

**УКРАЇНСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ**

**ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ТЕПЛОЕНЕРГЕТИЧНИХ УСТАНОВОК**

**Методичні вказівки на виконання
курсних і дипломних проектів з
дисципліни
“Підвищення ефективності
теплоенергетичних установок”
для студентів спеціальності
“ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА”**

Харків – 2015

Методичні вказівки розглянуто і рекомендовано до друку на засіданні кафедри теплотехніки і теплових двигунів 23 березня 2015 р., протокол № 13.

У методичних вказівках розглянуто загальні визначення й поняття собівартості промислової продукції, нормативні методичні вказівки за структурою витрат і їхнім розрахунком. Дані методичні вказівки присвячені характеристиці витрат і калькуляції собівартості енергетичної продукції на теплових електричних станціях (ТЕС) - електричної й теплової енергії. Зроблено аналіз методів розподілу витрат на теплоелектроцентралях (ТЕЦ) між видами продукції – електроенергією й теплотою.

У зв'язку зі зміною цін на основні фонди, паливо, ремонтні роботи, розміру зарплати й цін на інші витрати абсолютні значення їхньої собівартості не наводяться.

Методичні вказівки призначені для студентів усіх форм навчання спеціальності “Теплоенергетика”.

Укладачі:

доценти В.А. Корогодський,
І.П. Полтавський,
асист. О.В. Василенко

Рецензент

доц. С.В. Угольников

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Собівартість продукції.....	5
1.1 Економічний зміст собівартості продукції.....	5
1.2 Характеристика кошторису витрат і калькуляції.....	6
1.3 Характеристика витрат на виробництво енергетичної продукції.....	9
2 Розрахунок собівартості виробництва електроенергії й теплоти на ТЕЦ.....	11
2.1 Проблема розподілу витрат у комплексному виробництві.....	11
2.2 Особливості калькуляції собівартості енергії на ТЕЦ...	11
2.3 Можливі методи розподілу витрат на ТЕЦ між її продукцією.....	13
2.4 Розподіл витрати палива на ТЕЦ між її продукцією....	21
2.5 Фізичний (балансовий) метод розподілу витрат на ТЕЦ.	24
2.6 Нові нормативні методи розподілу витрати палива на ТЕЦ між видами енергії.....	36
2.7 Спрощена методика розподілу витрати палива на ТЕЦ.	47
3 Вихідні дані для розрахунку визначення фізичного розподілу витрат на ТЕЦ.....	49
3.1 Алгоритм виконання роботи.....	50
Список літератури.....	51

ВСТУП

До енергетичної продукції належать електроенергія, теплота, стиснене повітря, кондиціоноване повітря й ін. У зв'язку зі зростанням цін на енергоносії розрахунки собівартості енергетичної продукції, аналіз можливих шляхів її зниження набувають важливого значення. При викладі в методичних вказівках загальних положень про собівартість промислової продукції та її калькуляцію використано підручники з економіки підприємства [1, 5, 6], а також нормативні документи [7, 8]. Розрахунки собівартості виробництва електроенергії й теплоти на теплових електростанціях (ТЕС) засновані на роботах Мелентьєва Л.А. [12], Прузнера С.Л. [2, 14], Златопольського А.Н. [4, 11], Горшкова А.С. [20], Чернухіна А.С. [15], Авруха А.Я. [10], Самсонова В.С. [3] та інших.

Особливу увагу в методичних вказівках приділено методам розподілу витрат при комбінованому виробництві електроенергії, теплоти й стисненого повітря на ТЕЦ. Їхній аналіз дозволяє правильно вибрати метод при практичних розрахунках [2, 4, 10-16].

При розробленні методичних вказівок використано ряд нормативних документів, що рекомендуються для розрахунку собівартості енергії на ТЕС [9, 18, 24-28].

1 СОБІВАРТІСТЬ ПРОДУКЦІЇ

1.1 Економічний зміст собівартості продукції

Собівартість – це питомі поточні експлуатаційні витрати, виражені в грошовій формі й віднесені прямо або опосередковано на одиницю виробленої продукції або роботи (послуги). Є найважливішим показником ефективності виробництва.

Перелік віднесених до собівартості поточних витрат установлюється Законом України «Про оподаткування прибутку підприємств», постановами Кабінету Міністрів України, методичними рекомендаціями.

Собівартість *товарної* продукції характеризує витрати на виробництво продукції.

Собівартість *реалізованої* продукції характеризує витрати на її виробництво й збут.

Собівартість *валової* продукції містить витрати підприємства протягом планового періоду (рік, квартал, місяць) на виробництво й реалізацію продукції на всіх стадіях виробничого циклу, у т. ч. і *незавершеного* виробництва. Нараховується в *поточних* цінах, а при зіставленні за ряд років – у *порівняних* цінах.

В енергетиці відсутнє незавершене виробництво й аналогом *валової* продукції є *вироблена енергія*, включаючи власні потреби й втрати на шляху до споживача.

Товарна продукція дорівнює валовій без урахування незавершеного виробництва.

Цілями розрахунку й обліку собівартості продукції є:

- а) своєчасне, повне й достовірне визначення фактичних витрат, пов'язаних з виробництвом і збутом продукції;
- б) контроль за використанням матеріальних, трудових і грошових ресурсів.

Отримана розрахунком собівартість використовується:

- а) для оцінки й аналізу використання планових показників;
- б) визначення результатів роботи енергетичних цехів і в цілому підприємств;
- в) оцінки фактичної ефективності організаційно-технічних заходів, спрямованих на розвиток і вдосконалювання виробництва;

г) розроблення шляхів зниження собівартості енергетичної продукції.

Витрати плануються й ураховуються по двох напрямках:

1) за *економічними елементами*, тобто за економічно однорідними видами витрат (наприклад, паливо, матеріали, зарплата, амортизація й ін.) – *кошторис витрат*;

2) за *калькуляційними статтями* – тобто залежно від місця (сфер виробничої діяльності) походження витрат – *калькуляція*.

Кошторис витрат використовується для контролю загальних витрат за економічно однорідними елементами. Це необхідно при здійсненні платежів постачальникам різних видів ресурсів: палива, теплової й електричної енергії та ін. За загальною сумою витрат на заробітну плату визначаються відрахування на соціальне страхування й інші нарахування на зарплату, тобто податки, базою яких є зарплата. Підприємству необхідно так само враховувати однією статтею фонд амортизаційних відрахувань. На його величину зменшується прибуток підприємства.

Кошторис необхідний так само при аналізі заелементних складових виробничих витрат, зокрема матеріалоемності, енергоемності, трудомісткості, фондомісткості продукції.

Однак кошторис не дає можливості визначити собівартість одиниці продукції, особливо в комплексному виробництві різнорідних видів продукції, наприклад на ТЕЦ, що виробляють одночасно електричну й теплову енергію, коли між видами продукції необхідно розділити загальні витрати. З цією метою й розробляється *калькуляція*. Вона використовується головним чином для розрахунку собівартості *одиниці продукції*.

1.2 Характеристика кошторису витрат і калькуляції

Раніше діяли «Основні положення про склад витрат виробництва (обігу) і формування фінансових результатів на підприємствах і в організаціях України» (1993 р.). Проїшов рік і затверджуються з 10.11.1994 р. «Основні положення про склад витрат виробництва (обігу) на підприємствах і в організаціях» [7]. Міністерствам та іншим органам державної влади було приписано розробити основні положення з планування, обліку й калькуляції собівартості продукції по галузях [7, 8].

Основними статтями кошторису згідно з „Методичними рекомендаціями щодо формування собівартості продукції (робіт, послуг) у промисловості” [1, 5, 7, 8] є такі види витрат і їхня структура в промисловості у 2000 р.:

- 1) матеріальні витрати – 53,8 %;
- 2) витрати на оплату праці – 11 %;
- 3) відрахування на соціальні цілі – 3,4 %;
- 4) амортизація – 6,5 %;
- 5) інші амортизаційні витрати – 25 %.

Калькуляція (від лат. *calculatio* – розрахунок) – це представлений у табличній формі розрахунок витрат на виробництво й збут одиниці продукції (робіт, послуг). Складається в грошовій формі. На відміну від кошторису витрат, калькуляційні статті групуються не за економічно однорідними елементами, а за сферами виробничої діяльності. Тому до калькуляційних статей можуть належати декілька економічно однорідних видів витрат (матеріальні витрати, заробітна плата, амортизація й ін.).

Калькуляція є підставою для визначення середніх витрат виробництва і реалізації одиниці продукції (*собівартості*) і формування її *базової ціни підприємства*.

Виробнича калькуляція містить такі основні статті витрат [1, с. 94-97, 5]:

1) «*Сировина й матеріали*», які входять до складу продукції, допоміжні матеріали, малоцінний інструмент, що швидко зношується (термін служби до одного року);

2) «*Покупні комплектуючі вироби*», які підлягають монтажу або додатковій обробці на даному підприємстві;

3) «*Зворотні відходи*» – вартість їх віднімається від загальної суми матеріальних витрат, що відносять на собівартість продукції;

4) «*Попутна продукція*», призначена для подальшої переробки або продажу іншим підприємствам. Її вартість, установлена за цінами підприємства, віднімається від собівартості основної продукції;

5) «*Паливо й енергія на технологічні цілі*» містить витрати на всі види палива й енергії як отримані з боку, так і вироблені самим підприємством, безпосередньо використані в технологічному процесі виробництва продукції. Обчислюються витрати за нормами витрати всіх видів енергоресурсів і тарифами на них;

6) «Основна заробітна плата» містить витрати на виплату основної зарплати для експлуатаційного персоналу (безпосередньо пов'язаного з виробництвом продукції). Обчислюється за нормами часу й тарифними ставками;

7) «Додаткова зарплата» містить витрати на виплату основним працівникам підприємства додаткової зарплати, нарахованої за роботу понад установлену норму, особливі умови роботи, винаходи, премії й ін. Обчислюється у відсотках основної зарплати;

8) «Відрахування на соціальні заходи» – містять відрахування від суми основної й додаткової зарплати за встановленими ставками (орієнтовно на 2015 р.):

- на державне (обов'язкове) соціальне страхування, включаючи відрахування на обов'язкове медичне страхування – 32 %;

- на державне (обов'язкове) пенсійне страхування (до Пенсійного фонду), а також відрахування на додаткове пенсійне страхування – 4 % ;

- формування державного Фонду сприяння зайнятості населення – 1,5 %;

9) «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування» містять:

- на повне відновлення основних виробничих фондів і капітальний ремонт у вигляді *амортизаційних відрахувань* від балансової вартості фондів;

- витрати, пов'язані з виконанням *поточного ремонту*, технічного огляду й технічного обслуговування устаткування;

- витрати на утримання цехових транспортних засобів і ін.;

10) «Загальновиробничі витрати» містять:

- витрати, пов'язані з керуванням цехів;

- комунальні витрати цехів;

- витрати на підготовку й перепідготовку кадрів і ін.;

11) «Витрати внаслідок технічно неминучого браку» містять:

- вартість забракованої продукції з технологічних причин;

- вартість матеріалів, витрачених при налагодженні технологічних процесів і ін.;

- витрати на усунення технічно неминучого браку;

12) «Інші виробничі витрати» містять витрати, пов'язані з перевіркою якості продукції.

Сума перелічених витрат становить *виробничу собівартість продукції*.

Існують також витрати, що не відносяться на виробничу собівартість, але враховуються при формуванні ціни продукції. Це *адміністративні витрати* (на керування підприємством, утримання фондів природоохоронного призначення, платежі (збори) за викиди забруднюючих речовин у навколишнє середовище, розміщення відходів, на транспортні витрати й ін.), *витрати на збут* (витрати на транспортування й зберігання продукції й ін.), *інші витрати операційної діяльності* (наукові дослідження, собівартість реалізованих виробничих запасів, штрафи, пеня й ін.).

1.3 Характеристика витрат на виробництво енергетичної продукції

Всі витрати підприємства, виражені в грошовій формі, на виробництво й реалізацію енергетичної продукції становлять собівартість цієї продукції.

У загальному випадку до енергетичної продукції належать електрична енергія, теплота, стиснене і кондиціоноване повітря, кисень, вода й ін.

Теплові електростанції (ТЕС) виробляють основну і побічну продукцію. До основної енергетичної продукції ТЕС належать теплова й електрична енергія, а на ТЕЦ металургійних комбінатів – додатково ще й стиснене повітря. До побічної продукції ТЕС належать зола, золошлакова суміш, кисень, хімічно очищена вода, дистиллят, мінеральні добрива, товарна риба, продукція тепличних господарств і т. д., що розглядаються як відходи технологічного виробництва.

Одиниці калькуляції собівартості: електроенергії – 1 кВт·год, теплоти 1 ГДж (1 Гкал), стисненого повітря або в системах кондиціонування – 1000 м³ та ін.

Річні затрати (витрати) на виробництво енергетичної продукції при розрахунках за економічними елементами і статтями витрат включають, грн/р.,

$$\sum I = I_n + I_e + I_a + I_{zn} + I_{pr} + I_m + I_n + I_z + I_{\text{інш}}, \quad (1.1)$$

де I_n – витрати на паливо;

I_e – витрати на споживану з боку електроенергію;

I_a – амортизаційні відрахування;

I_{zn} – основна й додаткова заробітна плата експлуатаційного персоналу з нарахуваннями;

I_{pr} – витрати на поточний ремонт (заробітна плата ремонтного персоналу, запасні частини, матеріали та ін.);

I_m – витрати на допоміжні матеріали й воду, що одержують з боку;

I_n – послуги своїх допоміжних виробництв з боку;

I_z – загальностанційні витрати (заробітна плата адміністративно-управлінського персоналу, амортизація й інші експлуатаційні витрати за загальностанційними основними фондами, охорона станції й ін.);

$I_{\text{інш}}$ – інші виробничі витрати (витрати з охорони праці, на спецодяг, аналізи палива, опалення й освітлення виробничих будівель і т. п.).

Для навчальних цілей виконуються укрупнені (наближені) розрахунки собівартості енергії на ТЕС, при яких ряд статей, що мають невелику питому вагу, поєднують у статтю інші витрати – $I_{\text{інш}}$. У цьому випадку в собівартість входять складові: паливо I_n , покупна електроенергія I_e , зарплата з нарахуванням I_{zn} , амортизація I_a , поточний ремонт I_{pr} , інші сумарні витрати $I_{\text{інш}}$.

Тоді

$$\sum I = I_n + I_e + I_{zn} + I_a + I_{pr} + I_{\text{інш}}. \quad (1.2)$$

Далі розглядається розрахунок елементів витрат у собівартості енергії на компенсаційній електричній станції (КЕС) і окремо – собівартість електричної енергії і теплоти на ТЕЦ.

2 РОЗРАХУНОК СОБІВАРТОСТІ ВИРОБНИЦТВА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ Й ТЕПЛОТИ НА ТЕЦ

2.1 Проблема розподілу витрат у комплексному виробництві

При комплексному виробництві підприємство випускає кілька видів продукції. Наприклад, на ТЕЦ одночасно виробляються електроенергія, теплота, стиснене повітря й ін. У мартенівській печі з котлом-утилізатором витрати палива йдуть як на виробництво сталі, так і теплоти. Такі самі проблеми виникають у виробництві з розділення повітря (одержання кисню, азоту й інших газів), на нафтопереробних заводах (одержання світлих нафтопродуктів, мастил, мазуту й ін.) тощо.

Загальні сумарні витрати комплексного виробництва повинні розподілятися тільки між тими видами продукції, що мають певну споживчу вартість. Причому перелік їх може змінюватися з розвитком науки й техніки. Наприклад, до розвитку теплофікації теплота пари, відпрацьованої в турбіні, вважалася відходами, тепер же це основа централізованого комбінованого теплопостачання.

2.2 Особливості калькуляції собівартості енергії на ТЕЦ

На відміну від КЕС, що виробляє тільки електроенергію, на ТЕЦ виробляється одночасно (комбінування) електроенергія й теплота, а на ТЕЦ металургійних комбінатів – додатково ще й стиснене повітря. В енергетиці продовжує широко розвиватися комбіноване виробництво на базі комплексного використання палива, коли поряд з електроенергією й теплою виробляються газ, смола й інші хімічні продукти. Відходи в виробництвах, як, наприклад, зола й шлаки, використовуються в будівництві для одержання цементу й інших цілей.

Для одержання реальної собівартості при її калькуляції на кожний вид продукції в комплексному виробництві необхідно віднести ті витрати, викликані його виробництвом. Але при такому

виробництві багато витрат є загальними для всіх або частини одержуваних видів продуктів.

Планування й облік витрат на ТЕЦ можуть проводитися за технологічними стадіями (фазами) виробництва й так само за видами продукції. Раніше був укрупнено розглянутий цей розподіл.

Пофазний розподіл витрат одночасно полегшує можливість більш правильного визначення собівартості окремих видів продукції на ТЕЦ.

Фази виробництва характеризуються істотною зміною фізико-хімічних властивостей сировини або матеріалів й одержанням у результаті нових продуктів, і розподіл витрат між фазами не є проблемою.

При плануванні за стадіями (фазами) виробництва на ТЕЦ із цеховою структурою керування угруповання й розрахунок статей калькуляції ведуться по цехах: паливно-транспортний цех; котельний цех (включаючи хімводоочищення); машинний цех з виділенням витрат на турбоповітродувку; теплофікаційне відділення (бойлерна установка); електричний цех. Окремою статтею враховуються загальностаціонарні витрати.

Якщо ТЕЦ працює на природному газі, то відсутній паливно-транспортний цех.

На блокових ТЕЦ виробничі витрати по котельному цеху, машинному цеху й теплофікаційному відділенню об'єднані в одну стадію «котлотурбінний цех».

Якщо хімводоочищення є самостійним цехом, то витрати по ньому плануються й ураховуються за стадією «хімцех».

За кожною стадією виробництва попередньо складається цеховий кошторис витрат.

На ТЕЦ із безцеховою структурою керування планування й облік витрат здійснюється по електростанції в цілому.

Розглянемо докладніше складові витрат, що належать до окремих технологічних стадій.

До витрат *паливно-транспортного* цеху належать витрати на доставку палива від станції призначення до паливного складу або розвантажувальних пристроїв котельні, на утримання складів і паливно-транспортного цеху, дроблення й транспортування

палива естакадами-транспортерами до котельні, на підігрів, злив і зберігання мазуту.

У кошторисі витрат по *котельному цеху* враховується вартість всіх видів палива, що спалюється; витрати з експлуатації пилоцехів (пилозаводу); витрати на поточний ремонт і амортизацію будівель і устаткування котельні; витрати з хімоводоочищення, у т. ч. вартість покупної води, заробітна плата цехового й обслуговуючого персоналу.

До витрат *машинного цеху* належать витрати з експлуатації парових турбін, компресорів, водоприймачів, градирень, циркуляційних насосів, будівель і споруджень машинного цеху, зарплата обслуговуючого персоналу та інші витрати, пов'язані з підтримкою цеху.

У кошторисі з *теплофікаційного відділення* враховуються витрати з експлуатації бойлерних і пароутворюючих установок і за піковими котлами, що в основному включають витрати на поточний ремонт, амортизаційні відрахування, заробітну плату обслуговуючого персоналу й вартість палива для пікових котлів.

По електричному цеху в кошторисі витрат ураховують витрати з експлуатації електрогенераторів, розподільних пристроїв, щитів керування, акумуляторних батарей, підвищувальних підстанцій, на власні потреби, з утримання електролабораторії.

Кошторис загальностанційних витрат включає витрати на утримання адміністративно-управлінського апарату, обслуговування й амортизацію основних фондів загальностанційного призначення.

2.3 Можливі методи розподілу витрат на ТЕЦ між її продукцією

Було запропоновано кілька методів розподілення витрат між окремими продуктами комбінованого (комплексного) виробництва на ТЕЦ [10, 14]. Порівняємо ці методи.

Протягом тривалого часу спочатку використовувався метод розподілу витрат за допомогою коефіцієнта здешевлення вартості 1 тонни відбираної пари порівняно з вартістю гострої пари:

$$y = \frac{\overline{I}_{відб}}{\overline{I}_{гос}}, \quad (2.1)$$

де y – коефіцієнт «здешевлення» собівартості 1 тонни пари;

$\overline{I}_{відб}$, $\overline{I}_{гос}$ - собівартість відповідно 1 тонни відбіраної й гострої пари, грн/т.

При цьому коефіцієнт здешевлення пропонувалося визначати такими способами:

1) за відношенням ентальпії відбіраної пари $h_{відб}$ до ентальпії пари перед турбіною – h_0

$$y = \frac{h_{відб}}{h_0}. \quad (2.2)$$

Оскільки ентальпія відбіраної й гострої пари мають близьке одне до одного значення, вартість відбіраної пари мало відрізняється від вартості гострої пари й коефіцієнт «здешевлення» вартості відбіраної пари близький до одиниці, тобто практично та й інша пара має однакову вартість. Тому всі вигоди комбінованого виробництва (теплофікації) при цьому методі розрахунку відносяться на електроенергію;

2) за величиною тепловикористання потоків пари в турбіні (коефіцієнт використання потужності)

$$y = \frac{h_{відб} - h_k}{h_0 - h_k}, \quad (2.3)$$

де h_k – ентальпія пари, що надходить у конденсатор турбіни.

У цьому випадку теплоперепад, недовикористаний у циліндрі низького тиску турбіни ($h_{відб} - h_k$), і наявний теплоперепад ($h_0 - h_k$) значно розрізняються за величиною, у результаті чого вартість відбіраної пари надмірно здешевлюється

й переважна частина економії від комбінованого виробітку електроенергії й теплоти припадає на *відпущену теплоту*;

3) за середньою величиною зазначених вище коефіцієнтів (формула інженера Румянцева)

$$y = 0,5 \cdot \left(\frac{h_{\text{відб}}}{h_0} + \frac{h_{\text{відб}} - h_{\text{к}}}{h_0 - h_{\text{к}}} \right). \quad (2.4)$$

Ця формула розрахунку діяла до 1937 р., коли «термодинамічний» метод розподілення витрат на ТЕЦ був за пропозицією А.С. Горшкова (Мосенерго) замінений на фізичний або балансовий метод, при якому розподіл загальних витрат виконується пропорційно кількості палива, витраченого на виробництво кожного виду продукції [19, 20]. Цей метод у свій час був схвалений науково-технічною громадськістю й рекомендований керівництвом енергетики як офіційний і використовується практично дотепер.

Він розглянутий далі докладно.

З 2003 р. в Україні запропоновано новий метод розподілення витрат на ТЕЦ, узаконений ГКД 34.09.100-2003 [26], що потім був спрощений [18]. Ці методи розглянуті докладно в п. 3.6-3.7.

Слід зазначити, що в рішенні науково-технічної наради, проведеної енергетичним інститутом ім. Г. Кржижановського разом з Московським науково-інженерним Суспільством енергетичної промисловості (1952 р.) [19], які ухвалили *фізичний (балансовий)* метод розподілу витрат на ТЕЦ, було записано: «Методи розподілу економії палива при комбінованому процесі вироблення тепла й електричної енергії між цими видами отриманої енергії не можуть впливати з законів термодинаміки й всі спроби безпосереднього термодинамічного обґрунтування того або іншого способу рознесення економії палива між видами отриманої енергії позбавлені наукової підстави», що в цей час зазнає критики.

Перевагою балансового (фізичного) методу є однозначність у розподілі економії й простота практичного розрахунку працівниками ТЕЦ. Докладний аналіз цього методу й порядок розрахунків буде розглянутий у п. 3.5. Цей метод економічно не

обґрунтований. При балансовому (фізичному) методі вся економія від комбінованого виробництва електричної і теплової енергії на ТЕЦ стосується тільки електроенергії, завдяки чому її собівартість знижується, а собівартість теплоти завищується.

Застосування цього методу призводить до таких недоліків [11, с. 111]:

1) перехід на більш високі початкові параметри пари на ТЕЦ веде при цьому методі до зниження собівартості електричної енергії й підвищення собівартості теплоти, тому що загальні капітальні витрати зростають, а економія експлуатаційних витрат відноситься в основному на електроенергію. Тому економічність одержання теплоти знижується зі зростанням початкових параметрів пари на ТЕЦ;

2) паливна складова собівартості теплоти на ТЕЦ не залежить від тиску у відборах пари й тому зниження тиску пари у відборах не веде до зниження собівартості теплоти;

3) збільшення відпускання пари з відборів турбін ТЕЦ не веде до зниження собівартості теплоти.

Частина цих недоліків виключалася шляхом спеціального тарифу на теплоту [11, с. 157].

Таким чином, цей метод не відповідає сутності технологічного процесу на ТЕЦ і його економічним результатам і не відповідає вимогам розподілу витрат у комбінованому виробництві.

Тому завжди стояло завдання вдосконалювання методу розподілу витрат на ТЕЦ.

Крім балансового методу, на практиці застосовувався метод «відключення», при якому з сумарних витрат комбінованого виробництва виключалися витрати на побічні продукти, оцінювані за собівартістю їхнього виробництва на інших підприємствах або встановленою ціною (тарифом).

При застосуванні цього методу в енергетиці використали так званий трикутник Гінтера Л.Л. [16, с. 385]. При його побудові на одній стороні прямокутного трикутника відкладається собівартість 1 кВт·год, а на другій – собівартість 1 ГДж (1 Гкал) (рисунок 2.1). Сторони СА і СВ трикутника визначаються максимальною величиною собівартості електроенергії і теплоти при заданих річних експлуатаційних витратах.

За умови, що

$$I = \bar{I}_{e.e.} \cdot E_{pik} + \bar{I}_{m.e.} \cdot Q_{vidn.}, \quad (2.5)$$

найбільша величина собівартості 1 кВт·год буде при $Q_{vidn.} = 0$, а 1 ГДж при $E_{pik} = 0$.

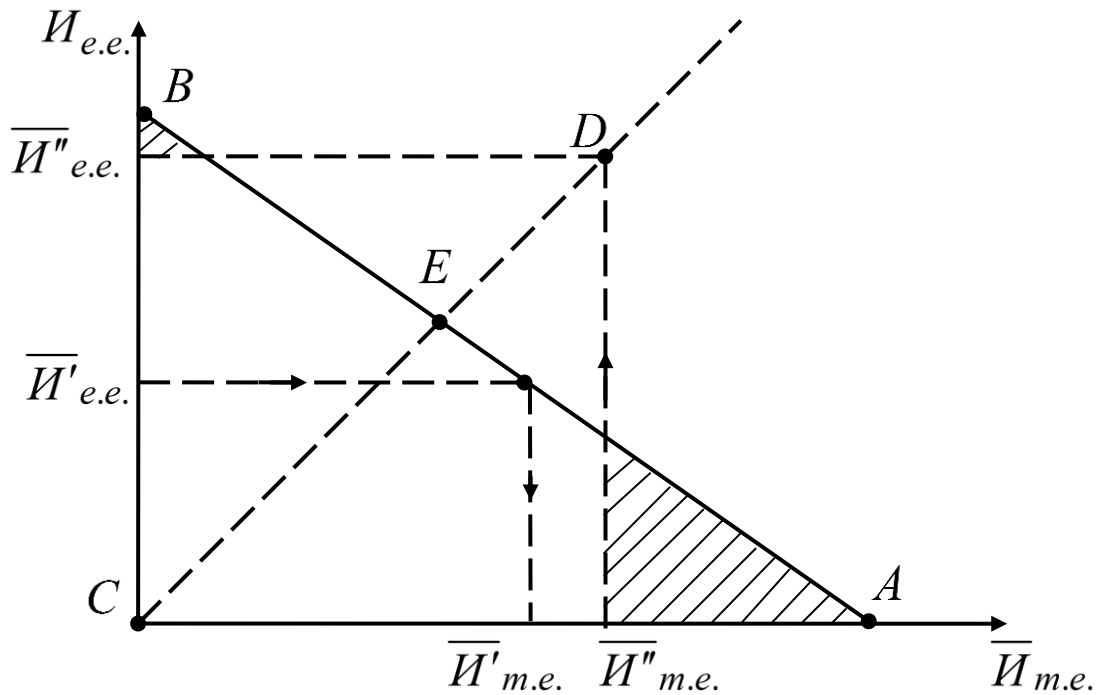


Рисунок 2.1 – Трикутник Гінтера

Задавшись вартістю одного з видів енергії, можна визначити вартість другого його виду.

Недоліком методу трикутника Гінтера є неможливість одночасного визначення собівартості теплоти й електроенергії.

Трикутник Гінтера може бути застосований в умовах проектування, наприклад при порівнянні комбінованої й роздільної схем енергопостачання.

Якщо на сторонах трикутника відкласти величини $\bar{I}''_{e.e.}$ й $\bar{I}''_{m.e.}$, що відповідають собівартості роздільного виробництва електричної й теплової енергії, то заштрихована частина графіка буде відображати зону неефективності за собівартістю спорудження ТЕЦ, а відстань точки D від прямої AB , тобто ED ,

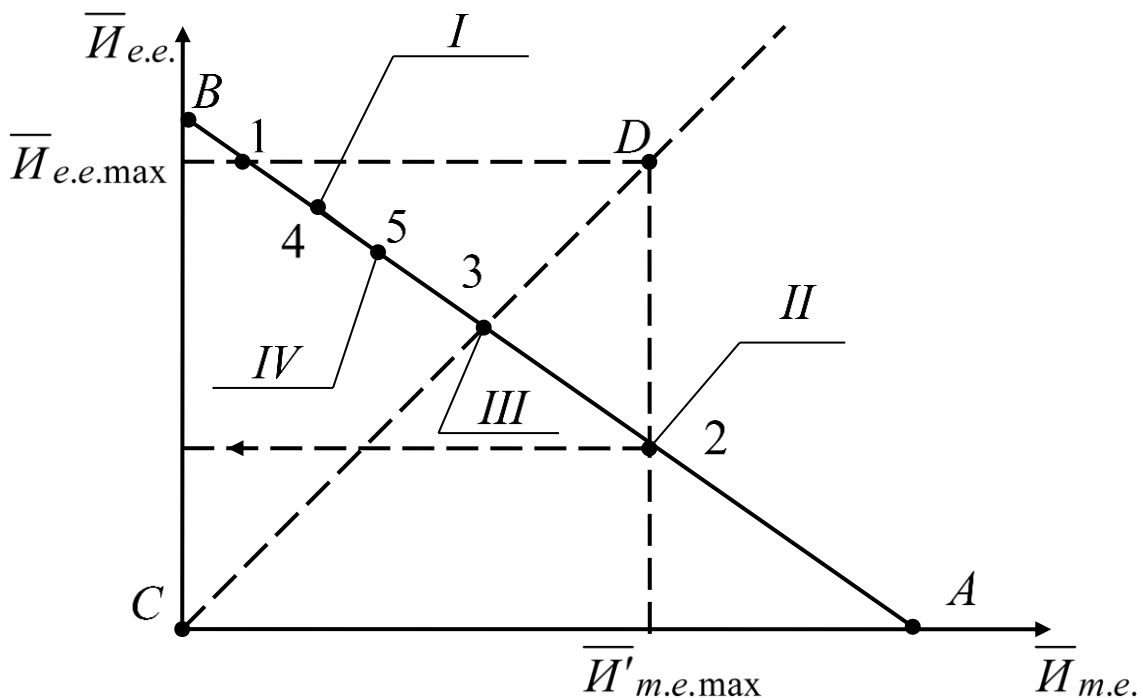
буде показувати можливу економію витрат у даному районі при комбінованому виробництві.

Аналогічний трикутнику Гінтера в роботі [22, с. 249] розглядається трикутник розподілу витрат різними методами.

Рівняння $I = \bar{I}_{e.e.} \cdot E_{pik} + \bar{I}_{m.e.} \cdot Q_{vidn.}$ перетворимо на рівняння прямої у відрізках BA (рисунок 2.2)

$$\frac{\bar{I}_{e.e.}}{I/E_{pik}} + \frac{\bar{I}_{m.e.}}{I/Q_{vidn.}} = 1. \quad (2.6)$$

Точки 1 і 2 визначені граничними умовами, що можуть бути обрані при розподілі витрат. Точку 1 знаходять із умови, що питома собівартість електроенергії на ТЕЦ така сама, як і електроенергії, отриманої на КЕС, що має агрегати тієї самої потужності й параметрів, що й на ТЕЦ.



- I – ексергетичний метод;
- II – фізичний метод;
- III – компромісний метод;
- IV – метод Вагнера

Рисунок 2.2 – Пряма розподілу вартості виробництва енергії

на ТЕЦ

Точку 2 знаходимо за умови, що питома собівартість теплоти на ТЕЦ така сама, як і на спеціалізованій котельні, тобто при великій собівартості теплоти й незначній собівартості електроенергії. У наступних висновках можна розглядати тільки точки, що лежать між точками 1 і 2 (рисунок 2.2).

Співвідношення витрат за фізичним (балансовим) методом розподілу витрат визначається положенням точки 2 на відрізьку $ВА$, при цьому собівартість електроенергії знижується, це призводить до низького тарифу на електроенергію й високого на теплову, що гальмує розвиток комбінованого теплоенергетичного виробництва.

У 1963 р. був запропонований компромісний метод розподілу витрат, заснований на розподілі прибутків при комбінованому виробництві електроенергії й теплоти на ТЕЦ. Цей метод має на увазі, що відношення собівартості електроенергії до собівартості теплоти при їхньому комбінованому виробництві має бути таким самим, як і відношення собівартості електроенергії КЕС і до собівартості теплоти, виробленої на спеціалізованій котельні (точка 3 на рисунку 2.2).

$$\frac{\overline{I_{e.e.}}}{\overline{I_{m.e.}}} = \frac{\overline{I_{e.e.max}}}{\overline{I_{m.e.max}}}. \quad (2.7)$$

У свій час широко розроблялися методи розподілу витрат на паливо між продуктами при комплексному виробництві, у т. ч. й електроенергії й теплоти на ТЕЦ, за рахунок використання поняття *ексергії*, що дозволяє в одній величині представити як кількісні, так і якісні характеристики енергії [20, 22] і ін.

У роботі [20, с. 21] робиться висновок не на користь використання ексергії для таких розрахунків: «Ентропійний метод, метод працездатності (метод ексергії), має те логічне обґрунтування, що всі втрати реальних циклів означають не зникнення енергії, а лише втрату її енергетичної цінності, вимірюваної тепловим потенціалом і величиною ентропії. З термодинамічної точки зору таке обґрунтування є правильним. Однак в енергетичному виробництві є не тільки теплові процеси й не всі теплові процеси мають кінцевою метою одержання роботи».

Ексергетичний метод розподілу витрат був запропонований у 1995 р. Рантом З. Використання енергетичного методу засновано на ексергетичному балансі ТЕЦ [22, с. 250].

Приймають, що вартість палива, котра відноситься на вироблення електроенергії й теплоти, необхідно визначати, розділяючи витрату палива відповідно до відношення електроенергії до зменшення ексергії теплоносія. При обліку всіх ККД одержимо зменшення собівартості електроенергії (рисунок 2.2, точка 4).

У роботі [22, с. 252] пропонується такий спосіб перевірки правильності методів розподілу витрат.

Всі раціональні методи мають відповідати таким перевірочним критеріям: зі зниженням тиску пари проміжного відбору собівартість виробництва цієї пари повинна увесь час зменшуватися; при граничних же умовах, коли тиск пари проміжного відбору досягає значення тиску, що існує в конденсаторах конденсаційних турбін, розрахована собівартість виробітку цієї пари має дорівнювати нулю або бути близькою до нуля.

Ні фізичний, ні компромісний методи не відповідають цим перевірочним критеріям, у той же час ексергетичний метод їм відповідає, тому що оцінює якість пари не за її ентальпією, а за її працездатністю.

Оскільки ТЕЦ працює в складі енергосистеми, то при виборі методу розподілу витрат такої ТЕЦ, крім термодинамічних критеріїв, варто було б урахувувати її вплив на капітальні витрати й вартість передачі енергії в енергосистемі. Такий облік був запропонований в 1965 р. як розвиток ексергетичного методу [22, с. 252].

При цьому методі розподілу витрат на ТЕЦ ураховується те, що ексергетична собівартість виробництва електроенергії вище, ніж при виробництві її на КЕС у зв'язку з відпусканням на ТЕЦ теплоти, і тому додаткові витрати повинні відноситись на споживачів теплоти. Тому, за методом Вагнера, на виробництво електроенергії на ТЕЦ має витрачатися стільки ж палива, скільки його витрачається на КЕС. Постійні витрати в собівартості (амортизаційні відрахування, зарплата й ін.) електроенергії на ТЕЦ повинні бути такими самими, як і в енергосистемі. Тоді питома

собівартість виробітку електроенергії, знайдена за цим методом, буде менше, ніж знайдена за ексергетичним методом (точка 5, рисунок 2.2).

2.4 Розподіл витрати палива на ТЕЦ між її продукцією

Для розподілу витрат між електроенергією й теплотою на ТЕЦ за фізичним (балансовим) методом пропорційно кількості витраченого палива на кожен вид енергії необхідно отриману раніше витрату палива в сумі на обидва види енергії (електроенергію й теплоту) розділити між ними.

Частина витрати палива ТЕЦ B , що повинна бути віднесена на відпускання теплоти споживачам з відборів турбін, визначається за формулою, т умов. палив /р.,

$$B'_{m.э.} = \frac{1,01 \cdot Q_m}{29,3 \cdot \eta_k}, \quad (2.8)$$

де Q_m – річне відпускання теплоти з відборів турбін, ГДж/р.;

η_k – середньозважений ККД котлів.

Більш точно ці витрати палива на теплову енергію можна визначити, використовуючи паливну характеристику виду (таблиця 2.1):

- для турбін типу Т, т умов. палив/р.,

$$B_{m.э.}^m = 0,093 \cdot D_m, \quad (2.9)$$

- для турбін типу ПТ, т умов. палив/р.,

$$B_{m.э.}^{nm} = 0,093 \cdot D_m + 0,102 \cdot D_n, \quad (2.10)$$

де D_m , D_n – річні витрати пари з відборів опалювальних (Т) і виробничих (П) параметрів, т/р.

Тоді на виробіток електроенергії (за принципом «відключення») буде витрачено, т умов. палив/р.,

$$B'_{\text{э.э.}} = B_{\text{ТЭЦ}} - B'_{\text{т.э.}}, \quad (2.11)$$

де $B'_{\text{т.э.}}$ – сумарна витрата палива всіма теплофікаційними турбінами ТЕС на виробіток теплоти.

При такому розрахунку вся витрата електроенергії на власні потреби $E_{\text{ен}}$ ТЕС віднесена на виробництво електроенергії й кількість палива, на відпускання теплоти, зниженої на величину, еквівалентну витраті електроенергії на власні потреби, пов'язану з відпусканням теплоти зовнішнім споживачам. Тому необхідно визначити витрату електроенергії на власні потреби з урахуванням його розподілу між електроенергією й теплою за балансовим методом пропорційно витраті палива на ці види продукції за формулами, (МВт·год)/р.:

- на електроенергію

$$E_{\text{ен}}^e = E_{\text{ц}} + (E_{\text{н.п.}} + E_{\text{ж.н.}} + E_{\text{тд}} + E_{\text{з.г.}} + E_{\text{інш.}}) \cdot \frac{B'_e}{B_{\text{ТЕЦ}}^{\text{рік}}}; \quad (2.12)$$

- на теплову енергію

$$E_{\text{ен}}^{\text{те}} = E_{\text{мн}} + (E_{\text{н.п.}} + E_{\text{ж.н.}} + E_{\text{тд}} + E_{\text{з.г.}} + E_{\text{інш.}}) \cdot \frac{B'_{\text{те}}}{B_{\text{ТЕЦ}}^{\text{рік}}}. \quad (2.13)$$

Орієнтовно витрату електроенергії на власні потреби на відпускання теплоти $E_{\text{ен}}^{\text{те}}$ можна також визначити, використовуючи дані про питому витрату електроенергії на одиницю відпущеної теплоти $\bar{E}_{\text{ен}}^{\text{те}}$ [10, с. 111], (кВт·год)/ГДж:

а) для ТЕС високого тиску:

- при роботі на твердому паливі – 25÷35;
- при роботі на газі і мазуті – 22÷25;

б) для ТЕС середнього тиску відповідно 20÷30 і 10÷15.

Тоді

$$E_{en}^{me} = E_{en}^{me} \cdot Q_{відп.}, \quad (2.14)$$

де $Q_{відп.}$ – кількість відпущеної теплоти ТЕЦ, ГДж.

На Харківській ТЕЦ-5 коефіцієнт власних потреб на вироблення електроенергії K_{en}^{me} складав у 1999-2000 рр. від 5,5 до 5,7 % і на відпускання теплової енергії K_{en}^{me} – 3,1÷3,4 %.

Орієнтовно питома витрата палива на відпускання електроенергії складе, г/(кВт·год),

$$E_{ee}^{відп} = \frac{B'_{ee} \cdot 10^6}{B_{рік}^{ТЕЦ} - B_{en}^{ee}}. \quad (2.15)$$

Витрата палива на тепlopостачання зовнішніх споживачів з урахуванням витрати електроенергії власних потреб, віднесеної на теплоту, т умов. палив/р.,

$$B_{me} = B'_{me} + b_{ee}^{відп} \cdot E_{en}^{me}. \quad (2.16)$$

Тоді витрата палива, що відноситься на відпускання електроенергії з урахуванням власних потреб, т умов. палив/р.,

$$B_{ee} = B_{ТЕЦ} - B_{me}. \quad (2.17)$$

Питома витрата палива на відпускання теплоти, кг умов. палив/ГДж,

$$b_{me}^{відп} = \frac{B_{me}}{Q_{відп}}. \quad (2.18)$$

Питома витрата палива на відпускання електроенергії, г умов. палив/(кВт·год),

$$b_{ee}^{відп} = \frac{B_{ee}}{E_{рік}}. \quad (2.19)$$

Отримані значення питомих витрат палива можна порівняти зі звітними даними по ТЕС України. У 2005 р. в середньому по всіх ТЕС: на електроенергію – 378,9 г умов. палив/(кВт·год), на теплоенергію – 162,3 кг умов. палив/Гкал (38,7 кг умов. палив/ГДж).

По електростанціях міста Харкова:

- для ТЕЦ-5 $b_{ee} = 275$ г умов. палив/(кВт·год),

$b_{me} = 150$ кг умов. палив/Гкал;

- для ТЕЦ-3 $b_{ee} = 290$ г умов. палив/(кВт·год),

$b_{me} = 155$ кг умов. палив/Гкал;

- для ТЕЦ-4 $b_{me} = 160$ кг умов. палив/Гкал.

Для конденсаційних електростанцій з енергоблоками:

- К-150-130 $b_{ee} = 340 - 356$ г умов. палив/(кВт·год);

- К-200-130 $b_{ee} = 336 - 351$ г умов. палив/(кВт·год);

- К-300-240 $b_{ee} = 324 - 338$ г умов. палив/(кВт·год).

Зміївська ТЕС:

- блоки 175 МВт – 431 г умов. палив/(кВт·год);

- блоки 275 МВт – 412 г умов. палив/(кВт·год);

- у цілому по електростанції – 415 г умов. палив/(кВт·год).

2.5 Фізичний (балансовий) метод розподілу витрат на ТЕЦ

Після визначення сумарних статей витрат на ТЕЦ і поділу витрати палива між електроенергією й теплотою подальший розрахунок собівартості енергії виконується в порядку, описаному в роботі [2, с. 109].

При всіх методах розподілу окремі сумарні статті витрат на паливо I_n , амортизацію I_a , заробітну плату $I_{з.п.}$, поточний ремонт $I_{пр}$ та інші витрати $I_{інш}$ розраховуються за формулами, наведеними далі, але при розрахунках витрат на заробітну плату чисельність експлуатаційного персоналу $n_{екс}$ визначається при штатному коефіцієнті для ТЕЦ. Значення його $\bar{n}_{екс}$ орієнтовно можна одержати за таблицею 2.1 залежно від типу турбін, потужності ТЕЦ і виду палива. Наприклад, $N_{ен} = 300$ МВт, ТЕЦ працює на вугіллі $\bar{n}_{екс} = 1,395$ люд/МВт; при роботі на газі, мазуті

$\bar{n}_{екс}=1,0$ люд/МВт; для $N_{ен}=500$ МВт - 0,955 й 0,7 відповідно на газі і мазуті.

Таблиця 2.1 – Питома чисельність промислово-виробничого персоналу ТЕС [14]

Склад устаткування ТЕС	Питома чисельність персоналу, люд/МВт			
	разом	експлуатаційного		ремонтного
		разом	без адміністративно-управлінського	
КЕС				
4×К-300	1,03/0,89	0,39/0,29	0,34/0,25	0,64/0,60
4×К-500	0,74	0,26	0,23	0,48
4×К-800	0,56/0,47	0,19/0,14	0,17/0,12	0,36/0,33
4×К-1200	-/0,38	-/0,1	-/0,09	-/0,28
6×К-200	1,13/1,01	0,49/0,37	0,4/0,31	0,67/0,64
6×К-300	0,88/0,75	0,31/0,23	0,27/0,20	0,67/0,64
6×К-500	0,64	0,23	0,20	0,57/0,52
6×К-800	0,47/0,40	0,15/0,11	0,13/0,10	0,41
6×К-1200	-/0,33	-/0,09	-/0,08	0,32/0,29
				-/0,24
ТЕЦ				
ПТ-60-130+2×Т-100/120-130	1,96/1,59	0,92/0,73	0,83/0,64	1,04/0,86
4×Т-175/210-130	1,30	0,62	0,52	0,68
4×Т-180/215-130	-/1,00	-/0,46	-/0,37	-/0,54
4×Т-250/300-240	-/0,87	-/0,36	-/0,30	-/0,51
<i>Примітка</i> – чисельник – при використанні твердого палива, знаменник – газоподібного				

Розрахунок цих витрат при використанні вугілля виконується за формулою, грн/р.,

$$I_n = \frac{B_{рік} \cdot 29330}{Q_n^p} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_v}{100} + \frac{\alpha}{100} \right) \cdot C_n, \quad (2.20)$$

де $B_{рік}$ – річна витрата палива на ТЕС на вироблення електроенергії й теплоти, т умов. палив/р.;

Q_n^p – нижча теплота згоряння палива, кДж/кг;

α_{ϵ} – втрати палива при транспортуванні в межах норм природних втрат (від 0,5 до 1 %);

α – природні втрати палива на ТЕС при розвантаженні вагонів, рекомендується прийняти 0,3 %;

C_m – ціни натурального палива на місці споживання (франко-ТЕС), грн/т натур. палив.

Розрахунок ціни для твердого палива виконують за формулою, грн/т натур. палив,

$$C_n = C_{np} \pm \Delta C_{np} + C_{mp} + C_{ини}, \quad (2.21)$$

де C_{np} – ціна палива за прејскурантом, грн/т натур. палив;

ΔC_{np} – поправки до ціни палива на його якість (зольність, теплоту згоряння, вологість). У навчальних розрахунках приймають $\Delta C_{np} = 0$. Є нормативні документи, де даються знижки й надбавки за кожні 419 кДж/кг (100 ккал/кг) відхилення фактичної теплоти згоряння Q_n^p від середньої розрахункової;

C_{mp} – витрати на перевезення палива, грн/т натур. палив;

$C_{ини}$ – інші витрати по заготівлі палива, прийняті в навчальному розрахунку рівними 0,7 грн/т натур. палив.

При роботі ТЕС на рідкому паливі (мазуті) розрахунок річних витрат на паливо виконується за формулою, грн/р.,

$$I_n = \frac{B_{рик} \cdot 29330}{Q_n^p} \cdot \left(1 + \frac{\alpha_{\epsilon m}}{100} \right) \cdot (C_n + C_{mp}), \quad (2.22)$$

де $B_{рик}$ – річна витрата палива на ТЕС, т умов. палив/р.;

Q_n^p – нижча теплота згоряння рідкого палива, кДж/кг;

C_n – вартість палива за прејскурантом, грн/т;

$\alpha_{\epsilon m}$ – втрати мазуту при зливі з цистерн, при транспортуванні від резервуарів до котельні, приймають для мазуту 0,1 %;

C_{mp} – вартість транспортування 1 т мазуту, грн/т. Її знаходять так, як і для вугілля. За тарифним ціноутворенням для мазуту код 22100, клас 2, вантажопідйомність цистерни 50 т, схема перевезення 6.

При роботі ТЕС на газі розрахунок річних витрат на нього визначають за формулою

$$I_n = \frac{B_{\text{рік}} \cdot 29330}{Q_n^p} \cdot C_n \cdot 10^{-3}, \quad (2.23)$$

де $B_{\text{рік}}$ – річна витрата палива на ТЕС, т умов. палив/р.;

Q_n^p – нижча теплота згоряння газу, кДж/кг;

C_n – вартість палива, грн/1000 м³.

Величина річних амортизаційних відрахувань ТЕС або котелень визначається за встановленими нормами амортизації на відновлення основних фондів (на реновацію) для різних елементів основних виробничих фондів (устаткування, спорудження, будівель та ін.) і первісної вартості цих фондів K_i , грн/р.,

$$I_a = \sum H_{ai} \cdot K_i, \quad (2.24)$$

де K_i – середня балансова вартість і-го елемента фондів;

H_{ai} – норма амортизаційних відрахувань на реновацію і-го елемента фондів.

При розрахунках собівартості основні виробничі фонди можна розділити на шість укрупнених груп:

- 1) вартість будівель і споруджень ТЕС;
- 2) вартість устаткування й котельних установок;
- 3) вартість парових турбоагрегатів;
- 4) вартість устаткування допоміжного силового тепломеханічного, силового електротехнічного й розподільного пристроїв;
- 5) вартість устаткування АСУ ТП;

б) вартість спеціального устаткування сіркоочисних установок і азотоочищення.

Відповідно до змін до Закону України «Про оподаткування прибутку підприємства» від 24.12.2002 р. з 1 січня 2004 р. основні фонди підприємств об'єднані в чотири групи [1, с. 38]:

- група 1 – будівлі, спорудження, їхні структурні компоненти й передатні пристрої;

- група 2 – транспортні засоби, офісне устаткування, побутові електромеханічні прилади й інструменти;

- група 3 – інші основні фонди, що не ввійшли в групи 1, 2, 4;

- група 4 – ЕОМ, інформаційні системи, телефони, радіостанції й ін.

Норми амортизаційних відрахувань у відсотках балансової вартості кожної з груп основних фондів на початок звітного періоду встановлені в такому розмірі з 1.01.2004 р.:

- 1-ша група – 2 %;

- 2-га група – 10 %;

- 3-тя група – 6 %;

- 4-та група – 15 %.

При укрупнених розрахунках застосовується середньозважена норма амортизації для всієї ТЕС або котельні H_a , 1/р.

$$H_a = \frac{H_a^1 \cdot K_1 + H_a^2 \cdot K_2 + \dots + H_a^i \cdot K_i}{K_1 + K_2 + \dots + K_i}, \quad (2.25)$$

де K_1, K_2, \dots, K_i – вартість кожної групи фондів;

$H_{a1}, H_{a2}, \dots, H_{ai}$ – норма амортизаційних відрахувань по групах фондів.

Тоді річні амортизаційні відрахування дорівнюватимуть, грн/р.,

$$I_a = H_a \cdot K, \quad (2.26)$$

де K – капітальні витрати на спорудження;

H_a – середньозважена норма амортизаційних відрахувань на повне відновлення основних фондів, 1/р.

У Росії для ТЕС $H_a=3...4\%$ [3], в Україні для ТЕЦ – 3 %.

Витрати на заробітну плату можуть бути приблизно визначені за формулою, грн/р.,

$$I_{zn} = n_e \cdot \Phi, \quad (2.27)$$

де Φ – середньорічна заробітна плата одного працівника електростанції з нарахуваннями на соціальне страхування, грн/(люд·р.);

n_e – кількість експлуатаційного персоналу електростанції. Визначається або за нормативними матеріалами для ТЕС, або за штатним коефіцієнтом, тобто кількістю експлуатаційного персоналу, що припадає на одиницю потужності.

$$\text{Для електростанції} \quad \bar{n}_e = \frac{n_e}{N_{en}} \text{ люд/МВт.} \quad (2.28)$$

$$\text{Для котельні} \quad \bar{n}_e = \frac{n_e}{Q_{год}} \text{ люд/МВт.} \quad (2.29)$$

Значення \bar{n}_e наведені в таблиці 2.1 [2, С. 104].

Величина, зворотна штатному коефіцієнту, називається коефіцієнтом обслуговування одиниці встановленої потужності N_{en} , МВт, або теплової продуктивності $Q_{год}$, Гкал/год (ГДж/год).

Поточний ремонт. Витрати на нього входять у статтю калькуляції «Витрати на утримання і експлуатацію устаткування». Сюди включаються всі витрати на поточний ремонт основних фондів (будівель, споруджень, устаткування), вартість матеріалів для ремонту, використовуваних запасних частин, зарплата основна й додаткова з нарахуваннями ремонтного персоналу, вартість послуг ремонтних організацій, своїх допоміжних виробництв та ін.

Раніше ця стаття була самостійна й приблизно розраховувалася у відсотках амортизаційних відрахувань (10-20 %, менша величина для потужних ТЕС) або величини затрат на капітальний ремонт [3, с. 105], грн/р.,

$$I_{np} = (0,1 \dots 0,2) \cdot I_a$$

або

$$I_{np} = \alpha_{np} \cdot I_{кр} = \alpha_{np} \cdot \Phi_{он} \cdot \frac{H_a^{кр}}{100}, \quad (2.30)$$

де α_{np} – витрати на поточний ремонт у частках витрат на капітальний ремонт: для КЕС із енергоблоками 300, 500 і 800 МВт, а також ТЕЦ на закритичні параметри $\alpha_{np} = 0,3$, для інших ТЕС – 0,4...0,45;

$I_{кр}$ – річні витрати на капітальний ремонт;

$H_a^{кр}$ – норма амортизації на капітальний ремонт (для КЕС – 4 %, для ТЕЦ – 4,3 %);

$\Phi_{он}$ – середньорічна балансова вартість основних виробничих фондів.

Вода на технологічні потреби. За цією статтею враховуються витрати на воду, що витрачається на живлення котлів, гідрозоловидалення й золовловлення (по котельному цеху), для системи циркуляційного водопостачання (по турбінному цеху), для підживлення системи теплофікації й відпускання гарячої води (по теплофікаційному відділенню), для охолодження генераторів і трансформаторів (по електроцеху) [2, с. 102].

При розрахунку плати за воду на ТЕС ураховують річну кількість зворотної води W_{ϵ} (при прямоточній системі водопостачання води для охолодження конденсаторів турбін) і безповоротно втраченої в технологічній схемі ТЕС – $W_{\text{без}}$, грн/р.,

$$I_{\epsilon} = W_{\epsilon} \cdot \zeta_{\epsilon}^{\epsilon} + W_{\text{без}} \cdot \zeta_{\text{без}}^{\epsilon}, \quad (2.31)$$

де $C_{\text{в}}^{\text{в}}$, $C_{\text{без}}^{\text{в}}$ – плата за 1 м³ води зворотного й безповоротного водоспоживання за тарифом на воду конкретної водогосподарчої системи, грн/м³ (установлюється адміністрацією області).

Для КЕС і ТЕЦ із закритою схемою водопостачання складова витрат на воду в укрупнених розрахунках приймається 0,04÷0,1 суми ($I_a + I_{\text{зн}}$) залежно від вартості води (у середньому 0,07).

Інші витрати. До них належать загальностанційні витрати, оплата послуг сторонніх організацій, витрати з охорони праці й техніки безпеки, витрати по аналізах води, палива й випробуваннях устаткування, вартість втрат палива на складах у межах норм та ін.

До загальностанційних належать витрати з управління й обслуговування електростанції (зарплата адміністративно-управлінського персоналу, податки, збори, витрати з охорони підприємства, з утримання загальновиробничих підприємств і т. п.).

До загальностанційних витрат відносять також так називані непродуктивні витрати – плата за перепростій вагонів з паливом та ін.

Оскільки витрати на паливо, амортизацію, поточний ремонт і зарплату становлять переважну частину собівартості енергії на ТЕС, то для наближених розрахунків можна всі інші витрати (покупна вода й матеріали, послуги допоміжних виробництв, інші й загальностанційні витрати тощо) об'єднати в одну статтю «Інші витрати». Розмір їх залежить від потужності електростанції й чисельності персоналу й може бути приблизно визначений за формулою, грн/р.,

$$I_{\text{інш}} = (0,2 \dots 0,3) \cdot (I_a + I_{\text{зн}} + I_{\text{пр}}). \quad (2.32)$$

1 Статті витрат розподіляються по фазах виробництва – цехах; при укрупнених розрахунках розрізняють три групи цехів:

I група – цехи паливно-транспортний, котельний, хімічний, теплового контролю (позначимо їх індексом «п»);

II група – турбінний (машинний) і електроцехи (індекс «м»);

III група – загальностанційні витрати (індекс «0»).

Розподіл статей витрат для наближених розрахунків по цих групах цехів для середніх умов рекомендується виконувати за таблицею 2.2 [10, с. 109].

Таблиця 2.2 – Розподіл витрат по цехах

Стаття витрат	Група цехів		
	I ΣI^n	II ΣI^M	III ΣI^0
I_n	100	-	-
I_a	50	45	5
I_{zn}	35	35	30
I_{np}	50	45	5
$I_{ини}$	-	-	100

Тоді сумарні витрати по групах цехів розраховують за формулами:

$$\text{I група} - \Sigma I^n = I_n + 0,5 \cdot I_a + 0,35 \cdot I_{zn} + 0,5 \cdot I_{np}; \quad (2.33)$$

$$\text{II група} - \Sigma I^M = 0,45 \cdot I_a + 0,35 \cdot I_{zn} + 0,45 \cdot I_{np}; \quad (2.34)$$

$$\text{III група} - \Sigma I^0 = 0,05 \cdot I_a + 0,3 \cdot I_{zn} + 0,05 \cdot I_{np} + 1 \cdot I_{ини}. \quad (2.35)$$

Сумарні витрати по ТЕЦ дорівнюють

$$\Sigma I_{ТЕЦ} = I_n + I_a + I_{zn} + I_{np} + I_{ини}. \quad (2.36)$$

2 Цехові групові витрати розподіляються між електроенергією й теплотою за *фізичним (балансовим)* методом у такий спосіб:

1) всі витрати II групи цехів (турбінний та електроцех) ΣI^M відносяться на виробництво електричної енергії, тобто

$$I_{ee}^M = \Sigma I^M; \quad I_{те}^M = 0, \quad (2.37)$$

де I_{me}^M – витрати турбінного й електроцеху, що не відносяться на теплову енергію.

$$\Sigma I^M = I_{ee}^M + I_{me}^M; \quad (2.38)$$

2) витрати I групи цехів (паливно-транспортний і котельний цехи, хімцех і цех автоматизації ΣI^n розподіляються між електричною й тепловою енергією пропорційно витратам палива на одержання кожного виду енергії:

- на виробництво електроенергії, грн/р.,

$$I_{ee}^n = \Sigma I^n \cdot \frac{B_{ee}}{B_{ТЕЦ}}; \quad (2.39)$$

- на виробництво теплової енергії, грн/р.,

$$I_{me}^n = \Sigma I^n \cdot \frac{B_{me}}{B_{ТЕЦ}}; \quad (2.40)$$

$$\Sigma I^n = I_{ee}^n + I_{me}^n.$$

3 Загальностанційні витрати ΣI^0 розподіляються між електричною й тепловою енергією пропорційно розподілу суми перших груп цехових витрат між електроенергією й теплотою.

Тоді на електроенергію з загальностанційних витрат відносяться, грн/р.,

$$I_{ee}^0 = \Sigma I^0 \cdot \frac{I_{ee}^n + I_{ee}^M}{\Sigma I^n + \Sigma I^M}; \quad (2.41)$$

на теплову енергію, грн/р.,

$$I_{me}^0 = \Sigma I^0 - I_{ee}^0. \quad (2.42)$$

4 Далі підсумовуються всі витрати на електричну й теплову енергію, грн/р.,

$$\Sigma I_{ee} = I_{ee}^n + I_{ee}^m + I_{ee}^0; \quad (2.43)$$

на теплову енергію, грн/р.,

$$\Sigma I_{me} = I_{me}^n + I_{me}^0. \quad (2.44)$$

5 Собівартість відпущеної електроенергії $I_{рік}^{ТЕЦ}$, грн/(кВт·год),

$$\overline{I}_{ee}^{відп} = \frac{\Sigma I_{ee}}{E_{рік}^{ТЕЦ}}; \quad (2.45)$$

собівартість відпущеної теплоти $Q_{відп.}$, грн/ГДж,

$$\overline{I}_{me}^{відп} = \frac{\Sigma I_{me}}{Q_{відп.}}. \quad (2.46)$$

6 Для аналізу ефективності роботи ТЕЦ і розроблення шляхів зниження собівартості енергії необхідно знати структуру собівартості електроенергії й теплоти. Для цього спочатку розподіляють статті витрат у собівартості між видами енергії.

Витрати на паливо I_n розподіляють пропорційно витраті палива на відпускання кожного виду енергії.

На теплову енергію відноситься, грн/р.,

$$I_{me}^n = I_n \cdot \frac{B_{me}}{B_{ТЕЦ}}. \quad (2.47)$$

На електроенергію, грн/р.,

$$I_{ee}^n = I_n \cdot \frac{B_{ee}}{B_{ТЕЦ}} = I_n - I_{me}^n. \quad (2.48)$$

Всі інші статті витрат розподіляються між електроенергією й теплою пропорційно тому, як розподілялися загальні витрати на ТЕЦ, за винятком вартості палива.

Ураховується це коефіцієнтом розподілу K^P , який показує, яку частину витрат за тією або іншою статтею відносити на кожен вид енергії, що відпускає ТЕЦ.

7 На електроенергію по кожному елементу витрат має відноситись частина

$$K_{ee}^P = \frac{\Sigma I_{ee} - I_{ee}^m}{\Sigma I_{ТЕЦ} - I_n}. \quad (2.49)$$

На теплоту коефіцієнт розподілу дорівнює

$$K_{me}^P = \frac{\Sigma I_{me} - I_{me}^m}{\Sigma I_{ТЕЦ} - I_n} \quad \text{або} \quad K_{me}^P = 1 - K_{ee}^P. \quad (2.50)$$

Тоді розподіл інших елементів витрат між електроенергією й теплою буде таким, грн/р.:

- на амортизацію

$$I_{ee}^a = I_a \cdot K_{ee}^P \quad \text{і} \quad I_{me}^a = I_a \cdot K_{me}^P; \quad (2.51)$$

- на заробітну плату

$$I_{ee}^{zn} = I_{zn} \cdot K_{ee}^P \quad \text{і} \quad I_{me}^{zn} = I_{zn} \cdot K_{me}^P; \quad (2.52)$$

- на поточний ремонт

$$I_{ee}^{np} = I_{np} \cdot K_{ee}^P \quad \text{і} \quad I_{me}^{np} = I_{np} \cdot K_{me}^P; \quad (2.53)$$

- на інші витрати

$$I_{ee}^{інш} = I_{інш} \cdot K_{ee}^p \quad \text{і} \quad I_{те}^{інш} = I_{інш} \cdot K_{те}^p. \quad (2.54)$$

8 Структура собівартості являє собою частку кожного елемента витрат у собівартості, виражену у відсотках.

Тоді, наприклад, паливна складова в собівартості електроенергії буде дорівнювати

$$\bar{I}_{ee}^n = \frac{I_{ee}^n}{\Sigma I_{ee}} \cdot 100\% \quad \text{і т. п.} \quad (2.55)$$

Результати розрахунків по кожному елементу витрат у собівартості електроенергії й теплоти зводять у таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Собівартість електроенергії й теплоти

Вид енергії	Паливо	Амортизація	Зарплата	Поточний ремонт	Інші витрати	Разом
Електроенергія	\bar{I}_{ee}^n	\bar{I}_{ee}^a	\bar{I}_{ee}^{zn}	\bar{I}_{ee}^{np}	$\bar{I}_{ee}^{пр}$	100
Теплота	$\bar{I}_{те}^n$	$\bar{I}_{те}^a$	$\bar{I}_{те}^{zn}$	$\bar{I}_{те}^{np}$	$\bar{I}_{те}^{пр}$	100

За даними цієї таблиці робиться аналіз структури собівартості кожного виду енергії.

2.6 Нові нормативні методи розподілу витрати палива на ТЕЦ між видами енергії

2.6.1 Загальні положення

Широко використовуваний до останнього часу (1998 р.) нормативний документ ГКД 34.09.103-96 [27] передбачає розподіл витрат на ТЕЦ між тепловою й електричною енергією за фізичним (балансовим) методом, що має недоліки: вся економія за рахунок комбінованого виробітку електричної й теплової енергії відноситься на електроенергію, а витрата палива на відпущену

одиницю теплоти 1 ГДж (1 Гкал) на ТЕЦ виявлялася вище, ніж у котельнях, призначених для відпускання тільки теплоти.

Тому у зв'язку зі значним підвищенням вартості палива й відповідним збільшенням тарифу на відпущену теплову енергію за дорученням Національної комісії регулювання електроенергетики (НКРЕ) ВАТ «ЛьвівОРГРЕС» у 1997 р. розробило методику «Розподіл витрати палива на теплових електростанціях на відпущену електричну й теплову енергію при їхньому комбінованому виробництві» (ГКД 34.09.108-98) [28]. Вона з'явилася доповненням до ГКД 34.09.103-96. У цьому випадку розрахунок всіх показників теплової економічності електростанцій виконується відповідно до зазначеної методики, за винятком витрати палива й питомих витрат палива на відпущену електричну й теплову енергію, що визначаються за новою методикою – ГКД34.09.108-98.

В основу цієї методики закладено принцип однакової вигоди, при якому економія палива за рахунок комбінованого виробітку електроенергії й теплоти на ТЕЦ розподіляється між ними нарівно – коефіцієнт 0,5.

При цьому методі розподіл палива між видами енергії, витрата його на відпущену теплову енергію визначаються з урахуванням *коефіцієнтів цінності теплоти*, що відпускається зовнішнім споживачам з відборів парових турбін ТЕЦ. У результаті витрати палива на виробіток електроенергії *збільшується* порівняно з розрахунком за фізичним методом, а на відпускання теплової енергії – *зменшується*.

Це дозволяє збільшити розрахункове відпускання теплоти від ТЕЦ і підвищити економічну зацікавленість у комбінованому виробітку електричної й теплової енергії.

Загальна витрата палива на відпускання електричної й теплової енергії визначається відповідно до ГКД 34.09.101-95 «Паливо на електростанціях. Правила обліку» [24].

Примітка: при викладі далі в п. 3.6 другої нової методики, як нормативної, збережено основні її позначення, крім позначення ентальпії «*h*» замість старого «*i*».

2.6.2 Витрата палива на відпущену електричну енергію

Витрата палива на відпущену електроенергію визначається за формулою, т умов. палив.

$$B_e = B \cdot K_e \cdot \frac{E_{відп}}{E - E_e^{в.н.} \cdot \alpha^{в.н.}}, \quad (2.56)$$

де B – кількість палива, що спалюється в енергетичних котлах, за даними бухгалтерського обліку палива, т умов. палив;

$E_{відп}$ – кількість відпущеної електроенергії, тис. кВт·год;

$E_e^{в.н.}$ – витрата електроенергії на власні потреби, пов'язані з виробництвом електроенергії, тис. кВт·год;

$\alpha^{в.н.}$ – частка витрати електроенергії, що надійшла з шин ТЕЦ на власні потреби;

K_e – коефіцієнт, що визначає частку витрати палива енергетичними котлами на виробництво електроенергії.

Коефіцієнт K_e визначається за формулою

$$K_e = \frac{Q_e + Q_m^{в.н.} + 0,5 \cdot \Delta Q_{ет}^{кв}}{Q_e + Q_m^{в.н.} + 0,5 \cdot \Delta Q_{ет}^{в.н.} + Q_{відп} \cdot (100 - \alpha_{ПВК} - \alpha_{відп}^{нас} + \alpha_{втр})}, \quad (2.57)$$

де Q_e – витрата теплоти на виробництво електроенергії, Гкал (ГДж);

$Q_m^{в.н.}$ – витрата теплоти на власні потреби турбін, Гкал (ГДж);

$\Delta Q_{ет}^{кв}$ – величина економії теплоти за рахунок комбінованого виробітку електро- і теплоенергії, Гкал (ГДж);

$Q_{відп}$ – сумарне відпускання теплоти зовнішнім споживачам від ТЕЦ, Гкал (ГДж);

$\alpha_{ПВК}$ – частка відпускання теплоти від пікових водогрійних котлів (ПВК), %,

$$\alpha_{ПВК} = \frac{Q_{ПВК}}{Q_{відп}} \cdot 10^2, \quad (2.58)$$

де $Q_{ПВК}$ – відпускання теплоти від ПВК, Гкал (ГДж);

$\alpha_{відп}^{нас}$ – частка відпускання теплоти за рахунок нагрівання сітьової води в насосах теплофікаційної установки, %,

$$\alpha_{відп}^{нас} = \frac{Q_{відп}^{нас}}{Q_{відп}} \cdot 100, \quad (2.59)$$

де $Q_{відп}^{нас}$ – кількість теплоти, відпущеної зовнішнім споживачам внаслідок нагрівання сітьової води в насосах, Гкал (ГДж),

$$Q_{відп}^{нас} = q_{екв} \cdot E_{мн} \cdot \eta_{емн} \cdot 10^{-2}, \quad (2.60)$$

де $q_{екв}$ – фізичний еквівалент 1 МВт·год, що дорівнює 0,86 Гкал/(МВт·год) (3,6 ГДж/(МВт·год));

$E_{мн}$ – витрата електроенергії сітьовими насосами, тис. кВт·год;

$\eta_{емн}$ – електромеханічний ККД сітьових насосів, %;

$\alpha_{втр}$ – коефіцієнт втрат теплоти у зв'язку з його відпусканням від енергетичних котлів і турбін, %,

$$\alpha_{втр} = \frac{Q_{відп}^{втр}}{Q_{відп} - Q_{ПВК}} \cdot 100, \quad (2.61)$$

де $Q_{відп}^{втр}$ – технологічні витрати теплоти, пов'язані з її відпусканням, Гкал (ГДж).

Коефіцієнт 0,5 у формулі (2.57) означає, що 50 % зекономленої теплоти при комбінованому виробітку електричної й теплової енергії належить до витрати теплоти на виробіток електроенергії.

Величина економії теплоти при комбінованому виробітку електричної й теплової енергії $\Delta Q_{ет}^{кв}$ за рахунок відпускання теплоти зовнішнім споживачам з відборів турбін, протитиску й з конденсаторів турбін визначається за формулою, Гкал (ГДж),

$$\Delta Q_{em}^{кв} = \frac{\left[\sum_{i=1}^n Q_{відб_i} \cdot (1 - \xi_i) + Q_{конд}^{нв} \cdot (1 - \xi_{нв}) + (Q_{конд} - Q_{конд}^{нв}) \right] \cdot Q_{від}}{Q_m}, \quad (2.62)$$

де $Q_{відб_i}$ – кількість теплоти, відпущеної зовнішнім споживачам і на власні потреби з кожного (і-го) відбору турбін, Гкал (ГДж);

n – кількість відборів турбін, з яких відпускається теплота зовнішнім споживачам і на власні потреби;

$Q_{конд}$ – кількість теплоти, відпущеної з конденсаторів турбін при роботі їх як з погіршеним, так і нормальним вакуумом, Гкал (ГДж);

$Q_{конд}^{нв}$ – кількість теплоти, відпущеної з конденсаторів турбін при роботі з погіршеним вакуумом, Гкал (ГДж);

$Q_{від}$ – кількість теплоти, відпущеної зовнішнім споживачам від турбін за рахунок повністю або частково відпрацьованої в турбінах пари виробничого й теплофікаційного відборів, протитиску, нерегульованих відборів і пари, що надійшла в конденсатори, Гкал (ГДж);

Q_m – кількість теплоти, відпущеної від турбін зовнішнім споживачам і на власні потреби, Гкал (ГДж);

ξ_i – коефіцієнт цінності теплоти, що відпускається кожним (і-м) відбором турбін;

$\xi_{нв}$ – коефіцієнт цінності теплоти, що відпускається від конденсаторів при роботі турбін з погіршеним вакуумом.

2.6.3 Поняття коефіцієнта цінності теплоти [23, с. 64]

Якщо в тепловій схемі турбоустановки до живильної води в межах ступеня підігріву j підводиться ззовні теплота Q , то при незмінному підведенні ззовні теплоти у свіжій парі $Q_0 = const$ відбудеться збільшення потужності ΔN :

$$\Delta N = e_j \cdot Q, \quad (2.63)$$

де e_j – коефіцієнт пропорційності.

Коефіцієнт e_j названий *коефіцієнтом зміни потужності*, він є характеристикою ступеня підігріву j .

Значення e_j можна визначити розрахунком теплових схем, знаходячи збільшення потужності ΔN при підведенні ззовні певної кількості теплоти по черзі в кожен ступінь підігріву [23, с. 56].

У багатьох випадках ефект від зміни у схемі або від впливу підведення (відведення) теплоти ззовні Q в межах якого-небудь ступеня підігріву бажано виразити за умови незмінної потужності турбоустановки, тобто при $N = const$. За цієї умови буде змінюватися необхідна теплова потужність у свіжій парі на ΔQ_0 .

Якщо при підведенні теплоти Q за умови $Q_0 = const$ отримано збільшення потужності $\Delta N = e_j \cdot Q$, то, зменшуючи потужність на ΔN (умова $N = const$), одержимо економію витрати теплоти у свіжій парі

$$\Delta Q_0 = -\frac{\Delta N}{\eta_i} = \frac{e_j}{\eta_i} \cdot Q = -\xi \cdot Q, \quad (2.64)$$

де η_i – ККД.

Відношення

$$\xi_j = \frac{e_j}{\eta_i} \quad (2.65)$$

називається *коефіцієнтом цінності теплоти*. Порядок його можливого розрахунку наведено в роботах [23, с. 64, 28, с. 5].

Витрати теплоти $Q_{ет}$, $Q_m^{вн}$, $Q_{відп}^{втр}$, $Q_{ПВК}$, $Q_{відб}$, Q_t , $Q_{відпр}$, $Q_{конд}$, $\lambda_{вп}^m$ визначаються відповідно до ГКД 34.09.103-96 «Розрахунок звітних техніко-економічних показників електростанції про теплову економічність устаткування» [27].

$Q_{відп}$ визначається відповідно до РД 34.09. 102-85 «Правила обліку відпускання теплової енергії» [30].

2.6.4 Розрахунок коефіцієнтів цінності теплоти

1 Коефіцієнт цінності теплоти кожного з відборів турбін без проміжного перегріву пари визначається за формулою

$$\xi_i = \frac{h_{\text{відб}i} - h_2}{h_0 - h_2} \cdot \left(1 + K \cdot \frac{h_0 - h_{\text{відб}i}}{h_0 - h_2} \right), \quad (2.66)$$

де h_0 – ентальпія свіжої пари перед турбіною, ккал/кг (кДж/кг);

$h_{\text{відб}i}$ – ентальпія пари в кожному (і-му) з відборів турбін, з яких відпускається теплота зовнішнім споживачам і на власні потреби, ккал/кг (кДж/кг);

h_2 – ентальпія пари, що відпрацювала, у конденсаторі при роботі турбіни в конденсаційному режимі, ккал/кг (кДж/кг).

При роботі з нормальним вакуумом h_2 приймається:

- при $P_0 = 90$ кгс/см² (9 МПа) і вище $h_2 = 570$ ккал/кг (2387 кДж/кг);

- при $P_0 \leq 35$ кгс/см² (3,5 МПа) $h_2 = 530$ ккал/кг (2429 кДж/кг).

Примітка: для турбін із протитиском і погіршеним вакуумом значення h_2 приймаються таким, як і для конденсаційних турбін відповідних параметрів і потужності.

K – коефіцієнт, що залежить від параметрів свіжої пари перед турбіною.

Значення коефіцієнта K наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Значення коефіцієнта K

Тиск свіжої пари перед турбіною, кгс/см ² (МПа)	Значення коефіцієнта K
до 35 (3,5)	0,25*
90 (9,0)	0,30
130 (13,0)	0,40
240 (24,0)	0,42
* Для турбін з тиском свіжої пари до 35 кгс/см ² (3,5 МПа), що не мають регенеративних підігрівів живильної води, $K = 0$	

2 Для турбін із проміжним перегрівом пари коефіцієнт

$$\xi_i = \frac{h_{\text{відб}i} + \Delta h_{nn} - h_2}{h_0 + \Delta h_{nn} - h_2} \cdot \left(1 + K \cdot \frac{h_0 + \Delta h_{nn} - h_{\text{відб}i}}{h_0 + \Delta h_{nn} - h_2} \right), \quad (2.67)$$

де Δh_{nn} – підвищення ентальпії пари в проміжному пароперегрівнику, ккал/кг (кДж/кг).

У чисельнику першого дробу формули (2.67) член Δh_{nn} урахується тільки для відборів, розташованих до проміжного пароперегрівника, а в чисельнику другого дробу – тільки для відборів, розташованих за проміжним пароперегрівником.

3 Для турбін, що працюють у режимі погіршеного вакууму й відпускають теплоту тільки від конденсаторів, коефіцієнт цінності відпущеної теплоти й величина економії теплоти за рахунок комбінованого виробітку електричної й теплової енергії визначаються за формулою

$$\xi_{y.v.} = \frac{h_{nv} - h_2}{h_0 - h_2} \cdot \left(1 + K \cdot \frac{h_0 - h_{nv}}{h_0 - h_2} \right). \quad (2.68)$$

Тоді економія теплоти при комбінованому виробітку електроенергії й теплоти буде, Гкал (ГДж),

$$\Delta Q_{et}^{кв} = Q_{\text{конд}}^{nv} \cdot (1 - \xi_{nv}). \quad (2.69)$$

4 Для турбін, що працюють у режимі нормального вакууму, коефіцієнт цінності теплоти, відпущеної від конденсаторів турбін, приймається рівним нулю, а

$$\Delta Q_{et}^{кв} = Q_{\text{конд}}. \quad (2.70)$$

5 За відсутності на електростанції відпускання теплоти від конденсаторів турбін величина $\Delta Q_{et}^{кв}$ визначається за формулою (2.70) без урахування другого й третього доданків

$$\Delta Q_{em}^{кв} = \left[\sum_{i=1}^n Q_{відп} \cdot (1 - \xi_i) \right] \cdot \frac{Q_{відп}}{Q_m}. \quad (2.71)$$

6 Для електростанцій, що мають відхилення від типових теплових схем турбін, коефіцієнти цінності теплоти, що відпускається з відборів турбін, можуть визначатися з урахуванням рекомендацій [32], як і наведені коефіцієнти цінності теплоти відборів більшості конденсаційних турбін й умови, при яких вони визначені.

7 Коефіцієнти цінності теплоти відборів конденсаційних турбін незначно змінюються в робочому діапазоні навантажень і при практичних розрахунках можуть прийматися для навантажень, що дорівнюють $0,8 \cdot N_e^{ном}$.

8 Для теплофікаційних турбін коефіцієнти цінності теплоти відборів повинні визначатися з урахуванням змін ентальпії пари регульованих відборів (протитиску) залежно від тиску у відборах (протитиску) і витрати пари на турбіну (наступний ступінь за відбором).

2.6.5 Витрата палива на відпущену теплову енергію

Витрата палива на теплову енергію визначається за формулою, т умов. палив

$$B_{me} = (B - B_e) + B_{ПВК}, \quad (2.72)$$

де B – кількість палива, що спалюється в енергетичних котлах;

B_e – витрата палива на відпущену електроенергію (2.56);

$B_{ПВК}$ – витрата палива піковими котлами.

Якщо ТЕЦ має кілька груп устаткування, то витрати палива на електричну й теплову енергію визначаються для кожної групи устаткування відповідно до ГКД 34.09.103-96 [21].

2.6.6 Розрахунок питомих витрат палива

Питомі витрати палива на відпущену електроенергію (за прямим балансом) визначаються за формулою, г умов. палив/(кВт·год),

$$b_e = \frac{B_e}{E_{відп}} \cdot 10^3, \quad (2.73)$$

де $E_{відп}$ – кількість відпущеної електроенергії, тис. кВт·год;

B_e – кількість палива, витраченого на виробіток електроенергії, т умов. палив.

Питома витрата палива на відпущену теплову енергію по зворотному балансу визначається за формулою, г умов. палив/(кВт·год),

$$b_{me} = \frac{B_{me}}{Q_{відп}} \cdot 10^3, \quad (2.74)$$

де $Q_{відп}$ – сумарне відпускання теплоти зовнішнім споживачам від ТЕЦ, Гкал (ГДж);

B_{me} – кількість палива на відпущену теплову енергію, т умов. палив.

Питома витрата палива на відпущену електроенергію по зворотному балансу визначається за формулою, г умов. палив/(кВт·год),

$$b_e = \frac{q_m^H \cdot K_m}{Q_{y.n.} \cdot \eta_K^H \cdot \eta_{mn} \cdot K_K} \cdot 10^4, \quad (2.75)$$

де q_m^H – питома витрата теплоти нетто на турбіни, ккал/(кВт·год) (кДж/(кВт·год));

η_K^H – ККД нетто енергетичних котлів, %;

η_{mn} – коефіцієнт теплового потоку, %;

K_m – коефіцієнт збільшення витрати теплоти на виробіток електричної енергії за умови розподілу економії теплоти за рахунок відпускання теплоти зовнішнім споживачам з відборів і від конденсаторів турбін нарівно між відпущеною електричною й тепловою енергією;

K_k – коефіцієнт зменшення витрати палива на енергетичні котли за рахунок комбінованого виробництва електричної й теплової енергії;

$Q_{y.n.}$ – теплота згоряння умовного палива, $Q_{y.n.} = 7$ Гкал/т (29,31 ГДж/т).

Коефіцієнти K_m й K_k визначаються за формулами

$$K_m = \frac{Q_e + Q_m^{6.n.} + 0,5 \cdot \Delta Q_{em}^{кв}}{Q_e + Q_m^{6.n.}}, \quad (2.76)$$

$$K_k = \frac{(Q_k^{6р} - Q_k^{6.n.}) \cdot \eta_{mn} \cdot 10^{-2} + 0,5 \cdot \Delta Q_{em}^{кв}}{(Q_k^{6р} - Q_k^{6.n.}) \cdot \eta_{mn} \cdot 10^{-2}}, \quad (2.77)$$

де $Q_k^{6р}$ – виробіток теплоти енергетичними котлами, Гкал (ГДж);

$Q_k^{6.n.}$ – витрата теплоти на власні потреби енергетичних котлів, Гкал (ГДж).

Значення Q_e , $Q_m^{6.n.}$, $\Delta Q_{em}^{кв}$ зазначені раніше у формулі (2.62).

Значення q_m^H , η_k^H , η_{mn} , $Q_k^{6р}$, $Q_k^{6.n.}$ визначаються відповідно до вказівок ГКД 34.09. 103-96 [27].

Отже, питома витрата палива на відпущену теплову енергію за зворотним балансом визначається за формулою

$$b_{me} = \frac{100 - \alpha_{ПВК} - \alpha_{відп.}^{нас} + \alpha_{втр}}{Q_{ун} \cdot \eta_k^H \cdot \eta_{mn} \cdot K_k} \cdot 10^5 + \frac{\alpha_{ПВК}}{Q_{ун} \cdot \eta_{ПВК}^{бр}} \cdot 10^3 + \frac{E_{менл} \cdot \alpha^{ен} \cdot b_e}{Q_{відп}} \quad (2.78)$$

де $\eta_{ПВК}^{бр}$ – ККД брутто пікових водогрійних котлів, %;

$E_{менл}$ – витрата електроенергії на теплофікаційну установку, тис. кВт·год.

Інші величини, що входять у формулу, були визначені раніше за формулами або описані:

$$\alpha_{ПВК} \text{ (2.58), } \alpha_{відп.}^{нас} \text{ (2.59), } \alpha_{втр} \text{ (2.60), } Q_{ун} = 7 \text{ ГДж/кг,}$$

$$\alpha^{ен} \text{ (2.57), } Q_{відп} \text{ (2.57), } \eta_k^H \text{ і } \eta_{mn}, K_k, K_m \text{ (п. 2.6.4), } b_e \text{ (2.74).}$$

У ГКД 34.09.106-98 [32] наведено приклади визначення абсолютних і питомих витрат палива на відпущену електричну й теплову енергію для трьох ТЕЦ із різними типами устаткування (турбіни Т-100-130, Т-250-240 і водогрійні котли).

2.7 Спрощена методика розподілу витрати палива на ТЕЦ

У зв'язку з подальшим зростанням цін на паливо зростає собівартість теплової енергії. За дорученням Мінпаливенерго ВАТ «ЛьвівОРГРЕС» у 2003 р. розробило спрощену методику визначення витрати палива на відпущену електричну й теплову енергію при їхньому комбінованому виробітку на ТЕС, що забезпечує конкурентоспроможність теплової енергії, виробленої ТЕЦ (ГКД 34.09.100-2003) [26]. Розроблення спрощеної методики обумовлена так само тим, що ТЕЦ малої потужності мають недостатньо засобів сучасної вимірювальної техніки [18, 31], що дозволяло б одержувати достовірні результати розрахунків.

В основу спрощеного методу визначення питомих витрат палива покладено перший закон термодинаміки. Передбачено відомості енергетичних і матеріальних балансів на всіх стадіях перетворення енергії. Критерієм об'єктивності розрахунків є зіставлення питомих витрат палива, одержаних за прямим балансом й за складовими балансу.

Економічний розподіл витрати палива між електроенергією й теплотою, вироблених при комбінованому виробництві, здійснюється за допомогою коефіцієнта економічного розподілу $K_{e.p}$, що дозволяє визначити частку теплоти відбираної пари, що умовно відноситься на виробництво електроенергії. Величина відбору пари визначається на основі обґрунтованих техніко-економічних розрахунків, що дозволяють одержати максимально можливе зниження питомих витрат палива на теплову енергію.

Розрахункова величина коефіцієнта економічного розподілу включається до складу нормативних енергетичних характеристик устаткування, узгоджується й затверджується відповідно до ГКД 34.09.151-94 [25] із НКРЕ.

Оскільки при цьому ставилося завдання забезпечити рентабельність виробництва теплової й електричної енергії, встановлювалася верхня межа $K_{e.p}$, визначена Інститутом загальної енергетики НАН України на основі термодинамічних коефіцієнтів цінності теплоти, постійних для даної ТЕЦ, із урахуванням складу її устаткування й режимів роботи.

Нижня межа коефіцієнта є нулем і тоді методика збігається з «фізичним методом».

Основні принципи спрощеної методики визначення витрати палива на відпущену електричну й теплову енергію на ТЕЦ (ГКД 34.09.100-2003) [26] викладені в роботі [18].

Нові нормативні методики дозволяють розділити відомі зі звітних показників загальностанційні витрати палива на виробіток теплоти й електроенергії з урахуванням витрати палива на роботу водогрійних котлів, але не дають рекомендацій з розподілу інших експлуатаційних витрат ТЕЦ між цехами.

3 ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ КУРСОВОЇ РОБОТИ З ВИЗНАЧЕННЯ ФІЗИЧНОГО РОЗПОДІЛУ ВИТРАТ НА ТЕЦ

На ТЕЦ встановлено дві турбіни ($n_m = 2$) Т-100-130 і чотири пікових котли (ПВК). Турбіни працюють у режимі двоступінчастого підігріву. З однієї з турбін відбувається відпускання теплоти з конденсатора, турбіна працює з нормальним вакуумом. Додаткові дані, необхідні для розрахунку, потрібно вибрати з таблиць 3.1 і 3.2.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані для розрахунку (за передостанньою цифрою студентського квитка)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Паливо	вугілля	газ	мазут	вугілля	газ	мазут	вугілля	газ	мазут	вугілля
$Q_{н^p}$, кДж/кг	29000	31500	41000	30000	30250	40000	31000	30000	40500	29500
α_v	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	0,7	0,8	0,9	0,5
α	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3	0,1	0,15	0,2	0,25	0,3
Середня балансова вартість ТЕЦ, К, млрд грн	1	1,02	1,07	1,04	1,03	1,1	1,15	1,22	1,01	1
Норма амортизаційних відрахувань, На %	3	3,1	3,2	3,5	3,3	3	3,2	3,1	3,1	3
Витрата палива на виробіток електроенергії Ввв, т умов. палив	20306	21051	21451	20314	21470	20145	20052	21470	20132	20145
Витрата палива на теплову енергію Втв, т. умов. палив	74037	73450	72863	72276	74540	76804	72863	72276	74540	74005
Річна витрата палива на ТЕС на вироблення електроенергії й теплоти Врік, т умов. палив/р.	94343	94501	94314	92590	96010	96949	92915	93746	94672	94150

Таблиця 3.2 – Вихідні дані для розрахунку (за останньою цифрою студентського квитка)

	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Вироблено електроенергії за рік $E_{\text{теп}}^{\text{рік}}$, МВт·год	98336	99452	98555	98415	99410	98214	98412	98325	98741	98125
Вироблено теплоти за рік $Q_{\text{відп}}$, ГДж	2036055	2038547	2041039	2034740	2028441	2036441	2034577	2032713	2030849	2028985

3.1 Алгоритм розрахунку роботи

1 За студентський квитком необхідно обрати з таблиць 3.1 і 3.2 вихідні дані.

2 Розрахунок починається з визначення річних витрат палива на ТЕЦ формули (2.20), (2.22), (2.23). Вартість палива студенти визначають самі на момент виконання розрахунку.

3 Визначають річні амортизаційні відрахування за формулами (2.24)÷(2.26).

4 Визначають витрати на заробітну плату за формулами (2.27)÷(2.29).

5 Визначають витрати на поточний ремонт за формулою (2.30).

6 Визначають витрати води на технологічні потреби за формулою (2.31).

7 Визначають інші витрати за формулою (2.32).

8 Визначають витрати по цехах за формулою (2.31)÷(2.38).

9 Визначають загальностанційні витрати за формулою (2.39)÷(2.44).

10 Визначають структуру собівартості електроенергії й теплоти за формулами (2.45)÷(2.53) та заповнюють таблицю 2.3.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1 Мельник А.Г., Корінцева О.І., Сотник І.М. Економіка енергетики: Навч. посібник. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 238 с.

2 Прузнер С.Л., Златопольский А.Н., Некрасов А.М. Экономика энергетики СССР: Учеб. для энерг. спец. вузов. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1984. – 424 с.

3 Самсонов В.С., Вяткин М.А. Экономика предприятий энергетического комплекса: Учеб. для вузов. – М.: Высш. шк., 2007. – 416 с.

4 Экономика, организация и планирование теплосилового хозяйства промышленного предприятия: Учеб. для техникумов / А.Н. Златопольский, С.Л. Прузнер, Е.Н. Калинина, Б.С. Ворошилов. – 2-е изд., перераб. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 320 с.

5 Економіка підприємства: Підручник/ За заг. ред. Л.Г. Мельника. – Суми: ВТД «Університетська книга», 2006. – 238 с.

6 Шваб Л.І. Економіка підприємства: Навч. посібник для студентів вищих навчальних закладів. – К.: Каравела, 2004. – 568 с.

7 Основні положення про склад витрат виробництва (обігу) на підприємствах і в організаціях. Затверджені постановою КМУ України від 10.11.1994 р. № 759.

8 Методические рекомендации по формированию себестоимости продукции (работ, услуг) в промышленности. – К., 2001. – 175 с.

9 Галузеві методичні рекомендації з формування собівартості виробництва, передачі та постачання електричної і теплової енергії. – Львів: «ЛьвівОРГРЕС», 2001. – 106 с.

10 Аврух А.Я. Проблемы себестоимости и ценообразования в электроэнергетике. – М.: Энергия, 1977. – 464 с.

11 Златопольский А.Н., Завадский И.М. Экономика промышленной теплоэнергетики. – 2-е изд. перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1975. – 328 с.

12 Мелентьев Л.А., Штейнгауз Е.О. Экономика энергетики СССР. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с.

13 Экономика энергетики СССР: Учебник/ А.Н. Шишлов, Н.Г. Бухаринов, В.А. Таратин и др.; Под ред. А.Н. Шишлова. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1986. – 352 с.

14 Прузнер С.Л. Экономика теплоэнергетики: Учебник. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1975. – 320 с.

15 Чернухин А.А., Флаксерман Ю.Н. Экономика энергетики СССР: Учеб. для вузов. – 4-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 416 с.

16 Бриль Р.Я., Хейстер И.М. Экономика социалистической энергетики. – М.: Высш. шк., 1966. – 448 с.

17 Збірник тарифів на перевезення вантажів залізничним транспортом України: Тарифне керівництво № 1. – К.: Міністерство транспорту України. Державна адміністрація залізничного транспорту України, 1999. – 268 с.

18 Винницький І.П., Герасимов С.М., Гут П.О. Спрощений метод визначення витрат палива на відпущену електричну і теплову енергію за їх комбінованого виробництва на теплових електростанціях // Енергетика та електрифікація. – 2004. – № 8. – С. 42-45.

19 Вопросы определения КПД теплоэлектроцентралей. Сборник докладов под общей ред. А.В. Винтера. – М.; Л.: Госэнергоиздат, 1953. – 68 с.

20 Горшков А.С. Техничко-економические показатели тепловых электрических станций. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергия, 1974. – 240 с.

21 Бродянский В.М., Фраттер В., Михалек К. Эксергетический метод и его приложения; Под ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 288 с.

22 Шаргут Я., Петела Р. Эксергия / Пер. с польск. под ред. В.М. Бродянского. – М.: Энергия, 1968. – 279 с.

23 Щепетильников М.И., Хлопушин В.И. Сборник задач по курсу ТЭС: Учеб. пособие для вузов. – М.: Энергоатомиздат, 1983. – 176 с.

24 ГКД 34.09.101-1995 Паливо на електростанціях. Правила обліку. – К.: УНВО «Енергопрогрес», 1995. – 46 с.

25 ГКД 34.09.151-94. Перегляд (розробка) енергетичних характеристик обладнання, порядок визначення нормативних

питомих витрат та заощадження палива на теплових електростанціях: Положення. – К., 1994. – 68 с.

26 ГКД 34.09.100-2003. Витрати палива на відпущену електричну та теплову енергію при їх комбінованому виробництві на теплових електростанціях: Методика визначення. – К., 2003. – 111 с.

27 ГКД 34.09.103-96. Расчет отчетных технико-экономических показателей электростанции о тепловой экономичности оборудования: Методические указания. – К.: УНПО «Энергопрогресс», 1996. – 91 с.

28 ГКД 34.09.108-98. Розподіл витрат палива на теплових електростанціях на відпускну електричну і теплову енергію при їх комбінованому виробництві: Методика. – К.: НДІ Енергетика, 1998. – 18 с.

29 Методика расчета норм расхода и экономии топлива. МТЗ4-00-019-85. – М.: Союзтехэнерго, 1986. – 50 с.

30 РД 34.09.102-85. Правила учета отпуска тепловой энергии. – М.: СПО: Союзтехэнерго, 1986. – 36 с.

31 Винницький І.П., Мисак Й.С. Метод розподілу затрат палива при комбінованому виробництві тепла та електроенергії на паротурбінних ТЕС // Енергетика та електрифікація. – 2007. – № 11. – С. 6-9.

32 Рубинштейн Я.М. Исследование тепловых схем ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1982. – 270 с.

