити, що в окремих проектах поряд з економією теплової енергії і палива може мати місце збільшення витрати електроенергії. У цьому випадку у формулі (2.8) складова ΔE_W приймає негативне значення.

Розрахунок прибутку, одержуваного підприємством у результаті реалізації проекту, залежить від специфіки проекту. Так, якщо проект пов'язаний з придбанням нових енергозберігаючих технічних засобів (ТЗ), які раніше на об'єкті не застосовувалися, прибуток визначається з виразу:

$$\Pi = \Delta E - C_E, \quad (2.9)$$

де: ΔE – вартість зекономлених енергоресурсів; C_E – поточні витрати, пов'язані з експлуатацією нових ТЗ (без урахування енергоспоживання).

Як правило, приріст поточних витрат пов'язаний з додатковими витратами на амортизацію (A), техобслуговування і ремонт (P):

$$C_E = A + P, \quad (2.10)$$

Економія поточних витрат у разі заміни діючого обладнання на більш досконалий аналог визначається за формулою:

$$\Pi = \Delta E - \Delta C_E = \Delta E - [(A_H + P_H) - (A_C + P_C)], \quad (2.11)$$

де: ΔC_E – зміна поточних витрат, пов'язаних з експлуатацією технічних засобів, при їх заміні; A_H , A_C – відповідно амортизація нового і замінного устаткування; P_H , P_C – відповідно витрати на техобслуговування і ремонт нового і замінного устаткування.

Розрахунок витрат на амортизацію виконується на основі даних про балансову вартість основних фондів, що вводяться по кожному варіанту енергозберігаючої технології, і єдиних норм амортизаційних відрахувань:

$$A = 0,01(H_A K), \quad (2.12)$$

де: H_A – норма річних амортизаційних відрахувань, %; K – капіталовкладення в устаткування (для діючого обладнання балансова вартість групи основних засобів).

Витрати на ремонт і обслуговування технічних засобів (ТЗ) розраховуються за формулою:

$$P = 0,01(H_P K) \quad (2.13)$$

де: H_P – норма річних витрат на ремонт і техобслуговування даного виду ТЗ, %.

Витрати на ремонт і технічне обслуговування енергетичного устаткування залежно від його виду можуть також визначатися за формулами:

$$P = C_P N_P k \quad (2.14)$$

$$P = C_{VE} N_{VE} \quad (2.15)$$

де: C_P – середньорічні витрати на ремонт і технічне обслуговування основних засобів, що припадають на одиницю

ремонтної складності; C_{YE} – середньорічні витрати на ремонт і технічне обслуговування умовної одиниці електроустаткування в електромережах; N_p – кількість одиниць ремонтної складності даного виду основних засобів; N_{YE} – кількість умовних одиниць електрообладнання на ділянці електромережі; k – коефіцієнт, що враховує витрати на ремонт енергетичної частини даного виду основних засобів.

Дохід від інвестицій (річний інвестиційний дохід D) у разі придбання додаткового енергозберігаючого обладнання визначається за виразом:

$$D = ЧП + A_H \quad (2.16)$$

У разі заміни діючого обладнання на більш досконалий аналог річний дохід визначається за формулою:

$$D = ЧП + (A_H - A_C) \quad (2.17)$$

Чистий дисконтований прибуток визначається з виразу:

$$ЧТВ = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1 + \alpha)^t} - K_H, \quad (2.18)$$

D_t – дохід, отриманий в рік t , T – розрахунковий період в роках; K_H – капіталовкладення, наведені в часі до початку розрахункового періоду; α – прийнята процентна ставка (базова ставка, норма дисконту), відн. од.

Дисконтування капіталовкладень здійснюється в тих випадках, коли будівництво передбаченого проектом об'єкта перевищує один рік (будівний лаг), а також якщо в проекті задіяне обладнання, яке потребує заміни протягом розрахункового періоду, тобто у якого $T_{сл} < T$. При цьому число замін визначається з виразу:

$$N_{3AM} = \frac{T}{T_{CL}} - 1, \quad (2.19)$$

де: T – розрахунковий період; T_{CL} – термін служби окремих нетривалих ТЗ.

У загальному випадку дисконтування капіталовкладень здійснюється за формулою:

$$K_H = \sum_{t=0}^{T_{БВД}} \frac{K_1}{(1+\alpha)^t} + \sum_{t=T_{CL}}^{T_{CL}N_{3AM}} \frac{K_1}{(1+\alpha)^t} \quad (2.20)$$

де: K_t – капіталовкладення в рік t ; $T_{БВД}$ – будівельний лаг в роках.

При $T_{CL} > T$ і відсутності будівельного лага капіталовкладення дорівнюють початковим одночасним капіталовкладенням K , здійснюваним в рік $t = 0$, тобто в цьому випадку $K_H = K$.

Проект доцільний при $ЧТВ > 0$.

Якщо $ЧТВ < 0$, необхідно проаналізувати можливість зменшення норми дисконту, зниження капіталовкладень, збільшення річного доходу і факторів, що його визначають.

Індекс прибутковості інвестицій (коефіцієнт ефективності проекту), $ІП$, показує, у скільки разів збільшуються вкладені власні кошти за розрахунковий період у порівнянні з нормативним збільшенням на рівні базової ставки. Він представляється у вигляді виразу:

$$ІП = \frac{ЧТВ}{K_H} + 1, \quad (2.21)$$

Проект доцільний при $ІП > 1$.

Внутрішня норма рентабельності, $ВНР$, (IRR), визначає максимальну базову ставку, при якій капіталовкладення не збиткові. Внутрішня норма доходу відповідає такій нормі дисконту, при якій чистий дисконтований дохід обертається в нуль. Вона знаходиться з умови $ЧТВ = 0$ шляхом розв'язку рівняння:

$$BHP = \sum_{t=1}^T \frac{D_t}{(1 + BHP)^t} - K = 0, \quad (2.22)$$

щодо BHP .

Внутрішня норма доходу легко може бути розрахована графоаналітичним методом. Для цього необхідно побудувати графік $ЧТВ = f(\alpha)$, задаючись низкою послідовних значень процентної ставки. Шукана величина знаходиться в тому інтервалі, де змінюється знак показника $ЧТВ$. Її уточнене значення можна визначити методом лінійної інтерполяції з виразу:

$$BHP = \alpha_{MIN} + (\alpha_{MAX} - \alpha_{MIN}) \frac{ЧТВ_{MAX}}{ЧТВ_{MAX} + ЧТВ_{MIN}} \quad (2.23)$$

де: $\alpha_{MIN}, \alpha_{MAX}$ – мінімальне і максимальне значення ставки в інтервалі; $ЧТВ_{MIN}, ЧТВ_{MAX}$ – мінімальне і максимальне значення $ЧТВ$ в інтервалі, причому у формулі враховується за модулем.

Проект доцільний при $\alpha < BHP$.

Розрізняють статичний (простий) і динамічний (дисконтований) термін окупності капіталовкладень.

Статичний термін окупності показує, за який термін інвестор повертає початкові капіталовкладення. При постійному річному доході цей строк визначається з виразу:

$$T_O = \frac{K}{D_t}, \quad (2.24)$$

Якщо доходи проекту по роках непостійні, величина T_O визначається за кумулятивним доходом, що забезпечує рівність:

$$\sum_t^{T_0} D_t = K, \quad (2.25)$$

Динамічний термін окупності T_0 (DPB) відповідає часу, за який інвестор поверне витрачені кошти і отримає нормативний дохід на рівні прийнятої ставки. Він розраховується виходячи з рівняння:

$$\sum_{t=1}^{T_0} \frac{D_t}{(1+\alpha)^t} - K = 0, \quad (2.26)$$

розв'язаного щодо T_0 .

Показник T_0 можна розрахувати графоаналітично, побудувавши залежність $ЧТВ = f(t)$. Точка, де графік перетинає вісь абсцис, тобто $ЧТВ = 0$, і буде значенням терміну окупності. Шукана величина знаходиться в тому інтервалі, де змінюється знак показника $ЧТВ$. Її уточнене значення можна визначити методом лінійної інтерполяції з виразу:

$$T_0 = T_{MIN} + (T_{MAX} - T_{MIN}) \frac{ЧТВ_{MIN}}{ЧТВ_{MAX} + ЧТВ_{MIN}}, \quad (2.27)$$

де: T_{MIN}, T_{MAX} – мінімальне та максимальне значення часу в інтервалі; $ЧТВ_{MIN}, ЧТВ_{MAX}$ – мінімальне та максимальне значення $ЧТВ$ в інтервалі, причому враховується по модулю.

Проект вважається доцільним при терміні повернення капіталу в межах розрахункового періоду, тобто при $T_0 < T$.

Спрощені методи розрахунку показників ефективності ЕЗЗ застосовуються при постійному річному доході проекту ($D_t = \text{const}$).

При сталості річного доходу за умови, що можна знехтувати ліквідаційною вартістю об'єкта, ЧДД визначають за формулою:

$$NPV = CF_t \cdot \alpha_T - I_0, \quad (2.28)$$

де: α_T – дисконтувальний множник (коефіцієнт приведення постійних за величиною грошових сум до початку розрахункового періоду), років. Він визначається з фінансових таблиць або з виразу:

$$\alpha_T = \frac{1 - (1 + \alpha)^{-T}}{\alpha} = \frac{(1 + \alpha)^T - 1}{\alpha(1 + \alpha)^T}, \quad (2.29)$$

При $D_t = \text{const}$ внутрішня норма доходу проекту розраховується наступним чином. З рівняння:

$$D_t \alpha_{T(PP)} - I_0 = 0, \quad (2.30)$$

знаходимо мінімальне граничне значення, при якому проект не збитковий:

$$\alpha_{T(PP)} = \frac{I_0}{CF_t}, \quad (2.31)$$

З фінансових таблиць за відомими значеннями T і $\alpha_{T(PP)}$, застосовуючи метод лінійної інтерполяції, знаходимо шукане значення ВНР:

$$BHP = \alpha_{NPV > 0} + (\alpha_{NPV < 0} - \alpha_{NPV > 0}) \frac{\alpha_{T \text{ MAX}} - \alpha_T}{\alpha_{T \text{ MAX}} - \alpha_{T \text{ MIN}}}, \quad (2.32)$$

де: $\alpha_{NPV > 0}$, $\alpha_{NPV < 0}$ – мінімальне та максимальне значення ставки в інтервалі; $\alpha_{T \text{ MIN}}$, $\alpha_{T \text{ MAX}}$ – мінімальне та максимальне значення множника, що дисконтується, в інтервалі – з таблиць.

При сталості річного доходу і відсутності тимчасового лага динамічний термін окупності визначається з виразу:

$$T_0 = \frac{\lg(1 + \alpha / P_B)}{\lg(1 + \alpha)}, \quad (2.33)$$

де: P_B – коефіцієнт повернення капіталу, що дорівнює

$$P_B = \frac{CF_t}{I_0} - \alpha, \quad (2.34)$$

Величина T_0 може бути також розрахована з фінансових таблиць за відомими значеннями процентної ставки α і $\alpha_{T(PP)}$.

При цьому уточнене значення терміну окупності розраховується методом лінійної інтерполяції:

$$T_0 = T_{MIN} + (T_{MAX} - T_{MIN}) \frac{\alpha_{T(PP)} - \alpha_{T_{MIN}}}{\alpha_{T_{MAX}} - \alpha_{T_{MIN}}}, \quad (2.35)$$

Проекти використання енергоспоживаючого обладнання слід розділяти на дві групи. До першої групи належать проекти витратного характеру, не призначені для отримання прибутку. До другої групи належать проекти, здійснення яких призводить до зниження поточних витрат і приросту прибутку.

Проекти першої групи представлені заходами, необхідність виконання яких обумовлена вимогами відповідних нормативних і директивних документів (СНиП, ГОСТ, норми технологічного проектування конкретних об'єктів і т. п.). У першу чергу до них відносяться проекти витратного характеру, пов'язані зі створенням об'єктів інженерної інфраструктури (опалення та вентиляція, водопостачання, освітлення будівель і т. п.). До першої групи належать, наприклад, встановлення приладів обліку енергії, збільшення теплозахисту огорожувальних конструкцій до нормативної величини і т. п.

Як правило, варіант, в якому задіяно більш дороге енергозберігаюче обладнання або матеріали, забезпечує менший розмір поточних витрат. Найкращий варіант визначають шляхом вибору оптимального варіанта за критерієм сукупних дисконтованих витрат.

Проекти другої групи пов'язані або з установкою додаткового енергозберігаючого обладнання (теплообмінники, автоматичні

регулятори енергоспоживання і т. п.), або із заміною старого обладнання на нове, менш енергоємне.

В обох випадках враховуються як період функціонування об'єкта, так і терміни служби конкуруючих ТЗ.

Для заходів першої групи завдання ТЕО зводиться до вибору такого альтернативного варіанта, який буде пов'язаний з найменшими сукупними дисконтованими витратами (СДВ) за розрахунковий період.

Сукупні дисконтовані витрати порівнюваних варіантів визначаються з виразів:

$$СДВ_1 = (K_{H1} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{1t} - A_{1t}}{(1 + \alpha)^t}), \quad (2.36)$$

$$СДВ_2 = (K_{H2} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{2t} - A_{2t} + \Delta ПП_t}{(1 + \alpha)^t}), \quad (2.37)$$

де, відповідно за варіантами: K_H – дисконтовані капіталовкладення, що визначаються з урахуванням тимчасового лага і кількості замін устаткування за розрахунковий період; C_t, A_t – поточні витрати та амортизаційні відрахування на рік t ; $\Delta П, П_t$ – зміна податку на прибуток у другому варіанті; α – прийнята процентна ставка (норма дисконту), відн. од.; T – горизонт розрахунку (розрахунковий період).

Для деяких проектів розраховують показник річних СДВ (рік). Вони визначаються з виразів:

$$СДВ_{1(рік)} = (K_{H1} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{1t} - A_{1t}}{(1 + \alpha)^t}) \beta_{T1}, \quad (2.38)$$

$$СДВ_{2(рік)} = (K_{H2} + \sum_{t=1}^T \frac{C_{2t} - A_{2t} + \Delta ПП_t}{(1 + \alpha)^t}) \beta_{T2}, \quad (2.39)$$

де: β_t – коефіцієнт ануїтету; T_1, T_2 – термін служби обладнання в порівнюваних варіантах, років; K_{H1}, K_{H2} – капіталовкладення, дисконтовані відповідно в межах відрізків часу T_1 і T_2 .

Коефіцієнт ануїтету – величина, зворотна дисконтувальному множнику (див. формулу (2.29)). Він визначається з виразу:

$$\beta_T = \frac{1}{\alpha_T} = \frac{\alpha(1+\alpha)^T}{(1+\alpha)^T - 1}, \quad (2.40)$$

Якщо поточні витрати за роками розрахункового періоду незмінні, для розрахунку CDB використовуються формули:

$$CDB_1 = K_{H1} + (C_1 - A_1)\alpha_T, \quad (2.41)$$

$$CDB_2 = K_{H2} + (C_2 - A_2 + \Delta ПП)\alpha_T, \quad (2.42)$$

Зміна податку на прибуток визначається за формулою:

$$\Delta ПП = \frac{C_{ПП}}{100}(C_1 - C_2), \quad (2.43)$$

де: $C_{ПП}$ – ставка податку на прибуток, %.

Сукупні дисконтовані витрати в річному обчисленні при сталості річних витрат визначаються з виразів:

$$CDB_1 = K_{H1}\beta_{T1} + (C_1 - A_1), \quad (2.44)$$

$$CDB_2 = K_{H2}\beta_{T2} + (C_2 - A_2 + \Delta ПП). \quad (2.45)$$

У виразах K_{H1} , K_{H2} – капіталовкладення, дисконтовані відповідно в межах відрізків часу T_1 і T_2 ; β_{T1} , β_{T2} – коефіцієнт анuitету.

2.3 Підготовка до роботи

При підготовці до лабораторної роботи студенту необхідно:

1 Вивчити методичні вказівки до лабораторної роботи.

2 Згідно з вихідними даними за заданим викладачем варіантом за таблицями 2.1-2.2 розрахувати для кожного з заходів для оптимістичного сценарію за повною методикою та для песимістичного спрощено:

- чистий дисконтований дохід NPV ;
- індекс прибутковості інвестицій PI ;
- внутрішню норму рентабельності IRR ;
- термін окупності капіталовкладень динамічний DPB ;
- термін окупності капіталовкладень статичний T_0 ;

Згідно з вихідними даними за заданим викладачем варіантом за таблицею 2.3 розрахувати:

- сукупні дисконтовані витрати $СДВ$;
- сукупні дисконтовані річні витрати $СДВр$.

З метою зниження енергоспоживання об'єкта за результатами енергоаудиту пропонується три заходи, різні за напрямками підвищення енергоефективності. За оптимістичним сценарієм внаслідок зміни тарифів річна економія палива зростає на 2 % щорічно. Ставка податку на прибуток 18%. Ліквідаційна вартість у розрахунках не враховується. Норма дисконту $E = 0,1$.

Згідно першого напрямку передбачається замінити регулятори витрати теплоти. Показники базового та запропонованого варіанту за песимістичним сценарієм наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Вихідні дані для заходів першого напрямку

Показники	Вар.1		Вар.2	
	Вар.А базовий	Вар.В новий	Вар.А базовий	Вар.В новий
Економія палива (газ), тис. м ³	75,5	111	85,5	121
Капіталовкладення, тис грн.	850	1040	950	1140
Витрати на ремонт, тис грн	79	88	85	93
Ціна палива, грн./ тис.м ³	8200	8200	8200	8200
Термін служби технічних засобів, років	6	6	8	8

Згідно другого напрямку на підприємстві передбачається впровадити енергозберігаюче обладнання, що забезпечує економію теплової енергії. Ціна теплової енергії для підприємства 1200 грн/Гкал. Норма відрахувань на техобслуговування і ремонт такого обладнання 7%. Показники запропонованих варіантів за песимістичним сценарієм наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Вихідні дані для заходів другого напрямку

Показники	Вар.1		Вар.2	
	Вар.А	Вар.В	Вар.А	Вар.В
Обсяг споживання теплової енергії на рік, Гкал	1300	2100	1600	1700
Економія теплоти, % від загального споживання	18	15	12	14
Капіталовкладення в проект, тис.грн.	680	620	700	820
Річна норма амортизації основних засобів,%	12,5	12,5	8,3	8,3

Згідно третього напрямку на підприємстві розглядається встановлення кліматичної системи. Показники запропонованих варіантів за песимістичним сценарієм наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Вихідні дані для заходів третього напрямку

Показники	Вар.1		Вар.2	
	А	В	А	В
Споживана електроенергія, кВт · год	140000	84000	87000	68000
Капіталовкладення, тис.грн.	12	18	6	7
Нормативний термін служби ТС, років	10	5	8	6
Норма відрахувань на ТО і ТР,%	5	5	7	7

3 Підготувати вихідні дані для розрахунку на ЕОМ у вигляді таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Дані для вводу в ЕОМ

№ з/п	Назва показника	Значення
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

4 Оформити заготовку до звіту з лабораторної роботи (титульна сторінка, мета роботи, основні теоретичні відомості, формули й розрахунки).

2.4 Порядок проведення роботи

1 Розрахувати чистий дисконтований дохід NPV ; індекс прибутковості інвестицій PI ; внутрішню норму рентабельності IRR ; термін окупності капіталовкладень динамічний DPB ; термін окупності капіталовкладень статичний T_0 ; сукупні дисконтовані витрати $СДВ$; сукупні дисконтовані річні витрати $СДВр$.

2 Ввести в ЕОМ та розрахувати показники економічної ефективності заміни або встановлення енергозберігаючого та енергоспоживаючого обладнання.

3 Побудувати графіки залежностей IRR : $NPV=f(a)$; терміну окупності $DPB=f(t)$; дисконтованих витрат $ДВ=f(T)$.

4 Виконати порівняльний аналіз та зробити висновки.

2.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинні бути приведені стисле викладення теоретичного матеріалу, який використовується при виконанні роботи; розрахунок за вихідними даними згідно заданого варіанту; результат розрахунку на ЕОМ; висновки та аналіз результатів.

2.6 Контрольні запитання

1. Назвіть основні принципи оцінки ефективності інвестиційних проектів.
2. Як розрізняють оцінку ефективності залежно від бази порівняння проектів?
3. Які показники ефективності інвестиційних проектів відносяться до основних? Як вони розраховуються?
4. Що показує індекс прибутковості інвестицій ?
5. Як визначається внутрішня норма рентабельності ?
6. Коли застосовуються спрощені методи розрахунку показників ефективності ЕЗЗ ?
7. Що таке сукупні дисконтовані витрати ?
8. Що таке коефіцієнт ануїтету?
9. Як впливає на розрахунок тривалість розрахункового періоду?

Лабораторна робота №3

Собівартість виробництва енергії у роздільному та комбінованому циклі виробництва

3.1 Мета роботи

Навчитися визначати собівартість енергетичної продукції у роздільному та комбінованому циклі виробництва та аналізувати отримані результати.

3.2 Загальні відомості

Всі види матеріальних і грошових витрат, крім капітальних вкладень, пов'язані з виробництвом і збутом продукції, називаються витратами виробництва. Вони складають собівартість виготовленої продукції.

Собівартість продукції – це вартісна оцінка використовуваних у процесі виробництва природних ресурсів, сировини, матеріалів, палива, енергії, основних засобів, трудових ресурсів, а також інших витрат на її виробництво і реалізацію.

Визначають як собівартість усієї продукції, або витрати I , так і собівартість одиниці продукції s . Розрахунок загальних виробничих витрат містить всі виробничі витрати, тобто. матеріальні, витрати з оплати праці, загальнозаводські, накладні та інші витрати, віднесені на виробництво продукції за розглянутий період. Собівартість одиниці продукції визначається як відношення всіх виробничих витрат до кількості виробленої продукції:

$$s = \frac{I}{V} \quad (3.1)$$

де I – сумарна (повна) собівартість, млн грн.; s – одинична собівартість, млн грн / од. пр.; V – обсяг виробленої продукції.

У промисловості розрізняють наступні види собівартості: цехова, заводська і повна.

Цехова собівартість – представляє собою витрати цеху, пов'язані з виробництвом продукції.

Загальновиробнича (або заводська) – крім витрат цехів містить загальнозаводські та загальногосподарські витрати (такі, як витрати на утримання заводууправління, складів і т.п.).

Повна (або комерційна) – відображає всі витрати на виробництво і реалізацію продукції, складається з виробничої собівартості і позавиробничих витрат (витрати на тару, упаковку, транспортування продукції).

В енергетиці відсутня цехова собівартість.

Собівартість продукції враховується і планується за економічними елементами і за калькуляційними статтями (за статтями витрат).

Собівартість продукції, розрахована за економічними елементами, містить економічно однорідні елементи незалежно від того, де витрачаються кошти і на які цілі.

До економічних елементів відносять: матеріальні витрати за вирахуванням вартості зворотних відходів, амортизаційні відрахування, витрати на ремонт, заробітну плату, витрати на покупну енергію й інші грошові витрати.

Групування за економічними елементами необхідне для визначення загальних потреб підприємства в матеріальних і грошових ресурсах, тобто для складання кошторису виробництва.

Для внутрішньовиробничого планування і виявлення резервів необхідно знати не тільки загальну суму витрат, а й величину витрат залежно від місця їх виникнення. Для розрахунку собівартості одиниці продукції певного виду і складання калькуляції застосовується угруповання витрат за калькуляційними статтями, яке враховує їх виробниче призначення, фази виробництва.

До калькуляційних статей відносяться:

- 1) паливо на технологічні потреби;
- 2) вода на технологічні потреби;
- 3) основна заробітна плата виробничих робітників;
- 4) додаткова заробітна плата виробничих робітників (на оплату відпусток, відряджень і т.п.);
- 5) відрахування на соціальне страхування із заробітної плати виробничих робітників з урахуванням ЄСВ;
- 6) витрати на утримання та експлуатацію обладнання:
 - а) амортизація обладнання,
 - б) витрати на поточне технічне обслуговування;

7) витрати з підготовки та освоєння виробництва (пускові витрати);

8) покупна енергія на технологічні потреби;

9) цехові витрати;

10) загальнозаводські витрати;

11) комерційні витрати.

Перші дев'ять пунктів становлять цехову собівартість, з першого по десятий пункти – загальновиробничу собівартість, а з урахуванням одинадцятого пункту – повну комерційну собівартість.

Існує кілька принципів розподілу витрат за видами продукції.

Принцип пропорційного кількісного показника – фізичний метод (маса, об'єм, штуки).

Усі витрати комбінованого виробництва приймаються такими, якими вони були б при роздільному виробництві кожного з видів продукції.

Витрати при комбінованому виробництві завжди менше, ніж при роздільному: $I_{\text{комб}} < I_{\text{розд}}$

Річний обсяг виробництва виду кожного продукції

Показники, пропорційно яким розподіляються витрати

V_1 λ_1

V_2 λ_2

V_n λ_n

I_k λ_k

де I_k – сумарні витрати комбінованого виробництва;

$$\lambda_k \equiv \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (3.2)$$

Частка на кожне окреме виробництво:

$$I_1 \equiv I_k \frac{\lambda_1}{\lambda_k} \quad (3.3)$$

Собівартість :

$$\bar{c} = \frac{I_i}{V_{\kappa}} = \frac{I_{\kappa} \lambda_i}{V_i \lambda_{\kappa}} \quad (3.4)$$

Приклад. Теплоелектроцентрально – це комбіноване виробництво електроенергії та теплової енергії. Для ТЕЦ найбільшими є витрати на паливо, і тому метод полягає у розподілі загальної витрати палива між виробництвом теплоти та електричної енергії.

Цей спосіб рознесення витрат зручний і простий, але має деякі недоліки, головний з яких – умовність показника, пропорційно якому проводиться поділ витрат.

Принцип віднімання витрат. З декількох продуктів виділяється один – основний, а решту розглядають як побічні. Витрати на побічні продукти віднімають із загальних витрат за ціною реалізації або за собівартістю отримання їх в роздільному виробництві. Залишок відносять на основний продукт.

Нехай відомі обсяги виробництва, собівартості та ціни реалізації всіх видів продукції при роздільному виробництві:

$$V_1, S_1, C_1; V_2, S_2, C_2; \dots; V_n, S_n, C_n$$

Нехай перший продукт – основний вид продукції, тоді загальні річні витрати можна визначити за формулою:

$$I_1 = I_{\kappa} - \sum_{i=2}^n (V_i \bar{S}_i) \quad (3.5)$$

або

$$I_1 = I_{\kappa} - \sum_{i=2}^n (V_i C_i), \quad (3.6)$$

де I_{κ} , I_1 – загальні витрати і витрати на основний продукт, грн / год;

$\bar{S}_i$ – собівартість і-го побічного продукту, грн / од. пр.;

C_i – ціна і-го побічного продукту.

а собівартість одиниці основного виду продукції з виразу:

$$\bar{s} = \frac{I_1}{V_1}. \quad (3.7)$$

При такому розподілі всі вигоди ставляться на основний продукт, але у цього способу є ряд недоліків:

- в окремих випадках віднесення економії до одного виду може призвести до того, що основний вид буде мати нульове або навіть негативне значення собівартості, наприклад, внаслідок високих цін, в тоді цей спосіб не може бути використаний;

- у разі використання собівартості для роздільного виробництва продукції в розрахунок вводиться інформація, що відноситься до інших виробництв, що викликає невизначеність у вирішенні завдань.

Метод визначення частки спільних витрат у собівартості продукції в умовах роздільного виробництва.

Нехай відомі обсяги $V_1, V_2, \dots, V_n$, собівартості $\bar{s}_1, \bar{s}_2, \dots, \bar{s}_n$ і загальні витрати I_k на виробництво всіх видів продукції

$$\sum (V_i \bar{s}_i) > I_k. \quad (3.8)$$

Загальні експлуатаційні витрати в комбінованому виробництві менше, ніж сума експлуатаційних витрат на отримання продуктів $V_1, V_2, \dots, V_i$ в роздільному виробництві з питомою собівартістю $\bar{s}_1$ одиниці продукції кожного виду $\sum (V_i \bar{s}_i) > I_k$. Співвідношення цих величин оцінюється коефіцієнтом

$$\alpha = \frac{I_k}{\sum (V_i \bar{s}_i)} < 1. \quad (3.9)$$

Цей коефіцієнт використовується як знижувальний для визначення витрат кожного виду продукції комбінованого виробництва

$$\bar{s}_i^k = \alpha \bar{s}_i = \frac{I_k}{\sum (V_i \bar{s}_i)} \bar{s}_i \quad (3.10)$$

де $\overline{S_i^k}$ – собівартість одиниці продукції при комбінованому виробництві.

Ціновий метод. При цьому методі визначення частки спільних витрат здійснюється пропорційно ціні продукції в умовах роздільного виробництва за аналогією з попереднім методом.

Метод електричних еквівалентів. При розподілі витрат за цим методом розраховується частка кожного виду енергії в загальному обсязі виробництва. Для порівнянності всі види потужності та енергії виражаються в одиницях електроенергії, тобто в кіловатах або кіловат-годинах. Використовуються різні коефіцієнти розподілу: для умовно-постійних та умовно-змінних витрат. Умовно-постійні витрати визначаються складом устаткування енергопідприємства, його сумарною встановленою потужністю. Цей метод застосовується у спрощеному вигляді, коли всі види витрат розподіляються пропорційно кількості енергії, без урахування їх залежності від режимів роботи обладнання.

Коефіцієнт умовно-постійних витрат за видами продукції визначається співвідношеннями:

$$m_e^{ном} = \frac{N_e}{N_\Sigma}; \quad m_{m.e}^{ном} = \frac{N_{m.e}}{N_\Sigma} \quad (3.11)$$

де N_e – електрична потужність обладнання; $N_{m.e}$ – електричний еквівалент потужності відборів пари на зовнішнє теплопостачання

$$N_{m.e} = 0,278 Q_{год};$$

$N_\Sigma = N_e + N_{m.e}$ – сумарна потужність за відбором пари та електроенергії, МВт;

$Q_{год}$ – сумарне максимальне годинне навантаження за теплою на зовнішнє теплопостачання, ГДж / год

Умовно - постійні витрати розподіляються наступним чином. На електроенергію відносяться витрати: на заробітну плату:

$$I_e^{3.n} = I_{3.n} m_e^{ном}, \quad (3.12)$$

амортизацію

$$I_e^{ам} = I_{ам} m_e^{ном} , \quad (3.13)$$

на ремонт та інше.

$$I_e^{ном} = I_{ном} m_e^{ном} \quad (3.14)$$

Аналогічний розрахунок проводиться по теплоті.

До умовно-змінних витрат відносяться паливні витрати, які розподіляються пропорційно кількості виробленої за рік енергії:

$$I_e^T = I_T \frac{E_{\Gamma}}{W_{\Sigma}} \quad (3.15)$$

де $W_{\Sigma} = E_e + W_{m.e}$ – еквівалент сумарної річної енергії;

$W_{m.e} = 0,278 Q_{omn}$

Витрати на паливо для виробництва тепла та електроенергії

$$I_{T.E}^T = I_T \frac{W_{T.E}}{W_{\Sigma}} \quad I_e^T = I_T \frac{E_{\Gamma}}{W_{\Sigma}} \quad (3.16)$$

Собівартість виробленої одиниці електричної енергії та тепла:

$$\overline{C_{e.e}^{вир}} = \frac{\sum I_E}{E_p} = \frac{I_E^{ном} + I_E^T}{E_p}; \quad (3.17)$$

$$\overline{C_{e.e}^{вир}} = \frac{\sum I_T}{E_p} = \frac{I_{T.E}^{ном} + I_{T.E}^T}{E_p} \quad (3.18)$$

Собівартість електроенергії і тепла, відпущених споживачеві:

$$\overline{C_{e.e}^{відн}} = \frac{\sum I_E}{E_p - E_{B.П}}; \quad (3.19)$$

$$\overline{C_{e.e}^{вир}} = \frac{\sum I_{T.E}}{Q_{відн}} = \frac{I_{T.E}^{ном} + I_{T.E}^T}{Q_{відн}} \quad (3.20)$$

де E_p – річне вироблення електроенергії, кВт · год / рік; $E_{в.п}$ – витрата електроенергії на власні потреби, кВт · год / рік; $Q_{відн}$ – річна кількість відпущеної теплової енергії, ГДж / рік; I_E – витрати на вироблення електроенергії, млн грн / рік; $I_{т.е}$ – витрати на вироблення теплоенергії, млн грн / рік

3.3 Підготовка до роботи

При підготовці до лабораторної роботи студенту необхідно:

1 Вивчити методичні вказівки до лабораторної роботи.

2 Згідно з вихідними даними за таблицею 3.1 розрахувати калькуляцію собівартості теплової енергії до реконструкції.

Котельня металургійного підприємства призначена для забезпечення всіх будівель на території підприємства теплом, гарячою водою, а також парою на технологічні потреби. Все обладнання котельної морально і фізично застаріло. Річний відпуск тепла до реконструкції склав 865442,2 ГДж/рік; річна витрата палива – 18538,800 тис. м³/рік; річна витрата електроенергії – 2195,000 тис. кВт·год./рік; річна витрата води – 356,821 тис. м³/рік. Середньозважена ціна купівлі-продажу електроенергії на РДН – 1439 грн/МВт·год. Тариф на розподіл електроенергії мережами ПАТ «Запоріжжяобленерго» для 2 класу напруги 843,9 грн/МВт·год. Фонд заробітної плати (ФЗП) персоналу котельної 415412,3 грн./рік. Єдиний внесок, який нараховує і сплачує роботодавець, становить 22%. В таблиці 3.1 приведені вихідні дані для калькуляції собівартості 1 ГДж теплоти до реконструкції котельні.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для калькуляції собівартості 1 ГДж теплоти до реконструкції котельні

Статті витрат	Кількість	Ціна, грн.	Сума, грн.
1. Паливо			
Газ природний, 1000 м ³		8400	
2. Витрати на переробку			
2.1. Енерговитрати:			
електроенергія, 1000 кВт· год. розподіл			
вода хімічищена, 1000 м ³		7417,0	
Разом енерговитрат			
2.2. Заробітна плата основних виробничих робітників			
2.3. Нарахування на ЗП			
2.4. Амортизація основних засобів			48,57
2.5. Поточний ремонт і утримання основних засобів			20,25
2.6. Інші витрати цеху (3% від всіх витрат)			
Разом витрат (цехова собівартість 1 ГДж теплової енергії)			
3. Загальнозаводські витрати (5% від всіх витрат)			
Виробнича собівартість 1 ГДж теплової енергії			
1 Гкал теплової енергії			
1 кВт·год теплової енергії			

3 Розрахувати загальні витрати на виробництво 1 ГДж теплоти після реконструкції котельні за даними таблиці 3.2.

При реконструкції для покриття необхідного теплового навантаження передбачається впровадження когенераційної установки Tedom на базі ГПД Caterpillar G3516 з тепловою продуктивністю 1319 кВт і електричною продуктивністю 1030 кВт, що дасть можливість додатково отримувати електроенергію. Вихідні дані:

- використовуване паливо для КГУ - природний газ.
- витрата природного газу КГУ для виробництва 1 кВт·год теплової енергії – 0,283 м³/ кВт·год;
- річний відпуск тепла та річна витрати води залишаються без змін;
- вартість 1000м³ природного газу, вартість 1 кВт·год електроенергії, отриманої від енергосистеми, та тариф на її розподіл, а також фонд заробітної плати (ФЗП) персоналу котельної та нарахування залишаються без змін;
- амортизація основних засобів визначається сумою амортизаційних відрахувань основних засобів до реконструкції згідно калькуляції та амортизаційних відрахувань основного та додаткового обладнання, що вводиться в експлуатацію під час реконструкції;
- витрати на поточний ремонт визначаються у розмірі 20% від амортизаційних відрахувань;
- термін експлуатації 12 років.

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для калькуляції собівартості 1 ГДж теплоти після реконструкції котельні

№ вар	Річна витрата електроенергії, тис. кВт·год.	Вартість осн. та дод. обладнання (Собл), грн.
1	1897	27124540,1
2	1910	25126243,6
3	1900	26125250,7
4		
5		

4 Визначити собівартість 1 кВт·год теплової та електричної енергії:

- а) методом визначення частки спільних витрат за собівартістю продукції;
- б) методом відключення витрат за собівартістю роздільного виробництва;
- в) методом пропорційного кількісного показника, $\lambda_t=0,6$; $\lambda_e=0,4$;
- г) методом відключення витрат за ціною реалізації;
- д) методом електричних еквівалентів.

У розрахунках прийняти собівартість 1 кВт·год теплової енергії при роздільному виробництві за калькуляцією, а електричної – на 20% нижче за ціну її купівлі на РДН.

- на 1 кВт·год виробленої КГУ теплової енергії припадає 0,37 кВт·год електричної енергії.

5 Визначити чистий дисконтований дохід NPV та термін окупності статичний T_0 .

6 Підготувати вихідні дані для розрахунку на ЕОМ у вигляді таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Дані для вводу в ЕОМ

№ з/п	Назва показника	Значення
1		
2		
3		
4		
5		
6		
7		

7 Оформити заготовку до звіту з лабораторної роботи (титульна сторінка, мета роботи, основні теоретичні відомості, формули й розрахунки).

3.4 Порядок проведення роботи

1 Розрахувати калькуляцію собівартості 1 ГДж (1 Гкал) теплової енергії до реконструкції котельні та після впровадження когенераційної установки, а також чистий дисконтований дохід NPV та термін окупності статичний T_0 .

2 Ввести в ЕОМ та розрахувати чистий дисконтований дохід NPV ; індекс прибутковості інвестицій PI ; внутрішню норму рентабельності IRR ; термін окупності капіталовкладень динамічний DPB ; термін окупності капіталовкладень статичний T_0 .

3 Побудувати порівняльну діаграму собівартості енергії.

4 Виконати порівняльний аналіз та зробити висновки.

3.5 Зміст звіту

У звіті з лабораторної роботи повинні бути приведені стисле викладення теоретичного матеріалу, який використовується при виконанні роботи; розрахунок за вихідними даними згідно заданого варіанту; результат розрахунку на ЕОМ; висновки та аналіз результатів.

3.6 Контрольні запитання

1. Що називають витратами виробництва?
2. Назвіть методи розподілу витрат за видами продукції і їх недоліки.
3. Поясніть метод віднімання витрат та його недоліки.
4. Поясніть метод визначення частки спільних витрат у собівартості продукції в умовах роздільного виробництва.
5. Поясніть ціновий метод.
6. Поясніть метод електричних еквівалентів.

Перелік посилань

1. Закон України «Про енергозбереження» / Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 1994. – 320 с. – (Бібліотека офіційних видань).
2. Енергетичний аудит: Навчальний посібник / О.І.Соловей, В.П.Розен, Ю.Г.Лега, О.О.Ситник, А.В.Чернявський, Г.В.Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
3. Енергозбереження. Методи визначення економічної ефективності заходів по енергозбереженню: ДСТУ 2155-93. – [Чинний від 01.01.95]. – К.: Держстандарт України. – 20с.
4. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Склад та зміст робіт на стадіях розроблення та впровадження: ДСТУ 4715:2007. – [Чинний від 2007-01-07]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 14с. (Національний стандарт України).
5. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту промислових підприємств. Перевірка та контроль ефективності функціонування: ДСТУ 5077:2008. – [Чинний від 2009-01-07]. – К.: Держспоживстандарт України, 2009. – 26с. (Національний стандарт України).
6. Енергозбереження. Системи енергетичного менеджменту. Загальні вимоги: ДСТУ 4472:2005. – [Чинний від 2006-01-07]. – К.: Держспоживстандарт України, 2006. – 23с. (Національний стандарт України).
7. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: / За ред. В. А. Жовтянського, М. М. Кулика, Б. С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т.1. Загальні засади енергозбереження. 2006. – 510с.
8. Стратегія енергозбереження в Україні: аналітично-довідкові матеріали в 2-х томах: / За ред. В. А. Жовтянського, М. М. Кулика, Б. С. Стогнія. – К.: Академперіодика, 2006. – Т.2. Механізми реалізації політики енергозбереження. 2006. – 600с.
9. ДСТУ ISO 50002:2016 (ISO 50002:2014, IDT) Енергетичні аудити. Вимоги та настанова щодо їх проведення.