

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
ІМЕНІ ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»

АНАЛІЗ ТА ЕКСПЕРТИЗА ПРОЄКТІВ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

*Рекомендовано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
як навчальний посібник для здобувачів ступеня бакалавра
за освітньою програмою
«Енергетичний менеджмент та інжиніринг
теплоенергетичних систем»
спеціальності 144 «Теплоенергетика»*

Київ
КПІ ім. Ігоря Сікорського
2021

Аналіз та експертиза проєктів енергопостачання: Розрахункова робота
[Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 144
«Теплоенергетика» / КПІ ім. Ігоря Сікорського ; уклад.: М.М. Шовкалюк,
О.І.Яценко – Електронні текстові дані (1 файл: 0,4 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря
Сікорського, 2021. –69 с.

*Гриф надано Методичною радою КПІ ім. Ігоря Сікорського
(протокол № 7 від 13.05.2021 р.)
за поданням Вченої ради Інституту енергозбереження та енергоменеджменту
(протокол №9 від 26.02.2021 р.)*

Електронне мережне навчальне видання

АНАЛІЗ ТА ЕКСПЕРТИЗА ПРОЄКТІВ ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ

РОЗРАХУНКОВА РОБОТА

Укладач: *Шовкалюк Марина Михайлівна*, канд. техн. наук, доцент
Яценко Олена Ігорівна

Відповідальний редактор: *Білоус Інна Юрійвна*, канд. техн. наук, доцент

Рецензент: *Розен Віктор Петрович*, д-р техн. наук, проф., професор
кафедри АУЕК ІЕЕ „КПІ ім. Ігоря Сікорського”

Дане видання призначене для виконання розрахункової роботи «Визначення техніко-економічних та екологічних показників джерел теплопостачання» кредитного модуля «Аналіз та експертиза проєктів енергопостачання» для студентів спеціальності 144 «Теплоенергетика» освітньо-професійної програми «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем».

Видання включає індивідуальні завдання, приклад вирішення та необхідні додатки. Студенти після засвоєння навчальної дисципліни мають продемонструвати вміння проводити розрахунки теплових навантажень, витрат теплової енергії та палива для котелень, собівартості вироблення теплоти, визначати обсяг шкідливих викидів та плату за викиди для джерел теплопостачання.

© КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021

ЗМІСТ

ВСТУП	4
1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ	5
2. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ.....	6
2.1. Опалення	6
2.2. Вентиляція	11
2.3. Гаряче водопостачання.....	13
2.4. Технологічні потреби	16
3. ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОТЕЛЕНЬ	17
4. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ	21
5. РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ТА СОБІВАРТОСТІ.....	27
6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ПЛАТИ ЗА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА.....	43
ЛІТЕРАТУРА	54
ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ.....	55
ДОДАТКИ	

ВСТУП

Однією з складових частин оцінки системи теплопостачання є визначення техніко-економічних показників джерел теплопостачання та їх екологічних характеристик. Найбільш розповсюдженим джерелом теплопостачання, як правило, виступають районні та автономні котельні.

Для існуючих джерел теплової енергії техніко-економічні показники можна визначити виходячи із фактичних статистичних даних по виробництву теплової енергії та споживанню матеріально-енергетичних ресурсів, витрат на оплату праці працівників, амортизаційних відрахувань та інших витрат, що відносяться на виробництво.

Для нових джерел та об'єктів, що підлягають реконструкції, розрахунок техніко-економічних показників, зокрема собівартості теплової енергії, є важливим з точки зору розрахунку ефективності впровадження нових технологічних заходів і порівняння з існуючим станом або різних варіантів. На сьогоднішній день в теплоенергетиці України вводиться в роботу велика кількість автономних або децентралізованих джерел теплопостачання. Для оцінки доцільності та ефективності їх впровадження (наприклад, у порівнянні з централізованим теплопостачанням) необхідно правильно розраховувати їх техніко-економічні та екологічні показники. Актуальним є питання визначення екологічних характеристик джерел теплопостачання з вітчизняними та імпортованими котлами.

У методичних вказівках наведено розрахунки витрат теплової енергії на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, технологічні потреби для різних об'єктів (житлові та громадські будівлі, технологічні споживачі), тобто теплових навантажень на джерело теплопостачання; визначення витрат енергоносіїв, втрат теплоти і витрат на власні потреби, калькулювання собівартості теплової енергії, визначення техніко-економічних показників джерел теплопостачання потужністю, а також плати за викиди шкідливих речовин в навколишнє середовище. Детально розглянуто визначення екологічних характеристик для котелень, які працюють на природному газі (найбільш розповсюджене паливо).

У методичних вказівках наведено порядок розрахунку техніко-економічних показників, індивідуальні завдання і довідкові дані у додатках.

Методичні вказівки створені виконання розрахункової роботи **«Визначення техніко-економічних та екологічних показників джерел теплопостачання»** з дисципліни «Аналіз та експертиза проєктів енергопостачання» для здобувачів ступеня бакалавра за освітньою програмою «Енергетичний менеджмент та інжиніринг теплоенергетичних систем» спеціальності 144 «Теплоенергетика».

1. МЕТА ТА ЗАВДАННЯ РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Розрахункова робота націлена ознайомити студентів з особливостями визначення річних витрат теплової енергії та палива, а також техніко-економічних показників та екологічних котелень.

Котельні за призначенням поділяють на: опалювальні – для забезпечення теплом систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання; опалювально-виробничі – для забезпечення теплом систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання та для технічного теплопостачання; виробничі – для технологічного теплопостачання.

У номенклатуру техніко-економічних показників включають:

- встановлена продуктивність котельні, МВт (Гкал/год);
- річне виробництво теплоти, МДж/рік (Гкал/рік);
- річне відпущення теплоти споживачам, МДж/рік (Гкал/рік);
- річне число годин використання встановленої потужності, год;
- річна витрата палива (натурального/умовного);
- встановлена потужність струмоприймачів, кВт;
- річна витрата електроенергії, тис. кВт-год;
- річна витрата води, м³;
- чисельність персоналу, люд.;
- річні експлуатаційні витрати, грн/рік;
- питомі витрати умовного палива, т.у.п./МВт (т.у.п./Гкал);
- питомі показники на 1 МВт (1 Гкал/год) встановленої продуктивності;
- собівартість 1 МВт (1 Гкал) відпущеної теплоти, грн;

Визначення техніко-економічних показників відбувається на основі таких вихідних даних:

- максимальне теплове навантаження (МВт, Гкал/год) на різні потреби;
- максимальна годинна витрата пари з відповідними параметрами на технологічні потреби (для парових котелень);
- кількість і температура конденсату, що повертається (парові котельні);
- режими споживання гарячої води і пари на технологічні і побутові потреби промисловими підприємствами;
- вид виділеного для котельні палива, його теплотворна здатність;
- вартість енергоресурсів: вихідної води; палива; спожитої електроенергії;
- середня річна заробітна плата (з нарахуваннями) одного працюючого.

Вимоги до оформлення:

Розрахункова робота повинна бути виконана на аркушах А4 з рамкою. Перший лист розрахункової роботи повинен мати титульний лист. Робота повинна супроводжуватися поясненнями до розрахунків.

2. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОТИ

Споживачами теплоти від джерел теплопостачання є об'єкти житлово-комунального постачання і промислові підприємства. У перших теплота використовується для опалення, побутового гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціонування повітря; у других, крім того, вона застосовується для технологічних цілей. Теплові навантаження на опалення, вентиляцію мають сезонний характер і залежать від кліматичних умов, побутове гаряче водопостачання – цілорічне навантаження систем теплопостачання, технологічні навантаження можуть бути і сезонними, і цілорічними [1].

При опаленні будівель і споруд теплота витрачається на відшкодування тепловтрат через будівельні огороження, а також тепловтрат, викликаних природною вентиляцією, інфільтрацією зовнішнього повітря через нещільності в конструкціях і двері, що періодично відчиняються. Розрахунок потреби в теплоті на вентиляцію споруд проводиться тільки за наявності систем припливно-витяжної вентиляції. Витрати теплоти на потреби гарячого водопостачання визначають за нормами витрат.

2.1. Опалення

2.1.1. Максимальне навантаження, МВт (Гкал/год)

Годинна витрата теплоти на опалення жилих та громадських будівель приймається по показниках типових чи індивідуальних проектів, за якими збудовані дані об'єкти, або обчислюється наступним чином.

а) Якщо відома житлова площа будівель, що опалюються, максимальна витрата теплоти на опалення дорівнює

$$Q_o^{\max} = Q_o^{\text{жс}} + Q_o^{\text{зром}}, \quad (2.1)$$

де $Q_o^{\text{жс}}$ – витрата теплоти на опалення житлових будівель, МВт (Гкал/год);

$Q_o^{\text{зром}}$ – витрата теплоти на опалення громадських будівель, МВт (Гкал/год).

Формула 2.1, як правило, застосовується для розрахунку збільшених витрат теплоти житлових масивів з громадськими будівлями.

Витрата на опалення житлових будівель визначається за формулами:

$$Q_o^{\text{жс}} = q \cdot F_{\text{жс}} \cdot 10^{-6}, \text{ МВт} \quad (2.2a)$$

$$Q_o^{\text{жс}} = q \cdot F_{\text{жс}} \cdot 10^{-6} \cdot 0,86, \text{ Гкал/год}, \quad (2.26)$$

де

$F_{жс}$ – житлова площа опалювальних будівель, м²;

q – питомий показник максимальної витрати теплоти на опалення 1 м² житлової площі, $q = f(t_{p.o.})$, Вт/м²; наведено в табл. 2.1. Значення q для $t_{p.o.}$, що відрізняються від табличних, знаходиться методом інтерполяції.

Таблиця 2.1

Значення q в залежності від температури зовнішнього повітря, Вт/м²

$t_{p.o.}, ^\circ C$	0	-10	-20	-30	-40
Питомий показник максимальної витрати на опалення житлових будівель, q , Вт/м ²	93	128	151	174,5	186

Витрата теплоти на опалення громадських будівель. МВт (Гкал/год)

$$Q_o^{пром} = K \cdot Q_o^{жс}, \quad (2.3)$$

де K – доля витрати теплоти на опалення громадських будівель, при відсутності даних приймається $K=0,25$ (див. *приклад 2*).

Максимальна годинна витрата теплоти житлового масиву (житлових та громадських будівель), МВт (Гкал/год):

$$Q_o^{max} = (1 + K) \cdot Q_o^{жс} \quad (2.4)$$

б) Якщо відомий зовнішній об'єм будівель, що опалюються, максимальна витрата теплоти на опалення дорівнює

$$Q_o^{max} = \alpha \cdot q_o \cdot V_z \cdot (t_{вн} - t_{p.o.}) \cdot 10^{-6}, \quad (2.5)$$

де

$q_o = f(\text{призначення будівлі, } V, \text{ ін. фактори})$ – питома опалювальна характеристика будівель при розрахунковій температурі зовнішнього повітря $t_{p.o.} = -30^\circ C$, приймається відповідно до даних додатків 3, 4, 5, 6, 7.

Якщо Q_o^{max} визначається в МВт, q_o підставляють в Вт/(м³·К), якщо Q_o^{max} визначається в Гкал/год, q_o підставляють в ккал/(м³·год·°C);

$\alpha = f(t_{p.o.})$ – коефіцієнт, що враховує відмінність реальних умов від розрахункових, див. табл. 2.2;

V_z – зовнішній будівельний об'єм будівлі, м³. При наявності опалювальних підвалів до V_z додають 40% кубатури підвалу;

$t_{вн}$ – розрахункова температура внутрішнього повітря в опалювальних приміщеннях, °C; $t_{вн}$ приймається:

- для житлових і громадських будинків, що проєктуються або реконструюються, за дод.2,
- виробничих будинків – відповідно по характерній температурі в робочий час (дод.7).

$t_{p.o.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проєктування опалення (дод.10), °C.

Значення коефіцієнта перерахунку α

$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	0	-1	-2	-3	-4	-5	-6	-7	-8
α	2,05	1,974	1,898	1,822	1,746	1,670	1,626	1,582	1,538

$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-9	-10	-11	-12	-13	-14	-15	-16	-17
α	1,494	1,450	1,418	1,386	1,354	1,322	1,290	1,266	1,242

$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-18	-19	-20	-21	-22	-23	-24	-25	-26
α	1,218	1,194	1,170	1,152	1,134	1,116	1,098	1,080	1,064

$t_{p.o.}, ^\circ\text{C}$	-27	-28	-29	-30	-31	-32	-33	-34	-35
α	1,048	1,032	1,016	1,00	0,99	0,98	0,97	0,96	0,95

2.1.2. Середня витрата теплоти на опалення, МВт (Гкал/год)

$$Q_o^{cp} = Q_o^{max} \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{p.o.}} \quad (2.6)$$

де

$t_{с.о.}$ – середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період, $^\circ\text{C}$, (дод. 10).

2.1.3. Річна кількість теплоти на опалення, МДж/рік (Гкал/рік)а) *Житлові та громадські будинки, що опалюються цілодобово*

$$Q_o^{рік} = Q_o^{cp} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600, \text{ МДж/рік}; \quad (2.7a)$$

$$Q_o^{рік} = Q_o^{cp} \cdot n_o \cdot 24, \text{ Гкал/рік}; \quad (2.7б)$$

або

$$Q_o^{рік} = Q_o^{max} \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{p.o.}} n_o \cdot 24 \cdot 3600, \text{ МДж/рік}; \quad (2.8a)$$

$$Q_o^{рік} = Q_o^{max} \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{p.o.}} n_o \cdot 24, \text{ Гкал/рік}, \quad (2.8б)$$

де

n_o – тривалість опалювального періоду, діб, наведено в дод. 10;

24 – час роботи систем опалення житлових і громадських будинків протягом доби, год;

Q_o^{cp}, Q_o^{max} – відповідно середня та максимальна годинна витрата теплоти на опалення житлових і громадських будівель,

в формулах (2.7a), (2.8a) – в МВт, в формулах (2.7б), (2.8б) – в Гкал/год.

б) *Промислові та деякі громадські будинки* при зниженні витрати теплоти у неробочі години:

$$Q_o^{рік} = Q_o^{max} \left(\frac{(n_o - a) \cdot m_p (t_{вн} - t_{с.о.})}{t_{вн} - t_{р.о.}} + \frac{(24n_o - m_p(n_o - a))(t_{нероб} - t_{с.о.})}{t_{вн} - t_{р.о.}} \right), \text{МДж/рік} \quad (2.9a)$$

$$Q_o^{рік} = Q_o^{max} \left(\frac{(n_o - a) \cdot m_p (t_{вн} - t_{с.о.})}{t_{вн} - t_{р.о.}} + \frac{(24n_o - m_p(n_o - a))(t_{нероб} - t_{с.о.})}{t_{вн} - t_{р.о.}} \right), \text{Гкал/рік} \quad (2.9б)$$

де

Q_o^{max} – максимальна витрата теплоти на опалення, (2.9a)–МВт, (2.9б)–Гкал/год;

a – сума недільних і святкових днів за опалювальний період;

m_p – кількість годин роботи підприємства на добу, год;

$t_{нероб}$ – температура повітря в приміщеннях у неробочий час, °С.

Приклад 1.

Районна опалювальна котельня у м.Васильків Київської області забезпечує теплом:

- житловий цегляний 5-поверховий будинок об'ємом 15000 м³, в т.ч. опалювальний підвал (1000 м³), забудови 1978 р.;
- дитячий садок, будівля 1977р., об'єм 16000 м³;
- будівлю деревообробного цеху об'ємом 4800 м³.

Тривалість робочого дня - 12 годин. Температура внутрішнього повітря у неробочі години (цех) 12°С. Проектні дані відсутні. Визначити потребу в теплоті на опалення цих об'єктів.

Рішення:

1. Житловий будинок 5 поверхів

Розрахунок за формулою 2.8.

1) Знаходимо об'єм опалювальної будівлі згідно з п. 2.1 (додаємо 40% кубатури для опалювального підвалу);

$$V = (15000 - 1000) + 1000 \cdot 0,4 = 14400 \text{ м}^3.$$

2) За дод.10 для м.Василькова Київської обл. (період із середньою добовою температурою повітря $\leq 8^\circ\text{C}$):

$$t_{р.о.} = -22^\circ\text{C}; t_{с.о.} = -0,1^\circ\text{C}; n_o = 176 \text{ діб.}$$

3) Для житлових будівель $t_{вн.} = 18^\circ\text{C}$ – дод. 2.

4) Питома опалювальна характеристика $q_o = 0,42 \text{ Вт/м}^3 \cdot \text{K}$ – дод.5.

5) Коефіцієнт перерахунку $\alpha = 1,134$ – табл.2.2.

6) Максимальна витрата теплоти за формулою 2.5.

$$Q_o^{max} = \alpha \cdot q_o V_z (t_{вн} - t_{р.о.}) \cdot 10^{-6} = 1,134 \cdot 0,42 \cdot 14400 \cdot (18 - (-22)) \cdot 10^{-6} = 0,274 \text{ МВт, або } 0,242 \text{ Гкал/год.}$$

7) Річна потреба в теплоті для житлового будинку за формулою 2.8.

$$Q_{o1}^{pik} = Q_o^{max} \frac{t_{вн} - t_{c.o.}}{t_{вн} - t_{p.o.}} n_o 24 \cdot 3600 = 0,274 \frac{18 - (-0,1)}{18 - (-22)} 176 \cdot 24 \cdot 3600 =$$

$$= 1,89 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік або } 451 \text{ Гкал/рік.}$$

2. Дитячий садок

Розрахунок ведемо за формулою 2.6.

1) Для дитячого садочка $t_{вн.} = 20^\circ \text{C}$ – дод. 1.

2) За дод.10 для м.Василькова Київської обл. (період із середньою добовою температурою повітря $\leq 10^\circ \text{C}$):

$t_{p.o.} = -22^\circ \text{C}$; $t_{c.o.} = 0,7^\circ \text{C}$; $n_o = 195$ діб.

3) Питома опалювальна характеристика $q_o = 0,4 \text{ Вт/м}^3 \text{K}$ – дод.3.

4) Максимальна витрата теплоти за формулою 2.5.

$$Q_o^{max} = \alpha \cdot q_o \cdot V_3 (t_{вн} - t_{p.o.}) \cdot 10^{-6} = 1,134 \cdot 0,4 \cdot 16000 \cdot (20 + 22) \cdot 10^{-6} = 0,305 \text{ МВт}$$

або 0,26 Гкал/год.

5) Річна потреба в теплоті для дитячого садочка за формулою 2.8.

$$Q_{o2}^{pik} = Q_o^{max} \frac{t_{вн} - t_{c.o.}}{t_{вн} - t_{p.o.}} n_o 24 \cdot 3600 = 0,305 \frac{20 - 0,7}{20 - (-22)} 195 \cdot 24 \cdot 3600 =$$

$$= 2,36 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік або } 564 \text{ Гкал/рік.}$$

3. Деревообробний цех

Розрахунок ведемо за формулою 2.9.

1) Питома опалювальна характеристика

$$q_o = 0,65 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^3 \cdot \text{K}} = 0,56 \text{ ккал/}(\text{м}^3 \cdot \text{год} \cdot \text{K}) \text{ – дод.7.}$$

2) Максимальна витрата теплоти за формулою 3.5.

$$Q_o^{max} = \alpha \cdot q_o \cdot V_3 (t_{вн} - t_{p.o.}) \cdot 10^{-6} = 1,134 \cdot 0,65 \cdot 4800 (16 + 22) \cdot 10^{-6} = 0,134 \text{ МВт},$$

або 0,115 Гкал/год.

3) На підприємстві:

$a = 30$ днів – кількість святкових і недільних днів за опалювальний період;

$t_{вн.} = 16^\circ \text{C}$ – дод. 7.

4) Річна потреба в теплоті за формулою 2.9.

$$Q_{o3}^{pik} = \left(Q_o \cdot \frac{(n_o - a) \cdot m_p \cdot (t_{вн} - t_{cp.o.})}{t_{вн} - t_{p.o.}} + Q_o \frac{(24n_o - m_p(n_o - a))(t_{нероб} - t_{c.o.})}{t_{вн} - t_{p.o.}} \right) \cdot 3600 =$$

$$= 0,134 \left(\frac{(176 - 30) \cdot 12 \cdot (16 - (-0,1))}{16 - (-22)} + \frac{(24 \cdot 176 - 12 \cdot (176 - 30)) \cdot (12 - (-0,1))}{16 - (-22)} \right) \cdot 3600 =$$

$$= 0,74 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік або } 176 \text{ Гкал/рік}$$

4. Всього річна потреба в теплоті на опалення цих об'єктів:

$$Q_0^{pik} = Q_{01}^{pik} + Q_{02}^{pik} + Q_{03}^{pik} = (1,89 + 2,36 + 0,74)10^6 \\ = 4,99 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік, або } 1191 \text{ Гкал/рік}$$

Приклад 2.

Визначити теплове навантаження (МВт, Гкал/год), або максимальну витрату теплоти на опалення житлового масиву у м.Полтава, що проектується. Сумарна житлова площа 320 тис.м².

Рішення:

Розрахунок ведемо за формулою (2.4)

1) За дод.10 для м.Полтава знаходимо $t_{p.o.} = -23^\circ \text{C}$.

2) Використовуючи дані з табл. 2.1: для $t_{p.o.} = -20^\circ \text{C}$ $q = 151 \text{ Вт/(м}^2\text{)}$; для $t_{p.o.} = -30^\circ \text{C}$ $q = 174,5 \text{ Вт/(м}^2\text{)}$. Поправка на 1°C складає $(174,5 - 151)/10 = 2,35$.

При $t_{p.o.} = -23^\circ \text{C}$ $q = 151 + 2,35 \cdot 3 = 158 \text{ Вт/(м}^2\text{)}$.

3) Витрата теплоти на опалення житлового масиву за формулою (2.4):

$$Q_o^{\max} = Q_o^{\text{жс}} (1 + K) = q F_{\text{жс}} (1 + K) \cdot 10^{-6} = 158 \cdot 320000 \cdot (1 + 0,25) \cdot 10^{-6} = 63,2 \text{ МВт} \quad \text{або} \\ 54,35 \text{ Гкал/год.}$$

2.2. Вентиляція

2.2.1. За наявності даних про величину максимального годинного споживання теплоти на потреби вентиляції (приймається за показниками типових проектів) річну потребу в теплоті визначають за наступною формулою, МДж/рік (Гкал/рік)

$$Q_v^{pik} = Q_v \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{p.в.}} n_0 \cdot z_v \cdot 3600, \quad (2.10a)$$

$$Q_v^{pik} = Q_v \frac{t_{вн} - t_{с.о.}}{t_{вн} - t_{p.в.}} n_0 \cdot z_v, \quad (2.10б)$$

де

Q_v – максимальні витрати теплоти на вентиляцію будівель і споруд, МВт (2.10a) або Гкал/год- в формулі (2.10б). Приймається згідно з показниками типових та індивідуальних проектів, що найбільше відповідають характеристикам цих будівель, або за формулою:

$$Q_v = K_1 \cdot Q_o^{\text{пром}},$$

де

$K_1 = 0,4$ за відсутності точних даних;

$t_{p.в.}$ – розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування

вентиляції, °C. Приймаємо в розрахунках $t_{p.в} = t_{p.о.}$

z_v – усереднене за опалювальний період число годин роботи системи вентиляції протягом доби, беруть залежно від призначення й режиму роботи установ і організацій, але не більше загальної кількості годин їх роботи за добу. При відсутності даних приймається тривалість роботи 16 годин.

2.2.2. За відсутності даних про максимальну витрату теплоти на вентиляцію будівель Q_v , МВт (Гкал/год), річну потребу в теплоті визначають за формулами:

$$Q_v^{pik} = V_v q_v (t_{вн} - t_{ср.о.}) n_o z_v \cdot 10^{-6} \cdot 3600, \text{ МДж/рік}; \quad (2.11a)$$

$$Q_v^{pik} = V_v q_v (t_{вн} - t_{ср.о.}) n_o z_v \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, * \quad (2.11б)$$

де

V_v – об'єм будівель, що вентилується, за зовнішнім обміром, м³;

q_v – питома вентиляційна характеристика будівлі, (дод. 3; 7), в формулі (2.11a) - в Вт/(м³·К), (2.11б) - ккал/(м³·год·К),

2.2.3. Розрахунок потреби теплової енергії на **повітряно-теплові завіси**:

$$Q_{m.з.} = V_n c_n (t_{вих} - t_{вх}) T_{m.з.} \cdot 10^{-6}, \quad (2.12)$$

де

V_n – кількість повітря, яке подається тепловою завісою, м³/год;

c_n – теплоємність повітря, $c_n=1290$ Дж/(м³·К) або $c_n=0,31$ ккал/(м³·К), відповідно $Q_{m.з.}$ в МДж/рік або Гкал/рік;

$t_{вих}$ – температура повітря, яке виходить з теплової завіси, °C;

$t_{вх}$ – середня температура повітря, яке надходить у теплову завісу, може прийматися як середня за опалювальний період $t_{с.о.}$ °C;

$T_{m.з.}$ – кількість годин роботи теплової завіси за рік, год.

2.2.4. Розрахунок потреби в теплоті на вентиляцію споруд проводиться тільки за наявності систем припливно-витяжної вентиляції.

Якщо в одному будинку є приміщення різного призначення, які відрізняються між собою питомою вентиляційною характеристикою або розрахунковою температурою внутрішнього повітря, то розрахункове навантаження на вентиляцію визначають окремо для кожної частини будинку, а потім підсумовують.

Приклад 3.

Визначити річну кількість теплоти на вентиляцію спорткомплексу у м.Одесі. Зовнішній об'єм будинку 21300 м^3 . Проектні дані відсутні.

Рішення:

Розрахунок ведемо за формулою 2.11.

1) Питома вентиляційна характеристика $q_v=0,28 \text{ Вт/м}^3\text{К}$ – дод.3.

2) За дод.10 для м. Одеса знаходимо $t_{c.o.} = 2^\circ\text{C}$; $n_0 = 158$ діб (період із середньою добовою температурою повітря $\leq 8^\circ\text{C}$):

3) Для спорткомплексу $t_{вн.}=18^\circ\text{C}$ – дод. 1.

4) Число годин роботи системи вентиляції протягом доби $Z_v=16$ годин прийнято умовно з 8 години ранку до 24 години без перерви.

5) Річна кількість теплоти на вентиляцію за формулою 2.11.

$$\begin{aligned} Q_v^{pik} &= V_v q_v (t_{вн} - t_{c.o.}) n_0 Z_v \cdot 10^{-6} \cdot 3600 \\ &= 21300 \cdot 0,28 \cdot (16 - 2) \cdot 158 \cdot 16 \cdot 10^{-6} \cdot 3600 = \\ &= 0,76 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік, або } 182 \text{ Гкал/рік} \end{aligned}$$

Приклад 4.

Кількість повітря, що подається тепловою завісою $V_n=9000 \text{ м}^3/\text{год}$. Середня температура повітря, що надходить до теплової завіси $t_{вх}=t_{c.o.}=2^\circ\text{C}$, середня температура повітря, що виходить з теплової завіси $t_{вих}=25^\circ\text{C}$. Визначити річну потребу теплової енергії на повітряно-теплові завіси для входу в спорткомплекс м. Одеса.

Рішення:

1) Число годин роботи теплової завіси $T_{м.з.}=n_0 \cdot 16=158 \cdot 16=2528 \text{ год}$.

2) Розрахунок кількості теплоти на теплову завісу за формулою 2.12.

$$\begin{aligned} Q_{м.з.} &= G_n c_n (t_{вих} - t_{вх}) T_{м.з.} \cdot 10^{-6} = 9000 \cdot 1290 \cdot (25 - 2) 2528 \cdot 10^{-6} = \\ &= 0,68 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік; або } 161 \text{ Гкал/рік.} \end{aligned}$$

2.3. Гаряче водопостачання

2.3.1. Визначення річної потреби теплоти на гаряче водопостачання (ГВП) $Q_{г.в.}^{pik}$ у разі, якщо є відомим теплове навантаження на **житлових і громадських** будинків, Гкал/рік

$$Q_{г.в.}^{pik} = 24 \cdot Q_{г.в.сер}^3 \cdot n_0 + \beta \cdot 24 \cdot Q_{г.в.сер}^3 \cdot \frac{55-t_{х.л.}}{55-t_{х.з.}} (350 - n_0), \quad (2.13)$$

де

$Q_{г.в.сер}^3$ – середньогодинне споживання теплоти за опалювальний період на гаряче водопостачання, Гкал/год (да договором на тепlopостачання або за даними технічних умов на підключення до інженерних мереж).

В загальному випадку річне споживання можна розділити на зимовий та

літній період:

$$Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} = Q_{\text{з.в.}}^3 + Q_{\text{з.в.}}^{\text{л}}, \quad (2.14)$$

або

$$Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} = 1,2 \cdot \Sigma(a \cdot m)[(55 - t_{\text{х.з.}})n_0 + \beta(350 - n_0)(55 - t_{\text{х.л.}})]c_{\text{в}}10^{-3}, \text{ МДж/рік} \quad (2.15a)$$

$$Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} = 1,2 \cdot \Sigma(a \cdot m)[(55 - t_{\text{х.з.}})n_0 + \beta(350 - n_0)(55 - t_{\text{х.л.}})]c_{\text{в}}10^{-6}, \text{ Гкал/рік} \quad (2.15б)$$

де

1,2 – коефіцієнт, що враховує тепловтрати в приміщеннях від трубопроводів систем ГВП (опалення ванних кімнат, санвузлів);

a – норма споживання води на гаряче водопостачання при температурі 55°C на одиницю виміру за добу, кг/добу, в розрахунках приймати за дод.8.

m – кількість одиниць виміру за добу (кількість учнів у навчальних закладах, місць у лікарні та ін.);

$c_{\text{в}}$ – питома теплоємність води, в формулі (2.15a) $c_{\text{в}} = 4,187$ кДж/(кг·К), в формулі (2.15б) – $c_{\text{в}} = 1$ ккал/(кг·К);

350 – число діб роботи системи ГВП за рік. Ця величина може бути змінена, якщо споживач теплоти використовує гарячу воду (працює) іншу кількість днів;

24 – час споживання гарячої води протягом доби, год.

$t_{\text{х.л.}}$ – температура холодної (водопровідної) води в літній період, °C, за відсутності даних повинна прийматися рівною 15°C;

$t_{\text{х.з.}}$ – температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, °C, за відсутності даних повинна прийматися рівною 5°C;

β – коефіцієнт, що враховує зниження середньогодинної витрати води на ГВП в літній період: 0,8 – в загальному випадку;
1,0 – для підприємств;
1,5 – для курортних і південних міст.

Примітка: При нецілодобовому подаванні води на ГВП або протягом неповного робочого тижня витрата теплоти на ГВП $Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}}$ зменшується з використанням коефіцієнтів, наведених в дод.9 (тобто перед формулами 2.14 та 2.15a, 2.15б потрібно застосувати понижувальний коефіцієнт).

2.3.2. Річне відпущення теплоти на гаряче водопостачання **промислових підприємств** визначається, виходячи з числа днів роботи підприємства на протязі року, кількості змін і режимів споживання.

Приклад 5.

Визначити річну кількість теплоти на ГВП лікарні в м.Чернігові на 450 місць з ваннами та душовими загальними для кожного відділення.

Подача ГВП здійснюється безперервно протягом тижня та цілодобово.

Рішення:

Розрахунок ведемо за формулою (2.15)

1. Норма витрат гарячої води **a** приймаємо по додатку 8 – 75 л/добу.
2. Кількість днів опалювального періоду $n_o=204$ діб (дод.10), період із середньою добовою температурою повітря $\leq 10^\circ\text{C}$.
3. Число годин роботи за добу на протязі тижня дають можливість не застосовувати поправкові коефіцієнти (див. примітку п.2.3.1)
4. Коефіцієнт $\beta=0,8$.
5. Річна кількість теплоти за формулою (2.15)

$$Q_{г.в.}^{рік} = 1,2 \Sigma(a \cdot m)[(55 - t_{х.з.}) \cdot n_o + \beta \cdot (350 - n_o)(55 - t_{х.л.})]c_g \cdot 10^{-3} = \\ = 1,2 \cdot 75 \cdot 450 \cdot [(55 - 5) \cdot 204 + 0,8 \cdot (350 - 204)(55 - 15)]4,187 \cdot 10^{-3} = \\ = 2,5 \cdot 10^6 \text{МДж/рік або } 602 \text{ Гкал/рік.}$$

Приклад 6.

Визначити річну кількість теплоти на ГВП дитячого садка в м.Києві на 120 місць з денним перебуванням дітей, з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах при тривалості роботи системи ГВП – 6 діб/тиждень цілодобово.

Рішення:

Розрахунок ведемо за формулою (2.15)

- 1) Норма витрата гарячої води дорівнює 11,5 л/на 1 дитину (дод.8).
- 2) Поправковий коефіцієнт до витрат на ГВП (примітка п.2.3.1) при 6-денному цілодобовому режимі дорівнює 0,9 (дод.9).
- 3) Для м. Київ число днів опалювального періоду $n_o=195$ доби, (дод.10), період із середньою добовою температурою повітря $\leq 10^\circ\text{C}$.

4) Річна кількість теплоти за формулою (2.15)

$$Q_{г.в.}^{рік} = 1,2 \Sigma(a \cdot m)[(55 - t_{х.з.}) \cdot n_o + \beta \cdot (350 - n_o)(55 - t_{х.л.})]c_g \cdot 10^{-3} = \\ = 0,9 \cdot 1,2(11,5 \cdot 120) \cdot [(55 - 5) \cdot 195 + 0,8 \cdot (350 - 195)(55 - 15)] \cdot \\ 4,187 \cdot 10^{-3} = 0,092 \cdot 10^6 \text{МДж/рік, або } 21,9 \text{ Гкал/рік}$$

2.4. Технологічні потреби

Річну кількість теплоти на вироблення **гарячої води та пари** для технологічних потреб підприємства визначають за формулами

$$Q_{m \text{ з.в.}}^{pik} = Q_{m.сер.} \cdot m_n \cdot n_{роб} \cdot 3600 \text{ МДж/рік}; \quad (2.16a)$$

$$Q_{m \text{ з.в.}}^{pik} = Q_{m.сер.} \cdot m_n \cdot n_{роб}, \text{ Гкал/рік}, \quad (2.16б)$$

де

$Q_{m.сер.}$ – середня за зміну витрата теплоти на технологічні потреби, (2.16a) – в МВт, (2.16б) – в Гкал/год;

m_n – число годин роботи підприємства за добу, год;

$n_{роб}$ – число днів роботи підприємства за рік.

Середню за зміну витрату теплоти на технологічні потреби для промислового підприємства можна обчислити наступним чином:

$$Q_{m.сер.} = j \cdot N_{прод}, \quad (2.17)$$

де

j – встановлена на підприємстві норма потреб теплоти у вигляді гарячої води на одиницю продукції, МДж/(одиницю продукції), або Гкал/(одиницю продукції);

$N_{прод}$ – кількість одиниць продукції за секунду (годину).

Крім того, якщо потреба в теплоті у вигляді пари задана в кг/год, річна витрата теплоти для технологічних потреб підприємства визначається наступним чином:

$$Q_{m \text{ пар}}^{pik} = D_{m.} (h_n - n_k \cdot t_k \cdot C_v) \cdot m \cdot n_{роб} \cdot 10^{-3}, \text{ МДж/рік}; \quad (2.18a)$$

$$Q_{m \text{ пар}}^{pik} = D_{m.} (h_n - n_k \cdot t_k \cdot C_v) \cdot m \cdot n_{роб} \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/рік}, \quad (2.18б)$$

де

$D_{m.}$ – середня за зміну витрата пари на технологічні потреби, кг/год;

h_n – ентальпія пари, (2.18a) – в кДж/кг, (2.18б) – в ккал/кг;

n_k – кількість конденсату, що повертається, в долях;

t_k – температура конденсату, °С;

C_v – теплоємність води, (2.18a) - кДж/(кг·°С), (2.18б) – ккал/(кг·К).

3. ОСНОВНІ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОТЕЛЕНЬ

3.1. Установлена продуктивність котельні

Установлена продуктивність котельні визначається як сума максимальних значень продуктивності встановлених котлоагрегатів

$$Q_{вст} = \Sigma Q_{вод} + \Sigma Q_{пар} = \Sigma Q_{вод} + \Sigma (D_{пар} \cdot (h_n - t_{жив..в} \cdot c_{в}) \cdot 10^{-6} / 3,6)^*, \text{ МВт}; \quad (3.1 \text{ а})$$

$$Q_{вст} = \Sigma Q_{вод} + \Sigma Q_{пар} = \Sigma Q_{вод} + \Sigma (D_{пар} \cdot (h_n - t_{жив..в} \cdot c_{в}) \cdot 10^{-6}, \text{ Гкал/год}, \quad (3.1 \text{ б})$$

де

$\Sigma Q_{вод}$, $\Sigma Q_{пар}$ – відповідно максимальна продуктивність водогрійних та парових котлів, в формулі (3.1а) – в МВт, (3.1б) – в Гкал/год;*

$\Sigma D_{пар}$ – максимальна продуктивність парових котлів, кг/год;

$t_{жив..в}$ – температура живильної води, °С;

$c_{в}$ – теплоємність води, в формулі (3.1а) $c_{в}=4,187$ кДж/(кг·К); в формулі (3.1б) $c_{в}=1$ ккал/(кг·К);

h_n – ентальпія пари, що виробляється паровим котлом, (3.1а) – в кДж/кг, (3.1б) – в ккал/кг.

Знаходимо $h_n=h''$ по [5] при заданій температурі пари t_n . (Приклад: при $t_n=187^\circ\text{C}$ по табл.2 [5] $h_n=h''=664,6$ ккал/кг=2700 кДж/кг).

***Примітка:**

Формула наближеного розрахунку теплової потужності парового котла Q , МВт, на основі даних про його паропроductивність має вигляд [6]:

$$Q_n = D_n \cdot 0,66 \text{ [МВт]}$$

або

$$Q_n = D_n \cdot 0,56 \text{ [Гкал/год]}$$

3.2. Розрахункова продуктивність котельні

У загальному вигляді розрахункова продуктивність котельні, МВт, (Гкал/год) визначається за формулою:

$$Q_{розр} = Q_{корис} + Q_{вл.потр.} + Q_{втрат} \quad (3.2)$$

де

$Q_{корис}$ – корисна теплова енергія на потреби споживачів (приєднане навантаження), МВт (Гкал/год);

$Q_{вл.потр.}$ – витрати теплоти на власні потреби котельні, МВт (Гкал/год);

$Q_{втрат}$ – втрати теплоти в магістральних тепломережах, МВт (Гкал/год).

Корисні витрати теплоти визначають як суму потреб опалення, вентиляції, гарячого водопостачання, а також на технологічні потреби, МВт (Гкал/год):

$$Q_{корис} = (Q_o + Q_{г} + Q_{г.в.} + Q_{т.г.в.} + Q_{т.пар}), \quad (3.3)$$

де

Q_o – максимальна витрата теплоти на опалення житлових, громадських і промислових будинків;

Q_g – максимальна витрата теплоти на вентиляцію житлових, громадських і промислових будинків;

$Q_{г.в.}$ – розрахункова витрата теплоти на гаряче водопостачання;

$Q_{т.г.в.}$ – розрахункова витрата теплоти на технологічні потреби (у вигляді гарячої води) з урахуванням можливості розбіжності максимумів витрати теплоти окремими споживачами;

$Q_{т.пар}$ – розрахункова витрата теплоти на технологічні потреби (у вигляді пари заданих параметрів).

Примітка: всі складові в формулі (3.3) – в МВт (Гкал/год).

3.3. Витрати теплоти на власні потреби котельні

Річну кількість теплоти на власні потреби котельні визначаються залежно від виду палива та обладнання.

Загальні витрати теплоти на власні потреби котельні складаються з суми витрат на:

- технологічні процеси, що беруть участь у виробленні теплоти (витрата теплоти на нагрівання вихідної води, витрата пари на деаератори, нагрівання повітря на горіння, продувка котла);
- обдування паром поверхонь нагрівання;
- втрати теплоти з випаром деаераторів;
- втрати, пов'язані з пуском, зупинкою і утримуванням агрегату в резерві;
- витрати пари на розпилення мазуту в форсунках; витрати пари на розігрів мазуту в сховищах і залізничних цистернах, при зливі і транспортуванні та ін.;
- випробування запобіжних клапанів;
- опалення службових приміщень і підігрів води для ГВП котельні.

Для спрощення розрахунків можна додаткові витрати на власні потреби котельні враховувати за допомогою % від відпущеної котельнею теплоти (дивись таблицю 3.1).

Таблиця 3.1

Витрати теплоти на власні потреби котельні	% від відпущеної теплоти
При роботі на твердому паливі з паровим дуттям	6
Те ж, без парового дуття	4
При роботі на мазуті (в т.ч. на розігрів та розпилення)	7
При роботі на природному газі	3

3.4. Втрати теплоти в магістральних тепломережах

При неможливості визначення втрат теплоти в теплових мережах на підставі випробувань, тимчасово до їх проведення допускається приймати величину згаданих втрат в частках від відпущеної теплоти, а саме [2]:

- при протяжності теплотраси до 300 м – 1% на кожні 100 м теплотраси;
- до 500 м – 2,9% на всю протяжність теплотраси;
- до 1000м – 4,8% на всю протяжність теплотраси;
- понад 1000м – 0,6% на кожні 100м теплотраси після 1000м, але не більше 13% на всю довжину.

Протяжність теплових мереж від будівель до котельні або бойлерної приймається за даними проектів теплових мереж або вимірюється в натурі.

3.5. Кількість виробленої теплоти за рік (Гкал/рік), визначають наступним чином:

$$Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} = (Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{втрат}}^{\text{рік}}), \quad (3.4)$$

$$Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} = (Q_o^{\text{рік}} + Q_v^{\text{рік}} + Q_{\text{г.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.г.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}}) + Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.м.}}^{\text{рік}}, \quad (3.5)$$

де

$$Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} = (Q_o^{\text{рік}} + Q_v^{\text{рік}} + Q_{\text{г.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.г.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}}) \quad (3.6)$$

$Q_{\text{відп}}^{\text{рік}}$ – річна відпущена теплота, Гкал/рік;

$Q_o^{\text{рік}}$ – річне відпущення теплоти на опалення, Гкал/рік;

$Q_v^{\text{рік}}$ – річне відпущення теплоти на вентиляцію, Гкал/рік;;

$Q_{\text{г.в.}}^{\text{рік}}$ – річне відпущення теплоти на гаряче водопостачання;

$Q_{\text{т.г.в.}}^{\text{рік}}$ – річне відпущення теплоти у вигляді гарячої води на технологію;

$Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}}$ – річне відпущення теплоти у вигляді пари на технологічні потреби;

$Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}}$ – кількість теплоти на власні потреби котельні;

$Q_{\text{т.м.}}^{\text{рік}}$ – втрати теплоти в теплових мережах;

$Q_{\text{вн.тр.}}^{\text{рік}}$ – втрати теплоти внутрішніми трубопроводами котелень.

Примітка: всі складові в формулах (3.4), (3.5) – в МДж/рік (Гкал/рік).

3.6. Річна кількість годин використання встановленої потужності

$$h_{\text{вик}}^{\text{max}} = Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} / (Q_{\text{вст}} \cdot 3600), \quad (3.7 \text{ а})$$

$$h_{\text{вик}}^{\text{max}} = Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} / Q_{\text{вст}}, \quad (3.7 \text{ б})$$

Примітка:

у формулі (3.8 а) $Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}$ – в МДж/рік, $Q_{\text{вст}}$ – в МВт;

в формулі (3.8 б) $Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}$ – в Гкал/рік, $Q_{\text{вст}}$ – в Гкал/год.

3.7. Питомі показники на 1 МВт встановленої продуктивності:

– капітальні витрати: $K/Q_{\text{вст}}$, грн/МВт; (3.8)

– потужність струмоприймачів: $N_{\text{вст}}/Q_{\text{вст}}$, кВт/МВт; (3.9)

де $N_{\text{вст}}$ – встановлена потужність електроприймачів,

– штатний коефіцієнт: $n_{\text{п}}/Q_{\text{вст}}$, чол/МВт (3.10)

Приклад 7.

Визначити річну кількість теплоти, яку виробляє опалювальна котельня у м. Чернівці. Відпущена теплота з колекторів котельні (корисно використана теплота на опалення та вентиляцію споживачів) 12740 Гкал/рік.

Протяжність теплотраси – 2400 погонних метри. Паливо котельні – природний газ.

Рішення:

1) Розрахунок втрат в мережах ведемо відповідно до п.3.4.

Втрати теплоти на перші 1000 м теплотраси – 4,8% від $Q_{\text{відп.}}^{\text{рік}}$.

На наступну протяжність: $(2400-1000)=1400\text{м}$ – 0,6% на кожні 100 м теплотраси, тобто $1400 \cdot 0,6/100=8,4\%$.

В цілому втрати теплоти в тепломережах складають: $4,8+8,4=13,2\%$, приймаємо 13%.

Втрати теплоти в тепломережі:

$Q_{\text{т.м.}}^{\text{рік}} = Q_{\text{відп.}}^{\text{рік}} \cdot 0,13 = 12740 \cdot 0,13 = 1656,2 \text{ Гкал/рік або } 1656,2 \cdot 1,163 \cdot 3600 = 6,93 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік.}$

2) Витрати теплоти на власні потреби котельні, що працює на природному газі, приймаємо згідно до таблиці 3.1 у розмірі 3%.

$Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} = Q_{\text{відп.}}^{\text{рік}} \cdot 0,03 = 12740 \cdot 0,03 = 382,2 \text{ Гкал/рік або } 382,2 \cdot 1,163 \cdot 3600 = 1,6 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік.}$

3) Вироблена теплота котельнею:

$Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} = Q_{\text{відп.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.м.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} =$
 $= 12740 + 1656,2 + 382,2 = 14778 \text{ Гкал/рік}$

4. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ЕНЕРГОНОСІЇВ

4.1. Річна витрата палива

4.1.1. Річна витрата натурального палива:

– тверде паливо, т

$$B_{\text{нал}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} \cdot (1 + P_n) \cdot 10^3}{Q_p^{\text{н}} \cdot \eta}, * \quad (4.1)$$

– природний газ, тис.м³:

$$B_{\text{нал}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} \cdot 10^3}{Q_p^{\text{н}} \cdot \eta}, * \quad (4.2)$$

де

$Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}$ – кількість виробленої на котельні теплоти за рік, Гкал/рік;

$Q_p^{\text{н}}$ – теплотворна здатність палива, ккал/м³;

η – середньозважений ККД котлів, %;

P_n – доля втрат твердого палива при транспортуванні і вантажно-розвантажувальних роботах, приймаються 2%, тобто $P_n = 0,02$.

Формули наведені для котелень з однотипними котлами; у випадку установки різнотипних котлів визначається **середньозважений ккд**.

Приклад 8.

ККД водогрійних котлів $\eta_1 = 92\%$; ККД парових котлів $\eta_2 = 90\%$.

Річне виробництво теплоти: водогрійними котлами $Q_1 = 300$ тис. Гкал; паровими котлами $Q_2 = 150$ тис. Гкал.

Середньозважений ккд $\eta_{\text{ср.зв.}}$ котлів:

$$\eta_{\text{ср.зв.}} = \frac{\eta_1 \cdot Q_1 + \eta_2 \cdot Q_2}{Q_1 + Q_2} = \frac{92 \cdot 300 + 90 \cdot 150}{300 + 150} = 91,3\%$$

4.1.2. Річне витрачення умовного палива (т.у.п.):

$$B_{\text{ум.нал}}^{\text{рік}} = \frac{B_{\text{нал}}^{\text{рік}} \cdot Q_p^{\text{н}}}{7000}, \quad (4.3)$$

де

$Q_p^{\text{н}}$ – теплотворна здатність палива, ккал/м³;

$B_{\text{нал}}^{\text{рік}}$ – річна витрата натурального палива, м³;

7000 – теплотворна здатність умовного палива, ккал/кг.

4.2. Річні витрати електроенергії

4.2.1. Установлена потужність струмоприймачів котельні дорівнює сумі потужностей установленного силового електроустаткування (включаючи резервне) і електроосвітлення (внутрішнього і зовнішнього).

4.2.2. Максимальна потужність (кВт), споживана котельнею:

$$N_{\text{макс}} = N_1 \cdot K_1^n + N_2 \cdot K_2^n + \dots + N_n \cdot K_n^n, \quad (4.4)$$

де

N_1, N_2, N_n – встановлені потужності струмоприймачів, кВт;

K_1^n, K_2^n, K_n^n – коефіцієнти "попиту" у момент максимального навантаження, наведені в таблиці 4.1 [7].

Таблиця 4.1.

Найменування струмоприймача	Коефіцієнт попиту K^n	
Допоміжне устаткування	Мережні насоси (літні)	0,76
	Мережні насоси (зимові)	0,76
	Підживлювальний насос	0,5
	Рециркуляційний насос	0,98
	Циркуляційний насос	0,98
	Насос ГВП	0,76
Котельня	Димососи	0,96
	Пальник	0,97
	Вентилятори дуттьові	0,97
Водопідготовка	Насоси вихідної води	0,8
	Насоси промивної води фільтрів	0,5
	Насоси–дозатори	0,5
	Струмоприймачі хімлабораторії, згущувач	0,5
	Вентилятори сантехнічні	0,8
	Обладнання осаджувальної станції	0,5
Паливоподача	Живильники	0,9
	Дробарки	0,92
	Стрічкові конвеєри, закидувачі	0,9
	Обдувочні пристрої, решітки	0,8
	Приводи провалу	0,5
	Вентиляція	0,8
	Електроосвітлення	1
	Різне обладнання ¹	0,5

Примітки:

1. До різного обладнання відносяться насоси промивки фільтрів, дозатори, насоси розчину солі та інше обладнання водопідготовлювальної установки, а також засувки, крани.

2. Прийнято за даними

4.2.3. Річне витрачення електроенергії (кВт·год) визначається за формулою

$$E_{\text{рік}} = N_{1\text{макс}} \cdot K_1^{\text{с}} \cdot T_1 + N_{2\text{макс}} \cdot K_2^{\text{с}} \cdot T_2 + \dots + N_{n\text{макс}} \cdot K_n^{\text{с}} \cdot T_n, \quad (4.5)$$

де

$N_{1\text{макс}}, N_{2\text{макс}}, N_{n\text{макс}}$ – максимальні потужності струмоприймачів, кВт;

$K_1^{\text{с}}, K_2^{\text{с}}, K_n^{\text{с}}$ – коефіцієнти використання максимального навантаження. У разі відсутності даних приймається рівним 0,7;

T_1, T_2, T_3 – розрахунковий річний час роботи струмоприймачів, год.

Формули розрахунку часу роботи струмоприймачів протягом року наведено в табл.4.2.

Таблиця 4.2.

Вид устаткування	Розрахункова формула
Димососи Вентилятори дуттьові Насоси живильні Пальники	$T = h_{\text{вик}}^{\text{max}}$
Насоси підживлювальні Насоси перекачування конденсату Насоси вихідної води	24 n
Насоси гарячого водопостачання	24·350
Насоси рециркуляційні Насоси мережні зимові	24·n _o
Насоси мережні літні	24 (n – n _o)
Струмоприймачі паливоподачі, шлакозоловидалення, хімводоочистки, мазутного господарства й ін.	за проектними даними

Примітка:

В таблиці 4.2 прийняті наступні позначення:

$h_{\text{вик}}^{\text{max}}$ – кількість годин використання встановленої потужності, див.

формулу (3.6);

n – число днів роботи котельні за рік;

n_o – число днів опалювального періоду.

Для внутрішнього освітлення річний час роботи приймається рівним 4100 годин, для зовнішнього – 3600 годин.

4.3. Річне витрачення води

4.3.1. Річне витрачення води (м³/рік) визначається за формулою:

$$V_{рік} = V_m + V_{г.в.} + V_{поб}, \quad (4.6)$$

де

V_m – річне витрачення води на технологічні потреби котельні, м³/рік;

$V_{г.в.}$ – річне витрачення води на гаряче водопостачання при закритій системі теплопостачання з централізованим приготуванням гарячої води, м³/рік;

$V_{поб}$ – річне витрачення води на побутові потреби, м³/рік.

Річне витрачення води на *технологічні потреби* котельні включає:

- підживлення теплової мережі;
- поповнення втрат пари і конденсату;
- поповнення втрат з безупинною продувкою котлів;
- власні потреби водопідготовки;
- витрачення на гідравлічне шлакозоловидалення;
- витрачення на охолодження підшипників димососів, вентиляторів, насосів живильних і мережних, топкових пристроїв (для твердого палива);
- інші витрати (періодична продувка, зливи, випар, розведення продувної води й ін.)

4.3.2. Річні витрачення води на *підживлення тепломережі*, м³/рік.

Нормативна величина підживлення (м³/год) складає не більше 0,25% від об'єму системи теплопостачання:

$$G_{підж}^{розр} = \frac{0,25}{100} (Q_o^{max} + Q_v) g_{сист} k_{вит}, \quad (4.7)$$

де

Q_o^{max} ; Q_v – навантаження на опалення та вентиляцію відповідно, МВт;

$g_{сист}$ – питомий об'єм води в системі теплопостачання [8]:

- для відкритої системи теплопостачання $g_{сист} = 70 \text{ м}^3/\text{МВт}$;
- для закритої системи теплопостачання $g_{сист} = 65 \text{ м}^3/\text{МВт}$;
- при відокремлених мережах гарячого водопостачання $g_{сист} = 30 \text{ м}^3/\text{МВт}$ на 1 МВт середнього навантаження.

Річне витрачення води на підживлення тепломережі, м³/рік:

$$V_{підж.сист}^{рік} = 24 \cdot G_{підж}^{розр} \cdot n_o \cdot k_{вит} \quad (4.8)$$

де

n_o – кількість діб опалювального періоду;

$k_{вит}$ – коефіцієнт витікань, в зимовий період $k_{вит}=1$, в літній $k_{вит}=0,5$ [2].

4.3.3 Річне витрачення води на поповнення втрат пари і конденсату (підживлення парових котлів), $m^3/рік$:

$$V_{підж.п.к.}^{рік} = D_{вир} \cdot ((100 - k_{конд}) / (100 \cdot \rho)) \cdot h_{п.к.} \quad (4.9)$$

$D_{вир}$ – виробництво пари котельнею, $кг/год$;

$k_{конд}$ – відсоток повернення конденсату, %;

ρ - густина води, $\rho=1000$ $кг/м^3$;

$h_{п.к.}$ - число годин роботи парового котла за рік,

4.3.4 Річне витрачення води на продувку, $m^3/рік$:

$$V_{прод}^{рік} = \frac{k_{пр}}{100} \cdot D_{вир} \cdot h_{п.к.} \cdot 10^{-3} \quad (4.10)$$

де

$k_{пр}$ – розмір продувки котла, %;

$D_{вир}$ – виробництво пари котельнею, $кг/год$;

4.3.5 Витрачення води на власні потреби водопідготовки, $m^3/рік$:

Розрахункову величину витрат можна отримати з сантехнічної частини проєктної документації. У разі, якщо немає достовірних даних, врахуємо ці витрати як 10% від загальних витрат води на технологічні потреби.

4.3.6 Річне витрачення води на технологічні потреби, $m^3/рік$:

$$V_m = K_{в.п.}^{ХВО} \cdot (V_{підж.сист}^{рік} + V_{піджп.к.}^{рік} + V_{прод}^{рік}) 1,03 \quad (4.11)$$

де $K_{в.п.}^{ХВО}=1,1$ – коефіцієнт врахування власних потреб на хімводоочистку (ХВО) в розмірі 10%;

1,03 – коефіцієнт, що враховує інші невраховані потреби в розмірі 3%.

4.3.7 Річне витрачення води на побутові потреби, м³/рік:

$$V_{\text{поб}} = G_{\text{поб}}^{\text{доб}} \cdot 10^{-3} \cdot n_{\text{п}} \cdot 350 \quad (4.12)$$

Де

$G_{\text{поб}}^{\text{доб}}$ - розрахункові витрати води на побутові потреби на одного працівника котельні, приймаємо 24 кг/добу;

$n_{\text{п}}$ - кількість працівників, людей;

350 – кількість днів роботи котельні за рік (залежно від видів приєднаних навантажень потрібно уточнювати це значення).

4.3.8. Річне витрачення води на гаряче водопостачання *при закритій системі* тепlopостачання з **централізованим** приготуванням гарячої води визначається за формулою, м³/рік:

$$V_{\text{з.г.}} = \frac{Q_{\text{з.г.}}^{\text{рік}}}{55 \cdot C_{\text{в}}} \cdot \frac{10^3}{\rho}, \quad (4.13a)$$

$$V_{\text{з.г.}} = \frac{Q_{\text{з.г.}}^{\text{рік}}}{55 \cdot C_{\text{в}}} \cdot \frac{10^6}{\rho}, \quad (4.13б)$$

де

$Q_{\text{з.г.}}^{\text{рік}}$ – річна витрата теплоти на ГВП, (4.13a) – МДж/рік, (4.13б) – Гкал/рік;

$C_{\text{в}}$ – теплоємність води, (4.13a) – 4,187 кДж/(кг·К); (4.13б) – 1 ккал/(кг·К);

ρ – густина води, 1000 кг/м³;

55– середнє нагрівання гарячої води (від 5°C до 60°C), °C

5. РОЗРАХУНОК ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВИТРАТ ТА СОБІВАРТОСТІ

Річні експлуатаційні витрати (грн) включають: вартість палива; вартість електроенергії; вартість води; річний фонд заробітної плати обслуговуючого персоналу з нарахуваннями; амортизаційні відрахування; витрати на поточний ремонт; загальнокотельні та інші витрати.

5.1. Експлуатаційні витрати на паливо

$$Z_n = V_{\text{пал}}^{\text{рік}} \cdot C_n, \text{ грн} \quad (5.1)$$

Де

$V_{\text{пал}}^{\text{рік}}$ – витрачання палива за рік, м³ (кг);

C_n – вартість одиниці палива, грн/м³ (або грн/кг).

5.2. Експлуатаційні витрати на електроенергію

$$Z_e = E_{\text{рік}} \cdot C_e, \text{ грн} \quad (5.2)$$

де

$E_{\text{рік}}$ – річне витрачання електроенергії, кВт·год;

C_e – вартість електроенергії, що споживається, грн/кВт·год.

5.3. Експлуатаційні витрати на воду

$$Z_v = V_{\text{рік}} \cdot C_v, \text{ грн} \quad (5.3)$$

де

$V_{\text{рік}}$ – річне витрачання води за рік, м³/рік;

C_v – вартість 1 м³ вихідної води, грн/м³.

5.4. Експлуатаційні витрати на заробітну плату з нарахуваннями

$$Z_{zn} = 3P_n \cdot n_n \cdot 12 \cdot K_n, \text{ грн.} \quad (5.4)$$

де

$3P_n$ – середня місячна зарплата одного працюючого (потрібно уточнювати на момент проведення розрахунків);

n_n – чисельність обслуговуючого персоналу;

K_n – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд зайнятості, страхування від нещасних випадків на виробництві), коефіцієнт потрібно уточнювати на момент проведення розрахунків.

До складу персоналу котельні промислового підприємства входить персонал, що обслуговує основне і допоміжне устаткування, включаючи водопідготовлювальну установку, паливне господарство і шлакозоло-видалення, чергових слюсарів і електромонтерів. У чисельність обслуговуючого персоналу котелень, призначених для теплопостачання житлових районів, включається також і управлінський персонал.

5.5. Експлуатаційні витрати на амортизаційні відрахування

Амортизацією називають систематичний розподіл вартості активів протягом строку їх корисного використання (експлуатації).

Згідно з стандартами бухгалтерського обліку, амортизація основних засобів нараховується із застосуванням таких методів:

- прямолінійного, за яким річна сума амортизації визначається діленням вартості, яка амортизується, на строк корисного використання об'єкта основних засобів;
- зменшення залишкової вартості;
- прискореного зменшення залишкової вартості;
- кумулятивного;
- виробничого, за яким місячна сума амортизації визначається як добуток фактичного місячного обсягу продукції (робіт, послуг) та виробничої ставки амортизації.

Для розрахунку планової амортизації основних засобів слід враховувати плани капітальних інвестицій, графіки введення в експлуатацію придбаних, виготовлених основних засобів, очікуваний строк експлуатації, ліквідаційну вартість основних засобів, нематеріальних активів в плановому періоді тощо.

Норми амортизаційних відрахувань встановлюються Законом України „Про оподаткування прибутку підприємств” у відсотках до балансової вартості по групах основних фондів підприємства. Для котельних обчислюються відрахування на будівлі і споруд, а також на основне обладнання.

Зважаючи на те, що метод амортизації та балансову вартість котелень встановити складно, амортизаційні відрахування $Z_{ам}$ врахуємо як 8 % від суми експлуатаційних витрат (п.5.1, 5.2, 5.3, 5.4), зважаючи на статистичні дані від існуючих джерел теплопостачання.

5.6. Загалькотельні, інші витрати та поточний ремонт

До загальновиробничих та інших витрат належать: витрати на вдосконалення технології та управління виробництвом, витрати на пожежну та сторожову охорону, витрати на охорону навколишнього середовища, витрати на поточний ремонт.

Загалькотельні та інші витрати визначаються відсотком суми заробітної плати і амортизаційних відрахувань [7]:

- для котелень з відкритою системою теплопостачання чи з закритою системою з централізованим приготуванням гарячої води – у розмірі 35%;
- для котелень із закритою системою теплопостачання – у розмірі 25%.

$$Z_{зк} = (0,25 \div 0,35) \cdot (Z_{зн} + Z_{ам}), \text{ грн.} \quad (5.5)$$

5.7. Сумарні річні експлуатаційні витрати

$$Z^{рік} = Z_n + Z_v + Z_e + Z_{зн} + Z_{ам} + Z_{пр} + Z_{зк} \quad (5.6)$$

5.8. Собівартість теплової енергії

$$S = \frac{Z^{рік}}{Q_{вир}^{річ}}, \text{ грн/МДж (грн/Гкал) виробленої теплоти} \quad (5.7)$$

$$S = \frac{Z^{рік}}{Q_{відп}^{річ}}, \text{ грн/МДж (грн/Гкал) відпущеної теплоти} \quad (5.8)$$

Приклад 9.

Розрахунок техніко–економічних показників котельні

I. Вихідні дані

1.1. В котельні протитуберкульозного диспансеру в м.Києві встановлено: 2 водогрійні котли теплопродуктивністю $Q=315$ кВт, $\eta=94\%$; 2 парові котли паропроодуктивністю $D=235$ кг/год, $\eta=91\%$.

Система теплопостачання – закрита. Приготування води здійснюється централізовано.

Довжина теплотраси– 100 м.

Режим роботи:

- режим роботи котельні – 350 днів на рік;
- режим роботи опалення – в опалювальний період 24 години на добу;
- вентиляція: механічна вентиляція відсутня;
- гаряче водопостачання – 24 години на добу 350 днів на рік;
- технологічне паропостачання (пральня та сушильне відділення)
 $n_{роб}=6$ годин за добу в робочі дні; кількість робочих днів – $m=252$ дні;
 - величина продукції котла за паспортом – 5%

Параметри теплоносіїв:

- на опалення – вода по температурному графіку $90-70^{\circ}\text{C}$;
- на вентиляцію – вода по температурному графіку $90-70^{\circ}\text{C}$;
- гаряче водопостачання – вода з температурою 55°C ;
- технологічні потреби – пара насичена $P_{абс}=0,17$ МПа та $t_n=115^{\circ}\text{C}$.
- кількість конденсату, що повертається:
 $n_k=80\%$, температура $t_k=95^{\circ}\text{C}$.

Теплові навантаження:

- на опалення поліклініки та стаціонару: $Q_o^{max}=0,34$ МВт= $0,292$ Гкал/год;
- технологічні потреби пральні та сушки:
 $D_T=200$ кг/год ($0,13$ МВт= $0,112$ Гкал/год);
- гаряче водопостачання поліклініки та стаціонару:
 $Q_{з.в.сер}^3=0,1$ МВт= $0,08$ Гкал/год.

Паливо для котельні – природний газ з нижчою теплотою згорання
 $Q_H^p=7970$ ккал/м³

Кількість обслуговуючого персоналу $n_n=2$ чел (сумісники, котельня автоматизована).

1.2. Встановлена теплопродуктивність котельні:

1.2.1. Встановлена продуктивність водогрійних котлів:

а) $Q_{в.вст} = \sum Q_{вод} = 2 \cdot 0,315 = 0,63 \text{ МВт};$

б) $Q_{в.вст} = \sum Q_{вод} = 2 \cdot 0,315 \cdot 0,86 = 0,542 \text{ Гкал/год.}$

1.2.2. Встановлена потужність парових котлів:

а) $Q_{п.вст} = \sum Q_{пар} = \sum D(h_n - t_{жив..в} C_v) \cdot \frac{10^{-3}}{3,6} =$
 $= 2 \cdot 235(2700 - 84 \cdot 4,187) \cdot 10^{-6} / 3,6 = 0,306 \text{ МВт}$

б) $Q_{п.вст} = \sum Q_{пар} = \sum D(h_n - t_{жив..в} C_v) \cdot 10^{-6} =$
 $= 2 \cdot 235(644 - 84 \cdot 1) \cdot 10^{-6} = 0,263 \text{ Гкал/год};$

де $h_n = 2700 \text{ кДж/кг} = 644 \text{ ккал/кг}$ – по табл. 1 [5] при $t_{жив.води} = 84^\circ \text{C}$.

або при спрощених розрахунках (див. примітку п.2.1):

а) $Q_{п.вст} = n_k \cdot D = 2 \cdot 0,235 \cdot 0,66 = 0,31 \text{ МВт}$

б) $Q_{п.вст} = n_k \cdot D = 2 \cdot 0,235 \cdot 0,56 = 0,263 \text{ Гкал/год},$

де $n_k = 2$ шт – кількість парових котлів.

1.2.3. Встановлена потужність котельні за формулою 3.1:

а) $Q_{вст} = Q_{в.вст} + Q_{п.вст} = 0,63 + 0,306 = 0,936 \text{ МВт}$

б) $Q_{вст} = Q_{в.вст} + Q_{п.вст} = 0,542 + 0,263 = 0,805 \text{ Гкал/год}$

1.3. Кліматологічні дані по м. Києву, період із середньодобовою температурою повітря $\leq 10^\circ \text{C}$ (дод.2):

– розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення:

$t_{p.o.} = -22^\circ \text{C};$

– середня температура зовнішнього повітря за опалювальний період:

$t_{ср.о} = 0,7^\circ \text{C}.$

– число днів опалювального періоду $n_o = 195$ днів.

1.4. Вартість енергоносіїв за даними 2021 року:

– вартість електроенергії $1 \text{ кВт} \cdot \text{ч}$ – 2,7 грн.

– вартість води 1 м^3 – 25 грн.

– вартість природного газу (включаючи

вартість транспортування) 1000 м^3 – 12000 грн.

1.5. Встановлена електрична потужність:

– газовий паливник котла – $N = 0,42 \text{ кВт}$ – 4 шт,

– мережні насоси системи опалення – $N = 2 \text{ кВт}$ – 2 шт,

– підживлювальні насоси системи опалення – $N = 0,8 \text{ кВт}$ – 2 шт,

- живильний насос парового котла – $N=1,1$ кВт – 2 шт,
 - рециркуляційний насос водогрійного котла – $N=0,099$ кВт – 2 шт,
 - циркуляційний насос для економайзера водогрійного котла – $N=0,099$ кВт – 2 шт,
 - насос гріючої води на бойлери ГВП – $N=0,195$ кВт – 2 шт,
 - циркуляційний насос гарячого водопостачання – $N=0,035$ кВт – 2 шт,
 - інші обладнання – $N=0,2$ кВт,
 - освітлення – $N=0,5$ кВт.
- Всього: 11,04 кВт

1.6. Перерахунок теплотворної здатності палива для котельні

Для перерахунку необхідно користуватись співвідношенням:

$$1 \text{ МДж/м}^3 = 4,187 \cdot 10^{-3} \text{ ккал/м}^3;$$

$$Q_{\text{н}}^{\text{р}} = 7970 \text{ ккал/м}^3 = 7970 \cdot 4,187 \cdot 10^{-3} = 33,37 \text{ МДж/м}^3$$

1.7. Площа котельної зали – 119 м². Будівельний об'єм 504 м³.

II. Розрахунок річного витрачення теплоти

2.1. Розрахункова річна кількість теплоти на опалення за формулою 2.8

$$\begin{aligned} \text{а) } Q_o^{\text{рік}} &= Q_o^{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 \cdot 3600 = 0,34 \frac{20 - 0,7}{20 - 22} \cdot 195 \cdot 24 \cdot 3600 = \\ &= 2,57 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік} \\ \text{б) } Q_o^{\text{рік}} &= Q_o^{\text{max}} \frac{t_{\text{вн}} - t_{\text{с.о.}}}{t_{\text{вн}} - t_{\text{р.о.}}} \cdot n_o \cdot 24 = 0,292 \cdot \frac{20 - (-1,1)}{20 - (-22)} \cdot 195 \cdot 24 = 615 \text{ Гкал/рік,} \\ &\text{де } t_{\text{вн}} = 20^\circ \text{C - нормативна внутрішня температура, дод.2.} \end{aligned}$$

2.2. Річна кількість теплоти на гаряче водопостачання за формулою 2.13

$$\begin{aligned} Q_{\text{г.в.}}^{\text{рік}} &= 24 Q_{\text{г.в.сеп}}^3 \cdot n_o + \beta \cdot 24 Q_{\text{г.в.сеп}}^3 \cdot \frac{55 - t_{\text{х.л.}}}{55 - t_{\text{х.з.}}} (350 - n_o) = \\ &= 24 \cdot 0,08 \cdot 195 + 0,8 \cdot 24 \cdot 0,08 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} (350 - 195) = 565 \text{ Гкал/рік або} \\ &2,37 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік} \end{aligned}$$

2.3. Розрахунок витрати теплоти на технологічні потреби

Годинні витрати теплоти у вигляді пари – $D_{\text{т}} = 200$ кг/год.

Річні витрати теплоти для технологічних потреб за формулою 2.18:

$$\begin{aligned} \text{а) } Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}} &= D_{\text{т}} \cdot (h_{\text{н}} - n_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} \cdot C_{\text{в}}) \cdot t \cdot n_{\text{роб}} \cdot 10^{-3} = \\ &= 200 \cdot (2699,5 - 0,8 \cdot 95 \cdot 4,187) \cdot 6 \cdot 252 \cdot 10^{-3} = 0,72 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік;} \\ \text{б) } Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}} &= D_{\text{т}} \cdot (h_{\text{н}} - n_{\text{к}} \cdot t_{\text{к}} \cdot C_{\text{в}}) \cdot t \cdot n_{\text{роб}} \cdot 10^{-6} = \\ &= 200 \cdot (644 - 0,8 \cdot 95 \cdot 1) \cdot 6 \cdot 252 \cdot 10^{-6} = 172 \text{ Гкал/рік.} \end{aligned}$$

де

$$h_n = 2699,5 \text{ кДж/кг} = 644 \text{ ккал/кг по [5];}$$

n_k – кількість конденсату, що повертається ($n_k = 80\%$);

t_k – температура конденсату, що повертається, 95°C ;

C_v – теплоємність води;

$n_{\text{роб}}$ – кількість робочих днів;

t – число годин роботи споживачів пари (пральні та сушильного відділення) за добу.

2.4. Кількість корисно використаної теплоти (відпущена теплота) за формулою 3.7:

$$\begin{aligned} \text{а) } Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} &= (Q_o^{\text{рік}} + Q_v^{\text{рік}} + Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}}) = \\ &= (2,57 + 0 + 2,37 + 0 + 0,72) \cdot 10^6 = 5,66 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік}; \end{aligned}$$

$$\text{б) } Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} = 615 + 0 + 565 + 172 = 1352 \text{ Гкал/рік.}$$

2.5. Витрати теплоти на власні потреби котельні приймаємо в розмірі 3% згідно табл.3.1.

$$\text{а) } Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} = Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} \cdot 0,03 = 5,66 \cdot 10^6 \cdot 0,03 = 0,17 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік};$$

$$\text{б) } Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} = 1352 \cdot 0,03 = 40,56 \text{ Гкал/рік.}$$

2.6. Розрахунок річних втрат теплоти

Втрати теплоти в тепломережах згідно п. 3.4 при довжині теплотраси 100м – 1% від $Q_{\text{відп}}^{\text{рік}}$.

$$\text{а) } Q_{\text{втрат}}^{\text{рік}} = Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} \cdot 0,01 = 5,66 \cdot 10^6 \cdot 0,015 = 0,06 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік};$$

$$\text{б) } Q_{\text{втрат}}^{\text{рік}} = Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} \cdot 0,01 = 1352 \cdot 0,01 = 13,52 \text{ Гкал/рік.}$$

2.7. Річне виробництво теплоти за формулою 3.4.

$$\begin{aligned} \text{а) } Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} &= (Q_{\text{відп}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{втрат}}^{\text{рік}}) = (5,66 + 0,17 + 0,06) \cdot 10^6 = \\ &= 5,89 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік} \end{aligned}$$

$$\text{б) } Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} = 1352 + 40,56 + 13,52 \approx 1406 \text{ Гкал/рік}$$

III. Річне витрачення палива

3.1. Річне витрачення палива за формулою 4.2

$$a) B_{\text{пал}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}}{Q_p^{\text{н}} \cdot \eta} = \frac{5,89 \cdot 10^6 \cdot 10^{-3}}{33,37 \cdot 0,936} = 188 \text{ тис. м}^3 / \text{рік}$$

$$б) B_{\text{пал}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}} \cdot 10^3}{Q_p^{\text{н}} \cdot \eta} = \frac{1406 \cdot 10^3}{7970 \cdot 0,936} = 188 \text{ тис. м}^3 / \text{рік}$$

де

η – середньозважений ККД котлів, розрахований за формулою:

$$\eta_{\text{ср.зв.}} = \frac{\eta_{\text{с}} \cdot Q_{\text{с}}^{\text{рік}} + \eta_{\text{н}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{рік}}}{Q_{\text{с}}^{\text{рік}} + Q_{\text{н}}^{\text{рік}}} = \frac{(94 \cdot 5,11 + 91 \cdot 0,78) \cdot 10^6}{(5,11 + 0,78) \cdot 10^6} = 93,6\%$$

ККД водогрійних котлів $\eta_1 = 94\%$; ККД парових котлів $\eta_2 = 91\%$.

Річне виробництво теплоти (умовно):

– водогрійними котлами:

$$Q_{\text{в}}^{\text{рік}} = Q_{\text{о}}^{\text{рік}} + Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} = (2,57 + 2,37 + 0,17)10^6 = 5,11 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік}$$

або

$$Q_{\text{в}}^{\text{рік}} = Q_{\text{о}}^{\text{рік}} + Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} + Q_{\text{вл.потр.}}^{\text{рік}} = (615 + 565 + 40,56) = 1220,56 \text{ Гкал/рік;}$$

– паровими котлами:

$$Q_{\text{н}}^{\text{рік}} = Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}} + Q_{\text{втрат}}^{\text{рік}} = (0,72 + 0,06)10^6 = 0,78 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік,}$$

або

$$Q_{\text{н}}^{\text{рік}} = Q_{\text{т.пар}}^{\text{рік}} + Q_{\text{втрат}}^{\text{рік}} = (172 + 13,52) = 185,52 \frac{\text{Гкал}}{\text{рік}}.$$

Річне витрачення умовного палива за формулою 4.3.

$$B_{\text{ум.пал}}^{\text{рік}} = \frac{B_{\text{пал}}^{\text{рік}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{р}}}{7000} = \frac{188 \cdot 7970}{7000} = 214 \text{ т. у. н.}$$

3.2. Річне витрачення електроенергії, кВт·год/рік

Розрахунок проводиться за формулою (4.5).

Результати розрахунку зведені в таблицю.

№ п / п	Найменування струмоприймача	Кількість, шт	Встановлена потужність кВт	Коефіцієнт попиту, K_n	Електр. потужність, що споживається		Розра- хунко- вий час роб., годин ³	Річна витра- чення ел.ен, кВт·год / рік, (7)·(8)
					макс., кВт (4)·(5)	сер ² ., кВт (6)· K_6		
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	Газовий пальник котла	4	0,42х4	0,97	1,63	1,14	2252	2567,3
							705	803,7
2	Мережний насос системи опалення	2	2,0х2	0,76	3,04	2,13	4680	9968,4
3	Підживлювальни й насос системи опалення	2	0,8х2	0,5	0,8	0,56	4680	2620,8
4	Живильний насос парового котла	2	1,1х2	0,5 ¹	1,1	0,77	8400	6468,0
5	Рециркуляційний насос водогрійного котла	2	0,099х2	0,98	0,19	0,13	4680	608,4
6	Циркуляційний насос для економайзеру водогрійного котла	2	0,099х2	0,98	0,19	0,13	8400	1092
7	Насос гріючої води на бойлери ГВП	2	0,195х2	0,76	0,29	0,20	8400	1680
8	Циркуляційний насос гарячого водопостачання	2	0,035х2	0,98	0,07	0,05	8400	420
9	Інше обладнання, в т.ч. водопідготовка		0,2	0,62	0,124	0,08	1000	80
	Освітлення		0,5	1	0,5	0,35	4100	1435
	Всього		11,04	—	7,93	5,55	—	27743,6

Примітки:

Один з парових котлів котельні тубдиспансеру постійно знаходиться в резерві.

Середньорічна електрична потужність, що споживається, визначена при коефіцієнті використання $K_e=0,7$.

Число годин роботи обладнання визначалося наступним чином:

Число годин роботи газових пальників водогрійних котлів:

$$T_v = \frac{Q_v^{рік}}{Q_{v.вст}} = \frac{1220,56}{0,542} = 2252 год;$$

Число годин роботи газових пальників парових котлів:

$$T_n = \frac{Q_n^{рік}}{Q_{n.вст}} = \frac{185,52}{0,263} = 705 год;$$

Число годин роботи мережних та підживлювальних насосів системи опалення, рециркуляційних насосів водогрійного котла:

$$T = n_o \cdot 24 = 195 \cdot 24 = 4680 год;$$

Число годин роботи живильного насоса парового котла, циркуляційного насоса економайзера, насос на бойлери ГВП та циркуляційних насосів ГВП:

$$T = n \cdot 24 = 350 \cdot 24 = 8400 год.$$

3.3. Річне витрачання води

3.3.1. Річне витрачання води на технологічні потреби

1) Підживлення тепломережі

Нормативна величина підживлення ($\text{м}^3/\text{год}$) складає не більше 0,25% від об'єму системи теплопостачання (формула 4.7):

$$G_{\text{підж}}^{\text{розр}} = \frac{0,25}{100} (Q_o^{\text{max}} + Q_v) g_{\text{сист}} k_{\text{вит}} = \\ = \frac{0,25}{100} (0,34 + 0) 65 \cdot 1 = 0,055 \text{ м}^3/\text{год},$$

де $g_{\text{сист}}$ – питомий об'єм води в системі теплопостачання [8]:

- для закритої системи теплопостачання $g_{\text{сист}} = 65 \text{ м}^3/\text{МВт}$.

Річне витрачання води на підживлення тепломережі (формула 4.8), $\text{м}^3/\text{рік}$:

$$V_{\text{підж.сист}}^{\text{рік}} = 24 \cdot G_{\text{підж}}^{\text{розр}} \cdot n_o \cdot k_{\text{вит}} = 24 \cdot 0,055 \cdot 195 \cdot 1 = 257,4 \text{ м}^3/\text{рік}$$

2) Річне витрачання води на поповнення втрат пари і конденсату (підживлення парових котлів) за формулою 4.9:

$$V_{\text{підж.п.к.}}^{\text{рік}} = D_{\text{вир}} \cdot ((100 - k_{\text{конд}})/(100 \cdot \rho)) \cdot h_{\text{п.к.}} = 200 \cdot ((100 - 80)/ \\ (100 \cdot 1000)) \cdot 1512 = 60,5 \text{ м}^3/\text{рік},$$

де $k_{\text{конд}} = 80\%$ – повернення конденсату,

$D_{\text{вир}} = D_m = 200 \text{ кг/год}$ – вироблення пари котельнею;

$h_{\text{н.к.}} = n \cdot 6 = 252 \cdot 6 = 1512 \text{ годин}$ – число годин роботи парового котла за рік,

$\rho = 1000 \text{ кг/м}^3$ – густина води,

де $n = 252 \text{ діб}$ – тривалість роботи парового котла за рік (технологічне паропостачання).

3) Річне витрачення води на продувку парового котла

$$V_{\text{прод}}^{\text{рік}} = k_{\text{пр}} \cdot D_{\text{вир}} \cdot h_{\text{н.к.}} / 1000 = 0,05 \cdot 200 \cdot (252 \cdot 6) / 1000 = 15 \text{ м}^3 / \text{рік},$$

де $k_{\text{пр}} = 0,05 (5\%)$ – розмір продувки,

$D_{\text{вир}} = D_m = 200 \text{ кг/год}$ – вироблення пари котельнею;

4) Витрачення води на власні потреби водопідготовки

Через те, що немає достовірних даних, врахуємо їх при розрахунку річних витрат води на технологічні потреби на хімоводоочистку як 10% від загальних витрат води.

5) Річне витрачення води на технологічні потреби за формулою (4.11)

$$V_m = K_{\text{в.л.}}^{\text{ХВО}} \cdot (V_{\text{підж.суст}}^{\text{рік}} + V_{\text{підж.п.к.}}^{\text{рік}} + V_{\text{прод}}^{\text{рік}}) 1,03 = 1,1(257,4 + 60,5 + 15) 1,03 = 377 \text{ м}^3,$$

де $K_{\text{в.л.}}^{\text{ХВО}} = 1,1$ – коефіцієнт врахування власних потреб на хімоводоочистку (ХВО) в розмірі 10%;

1,03 – коефіцієнт, що враховує інші невраховані потреби в розмірі 3%.

3.3.2. Річне витрачення води на побутові потреби котельні за формулою (4.12)

$$V_{\text{поб}} = G_{\text{поб}}^{\text{доб}} \cdot 10^{-3} \cdot n_{\text{п}} \cdot 350 = 24 \cdot 10^{-3} \cdot 2 \cdot 350 = 17 \text{ м}^3$$

3.3.3. Річна потреба води на централізоване приготування гарячої води за формулою (4.13)

$$V_{\text{з.в.}} = \frac{Q_{\text{з.в.}}^{\text{рік}} \cdot 10^6}{55 \cdot c_{\text{в}} \cdot \rho} = \frac{565 \cdot 10^6}{55 \cdot 1 \cdot 1000} = 10272 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

3.3.4. Сумарні річне витрачення води

$$\Sigma V^{\text{рік}} = V_m + V_{\text{поб}} + V_{\text{з.в.}} = 377 + 17 + 10272 = 10666 \text{ м}^3 / \text{рік}$$

4. Річні експлуатаційні витрати

4.1. Річні експлуатаційні витрати на паливо

$$З_n = V_{\text{пал}}^{\text{рік}} \cdot Ц_n = 188 \cdot 12000 = 2256000 \text{ грн}$$

Складові витрат на паливо:

$$\frac{З_n}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{2256000}{1406} = 1604 \text{ грн/Гкал}$$

4.2. Річні експлуатаційні витрати на електроенергію

Річні витрати електроенергії в кВт·год визначені в розділі 3.2 прикладу і складають 27743,6 кВт·год/рік.

Річні експлуатаційні витрати на електроенергію

$$З_e = E_{\text{рік}} \cdot Ц_e = 27743,6 \cdot 2,7 = 74908 \text{ грн}$$

Складові витрат на електроенергію:

$$\frac{З_e}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{74908}{1406} = 53 \text{ грн/Гкал}$$

4.3. Річні експлуатаційні витрати на воду

$$З_v = V_{\text{рік}} \cdot Ц_v = 10666 \cdot 25 = 266650 \text{ грн}$$

Складові витрат на воду:

$$\frac{З_v}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{266650}{1406} = 190 \text{ грн/Гкал}$$

4.4. Зарплата персоналу з нарахуваннями

$$З_{\text{зн}} = ЗП_n \cdot n_n \cdot 12 \cdot K_n = 10000 \cdot 2 \cdot 12 \cdot 1,22 = 292800, \text{ грн.}$$

де

$ЗП_n$ – середня місячна зарплата одного працюючого, приймаємо 10000 грн;

n_n – чисельність обслуговуючого персоналу (2 людини - у вихідних даних);

K_n – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату (пенсійний фонд, соціальне страхування, фонд зайнятості, страхування від нещасних випадків на виробництві), на момент проведення розрахунків – 22%.

Складова витрат на заробітну плату:

$$\frac{Z_{зп}}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{292800}{1406} = 208 \text{ грн/Гкал}$$

4.5. Амортизаційні відрахування

Зважаючи на те, що метод амортизації та балансову вартість котелень встановити складно, амортизації відрахування $Z_{\text{ам}}$ врахуємо як 8% від суми експлуатаційних витрат (п.4.1, 4.2, 4.3, 4.4), зважаючи на статистичні дані від існуючих джерел теплопостачання.

$$Z_{\text{ам}} = 0,08(Z_{\text{п}} + Z_{\text{е}} + Z_{\text{в}} + Z_{\text{зп}}) = 0,08(2256000 + 74908 + 266650 + 292800) \\ = 231229 \text{ грн}$$

Складова витрат, пов'язаних з амортизаційними відрахуваннями:

$$\frac{Z_{\text{ам}}}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{231229}{1406} = 165 \text{ грн/Гкал}$$

4.6. Загальнокотельні, інші витрати і поточний ремонт

Для котелень із закритою системою теплопостачання визначаємо наступним чином:

$$Z_{\text{зк}} = 0,25(Z_{\text{зп}} + Z_{\text{ам}}) = 0,25(292800 + 231229) = 131007 \text{ грн}$$

Складова загальнокотельних витрат:

$$\frac{Z_{\text{зк}}}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{131007}{1406} = 93 \text{ грн/Гкал}$$

4.7. Сумарні річні експлуатаційні витрати

$$Z_{\text{рік}} = Z_{\text{п}} + Z_{\text{е}} + Z_{\text{в}} + Z_{\text{зп}} + Z_{\text{ам}} + Z_{\text{зк}} \\ = 2256000 + 74908 + 266650 + 292800 + 231229 \\ + 131007 = 3252594 \text{ грн}$$

4.8. Собівартість теплової енергії

$$S = \frac{Z_{\text{рік}}}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{3252594}{1406} = 2313 \text{ грн/Гкал}$$

Для порівняння: вартість централізованого теплопостачання за даними постачальника: 2230 грн/Гкал (виробництво та транспортування).

4.9. Калькуляція собівартості теплової енергії

№ п/п	Найменування витрат	Калькуляція собівартості	
		Абсолютна, грн./Гкал	Відносна, %
1	Паливо	1604	69,3
2	Електроенергія	53	2,3
3	Вода	190	8,2
4	Заробітна плата	208	9
5	Амортизація	165	7,1
6	Загальнокотельні та поточний ремонт	93	4,1
	Собівартість	2313	100

5. Техніко-економічні характеристики роботи котельні

5.1. Встановлена потужність котельні, Гкал/год або т/год (для парової котельні), розрахована в п.1.2.3 $Q_{вст} = 0,936 \text{ МВт} = 0,805 \text{ Гкал/год}$.

5.2. Річне відпущення теплоти (корисно використана теплота), розрахована в п.2.4 прикладу, $Q_{відп}^{рік} = 5,66 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік} = 1352 \text{ Гкал/рік}$.

5.3. Річне виробництво теплоти, розраховане в п.2.7
 $Q_{вир}^{рік} = (Q_{відп}^{рік} + Q_{вл.потр.}^{рік} + Q_{втрат}^{рік}) = 5,89 \cdot 10^6 \text{ МДж/рік} = 1406 \text{ Гкал/рік}$.

5.4. Річна кількість годин використання встановленої потужності котельні (за формулою 3.7)

$$а) h_{вик}^{max} = \frac{Q_{вир}^{рік}}{Q_{вст}} = \frac{5,89 \cdot 10^6}{0,936 \cdot 3600} = 1747 \text{ годин},$$

$$б) h_{вик}^{max} = \frac{Q_{вир}^{рік}}{Q_{вст}} = \frac{1406}{0,805} = 1747 \text{ годин}.$$

5.5. Річне витрачення натурального палива розраховані в п.3.1,
 $B_{пал}^{рік} = 188 \text{ тис. м}^3 / \text{рік}$

5.6. Річне витрачення умовного палива розраховані в п.3.1,
 $B_{ум.пал}^{рік} = 214 \text{ т. у. п. / рік}$

5.7. Питомі витрати палива на вироблену теплоту
 – натурального $b_{пал}^{рік} = \frac{B_{пал}^{рік}}{Q_{вир}^{рік}} = \frac{188 \cdot 1000}{1406} = 134 \text{ м}^3 / \text{Гкал}$

$$- \text{умовного } b_{\text{пал}}^{\text{рік}} = \frac{B_{\text{пал}}^{\text{рік}}}{Q_{\text{вир}}^{\text{рік}}} = \frac{214}{1406} = 0,152 \text{ т. у. п. / Гкал}$$

5.8. Питомі витрати палива на відпущену теплоту

$$- \text{натурального } b_{\text{пал}}^{\text{рік}} = \frac{B_{\text{пал}}^{\text{рік}}}{Q_{\text{відп}}^{\text{рік}}} = \frac{188 \cdot 1000}{1352} = 139 \text{ м}^3 / \text{Гкал}$$

$$- \text{умовного } b_{\text{пал}}^{\text{рік}} = \frac{B_{\text{пал}}^{\text{рік}}}{Q_{\text{відп}}^{\text{рік}}} = \frac{214}{1352} = 0,158 \text{ т. у. п. / Гкал}$$

5.9. ККД котлів:

– водогрійних $\eta = 94\%$;

– парових $\eta = 91\%$.

5.10. Встановлена потужність електроприймачів – 11,04 кВт (див. п. 3.2)

5.11. Річне витрачання електроенергії – 27743,6 кВт·год/рік (див. п.3.2)

5.12. Річне витрачання води – 10666 м³/рік (див. п.3.3.)

5.13. Чисельність обслуговуючого персоналу – 2 чол. (котельня обладнана сучасними автоматизованими котлами, персонал працює за сумісництвом).

5.14. Архітектурно-будівельні показники:

– питомий показник використання площі –

$$S_{\text{кот.зали}} / Q_{\text{вст}} = 119 / 0,936 = 127 \text{ м}^2 / \text{МВт} \text{ (або } 119 / 0,805 = 148 \text{ м}^2 / \text{Гкал});$$

– питомий показник використання об'єму –

$$V_{\text{кот.зали}} / Q_{\text{вст}} = 504 / 0,936 = 538 \text{ м}^3 / \text{МВт} \text{ (або } 504 / 0,805 = 626 \text{ м}^3 / \text{Гкал}).$$

5.15. Питомі показники:

– потужність струмоприймачів (формула 3.9):

$$N_{\text{вст}} / Q_{\text{вст}} = 11,04 / 0,936 = 11,8 \text{ кВт / МВт, або } 13,71 \text{ кВт / (Гкал / год)}$$

– штатний коефіцієнт (формула 3.10):

$$\frac{n_n}{Q_{\text{вст}}} = \frac{2}{0,936} = 2,14 \text{ чол / МВт, або } 2,48 \text{ чол / (Гкал / год)}.$$

5.16. Собівартість теплової енергії визначена в п.4.8: 2313 грн/Гкал.

5.17. Основні техніко-економічні характеристики зведені в таблицю.

№ п/ п	Найменування,	Позначення	Величина
1	2	3	4
1	Встановлена продуктивність котельні	МВт (Гкал/год)	0,936 (0,805)
2	Річне відпущення теплоти	МДж (Гкал)	$5,66 \cdot 10^6$ (1352)
3	Річне виробництво теплоти	МДж (Гкал)	$4,89 \cdot 10^6$ (1406)
4	Річна кількість годин використання встановленої потужності	годин	1747
5	Річне витрачення палива - натурального - умовного	тис.м ³ т.у.п	188 214
6	Питома витрата натурального палива на вироблену теплоту	м ³ /Гкал	134
7	Питома витрата умовного палива на вироблену теплоту	т.у.п/Гкал	0,152
8	Питома витрата натурального палива на відпущену теплоту	м ³ /Гкал	139
9	Питома витрата умовного палива на відпущену теплоту	т.у.п/Гкал	0,158
10	ККД - водогрійних котлів - парових котлів	% %	94 91
11	Встановлена потужність електроприймачів	кВт	11,04
12	Річне витрачення електроенергії	кВт·год	27743,6
13	Річне витрачення води	м ³	10666
14	Чисельність обслуговуючого персоналу	чол	2
15	Показник використання площі будівлі	м ² /МВт (м ² /Гкал)	127 (148)
16	Показник використання об'єму будівлі	м ³ /МВт (м ³ /Гкал)	538 (626)
18	Собівартість 1 Гкал виробленої теплоти, в.т.ч. паливна складова 69,3%	грн/Гкал	2313

6. ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ТА ПЛАТИ ЗА ЗАБРУДНЕННЯ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА

Для забезпечення охорони атмосфери передбачається встановлення нормативів плати за викиди забруднювальних речовин у межах лімітів і підвищення значення плати у разі перевищення ліміту, а також відшкодування збитків, завданих порушенням законодавства про охорону навколишнього середовища. Ліміти викидів забруднюючих речовин в атмосферу оформлюються у формі дозволів на викиди стаціонарними джерелами.

За стандарт якості повітря прийняті гранично допустимі концентрації (ГДК) для різних токсичних речовин. Викид котельними в атмосферу шкідливих викидів визначається видом палива, способом його спалювання та типом пальникових пристроїв. Найбільш екологічно чистим паливом є природний газ.

Для котельних нормативний викид визначається для кожного котлоагрегату окремо, а потім встановлюється на кожне джерело викидів (димову трубу) та в цілому по котельні. Розмір платежів за забруднення навколишнього середовища визначається на підставі лімітів викидів та базових нормативів плати за них. Платежі за забруднення відносяться до витрат на виробництво (загальнокотельні або загальновиробничі витрати, якщо котельня знаходиться у складі підприємства).

6.1 Визначення валових викидів забруднюючих речовин (паливо–природний газ)

При спалюванні природного газу необхідно розраховувати валові викиди наступних речовин:

- оксидів азоту NO_x ,
- оксиду вуглецю CO ,
- вуглекислого газу CO_2 ,
- ртуті Hg ,
- діазоту N_2O
- метану CH_4 .

Валовий викид i -ї забруднюючої речовини M_i , т/рік, що надходить у атмосферу з димовими газами котельних, визначається як сума валових викидів цієї речовини від усіх котлів, встановлених в котельні:

$$M_i = 10^{-6} \cdot \sum (K_i \cdot V_{\text{пал}}^{\text{рік}} \cdot Q_n^p), \quad (6.1)$$

де

K_i – показник емісії i -ої забруднюючої речовини г/ГДж;

$V_{\text{пал}}^{\text{рік}}$ – річна витрата палива енергетичної установки, т/рік;

Q_n^p – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг.

Для проведення конкретних розрахунків викидів забруднюючих речовин вихідні дані необхідно привести до відповідних одиниць виміру та нормальних умов і стандартного вмісту кисню.

Приклад 10.

$Q_H^p = 7970$ ккал/м³ – нижча робоча теплота згоряння палива.

Привести до розмірності МДж/кг.

Рішення:

Для палива природний газ нижча робоча теплота згоряння палива часто задана в ккал/м³ або в МДж/м³. Для перерахунку необхідно користуватись співвідношенням:

$$1 \text{ МДж/м}^3 = 4,187 \cdot 10^{-3} \cdot \text{ккал/м}^3;$$

$$1 \text{ МДж/кг} = 1 (\text{МДж/м}^3) / \rho,$$

де

ρ – густина природного газу [6]:

- $\rho = 0,723$ кг/м³ – газопровід Уренгой – Ужгород,
- $\rho = 0,764$ кг/м³ – газопровід Середня Азія – Центр.

Приведемо Q_H^p до розмірності МДж/кг:

$$\begin{aligned} Q_H^p &= 7970 \text{ ккал/м}^3 = 7970 \cdot 4,187 \cdot 10^{-3} = 33,37 \text{ МДж/м}^3 = \\ &= 33,37 / 0,723 = 46,15 \text{ МДж/кг}. \end{aligned}$$

6.2 Розрахунок показників емісії

Показник емісії, г/ГДж характеризує масову кількість забруднюючої речовини, віднесену до одиниці енергії, яка видається під час згоряння палива. При розрахунках використовують узагальнені та специфічні показники емісії.

У випадку попередньої оцінки впливу на оточуюче середовище на стадіях розміщення енергетичних об'єктів, упорядкування промислової забудови використовуються узагальнені показники з урахуванням заходів щодо зниження викидів (первинних режимно-технологічних та вторинних, наприклад азотоочисної установки). Узагальнені коефіцієнти емісії наведені в [6] для певної категорії енергетичних установок (потужністю більше 50 МВт) і технології спалювання палива.

Специфічний показник є питома величина викиду для конкретної енергетичної установки з урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесу спалювання та заходів щодо зниження викидів забруднювальної речовини.

Для конкретних розрахунків показника емісії оксидів азоту з використанням специфічного показника емісії враховуються паспортні

екологічні характеристики устаткування, які досягнуті в результаті випробувань енергетичних установок.

Перерахунок значення вимірної концентрації в показник емісії (г/ГДж) для конкретного джерела викидів визначається:

$$K_i = \frac{C_i \cdot V_{д.г.}}{Q_H^p} \quad (6.2)$$

де:

$V_{д.г.}$ – питомий об'єм сухих димових газів, приведений до нормальних умов та стандартного вмісту кисню:

при $O_2=0\%$: $V_{д.г.}=11,68 \text{ м}^3/\text{кг}$;

Q_H^p – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг.

C_i – фірмова **екологічна характеристика, або концентрація**, виміряна (встановлена) у результаті режимних випробувань, **мг/м³**, приведена до нормальних умов (коефіцієнт надлишку повітря $\alpha=1$) і стандартного вмісту кисню ($O_2=0\%$).

Якщо екологічні характеристики джерел теплоти котлів наведені при надлишковому вмісті кисню (наприклад, $O_2=3\%$), використовують коефіцієнт перерахунку h :

$$C_i^{\alpha=1} = C_i \cdot h = C_i \cdot \frac{21}{21-O_2} \quad (6.3)$$

а) Показник емісії оксидів вуглецю, г/ГДж.

Утворення оксиду вуглецю СО є результатом неповного згоряння органічного палива, зі зменшенням потужності енергетичної установки концентрація СО в димових газах зростає.

Основним методом визначення викидів оксиду вуглецю є вимірювання його концентрації, формула перерахунку її значення в показник емісії аналогічна формулі (6.3).

б) Для визначення викидів оксидів азоту і оксидів вуглецю для котельних потужністю до 50 МВт використовуються специфічні показники емісії, які визначаються шляхом перерахунку фірмових (заводських) екологічних характеристик (питомих викидів) у відповідні показники емісії K_{NOx} та K_{CO} , г/ГДж.

$$K_{NOx} = b_{NOx} \frac{1000}{3600}, \quad (6.4)$$

$$K_{CO} = b_{CO} \frac{1000}{3600}, \quad (6.5)$$

де

b_{NOx} , b_{CO} – відповідно **питомий викид оксиду азоту та оксиду вуглецю, мг/(кВт год)**, в продуктах згоряння при $\alpha=1$ за даними заводу–виробника котла

або режимних випробувань, залежить від конструктивних особливостей котла та паликових пристроїв.

Якщо питомі викиди наведені при $O_2 > 0\%$ (тобто коефіцієнт надлишку повітря $\alpha > 1$), необхідно використовувати коефіцієнт перерахунку h за формулою (6.3).

Перерахунок екологічних характеристик котла, якщо вони задані в інших розмірностях, наведено в п.6.3.

Приклад 11.

Екологічні характеристики котлів надані фірмою–виробником обладнання, дорівнюють при $O_2 = 3\%$:

концентрація оксидів азоту $C_{NOx} = 160 \text{ мг/м}^3$;

концентрація оксиду вуглецю $C_{CO} = 20 \text{ мг/м}^3$.

При стандартних умовах ($O_2 = 0\%$) концентрації викидів дорівнюють (за формулою 6.3):

$$C_{NOx}^{\alpha=1} = C_{NOx} \cdot h = C_{NOx} \cdot \frac{21}{21 - O_2} = 160 \frac{21}{21 - 3} = 186,67 \text{ мг/м}^3$$

$$C_{CO}^{\alpha=1} = C_{CO} \cdot h = C_{CO} \cdot \frac{21}{21 - O_2} = 20 \frac{21}{21 - 3} = 23,33 \text{ мг/м}^3$$

в) Показник емісії вуглекислого газу, г/ГДж:

$$K_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{C'}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_H^p} \cdot \varepsilon_c, \quad (6.6)$$

де

$C' = 73,67\%$ – масовий вміст вуглецю в паливі на горючу масу, дод.И [6];

$\varepsilon_c = 0,995$ – ступінь окислення вуглецю під час спалювання природного газу згідно дод. А [6],

Q_H^p – нижча робоча теплота згоряння палива, МДж/кг.

г) Показник емісії ртуті, дод. Д. [6].

$$K_{Hg} = 10^{-4} \frac{r}{ГДж}$$

д) Показник емісії оксиду діазоту дод. Е. [6]:

$$K_{N_2O} = 0,1 \frac{r}{ГДж}$$

е) Показник емісії метану, дод. Е. [4]:

$$K_{CH_4} = 1,0 \frac{r}{ГДж}$$

6.3 Перерахунок екологічних характеристик котлів

Екологічні характеристики котлів заводи–виробники можуть надавати у наступних одиницях виміру:

- відсотках до об'єму, %;
- ppm, в мг/м³;
- мг/(кВт·год);
- мг/м³;
- г/Гкал;
- інш.

Для правильного проведення розрахунків валових викидів необхідно привести величини, що входять у формулюю (6.1), до відповідних одиниць виміру.

При отриманні даних по екологічних характеристикам котлів необхідно з'ясовувати, при яких умовах вони були отримані ($\alpha=?$, $O_2=?$).

Якщо екологічні характеристики наведені в мг/м³ (концентрації забруднюючих речовин), розрахунок показника емісії оксидів азоту та оксидів вуглецю проводять за формулою (6.2), з урахуванням коефіцієнту перерахунку h за формулою (6.3) за умови, якщо заміри викидів проводились при $O_2 > 0\%$ (тобто $\alpha > 1$).

Якщо екологічні характеристики наведені в мг/(кВт·год) (питомі викиди забруднюючих речовин), розрахунок показника емісії оксидів азоту та оксидів вуглецю проводять за формулами (6.4) та (6.5) відповідно, з урахуванням коефіцієнту перерахунку h за формулою (6.3) при $O_2 > 0\%$.

Якщо дані екологічних характеристик наведені у відсотках до об'єму або в ppm, розрахунок показника емісії проводять за формулою (6.2), перед цим концентрація забруднюючих речовин в мг/м³ розраховується наступним чином:

$$C = \frac{M}{22,4} \cdot V \cdot h, \quad (6.7)$$

де

M – молярна маса оксиду:

$$M_{CO} = 28; M_{NO_2} = 46;$$

V – об'ємна концентрація речовини (в ppm);

h – коефіцієнт перерахунку, див. формулу (6.3).

Співвідношення одиниць:

$$1\% = 104 \text{ ppm}; \quad 1 \text{ ppm} = 10^{-4} \%$$

Для спрощення розрахунків (при $\alpha=1$):

CO:	1ppm відповідає 1,25 мг/м ³ .
NO ₂ :	1ppm відповідає 2,05 мг/м ³ .

При $O_2 > 0\%$ (тобто $\alpha > 1$) враховують коефіцієнт перерахунку h .

Співвідношення одиниць питомих викидів забруднюючих речовин наведено в таблиці 6.1.

Таблиця 6.1

Од. вим.	мг/(кВт·год)	г/(кВт·год)	г/ГДж	кг/ГДж	г/Гкал
мг/(кВт·год)	1	10^{-3}	0,27	$0,27 \cdot 10^{-3}$	1,163
г/(кВт·год)	10^3	1	$0,27 \cdot 10^3$	0,27	$1,163 \cdot 10^3$
г/ГДж	3,6	$3,6 \cdot 10^{-3}$	1	10^{-3}	4,189
кг/ГДж	3600	3,6	10^3	1	$4,189 \cdot 10^3$
г/Гкал	0,86	$0,86 \cdot 10^{-3}$	0,24	$0,24 \cdot 10^{-3}$	1

Приклад 12.

Концентрації CO в продуктах згоряння наведені у % і складають 0,005% (при $O_2=6\%$, тобто $h = \frac{21}{21-6} = 1,4$).

Нижча робоча теплота згоряння палива $Q_H^p = 46,15$ МДж/кг.

Розрахувати показник емісії.

Рішення:

$C^{\alpha=1,4} = 0,005 \cdot 104 = 50$ ppm, що відповідає $50 \cdot 1,25 = 62,5$ мг/м³.

$C^{\alpha=1} = C^{\alpha=1,4} \cdot h = 62,5 \cdot \frac{21}{21-6} = 87,5$ мг/м³.

Коефіцієнт емісії за формулою (6.2) дорівнює:

$$K_{CO} = \frac{C_{CO} \cdot V_{d.g.}}{Q_p^H} = \frac{87,5 \cdot 11,68}{46,15} = 22,15 \text{ г/ГДж.}$$

6.4. Методи зниження викидів азоту

Основні методи зниження утворення оксидів азоту:

- наладка процесу згоряння палива (підбирається оптимальне співвідношення витрат палива і повітря, зниження температури факелу та ін.);
- рециркуляція димових газів в топкову камеру;
- багатостадійне спалювання палива;
- подача води та пару в зону горіння;
- зменшення надлишку повітря в топці,
- зниження температури підігріву повітря,
- застосування пальників спеціальної конструкції,
- підвищення екранування топкової камери.

Приклад 13.

Розрахувати плату за викиди котельні для теплопостачання тубдиспансеру в м.Києві. Паливо - природний газ $Q_H^p = 7970$ ккал/м³.

В котельні встановлено:

- 2 водогрійні котли теплопродуктивністю $Q = 315$ кВт, $\eta = 94\%$;

- 2 парові котли паропроодуктивністю $D = 235$ кг/год, $\eta = 91\%$ (один з них – резервний).

Екологічні характеристики, надані фірмою–виробником обладнання, і підтверджені відповідними актами випробувань:

Водогрійний котел:

– Питомий викид оксидів азоту в продуктах згоряння при $O_2 = 3\%$

$b_{NOx} = 80$ мг/кВт·год;

– Питомий викид оксиду вуглецю в продуктах згоряння при $O_2 = 3\%$

$b_{CO} = 20$ мг/кВт·год;

Паровий котел:

– Питомий викид оксидів азоту в продуктах згоряння при $O_2 = 3\%$

$b_{NOx} = 75$ мг/кВт·год;

– Питомий викид оксиду вуглецю в продуктах згоряння при $O_2 = 3\%$

$b_{CO} = 25$ мг/кВт·год;

Рішення:

1) Перерахунок нижчої робоча теплота згоряння палива Q_H^p в МДж/кг:

$Q_H^p = 7970$ ккал/м³ $= (7970 \cdot 4,187 \cdot 10^{-3}) / 0,723 = 46,15$ МДж/кг,

де

$\rho = 0,723$ кг/м³ – густина природного газу.

2) Перерахунок екологічних характеристик.

Питомі викиди оксидів азоту і вуглецю в продуктах згоряння, приведені до $\alpha = 1$:

Водогрійний котел:

$$b_{NOx} = 80 \cdot \frac{21}{21-3} = 93,3 \frac{\text{мг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}};$$

$$b_{CO} = 20 \cdot \frac{21}{21-3} = 23,3 \frac{\text{мг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}};$$

Паровий котел:

$$b_{NOx} = 75 \cdot \frac{21}{21-3} = 87,5 \frac{\text{мг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}};$$

$$b_{CO} = 25 \cdot \frac{21}{21-3} = 29,17 \frac{\text{мг}}{\text{кВт} \cdot \text{год}}.$$

3) Річна витрата палива котлами:

- водогрійними (в роботі – 2 котла):

$$B_{\text{в}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{в}}^{\text{рік}} \cdot 10^3}{Q_{\text{п}}^{\text{н}} \cdot \eta} = \frac{1220,56 \cdot 10^3}{7970 \cdot 0,94} = 162,9 \text{ тис.} \frac{\text{м}^3}{\text{рік}},$$

$$\text{або } 162,9 \cdot 0,723 = 117,8 \text{ т/рік}$$

- паровими (працює 1 котел, другий постійно я в резерві):

$$B_{\text{п}}^{\text{рік}} = \frac{Q_{\text{п}}^{\text{рік}} \cdot 10^3}{Q_{\text{п}}^{\text{н}} \cdot \eta} = \frac{185,52 \cdot 10^3}{7970 \cdot 0,91} = 25,6 \text{ тис.} \frac{\text{м}^3}{\text{рік}},$$

$$\text{або } 25,6 \cdot 0,723 = 18,5 \text{ т/рік};$$

тут $Q_{\text{в}}^{\text{рік}}$; $Q_{\text{п}}^{\text{рік}}$ – кількість виробленої теплоти водогрійними та паровими котлами (див.п.3.1 прикладу 9); $\rho=0,723 \text{ кг/м}^3$ – густина природного газу.

4) Розрахунок валових викидів від водогрійних котлів (формула 6.1).

Річні валові викиди NO_x визначаються за формулою:

$$M_{\text{NO}_x}^{\text{в}} = 10^{-6} \cdot K_{\text{NO}_x} \cdot B_{\text{в}}^{\text{рік}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 10^{-6} \cdot 25,93 \cdot 117,8 \cdot 46,15 = 0,141 \text{ т},$$

де

$$K_{\text{NO}_x} = b_{\text{NO}_x} \cdot \frac{1000}{3600} = 93,3 \cdot \frac{1000}{3600} = 25,93 \frac{\text{г}}{\text{ГДж}} - \text{показник емісії оксидів}$$

азоту* за формулою (6.4);

$b_{\text{NO}_x} = 93,3 \text{ мг/кВт} \cdot \text{год}$ – питомий викид оксиду азоту в продуктах згоряння водогрійних котлів при $\alpha=1$.

Річні валові викиди CO визначаються за формулою:

$$M_{\text{CO}}^{\text{в}} = 10^{-6} \cdot K_{\text{CO}} \cdot B_{\text{в}}^{\text{рік}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 10^{-6} \cdot 6,47 \cdot 117,8 \cdot 46,15 = 0,035 \text{ т},$$

де

$$K_{\text{CO}} = b_{\text{CO}} \cdot \frac{1000}{3600} = 23,3 \cdot \frac{1000}{3600} = 6,47 \frac{\text{г}}{\text{ГДж}} - \text{показник емісії оксидів азоту}$$

за формулою (10.7);

$b_{\text{CO}} = 23,3 \text{ мг/кВт} \cdot \text{год}$ – питомий викид оксиду вуглецю в продуктах згоряння водогрійних котлів при $\alpha=1$.

Річні валові викиди CO_2 визначаються за формулою:

$$M_{\text{CO}_2}^{\text{в}} = 10^{-6} \cdot K_{\text{CO}_2} \cdot B_{\text{в}}^{\text{рік}} \cdot Q_{\text{н}}^{\text{п}} = 10^{-6} \cdot 58239 \cdot 117,8 \cdot 46,15 = 316,6 \text{ т},$$

де

$$K_{\text{CO}_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{c'}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_{\text{н}}^{\text{п}}} \cdot \varepsilon_c = \frac{44 \cdot 73,67 \cdot 10^6}{12 \cdot 100 \cdot 46,15} \cdot 0,995 = 58239 \frac{\text{г}}{\text{ГДж}} - \text{показник емісії}$$

вуглекислого газу за формулою (6.6).

Річні валові викиди ртуті Hg визначаються за формулою:

$$M_{Hg}^B = 10^{-6} \cdot K_{Hg} \cdot B_{\epsilon}^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 10^{-4} \cdot 117,8 \cdot 46,15 = 0,5 \cdot 10^{-6} \text{ т.}$$

де

$$K_{Hg} = 10^{-4} \frac{\epsilon}{ГДж} \text{ показник емісії ртуті.}$$

Річні валові викиди оксиду діазоту N_2O визначаються за формулою:

$$M_{N_2O}^B = 10^{-6} \cdot K_{N_2O} \cdot B_{\epsilon}^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 117,8 \cdot 46,15 = 0,0005 \text{ т}$$

де

$$K_{N_2O} = 0,1 \frac{\epsilon}{ГДж} - \text{показник емісії оксиду діазоту.}$$

Річні валові метану CH_4 визначаються за формулою:

$$M_{CH_4}^B = 10^{-6} \cdot K_{CH_4} \cdot B_{\epsilon}^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 117,8 \cdot 46,15 = 0,005 \text{ т}$$

де

$$K_{CH_4} = 1,0 \frac{\epsilon}{ГДж} - \text{показник емісії метану.}$$

5) Розрахунок валових викидів від парового котла

Річні валові викиди NO_x визначаються за формулою:

$$M_{NO_x}^B = 10^{-6} \cdot K_{NO_x} \cdot B_n^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 24,31 \cdot 18,5 \cdot 46,15 = 0,021 \text{ т,}$$

де

$$K_{NO_x} = b_{NO_x} \cdot \frac{1000}{3600} = 87,5 \cdot \frac{1000}{3600} = 24,31 \frac{\epsilon}{ГДж} - \text{показник емісії оксидів}$$

азоту за формулою (6.4);

$b_{NO_x} = 87,5 \text{ мг/кВт} \cdot \text{год}$ – питомий викид оксиду азоту в продуктах парового котла згоряння при $\alpha=1$.

Річні валові викиди CO визначаються за формулою:

$$M_{CO}^B = 10^{-6} \cdot K_{CO} \cdot B_n^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 8,103 \cdot 18,5 \cdot 46,15 = 0,007 \text{ т,}$$

де

$$K_{CO} = b_{CO} \cdot \frac{1000}{3600} = 29,17 \cdot \frac{1000}{3600} = 8,103 \frac{\epsilon}{ГДж} - \text{показник емісії оксидів}$$

азоту за формулою (6.5);

$b_{CO} = 29,17 \text{ мг/кВт} \cdot \text{год}$ – питомий викид оксиду вуглецю в продуктах згоряння парового котла при $\alpha=1$.

Річні валові викиди CO_2 визначаються за формулою:

$$M_{CO_2}^B = 10^{-6} \cdot K_{CO_2} \cdot B_n^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 58239 \cdot 18,5 \cdot 46,15 = 49,7 \text{ т}$$

де

$K_{CO_2} = \frac{44}{12} \cdot \frac{c'}{100} \cdot \frac{10^6}{Q_n^p} \cdot \varepsilon_c = \frac{44 \cdot 73,67 \cdot 10^6}{12 \cdot 100 \cdot 46,15} \cdot 0,995 = 58239 \frac{г}{ГДж}$ – показник емісії вуглекислого газу за формулою (6.5).

Річні валові викиди ртуті Hg визначаються за формулою
 $M_{Hg}^n = 10^{-6} \cdot K_{Hg} \cdot B_n^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 10^{-4} \cdot 18,5 \cdot 46,15 = 0,085 \cdot 10^{-6} t$
 де
 $K_{Hg} = 10^{-4} \frac{г}{ГДж}$ показник емісії ртуті.

Річні валові викиди оксиду діазоту N₂O визначаються за формулою
 $M_{N_2O}^n = 10^{-6} \cdot K_{N_2O} \cdot B_n^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 0,1 \cdot 18,5 \cdot 46,15 = 0,85 \cdot 10^{-4} t$
 де
 $K_{N_2O} = 0,1 \frac{г}{ГДж}$ – показник емісії оксиду діазоту.

Річні валові викиди метану CH₄ визначаються за формулою
 $M_{CH_4}^n = 10^{-6} \cdot K_{CH_4} \cdot B_n^{pik} \cdot Q_n^p = 10^{-6} \cdot 1 \cdot 18,5 \cdot 46,15 = 0,85 \cdot 10^{-3} t$
 де
 $K_{CH_4} = 1,0 \frac{г}{ГДж}$ – показник емісії метану.

6) Розрахунок загальних викидів забруднюючих речовин від джерела теплопостачання – зведено в таблицю.

Найменування	Водогрійні котли	Паровий котел	Разом від котельні
	т/рік	т/рік	т/рік
Оксиди азоту NO_x	0,141	0,021	0,162
Оксид вуглецю CO	0,035	0,007	0,042
Вуглекислий газ CO₂	316,6	49,7	366,3
Ртуть Hg	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$0,085 \cdot 10^{-6}$	$0,585 \cdot 10^{-6}$
Оксид діазоту N₂O	0,0005	$0,85 \cdot 10^{-3}$	0,00135
Метан CH₄	0,005	$0,085 \cdot 10^{-3}$	0,0051
Разом	316,78	49,73	366,51

7) Розмір плати за викиди в атмосферу забруднюючих речовин (викиди – в межах встановлених лімітів) визначається з урахуванням ставки податку, H , грн/т (дані, діючі на момент виконання розрахунку, 2021 р.).

Розрахунок плати за викиди для котельні зведений в таблицю.

Найменування	Валовий викид	H	Плата за викиди
	т/рік	грн./т	грн./рік
Оксиди азоту NO_x	0,162	2451,84	397,20
Оксид вуглецю CO	0,042	92,37	3,88
Вуглекислий газ (двоокис вуглецю) CO_2	366,3	10	3663,00
Ртуть Hg	$0,585 \cdot 10^{-6}$	103931,28	0,06
Оксид діазоту N_2O	0,00135	4016*	5,42
Метан CH_4	0,0051	138,57**	0,71
Разом	366,51		4070,27

* Ставку встановлено як для забруднюючої речовини II класу небезпеки;

** Ставку встановлено як для забруднюючої речовини IV класу небезпеки.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алабовський О. М., Боженко М. Ф., Хоренженко Ю. В. Проектування котелень промислових підприємств: Курсове проектування з елементами САПР: Навч. посіб. – К.: Вища шк., 1992. – 207 с.: іл.
2. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні. КТМ-204 Україна 244-94. - К.: ЗАТ"ВІПОЛ", 200376 с.
3. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. К.: НДІБК, 2011. – 127 с.
4. Боженко М. Ф., Сало В. П. Джерела теплопостачання та споживачі теплоти: Навч. посіб. К. ІВЦ „Видавництво «Політехніка»”, 2004. 192 с.
5. Ривкин С.Л., Александров А.А. Термодинамические свойства воды и водяного пара: Справочник. М.: Энергоатомиздат, 1984, 80с.
6. ГКД 34.02.305–2002. Викиди забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок. К.: ОЕП «ГРІФРЕ», 2002. 43 с.
7. Рекомендации по определению технико–экономических показателей котельных. Серия Ж5–26. М.: ГПИ САНТЕХПРОЕКТ, 1984г. 41 с.
8. ДБН В.2.5-39:2008 Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі. -К.: Мінреконбуд України, 56 с.

ДОДАТОК 1 ІНДИВІДУАЛЬНІ ЗАВДАННЯ ДО РОЗРАХУНКОВОЇ РОБОТИ

Завдання 1

Районна котельня забезпечує постачання теплової енергії для трьох будівель: громадська, житлова та виробнича (промислова).

Види навантажень для будівель:

- громадських будівель – опалення, механічна вентиляція та ГВП;
- житлова будівель – опалення та ГВП,
- виробнича будівель – опалення та механічна вентиляція.

Визначити річні витрати теплової енергії на джерело теплопостачання.

Режим роботи ГВП *громадських* будівель (див. примітку п.2.3.1):

- непарні варіанти (за першою цифрою): 5 днів/тиждень, 18 годин/добу;
- парні варіанти (за першою цифрою): 6 днів/тиждень, 15 годин/добу.

Режим роботи *виробничих* приміщень:

– кількість недільних і святкових днів, що приходяться на опалювальний період:

- $a=6$, якщо перша цифра варіанту $0 \div 4$;
- $a=7$, якщо перша цифра варіанту $5 \div 9$;
- кількість годин роботи на добу:
 - $m=10$, якщо перша цифра варіанту $0 \div 4$;
 - $m=12$, якщо перша цифра варіанту $5 \div 9$.

Індивідуальні варіанти завдань наведено у таблицях А та Б.

Таблиця А

№ вар.	Місто	Тип громадської будівлі	Рік забудови	Тип виробничих будівель / цех
0	Дніпро	Спорткомплекс	1929	Термічний
1	Полтава	Школа-інтернат	1965	Ковальський
2	Вінниця	Клуб	1984	Механічний
3	Ів.-Франківськ	Адміністративна	1988	Деревообробний
4	Тернопіль	Школа	1954	Метал. конструкцій
5	Хмельницький	Дитячий садок	1942	Ремонтний
6	Херсон	Їдальня	1977	Компресорна
7	Запоріжжя	Лікарня	1980	Слюсарна майстерня
8	Харків	Технікум	1972	Модельний
9	Ужгород	Санаторій	1990	Побут. приміщення

Таблиця Б

№ вар.	Зовнішній об'єм громадської будівлі, $V_{гр}, м^3$	Зовнішній об'єм житлової будівлі, $V_{ж}, м^3$	Житло ва площа $F_{ж}, м^2$	Кількість споживачів гарячої води, людей		Зовнішній об'єм виробничих (промислових) приміщень, $V_{пр}, м^3$
				$m_{гр}$	$m_{ж}$	
0	6100	-	4000	90	215	3500
1	5200	9500	-	73	133	6000
2	3500	-	1800	50	110	7000
3	4900	5100	-	70	72	8000
4	5800	-	2300	80	138	9000
5	3700	4400	-	55	63	4000
6	8400	-	1200	118	75	5600
7	7500	3900	-	105	55	7200
8	7000	-	3200	95	190	4900
9	4200	6000	-	60	80	5800

Порядок виконання завдання №1

1. Річна витрата теплової енергії на потреби опалення
 - 1.1. Витрати теплоти на потреби опалення *житлової будівлі*
 - 1.1.1. Максимальна витрата теплової енергії
 - 1.1.2. Річна витрата теплової енергії
 - 1.2. Витрати теплоти на потреби опалення *громадської будівлі*
 - 1.2.1. Максимальна витрата теплової енергії
 - 1.2.2. Річна витрата теплової енергії
 - 1.3. Витрати теплоти на потреби опалення *виробничої будівлі*
 - 1.3.1. Максимальна витрата теплової енергії
 - 1.3.2. Річна витрата теплової енергії
 - 1.4. Сумарні витрати на потреби опалення
2. Річна витрата теплової енергії на потреби механічної вентиляції
 - 2.1. Витрати теплоти на потреби вентиляції *громадської будівлі*
 - 2.1.1. Максимальна витрата теплової енергії
 - 2.2. Витрати теплоти на потреби вентиляції *виробничої будівлі*
 - 2.3. Сумарні витрати на потреби вентиляції
3. Річна витрата теплової енергії на потреби гарячого водопостачання
 - 3.1. Витрати теплоти на потреби ГВП *житлової будівлі*
 - 3.2. Витрати теплоти на потреби ГВП *громадської будівлі*
 - 3.3. Сумарні витрати на потреби ГВП
4. Сумарні річні витрати теплової енергії для районної котельні

Завдання 2

Визначити основні техніко-економічні показники котельні з за вихідними даними з таблиці В.

ККД котлів прийняти за даними таблиці Г після вибору котлів відповідно до приєднаного навантаження.

Населений пункт – прийняти за даними таблиці А (завдання 1 РГР).

Районна пароводогрійна котельня постачає теплову енергію у вигляді гарячої води та пари на потреби:

- опалення групи будівель;
- механічної вентиляції групи будівель;
- гарячого водопостачання групи будівель;
- технологічне постачання пари для виробничого підприємства.

У якості вихідних даних задано сумарне приєднане навантаження:

- на потреби опалення Q_o , кВт;
- на потреби вентиляції Q_v , кВт;
- на потреби гарячого водопостачання (середнє) $Q_{гвп}^{сер}$, кВт;
- на технологію (пара) $D_{тех}$, кг/год

Система теплопостачання – замкнута, приготування гарячої води здійснюється централізовано.

Довжина теплотраси: парні варіанти 800 м, непарні варіанти 2400 м.

Режим роботи:

- режим роботи котельні – 350 днів на рік;
- опалення – в опалювальний період 24 години на добу;
- вентиляція – в опалювальний період 8 годин на добу;
- гаряче водопостачання – 24 години на добу 350 днів на рік;
- технологічне паропостачання: 8 годин за добу, кількість робочих днів – 270;
- величина продувки котла за паспортом – 3%.

Котли працюють на природному газі з теплотворною здатністю:

$$Q_H^p = 8100 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} (\text{парні варіанти}); \quad Q_H^p = 8000 \frac{\text{ккал}}{\text{м}^3} (\text{непарні варіанти});$$

Параметри теплоносіїв:

- на опалення – вода по температурному графіку 90–70°C;

- на вентиляцію – вода по температурному графіку 90–70°C;
- гаряче водопостачання – вода з температурою 55°C;
- технологічні потреби – пара насичена $P_{абс}=0,17$ МПа та $t_{п}=115^{\circ}\text{C}$.
 - кількість конденсату, що повертається:
 $n_k=70\%$ (парні), 90% (непарні);
 - температура конденсату $t_k=85^{\circ}\text{C}$ (парні), 95°C (непарні),

Середньомісячну зарплату обслуговуючого персоналу (грн/людину) прийняти у розмірі:

$$ЗП = ЗП_{\min} \cdot 1,5$$

де $ЗП_{\min}$ - офіційно затверджена в Україні мінімальна заробітна плата, грн (на момент виконання розрахунку).

Вартість палива та енергоресурсів (холодна вода, електроенергія) прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників) для відповідного міста.

Для виконання порівняльної оцінки тариф на централізоване теплопостачання прийняти у відповідності до значень, вказаних у офіційних джерелах (сайтах постачальників теплоти) для відповідного міста.

Таблиця В

Вихідні дані для розрахунку техніко-економічних показників

№ вар.	$Q_o^{max},$ кВт	$Q_{в},$ кВт	$Q_{з.в.сер},$ кВт	$D_{т},$ кг/год	Кількість персоналу $n_{п},$ людей	Витрата електроенергії, кВт-год/рік
1	200	270	70	75	3	36000
2	150	150	72	170	2	35400
3	120	110	47	70	2	28100
4	140	250	90	220	3	37200
5	270	80	350	260	3	35400
6	280	220	390	68	3	47000
7	380	320	470	80	4	49000
8	340	200	60	82	3	48400
9	490	450	430	240	4	42000
10	300	250	160	85	3	26800

Таблиця Г

Вихідні дані для вибору котлів та розрахунку екологічних показників

Тепло-продуктивність котла, кВт	ККД, %	Вміст шкідливих речовин в продуктах згоряння котла			Примітка
		NOx	CO	Од. виміру	
Водогрійні котли					
250	91	0,008	0,001	%	O ₂ =3%
320	91,5	60	40	мг/кВт-год	O ₂ =3%
410	93	25	130	мг/м ³	α=1
520	92,5	85	50	мг/кВт-год	O ₂ =6%
590	92	35	5	ppm	O ₂ =0%
640	92,5	58	10	ppm	O ₂ =3%
760	92	125	11	ppm	O ₂ =6%
1100	92,5	177	30	мг/м ³	α=1
1300	92,5	165	20	мг/м ³	α=1,4
1500	93	185	30	мг/м ³	O ₂ =3%
Парогенератори					
100 кг/год	91	120	44	мг/кВт-год	O ₂ =3%
140 кг/год	91,5	100	35	мг/кВт-год	O ₂ =0%
300 кг/год	92	130	48	мг/кВт-год	O ₂ =6%

Завдання 3

Визначити плату за викиди шкідливих речовин (грн/рік) під час спалювання природного газу котельні за вихідними даними завдання 2.

Порядок виконання завдання 2

1. Визначення приєднаного теплового навантаження у вигляді гарячої води на потреби опалення, вентиляції та ГВП та пари на потреби технології.
2. Вибір котлів:
 - водогрійних (бажано обирати не менше двох котлів),
 - парових.
3. Визначення встановленої потужності котельні.
4. Визначення річного витрачення теплоти (відпущена та вироблена тепла енергія).
5. Визначення річного витрачення палива, електроенергії та води.
6. Визначення річних експлуатаційних витрат за видами.
7. Визначення собівартості теплової енергії.
8. Зведення техніко-економічних показників до таблиці.

Порядок виконання завдання 3

1. Перерахунок нижчої робочої теплоти згорання палива.
2. Перерахунок екологічних характеристик котлів до стандартних умов.
3. Визначення річної витрати палива окремо водогрійними та паровими котлами.
4. Розрахунок річних валових викидів від водогрійних котлів.
5. Розрахунок річних валових викидів від парових котлів.
6. Розрахунок загальних викидів від джерела теплопостачання.
7. Визначення плати за викиди з урахуванням ставок податку, діючих на момент розрахунку (потрібно уточнити).

ДОДАТОК 2

Розрахункова температура внутрішнього повітря для існуючих будівель [2]

	Найменування	$t_{вн}, ^\circ\text{C}$
1	Дитячі дошкільні заклади загального типу (дитячі садочки)	20
2	Школи, ПТУ, ВУЗи, інші заклади для підготовки кадрів	18
3	Позашкільні заклади: бібліотеки, лабораторні корпуси та ін.	18
4	Поліклініки, стаціонари, диспансери, санаторії, медпункти	20
5	Будинки відпочинку, пансіонати, туристичні заклади	18
6	Спортзали	18
7	Науково–дослідні інститути	18
8	Конференц–зали, вестибюлі, клуби	16
9	Кінотеатри, театри	16
10	Підприємства громадського харчування	16
11	Магазини, ринки	15
12	Підприємства комунального господарства	
	хімчистка	16
	кладові	15
	перукарні	18
	бані	25
	пральні	15
13	Громадські та адміністративні будівлі та установи	18
14	Вокзали, диспетчерські	18
15	Гаражі, пожежні депо	10
16	Готелі, мотелі, та кемпінги	18
17	Існуючі житлові будівлі, в тому числі серійного типу	18

ДОДАТОК 3

Питомі характеристики опалення та вентиляції громадських будівель ($t_{p.o.} = -30^{\circ}\text{C}$) [2]

Будівлі	Зовнішні об'єми будівель тис.м ³	q_o				q_e			
		до 1980р.		1981–2000		до 1980р.		1981–2000	
		ккал/ (м ³ ·год·К)	Вт/ м ³ ·К	ккал/ (м ³ ·год·К)	Вт/ м ³ ·К	ккал/ (м ³ ·год·К)	Вт/ м ³ ·К	ккал/ (м ³ ·год·К)	Вт/ м ³ ·К
Адміністративні	До 5	0,43	0,50	0,46	0,53	0,09	0,10	0,54	0,63
	5–10	0,38	0,44	0,38	0,44	0,08	0,09	0,64	0,74
	10–15	0,35	0,41	0,35	0,41	0,07	0,08	0,73	0,85
	> 15	0,32	0,37	0,32	0,37	0,16	0,19	0,73	0,85
Клуби	До 5	0,37	0,43	0,39	0,45	0,25	0,29	0,44	0,51
	5–10	0,33	0,38	0,34	0,40	0,23	0,27	0,64	0,74
	>10	0,3	0,35	0,31	0,36	0,20	0,23	0,64	0,74
Дитячі садки та ясла	До 5	0,38	0,44	0,41	0,48	0,11	0,13	0,23	0,27
	> 5	0,34	0,40	0,38	0,44	0,10	0,12	0,22	0,26
Школи	До 5	0,39	0,45	0,42	0,49	0,09	0,10	–	–
	5–10	0,35	0,41	0,38	0,44	0,08	0,09	0,54	0,63
	>10	0,33	0,38	0,35	0,41	0,07	0,08	0,52	0,60
Школи–інтернати	До 5	0,42	0,49	0,42	0,49	–	–	0,37	0,43
	5–10	0,38	0,44	0,38	0,44	–	–	0,37	0,43
	>10	0,35	0,41	0,35	0,41	–	–	0,60	0,70
Лабораторні корпуси	До 5	0,37	0,43	0,37	0,43	1,00	1,16	1,0	1,16
	5–10	0,35	0,41	0,35	0,41	0,95	1,10	0,95	1,10
	> 10	0,33	0,38	0,33	0,38	0,90	1,05	0,9	1,05
Навчальні заклади (в т.ч. ПТУ)	До 10	0,35	0,41	0,37	0,43	0,10	0,12	0,51	0,59
	10–15	0,33	0,38	0,34	0,40				
	15–20	0,30	0,35	0,31	0,36	0,08	0,09	0,53	0,62
	> 20	0,24	0,28	0,27	0,31				
Поліклініки, лікарні й диспансери	До 5	0,40	0,47	0,40	0,47	0,29	0,34	0,56	0,65
	5–10	0,36	0,42	0,36	0,42	0,28	0,33	0,54	0,63
	10–15	0,32	0,37	0,32	0,37	0,26	0,30	0,51	0,59
	> 15	0,30	0,35	0,30	0,35	0,25	0,29	0,48	0,56
Санаторії – профілакторії	До 5	0,48	0,56	0,48	0,56	–	–	0,62	0,72
	5–15	0,38	0,44	0,38	0,44	–	–	0,59	0,69
	>15	0,34	0,40	0,34	0,40	–	–	0,56	0,65
Дитбудинки	>15	0,35	0,41	0,35	0,41	–	–	0,52	0,60
Підпр. громад. харчування, їдальні	До 5	0,35	0,41	0,37	0,43	0,70	0,81	1,58	1,84
	5–10	0,33	0,38	0,35	0,41	0,65	0,76	1,23	1,43
	> 10	0,3	0,35	0,3	0,35				
Будинки побуту	До 5	0,42	0,49	0,42	0,49	–	–	0,35	0,41
	5–10	0,35	0,41	0,35	0,41	–	–	0,60	0,70
	> 10	0,33	0,38	0,33	0,38				
Спорткомплекси і басейни	До 5	0,42	0,49	0,42	0,49	–	–	0,51	0,59
	5–10	0,33	0,38	0,33	0,38				
	10–15	0,30	0,35	0,30	0,35	–	–	0,45	0,52
	> 15	0,25	0,29	0,25	0,29	–	–	0,24	0,28

ДОДАТОК 4

Питомі характеристики **опалення житлових** будівель*, збудованих до 1930 р.,

q_o , ккал/(м³·год·К) та Вт/м³·К, ($t_{p.o.} = -30^\circ\text{C}$) [2]

Об'єм будівель, збудованих за зовнішнім обміром, м ³	Для районів із зовнішньою температурою повітря					
	менше -20°C		від -20°C до -30°C		більше -30°C	
	ккал/(м ³ ·год·К)	Вт/м ³ ·К	ккал/(м ³ ·год·К)	Вт/м ³ ·К	ккал/(м ³ ·год·К)	Вт/м ³ ·К
500–2000	0,37	0,43	0,41	0,48	0,45	0,52
2000–5000	0,28	0,33	0,3	0,35	0,38	0,44
5000–10000	0,24	0,28	0,265	0,31	0,285	0,33
10000–15000	0,21	0,24	0,23	0,27	0,25	0,29
15000–25000	0,195	0,23	0,21	0,24	0,23	0,27
> 25000	0,185	0,22	0,195	0,23	0,215	0,25

ДОДАТОК 5

Питомі **опалювальні** характеристики **житлових будинків***, споруджених у 1971 р. та

пізніше, q_o , ккал/(м³·год·К) та Вт/м³·К, ($t_{p.o.} = -30^\circ\text{C}$) [2]

об'єм будинків за зовнішнім обміром, м ³	Питомі опалювальні характеристики будинків для районів із зовнішньою температурою повітря -30°C			
	1971–1980		після 1981р.	
	ккал/(м ³ ·год·К)	Вт/(м ³ ·К)	ккал/(м ³ ·год·К)	Вт/(м ³ ·К)
200–2000	0,66	0,77	0,7	0,81
2001–5000	0,45	0,52	0,43	0,50
5001–10000	0,38	0,44	0,36	0,42
10001–15000	0,36	0,42	0,34	0,40
15001–25000	0,34	0,40	0,33	0,38
Понад 25000	0,33	0,38	0,33	0,38

ДОДАТОК 6

Питомі характеристики **опалення** житлових будівель*, споруджених у 1930–1970рр.
для районів із зовнішньою температурою мінус 30⁰С , ккал/(м³·год·К) та Вт/м³·К [2]

Об'єм будівель за зовнішнім обміром, м ³	Споруджених			
	До 1958 р.		Після 1958 р.	
	ккал/(м ³ ·год·°С)	Вт/(м ³ ·К)	ккал/(м ³ ·год·°С)	Вт/(м ³ ·К)
100	0,74	0,86	0,92	1,07
200	0,66	0,77	0,82	0,95
300	0,62	0,72	0,78	0,91
400	0,60	0,70	0,74	0,86
500	0,58	0,67	0,71	0,83
600	0,56	0,65	0,69	0,80
700	0,54	0,63	0,68	0,79
800	0,53	0,62	0,67	0,78
900	0,52	0,60	0,66	0,77
1000	0,51	0,59	0,65	0,76
1100	0,50	0,58	0,62	0,72
1200	0,49	0,57	0,60	0,70
1300	0,48	0,56	0,59	0,69
1400	0,47	0,55	0,58	0,67
1500	0,47	0,55	0,57	0,66
1700	0,46	0,53	0,55	0,64
2000	0,45	0,52	0,53	0,62
2500	0,44	0,51	0,52	0,60
3000	0,43	0,50	0,50	0,58
3500	0,42	0,49	0,48	0,56
4000	0,40	0,47	0,47	0,55
4500	0,39	0,45	0,46	0,53
5000	0,38	0,44	0,45	0,52
6000	0,37	0,43	0,43	0,50
7000	0,36	0,42	0,42	0,49
8000	0,35	0,41	0,41	0,48
9000	0,34	0,40	0,40	0,47
10000	0,33	0,38	0,39	0,45
11000	0,32	0,37	0,38	0,44
12000	0,31	0,36	0,38	0,44
13000	0,30	0,35	0,37	0,43
14000	0,30	0,35	0,37	0,43
15000	0,29	0,34	0,37	0,43
20000	0,28	0,33	0,37	0,43
25000	0,28	0,33	0,37	0,43
30000	0,28	0,33	0,36	0,42
35000	0,28	0,33	0,35	0,41
40000	0,27	0,31	0,35	0,41
45000	0,27	0,31	0,34	0,40
50000	0,26	0,30	0,34	0,40

ДОДАТОК 7

Значення питомих опалювальної та вентиляційної характеристик для виробничих будівель⁴

Призначення будівель	Розрахункова $t_{вн}, ^\circ C$	Об'єм, тис.м ³	Питомі теплові характеристики будівель, Вт/(м ³ · К)	
			Опалювальна q_o	Вентиляційна q_v
Термічні цехи	14	< 10	0,465...0,35	1,51...1,40
		10...30	0,35...0,29	1,40...1,16
		30...75	0,29...0,23	1,16...0,70
Ковальські цехи	14	< 10	0,465...0,35	0,81...0,70
		10...50	0,35...0,29	0,70...0,58
		50...100	0,29...0,17	0,58...0,35
Механоскладальні та механічні цехи, слюсарні майстерні	16	5...10	0,64...0,52	0,465...0,29
		10...50	0,52...0,465	0,29...0,17
		50...100	0,465...0,44	0,17...0,14
		100...200	0,44...0,41	0,14...0,09
Деревообробні та модельні цехи	16	< 5	0,70...0,64	0,70...0,58
		5...10	0,64...0,52	0,58...0,52
		10...50	0,52...0,465	0,52...0,465
Цехи металевих реконструкцій	16	50...100	0,44...0,41	0,62...0,52
		100...150	0,41...0,35	0,52...0,41
Ремонтні цехи	16	5...10	0,70...0,58	0,23...0,17
		10...20	0,58...0,52	0,17...0,12
Компресорні та насосні приміщення	16	1	0,70	—
		3	0,64	—
		5	0,58	—
		10	0,41	—
Побутові та адміністративні приміщення на підприємствах	18	0,5...1	0,70...0,52	—
		1...2	0,52...0,465	—
		2...5	0,465...0,38	0,16...0,14
		5...10	0,38...0,35	0,14...0,13
		10...20	0,35...0,29	0,13...0,12

Норми споживання гарячої води

Споживачі	Одиниця виміру	Норма, кг/добу
<i>Адміністративні будівлі</i>	1 працюючий	5
<i>Громадські будівлі</i>	1 людина	25
<i>Гуртожитки</i>	1 мешканець	80
<i>Житлові будівлі</i>	1 житель	120
<i>Клуби</i>	1 місце	2,6
<i>Дитячі ясла–садки:</i> З денним перебуванням дітей:		11,5
1) з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах;	1 дитина	
2) з їдальнями, що працюють на сировині, та пральнями, обладнаними автоматичними пральними машинами	те саме	25
З цілодобовим перебуванням дітей:		21,4
1) з їдальнями, що працюють на напівфабрикатах;	Те саме	
2) з їдальнями, що працюють на сировині, та пральнями, обладнаними автоматичними пральними машинами.	Те саме	28,5
<i>Школи–інтернати з приміщеннями</i> – учбовими (з душовими при гімнастичних залах);	1 викладач і один учень у зміну	2,7
– спальними	те саме	30
<i>Загальноосвітні школи</i> – з душовими при гімнастичних залах та їдальнями, що працюють на напівфабрикатах;	те саме	3
– те ж саме з подовженим днем	те саме	3,4
<i>Лабораторії вищих та середніх спеціальних навчальних закладів</i>	1 дослід у зміну	112
<i>Навчальні заклади (у тому числі вищі та спеціальні)</i>	1 учень і 1 викладач	6
<i>Поліклініки та амбулаторії</i>	1 хворий за зміну	5,2
<i>Лікарні</i>		75
1) з загальними ванними та душовими;	1 ліжко	
2) з санітарними вузлами в палатах;	те саме	90
3) інфекційні.	те саме	110
<i>Санаторії та будинки відпочинку:</i>	те саме	120
1) з ванними при всіх житлових кімнатах;		
2) з душами при всіх кімнатах.	те саме	75
<i>ПТУ з душовими при гімнастичних залах та їдальнями, що працюють на напівфабрикатах</i>	1 учень і 1 викладач у зміну	8
<i>Підприємства громадського харчування для приготування їжі</i>	1 умовна страва	12,7
<i>Цехи з надлишками явної теплоти</i>	1 працівник	24

ДОДАТОК 9

Поправочні коефіцієнти до норм витрати теплоти на гаряче водопостачання при режимах роботи системи теплопостачання, відмінних від безперервних, [2]

Тривалість роботи протягом тижня, діб	Тривалість роботи системи за добу, год		
	6–10	11–15	16–24
ЖИТЛОВІ БУДИНКИ КВАРТИРНОГО ТИПУ при висоті будинків понад 12 поверхів			
2	0,76	0,78	0,79
3	0,78	0,82	0,84
4	0,8	0,86	0,89
5	0,82	0,9	0,95
6	0,84	0,95	1,0
7	0,87	0,99	1,0
ГУРТОЖИТКИ з загальними душовими			
2	0,62	0,66	0,69
3	0,65	0,71	0,75
4	0,68	0,76	0,81
5	0,71	0,81	0,87
6	0,74	0,86	0,94
7	0,78	0,92	1,0
ГОТЕЛІ, МОТЕЛІ, ПАНСІОНАТИ з ваннами і душем по всіх номерах			
2	0,22	0,23	0,23
3	0,38	0,38	0,39
4	0,53	0,53	0,54
5	0,68	0,69	0,69
6	0,84	0,84	0,85
7	0,99	1,0	1,0
САНАТОРІЇ, БУДИНКИ ВІДПОЧИНКУ, ЛІКАРНІ з загальними ваннами й душем			
2	0,69	0,72	0,73
3	0,72	0,76	0,79
4	0,75	0,81	0,84
5	0,77	0,85	0,89
6	0,81	0,90	0,95
7	0,84	0,94	1,00
ІШКОЛИ–ІНТЕРНАТИ			
2	0,55	0,60	0,62
3	0,60	0,67	0,70
4	0,65	0,73	0,77
5	0,69	0,79	0,85
6	0,74	0,86	0,93
7	0,79	0,92	1,0
ДИТЯЧІ ЯСЛА–САДИ			
2	0,37	0,44	0,45
3	0,44	0,53	0,56
4	0,51	0,62	0,67
5	0,59	0,71	0,78
6	0,65	0,8	0,9
7	0,72	0,9	1,0

Розрахункові температури зовнішнього повітря різних міст України [3]

№	Місто	Температура середня місячна												Сер. за рік	Розрахункова темпер.	Період із середньою добовою температурою повітря					
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII			≤ 8°С		≤ 10° С		≥ 21° С	
																дiб	Середня темп	дiб	Середня темп	дiб	Середня темп.
1	Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8	-22	176	-0,1	195	0,7	-	-
2	Сімферополь	-0,3	0,4	3,7	10,1	15,1	19,2	21,8	21,3	16,7	11,0	6,1	2,1	10,6	-15	154	2,6	175	3,5	61	21,8
3	Ялта	4,1	4,2	6,0	10,6	15,7	19,8	23,6	23,2	19,0	13,6	9,5	6,1	13,0	-6	126	5,3	152	6,1	83	23,0
4	Вінниця	-5,1	-3,8	0,5	8,1	14,2	17,2	18,7	18,0	13,3	7,6	1,8	-2,9	7,3	-21	182	-0,2	202	0,6	-	-
5	Луцьк	-4,2	-3,0	1,1	8,1	13,9	16,9	18,4	17,7	13,2	7,9	2,4	-2,4	7,5	-20	180	0,3	201	1,1	-	-
6	Дніпро	-4,7	-3,8	1,1	9,6	16,0	19,6	21,6	20,7	15,4	8,6	2,2	-2,5	8,7	-24	172	-0,2	188	0,6	57	21,6
7	Кривий Ріг	-4,3	-3,3	1,6	9,6	15,8	19,4	21,5	20,7	15,5	8,9	2,7	-2,0	8,8	-17	171	0,2	188	1,0	55	21,5
8	Донецьк	-5,2	-4,4	0,7	9,4	15,4	19,0	21,2	19,8	14,9	8,0	1,8	-2,9	8,1	-22	176	-0,5	192	0,3	47	21,3
9	Житомир	-5,1	-4,0	0,4	7,9	14,0	17,1	18,5	17,7	13,0	7,4	1,7	-2,8	7,2	-22	184	-0,2	203	0,5	-	-
10	Ужгород	-2,4	-0,2	4,7	10,8	15,8	18,7	20,3	19,8	15,5	10,2	4,7	-0,5	9,8	-18	154	1,4	175	2,5	28	20,7
11	Запоріжжя	-3,5	-2,6	2,0	10,1	16,4	20,2	22,4	21,4	16,2	9,6	3,5	-1,1	9,6	-21	166	0,6	182	1,4	69	22
12	Ів.-Франківськ	-4,3	-2,6	1,7	8,1	13,6	16,7	18,3	17,7	13,4	8,0	2,5	-2,4	7,6	-20	179	0,4	200	1,2	-	-
13	Кропивницький	-4,9	-3,9	0,8	9,1	15,2	18,6	20,4	19,7	14,7	8,2	2,1	-2,6	8,1	-22	175	-0,3	192	0,5	32	20,8
14	Луганськ	-5,0	-4,2	1,1	10,1	16,1	19,9	22,0	20,7	15,1	8,2	2,2	-2,5	8,6	-25	172	-0,4	188	0,4	61	21,7
15	Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4	-19	179	0,4	201	1,2	-	-
16	Миколаїв	-2,6	-1,6	2,8	10,2	16,4	20,3	22,7	22,0	16,8	10,4	4,2	-0,4	10,1	-20	161	1,1	178	2,0	75	22,3
17	Одеса	-1,3	-0,6	2,9	9,2	15,3	19,6	22,0	21,6	17,0	11,3	5,8	1,1	10,3	-18	158	2,0	178	3,0	65	21,9
18	Полтава	-5,6	-4,7	0,3	9,0	15,4	18,7	20,5	19,7	14,3	7,7	1,3	-3,4	7,8	-23	178	-0,8	195	0,0	31	10,8
19	Рівне	-4,6	-3,4	0,7	8,0	13,8	16,7	18,2	17,5	13,1	7,7	2,1	-2,6	7,3	-21	182	0,1	202	0,8	-	-
20	Суми	-6,6	-5,8	-0,8	8,1	14,6	17,9	19,5	18,4	13,0	6,7	0,4	-4,3	6,8	-25	187	-1,4	204	-0,6	-	-
21	Тернопіль	-5,0	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9	-20	184	-0,2	205	0,6	-	-
22	Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6	-23	179	-1,0	196	-0,2	37	20,9
23	Херсон	-2,5	-1,6	2,8	10,1	16,1	20,0	22,4	21,6	16,5	10,1	4,3	-0,2	10,0	-19	163	1,3	181	2,2	69	22,1
24	Хмельницький	-4,9	-3,6	0,6	7,9	13,9	16,8	18,4	17,7	13,1	7,6	1,9	-2,9	7,2	-21	183	-0,1	203	0,7	-	-
25	Черкаси	-5,0	-4,0	0,7	8,9	15,2	18,4	20,1	19,3	14,2	7,9	2,0	-2,7	7,9	-21	178	-0,3	195	0,5	18	20,6
26	Чернівці	-4,1	-2,4	2,0	8,9	14,5	17,6	19,1	18,4	14,1	8,7	2,7	-2,1	8,1	-20	175	0,5	196	1,4	-	-
27	Чернігів	-5,9	-4,9	-0,1	8,0	14,4	17,6	19,2	18,1	12,9	6,9	1,0	-3,5	7,0	-23	187	-0,9	204	-0,2	-	-
28	Умань	-4,8	-3,7	0,9	8,7	14,6	17,8	19,4	18,6	13,6	7,7	2,0	-2,5	7,7	-20	179	-0,1	197	0,7	-	-
29	Феодосія	1,2	1,6	4,6	10,6	16,1	20,8	23,2	23,1	18,4	12,6	7,6	3,8	12,0	-15	142	3,6	163	4,3	83	23,3
30	Ковель	-3,9	-2,7	1,3	8,1	13,9	16,9	18,2	17,6	13,0	7,9	2,5	-1,9	7,6	-21	177	0,4	199	1,2	-	-

