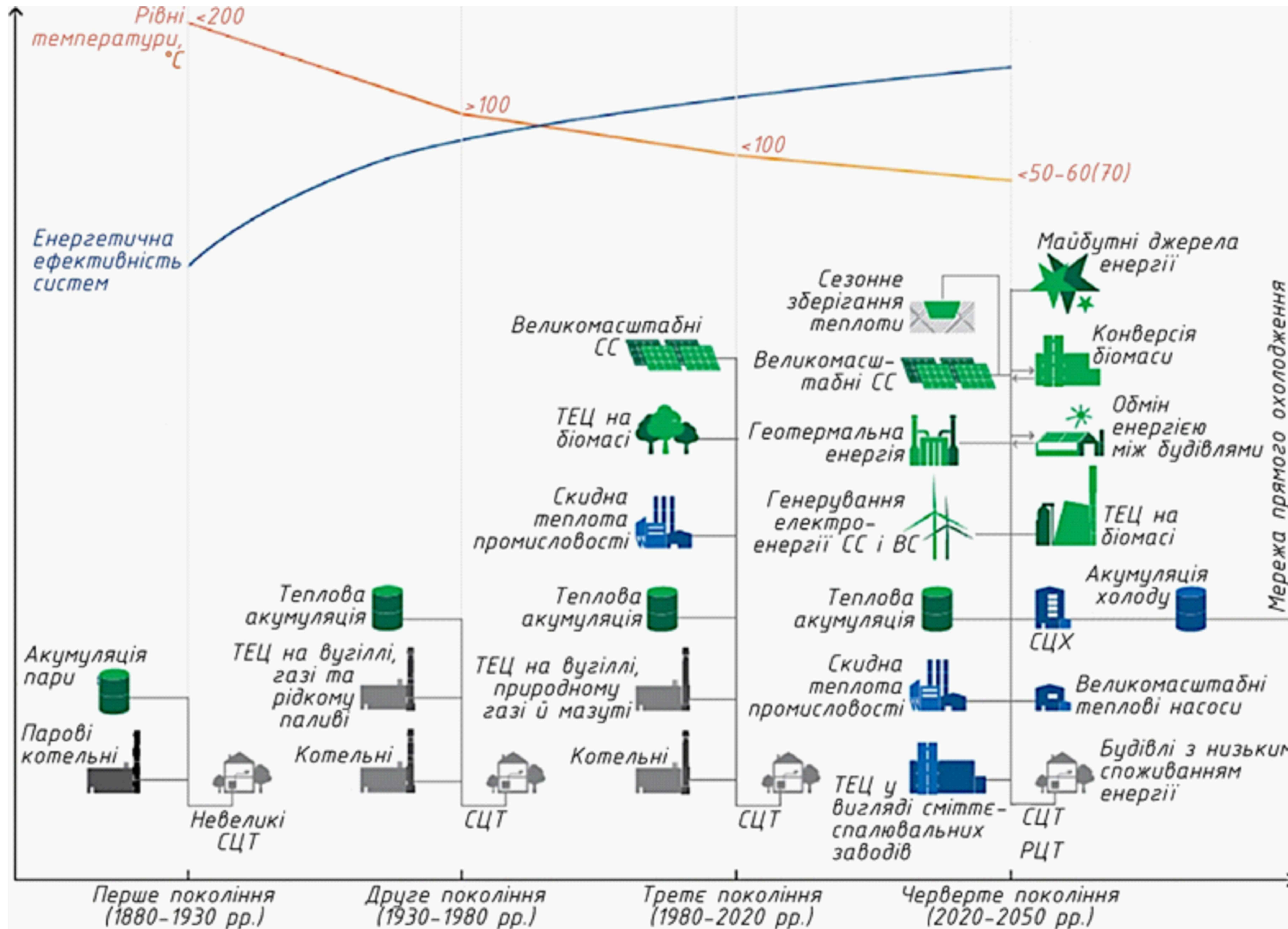
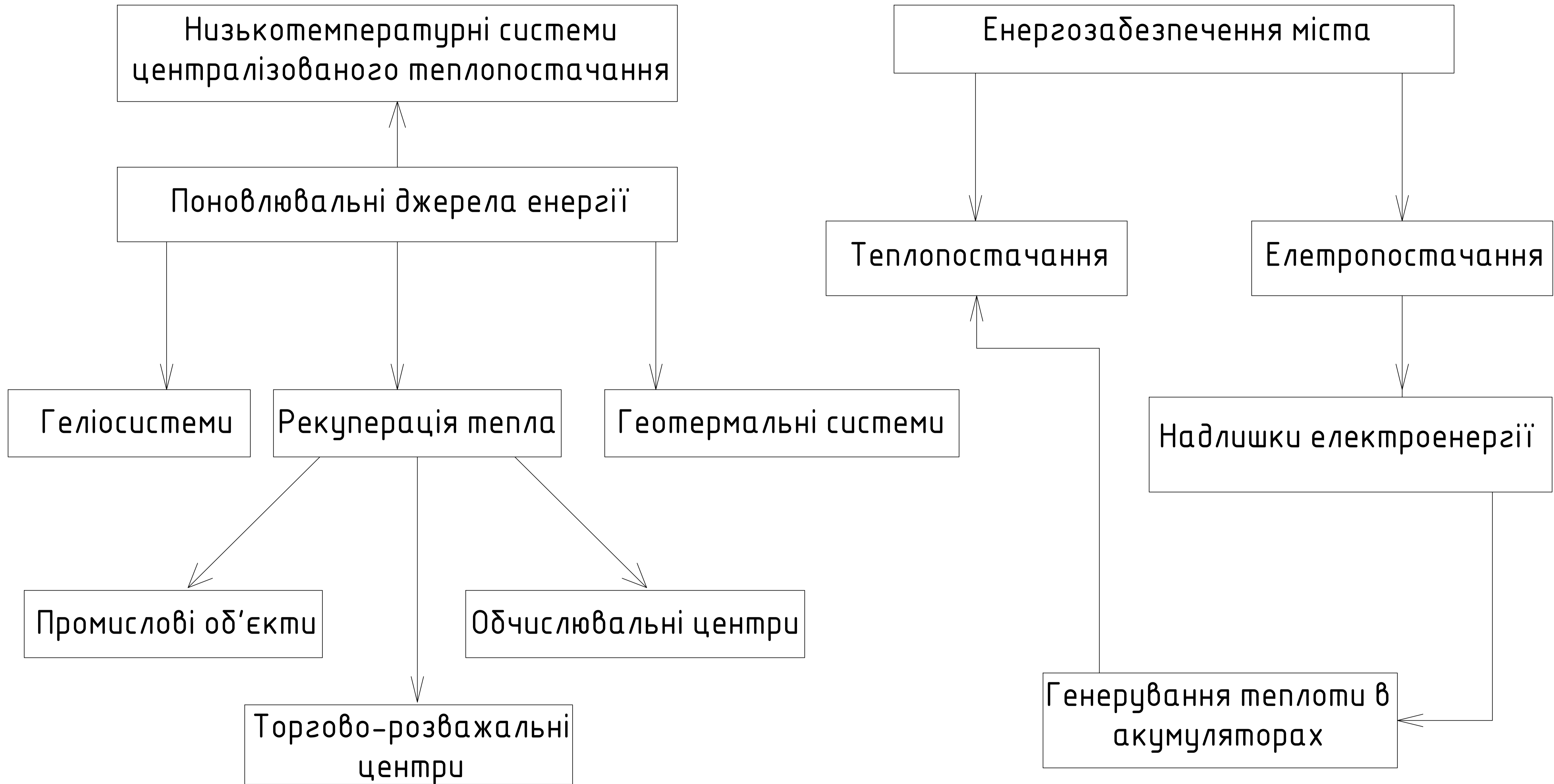


Еволюція систем централізованого тепlopостачання в чотирьох поколіннях



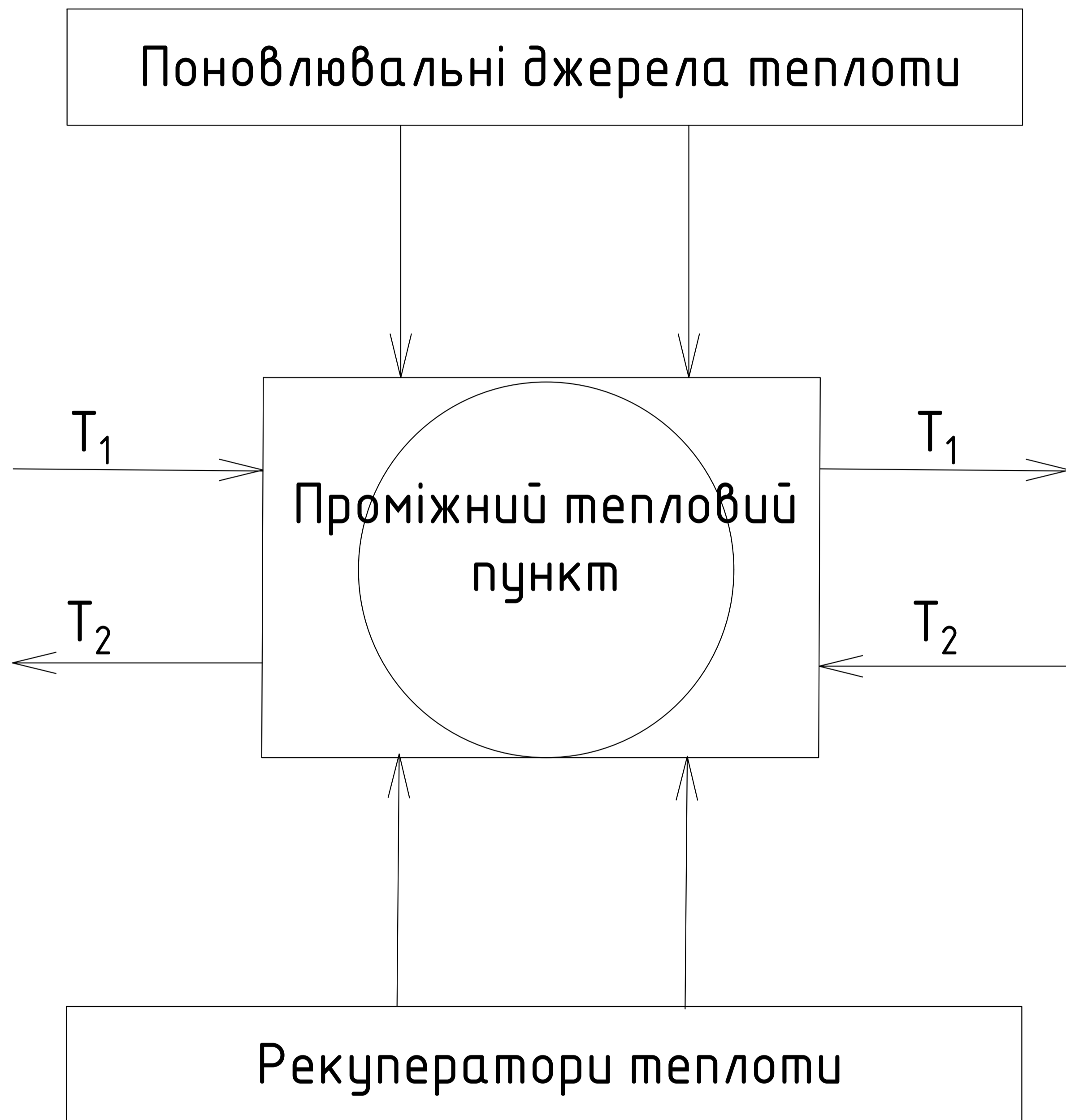
СЦТ - системи централізованого тепlopостачання;
 СЦХ - те ж холодopостачання;
 СС - сонячні станції;
 ВС - вітрові станції;
 РЦТ - розроблення (генерація) центрального тепlopостачання/період найкращих доступних технологій.

Особливості низькотемпературних систем централізованого теплопостачання

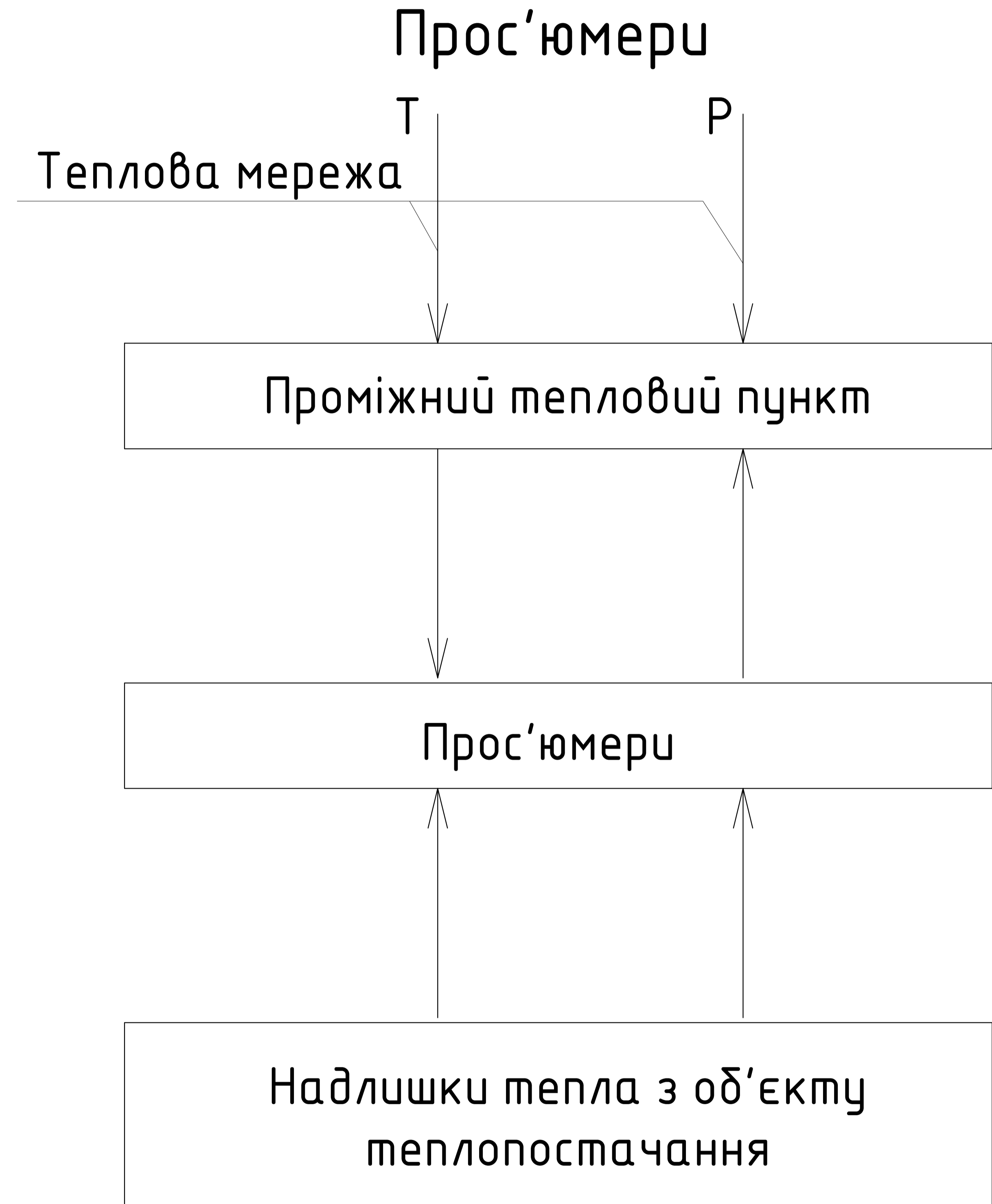


Особливості низькотемпературних систем централізованого теплопостачання

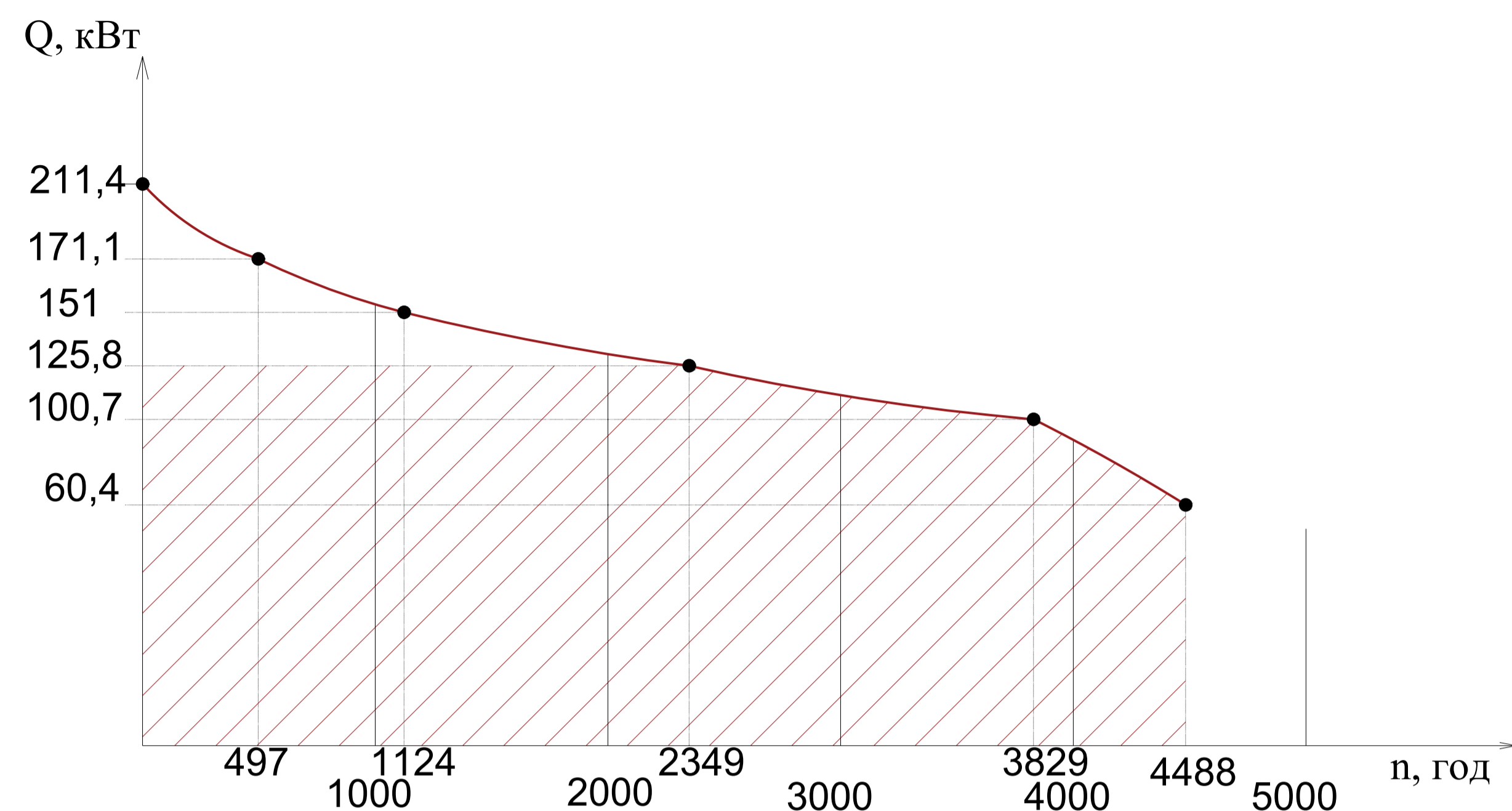
Проміжний тепловий пункт



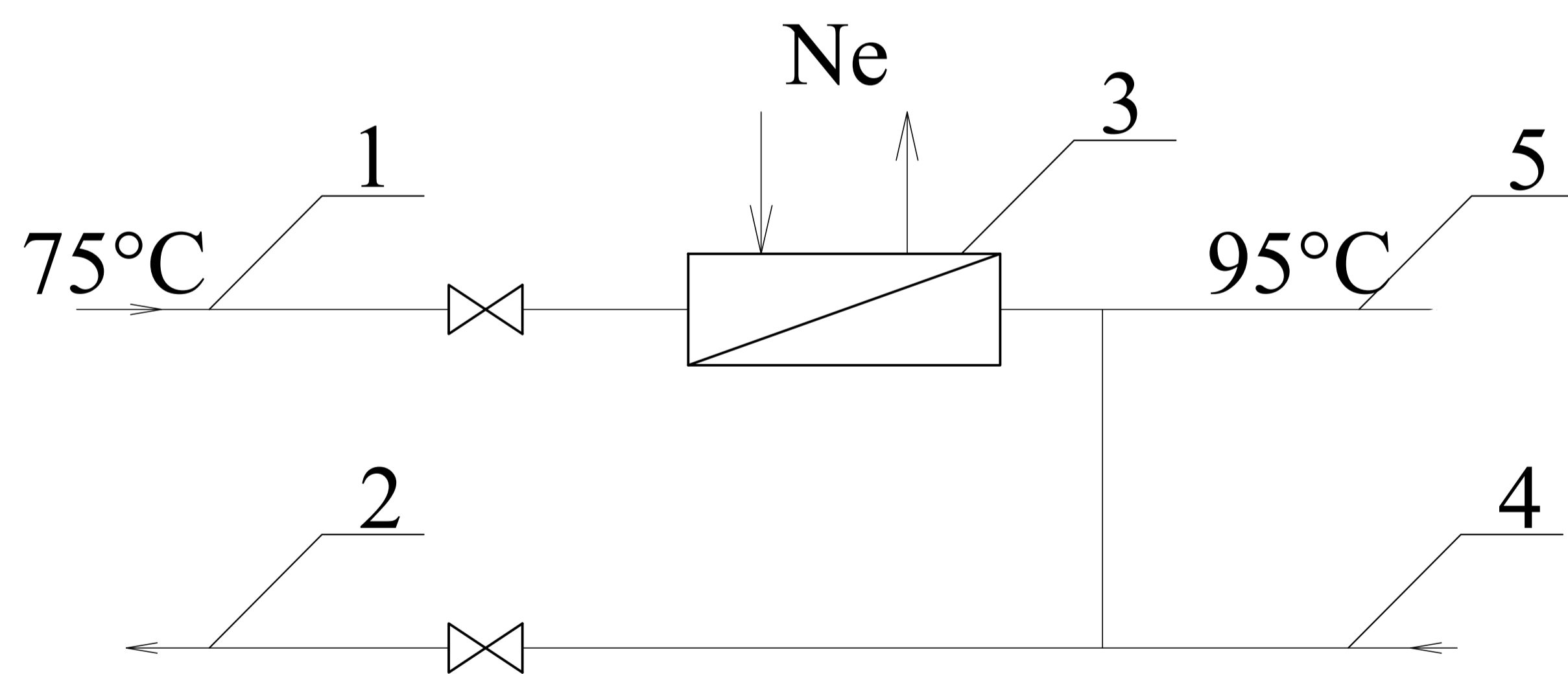
Функції проміжного теплового пункту:
вирівнювання параметрів теплоносія:
температури T та тиску P



Графік Росандера для температурного графіка 80/60°C

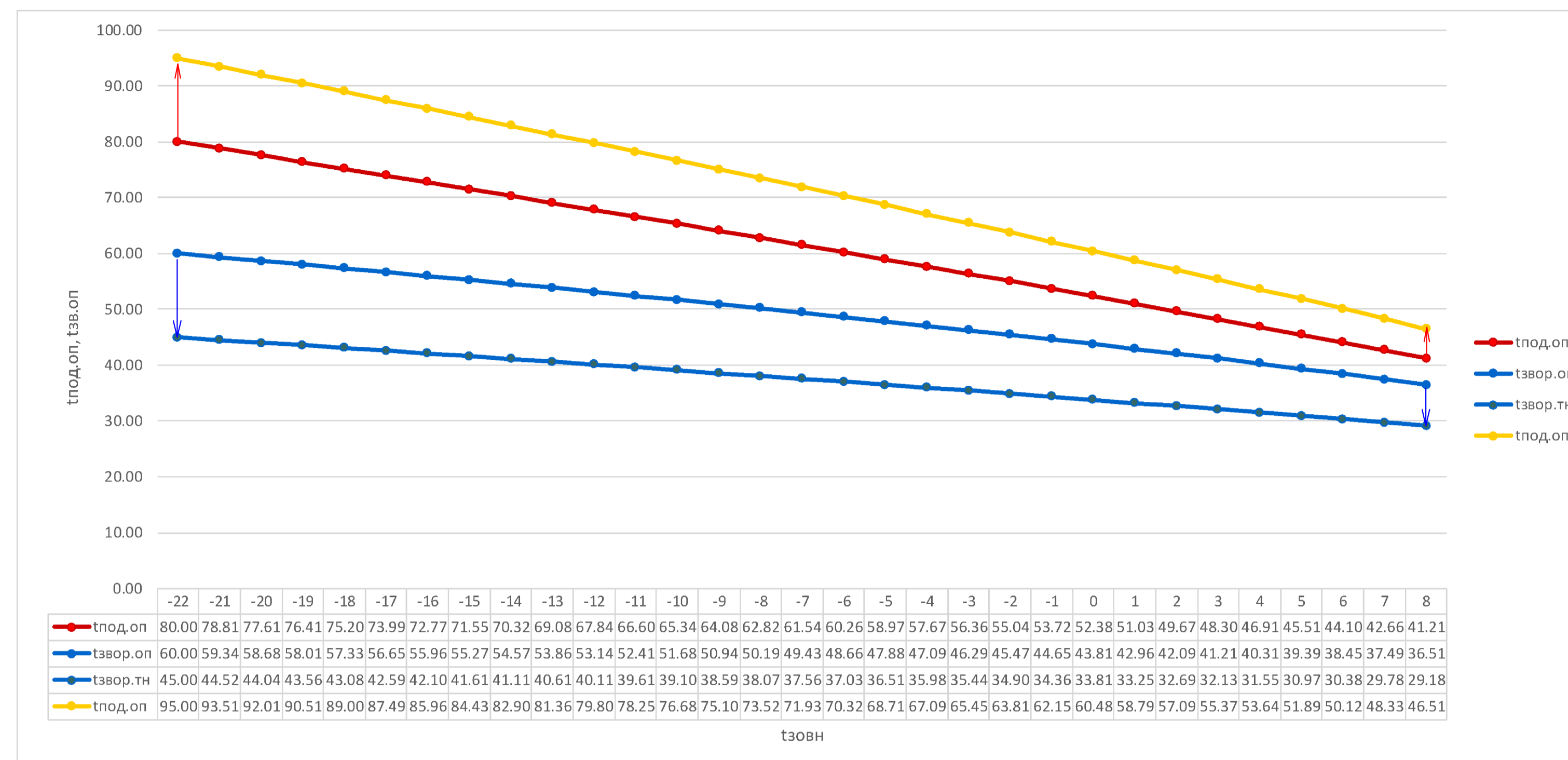


Індивідуальний тепловий пункт з електронагрівачем

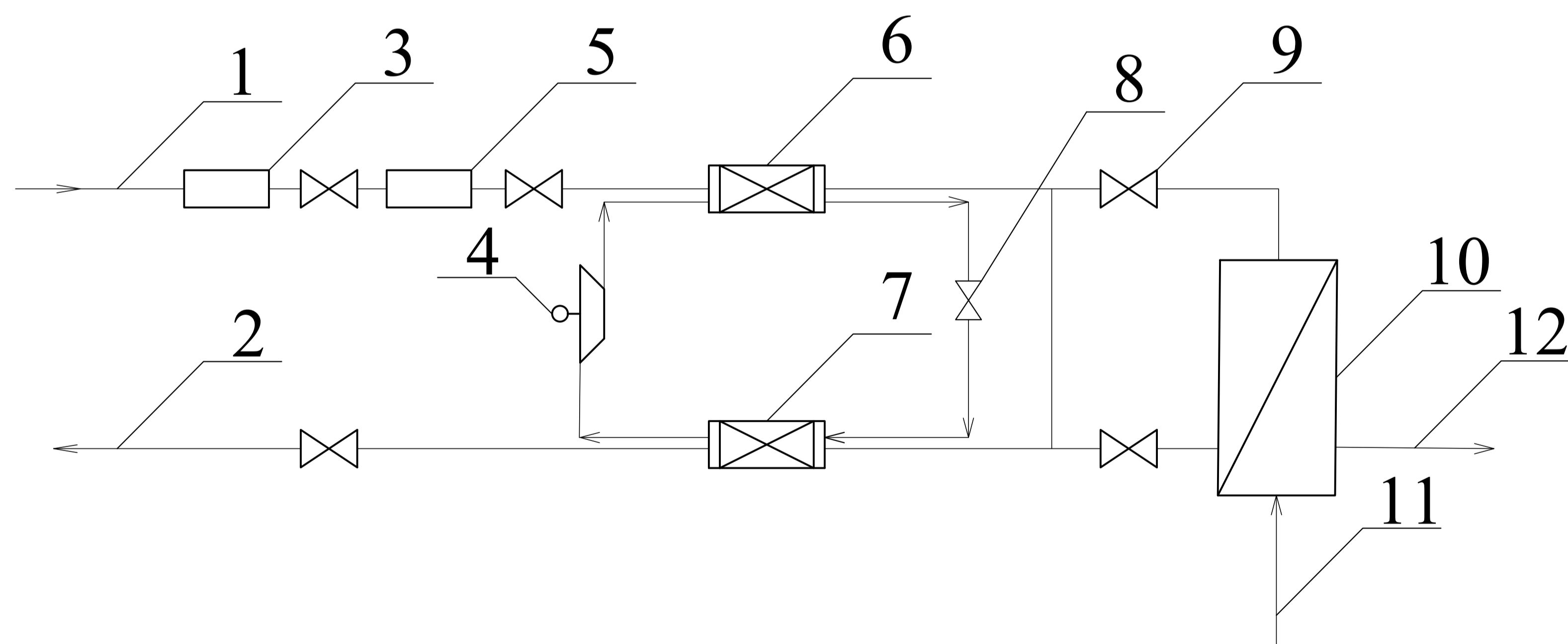


1 - подавальний трубопровід теплової мережі; 2 - зворотний трубопровід теплової мережі; 3 - прямий електронагрівач; 4 - зворотний трубопровід від споживача; 5 - подавальний трубопровід до споживача.

Температурні графіки



Тепловий насос в схемі індивідуального теплового пункту

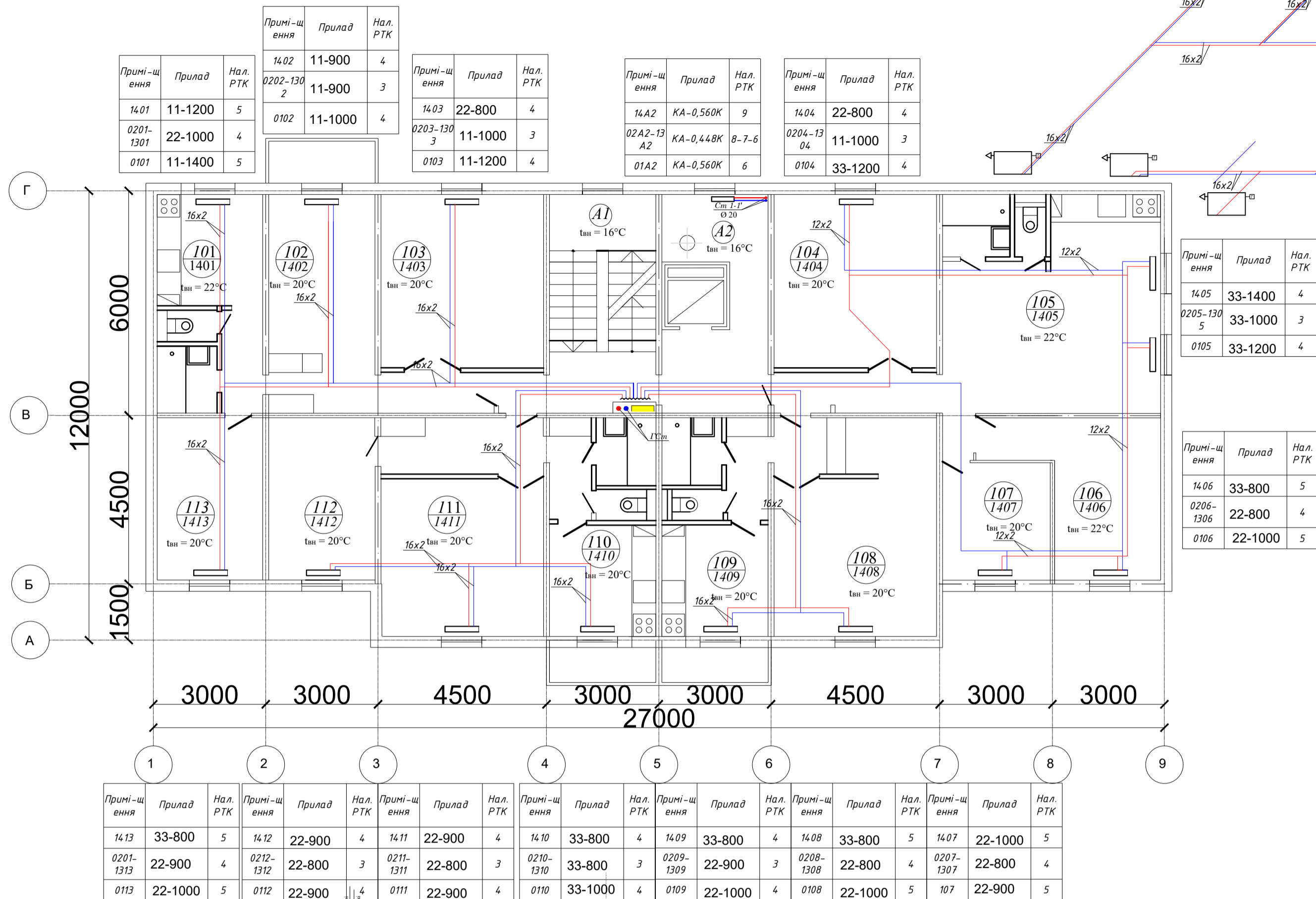


1 - подавальний трубопровід теплової мережі; 2 - зворотний трубопровід теплової мережі; 3 - відмулювач; 4 - компресор; 5 - сітчастий фільтр; 6 - конденсатор; 7 - випарник; 8 - дросель-клапан; 9 - запірна арматура; 10 - пластинчастий теплообмінник; 11 - зворотний трубопровід від споживача; 12 - подавальний трубопровід до споживача.

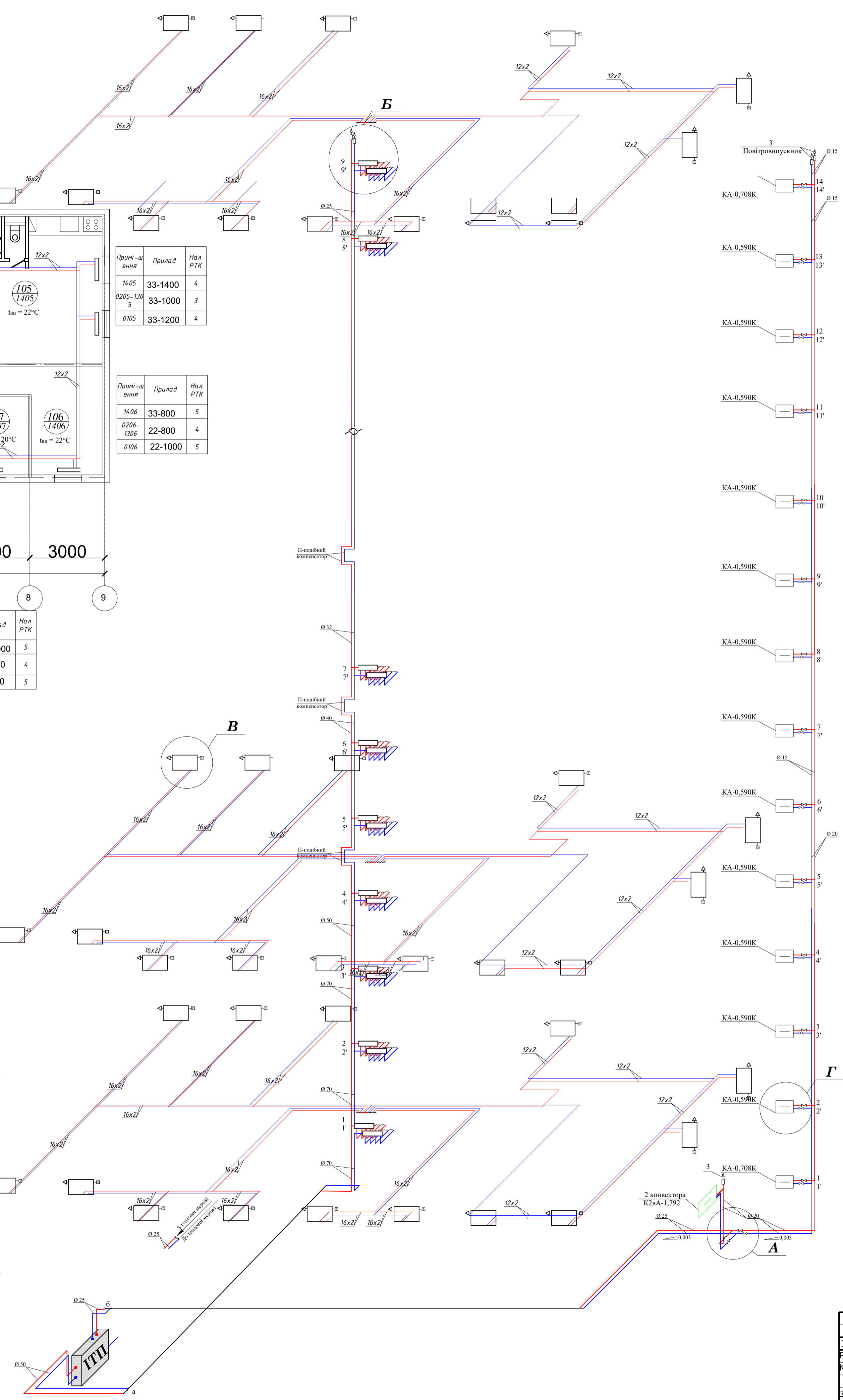
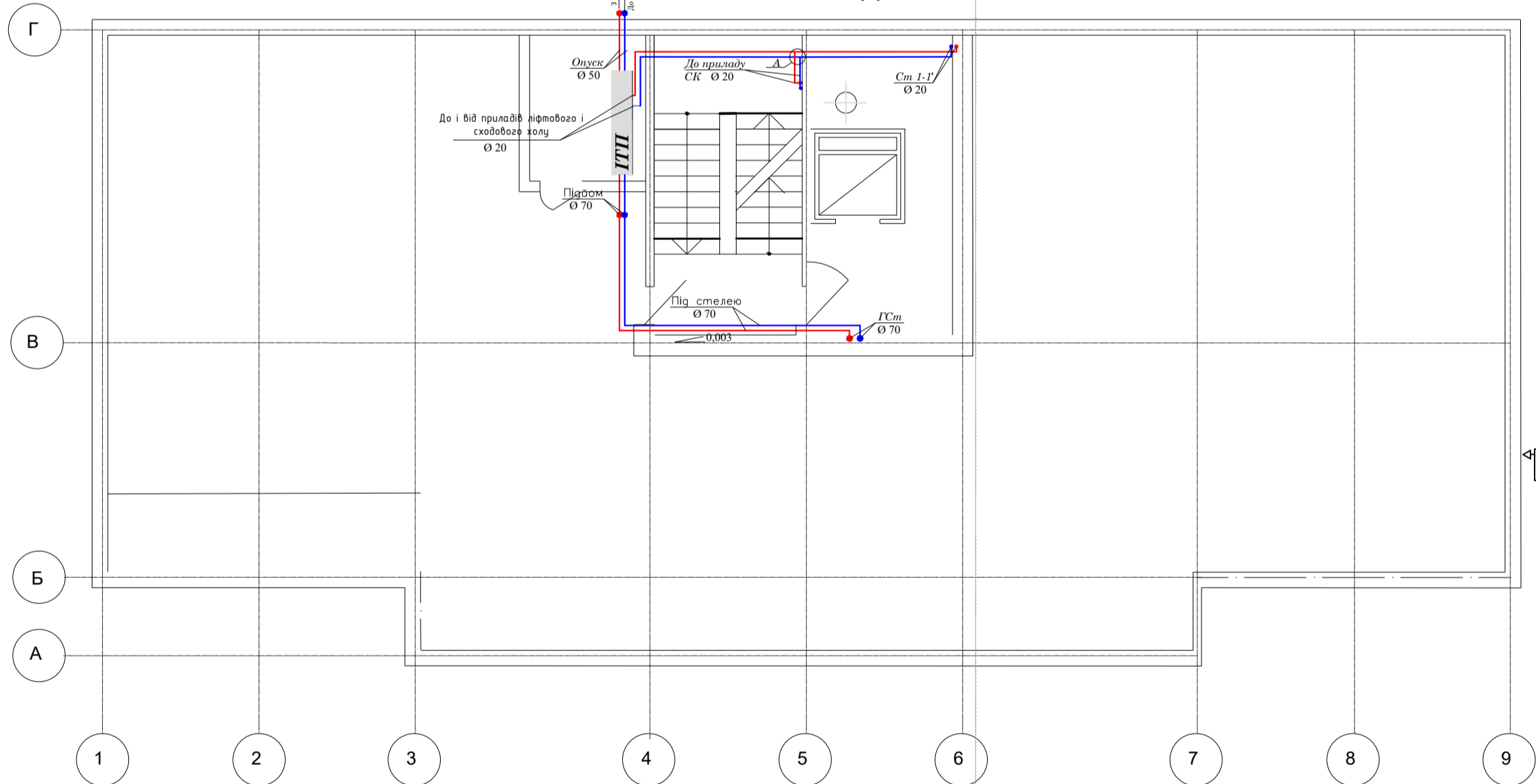
АКСОНОМЕТРИЧНА СХЕМА СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

СПЕЦИФІКАЦІЯ ОБЛАДНАННЯ СИСТЕМИ ОПАЛЕННЯ

ПЛАН ТИПОВОГО ПОВЕРХУ М 1:100



ПЛАН ПІДВАЛУ М1:100

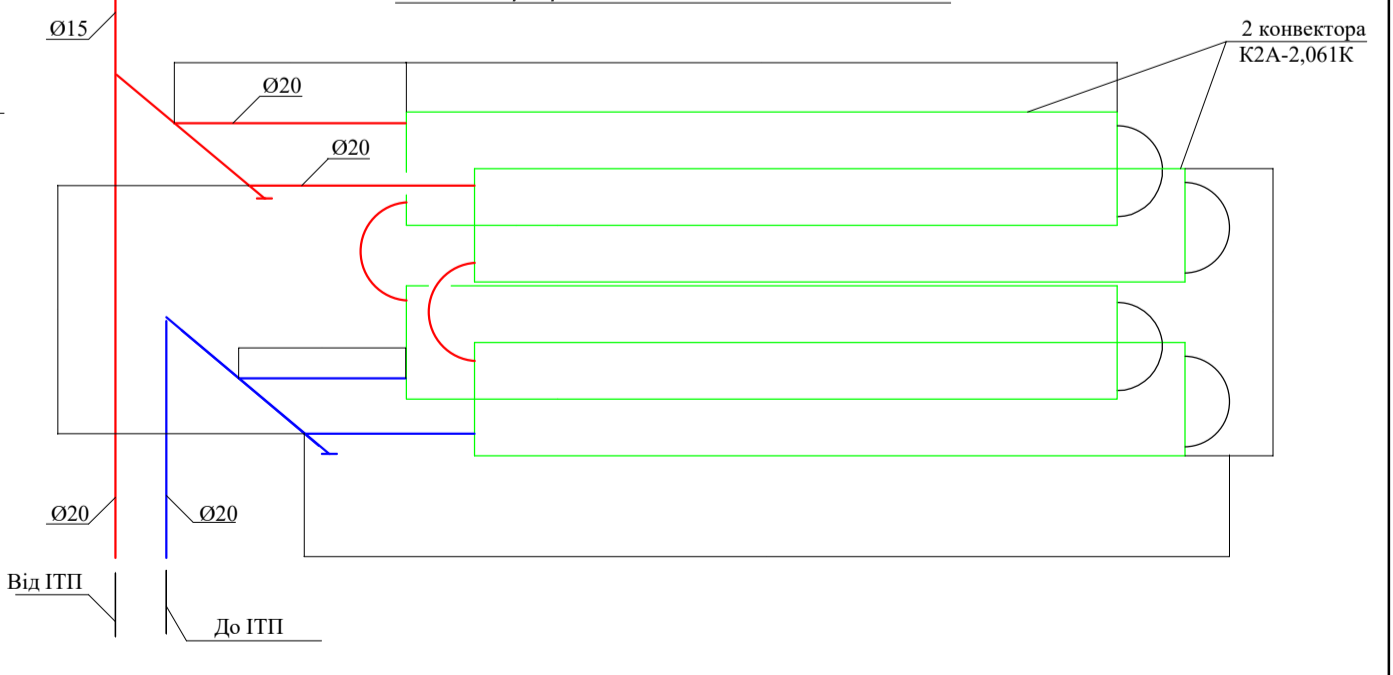


№	Позначення	Найменування	К-ть	Розмірність	Примітки
1	1 2228 11	Кран кульовий Herz 2228	60	шт	Ø15
2	1 8534 04	Розподільник Herz 8534	10	шт	G3/4", 4 отв.
3	1 4125 71	Вентиль запірний Herz 4125 AD	40	шт	Ø15
4	1 4111 01	Фільтр Herz 4111	80	шт	Ø15
5	1 4017 30	Вентиль баланс. Herz 4017 ML	40	шт	Ø15
6	1 4002 41	Регул. перепаду тиску Herz 4002	40	шт	Ø15
7	GROSS WMZ-UA	Теплолічильник.GROSS WMZ-UA	40	шт	Ø15
8	1 0117 41	Авт.повітровипускник Herz	5	шт	Ø15
9	1 3766 41	Вузол підключення Herz 3000	140	шт	Кутювий
10	1 6098 03	Фітінг Herz 6098	280	шт	16x2,0-G _{3/4}
11	3 D160 20	Труба Herz PE-RT/Al/PE-RT	2500	м	16x2,0
12	1 7230 06	Головка термостатична Herz	140	шт	
	ГОСТ 3262-89*	Труба сталевая водогазопровідна звичайна			
13	ГОСТ 3262-89*		d = 20	12	м
14	ГОСТ 3262-89*		d = 25	16	м
15	ГОСТ 3262-89*		d = 32	16	м
16	ГОСТ 3262-89*		d = 40	16	м
17	ГОСТ 3262-89*		d = 50	24	м
18	Thermocompact S	Теплоізоляція	84	м	в асортименті відп. труби
19	KA-0,560K	Конвектор "Акорд"	2	шт	
20	KA-0,448K	те ж саме	8	шт	
21	K2A-1,646K	те ж саме	2	шт	
22	1 4125 62	Вентиль запірний Herz 4125 D	4	шт	Ø20
23	1 7723 67	РТК Herz TS-90-V	11	шт	Ліфтовий та сходовий холи
24	1 9860 10	Гол. термостатична "Герцкулес"	11	шт	антинавальне вик.
25	Herz RL-1 3723	Вентиль радіаторний dy = 15	11	шт	
26	KERMI	Радіатор сталевий панельний	52	шт	в асортименті відп. табл. плану типового поверху та ПЗ
27	Herz 8569	Розподільчий шкаф	10	шт	

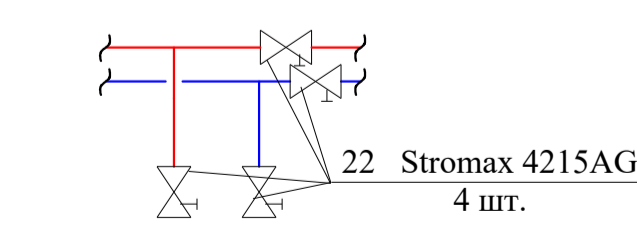
СПЕЦИФІКАЦІЯ ІТП

№	Позначення	Найменування	К-ть	Розмірність	Примітки
1	Wilo Stratos-D32M	Насос	2	шт	
2	1 4007 06	Регулятор перепаду тиску	1	шт	Ø50
3	1 4111 03	Фільтр Herz 4111	3	шт	
4	1 2622 13	Клапан зворотний	2	шт	
5	1 2228 11	Кран кульовий Herz 2228	13	шт	Ø15
6	1 4017 30	Вентиль баланс. Herz 4017 ML	2	шт	Ø50
7	F 7793 70	Контролер Herz F-100	1	шт	
8	F 7793 60	Датчик температури зовнш. повітря Herz Pt1000	1	шт	HERZ
9	F 7793 41	Датчик температури теплоносія	1	шт	HERZ
10	Metronic M 4 JS 15	Теплолічильник	1	шт	
11	1 2228 06	Кран кульовий Herz 2228	2	шт	Ø50

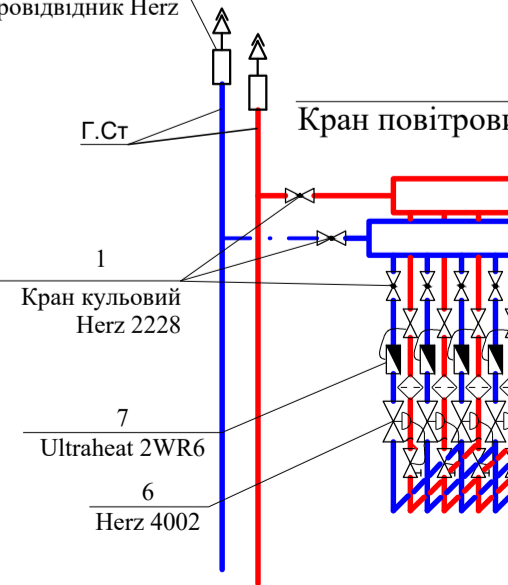
ОПАЛЮВАНИЙ ПРИЛАД СХОВОДОГО ХОЛУ



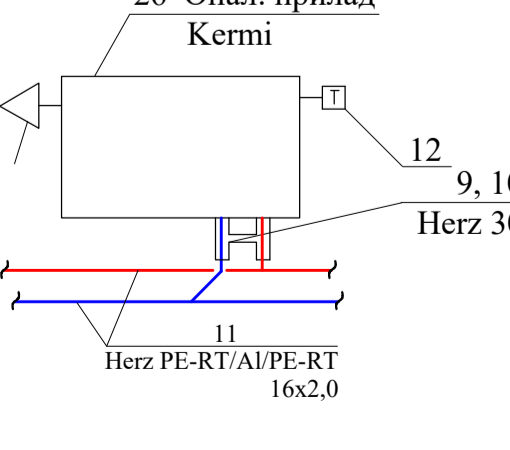
Вузол "А"



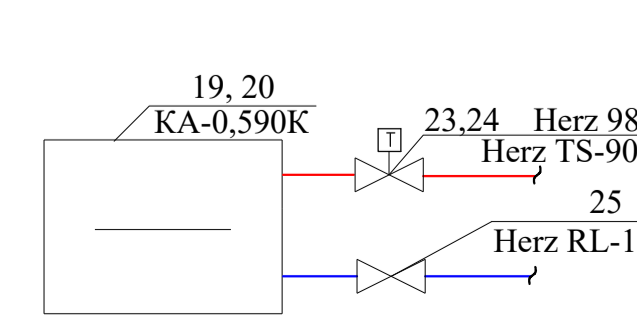
Вузол "Б"



Вузол "В"



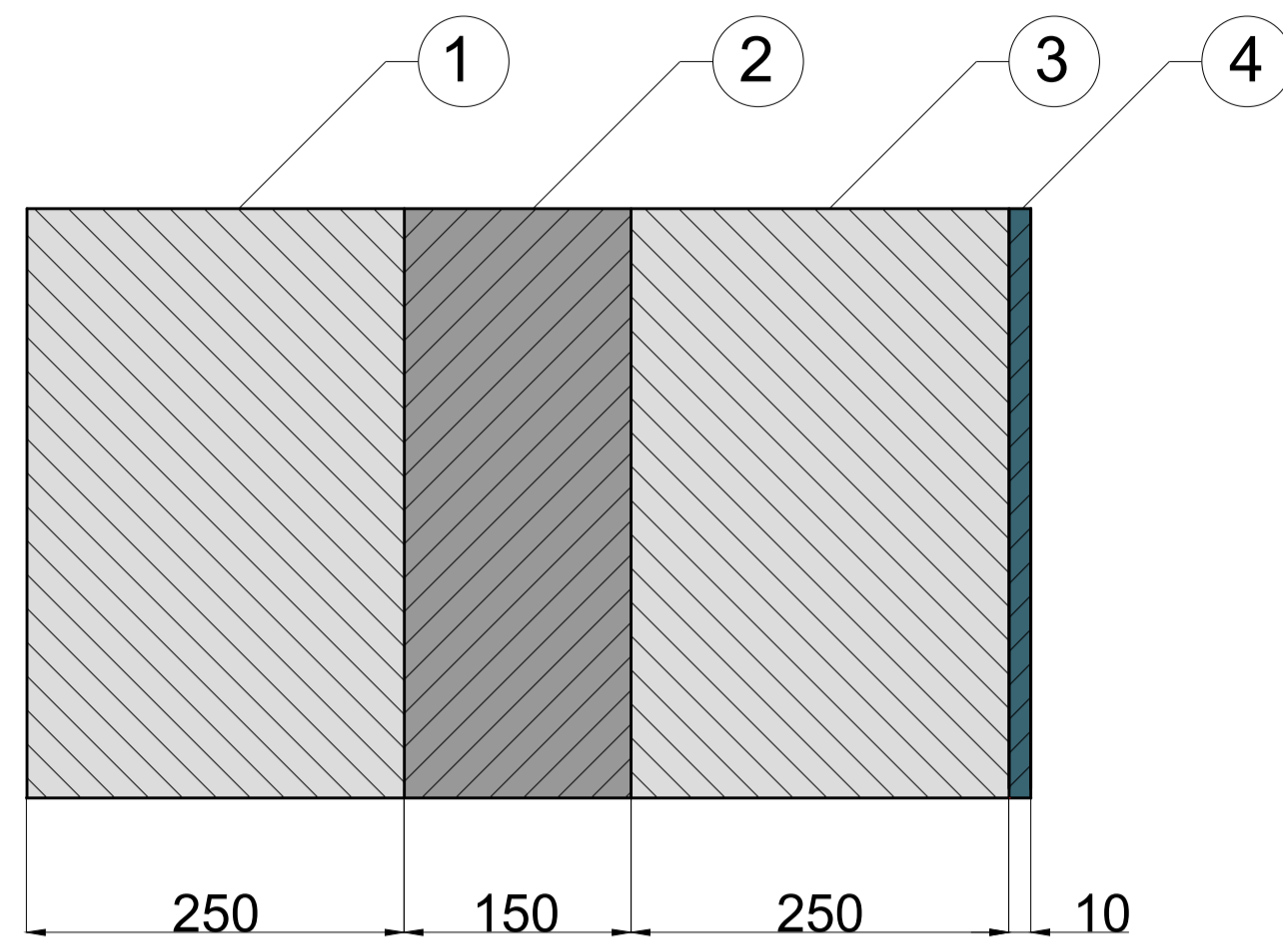
Вузол "Г"



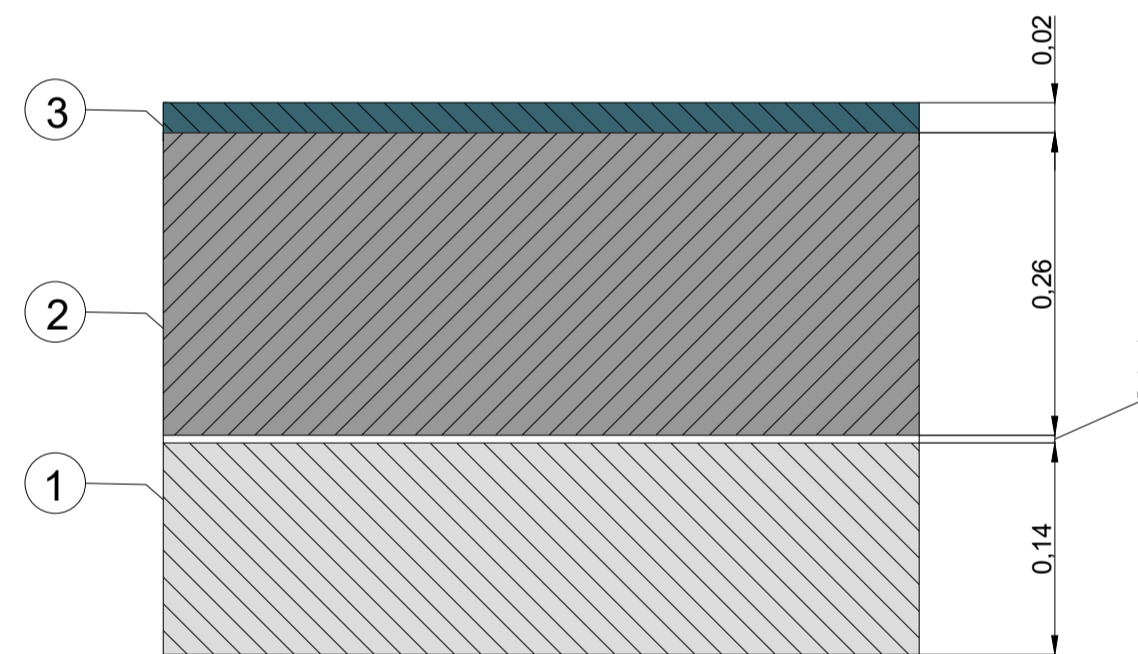
Випускова кваліфікаційна робота			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.
Розробив	Земельченко Д.С.		
Керівник	Галазюк П.М.		
Відкафедри	Хирченко М.А.		
Індивідуальний тепловий пункт з використанням теплових насосів		Стадія	Аркуші
Розрахункова модель еталонного будинку		Н	Аркуші
		КНУБА, ФІСЕ ТВм-23-1	

Вплив утеплення на теплоспоживання еталонного будинку

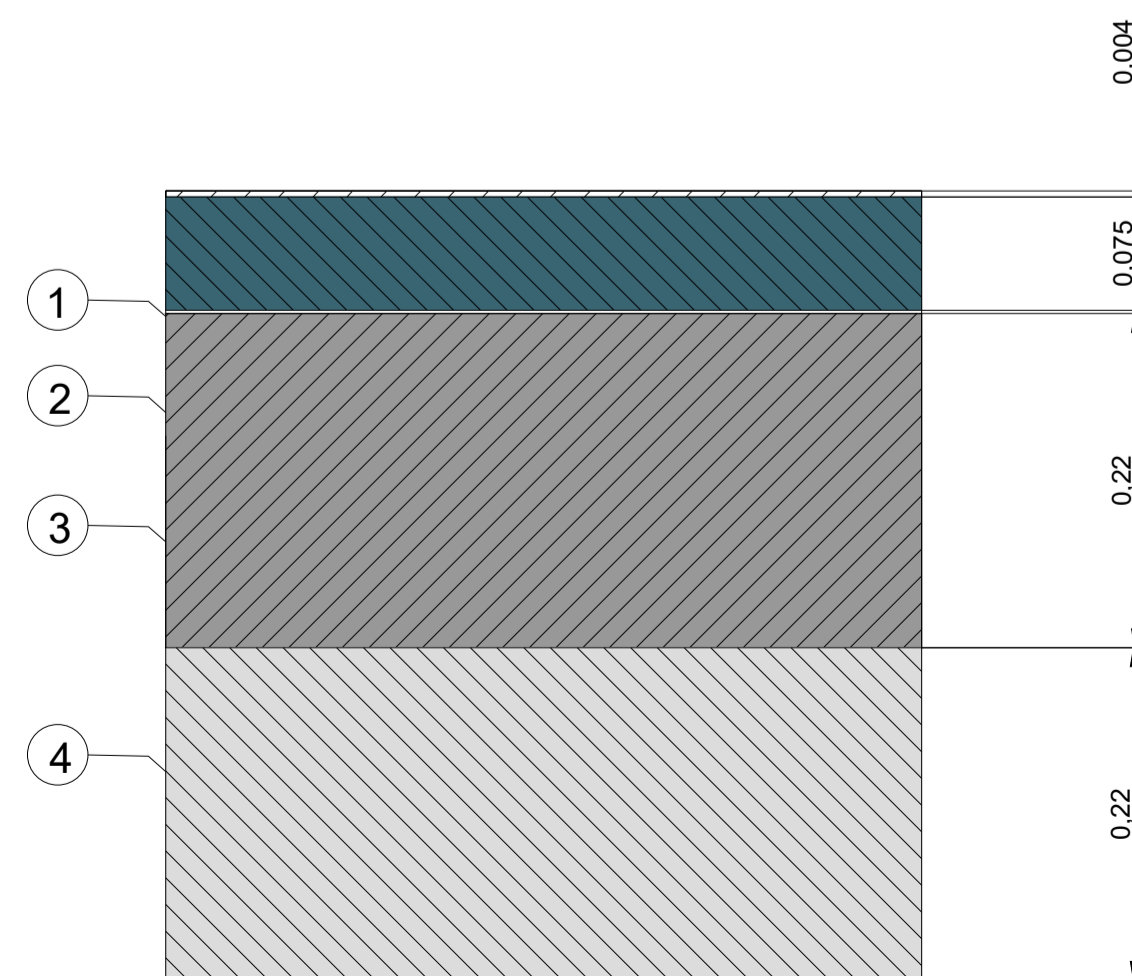
Зовнішня стіна



Горищне перекриття



Перекриття над холодним підвалом



Зовнішня стіна			
№ шару	Назва	$\delta, \text{ м}$	$R, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
1	Кладка цегляна з повнолітньої цегли керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	0,25	0,7
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	0,15	3,19
3	Кладка цегляна з повнолітньої цегли керамічної звичайної на цементно-перлітовому розчині	0,25	0,7
4	Розчин цементно-піщаний	0,01	0,012
Сума		0,66	4,602

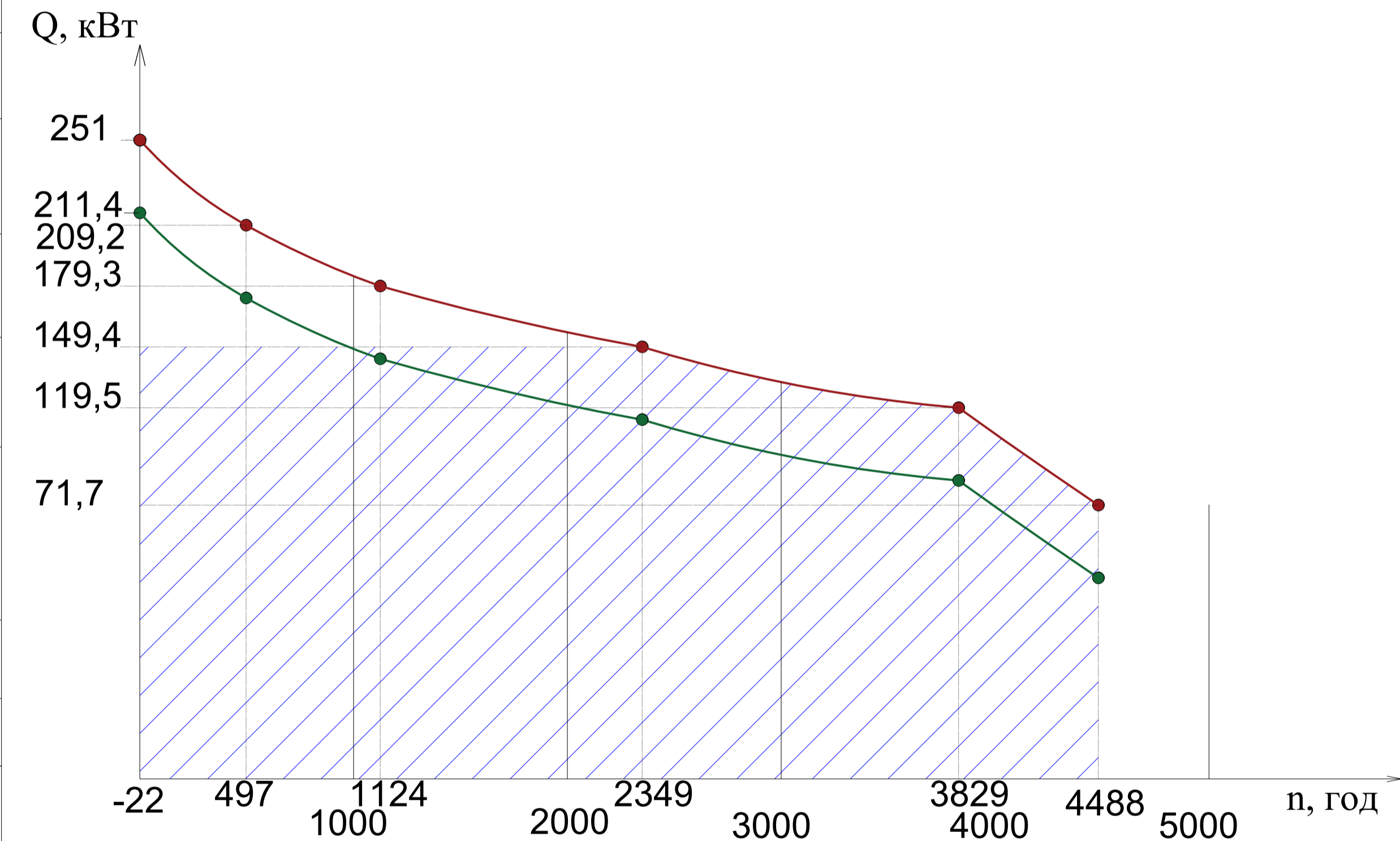
Горищне перекриття			
№ шару	Назва	$\delta, \text{ м}$	$R, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
1	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	0,14	0,075
2	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі базальтового волокна	0,26	5,53
3	Розчин цементно-піщаний	0,02	0,21
Сума		0,42	6,085

Перекриття над холодним підвалом			
№ шару	Назва	$\delta, \text{ м}$	$R, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$
1	Лінолеум полівінхлоридний на тканинній підоснові	0,004	0,014
2	Розчин цементно-піщаний	0,075	0,08
3	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати на основі шпательного волокна	0,22	4,68
4	Бетон на гравії або щебені з природного каменю	0,22	0,12
Сума		0,519	5,124

Нормативні вимоги згідно ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель»

№	Вид огорожувальної конструкції	$R_{qmin}, \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ для I температурної зони
1	Зовнішні стіни огорожувальні конструкції	4,0
2	Перекрыття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалювальними підвалами	5,0
3	Покриття опалювальних горищ, мансандр, горищні перекрыття неопалювальних горищ	6,0
4	Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,9

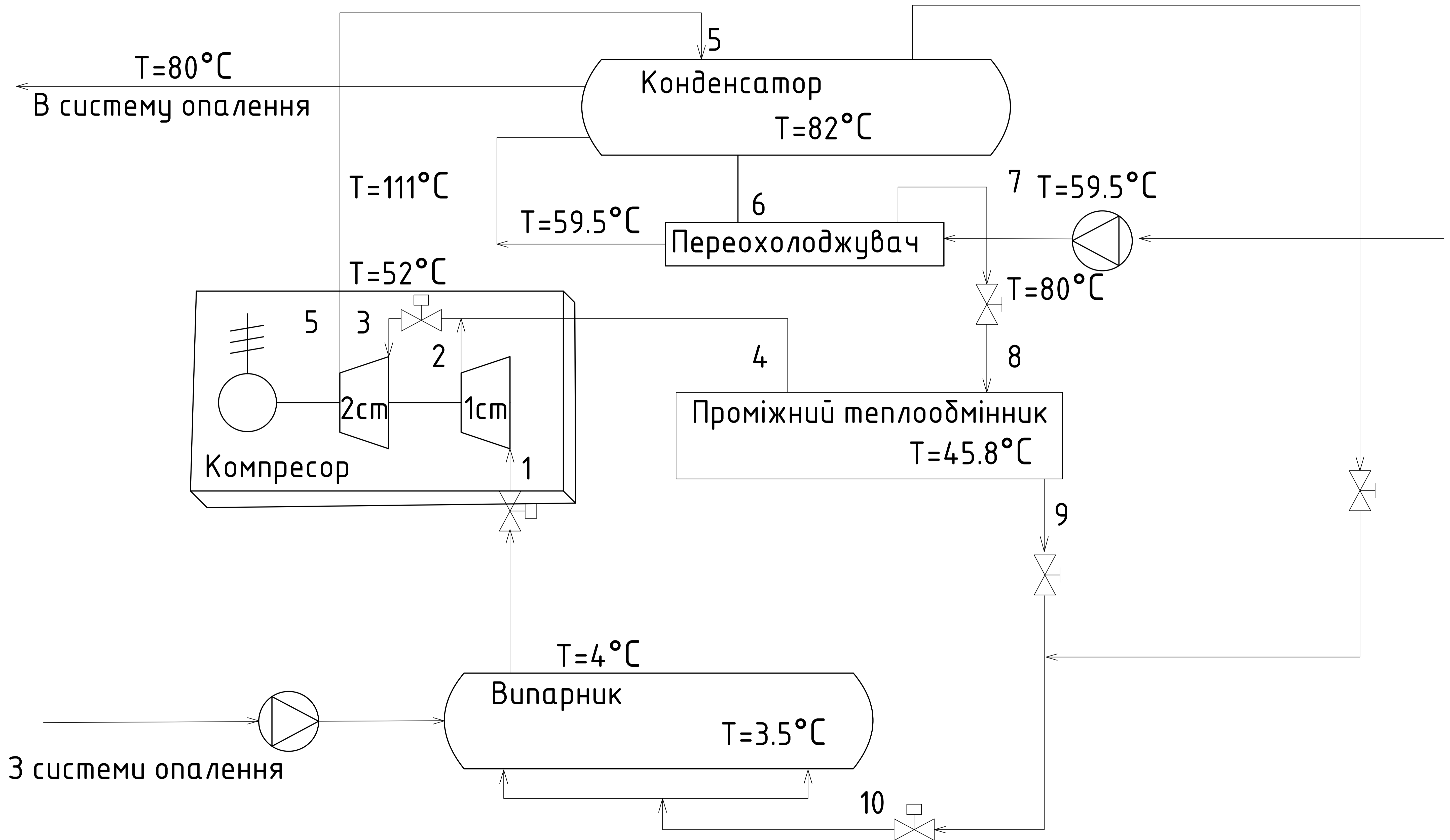
Графік Росандера для теплострої



Умовні позначення:

- - графік теплострої при температурному графіку 95/70°C без утеплення;
- - графік теплострої при температурному графіку 95/70°C з утепленням;

Теплова схема двоступеневого теплового насоса в абонентському ввводі



Визначення коефіцієнта перетворення двоступеневого теплового насоса в діаграмі P-H

При розрахунку двоступеневого теплового насоса з проміжним теплообмінником і двоступеневим дроселюванням витрати холодоагента в контурах низького G_h і високого тиску G_l визначаються з енергетичного балансу для проміжного теплообмінника в адіабатних умовах:

$$G_h * (h_4 - h_9) = G_l * (h_4 - h_9)$$

де h_4, h_8, h_9 – питомі ентальпії в робочих точках 4, 8, 9, кДж/кг.

Звідки витікає відношення витрати холодоагента в контурі високого тиску G_h до витрати в контурі низького тиску G_l .

$$\frac{G_h}{G_l} = \frac{(h_4 - h_9)}{(h_4 - h_8)} = \frac{1 + \delta}{1}$$

де δ – доля пари з проміжного теплообмінника по відношенню до пари з 1 ступеня компресора, тоді $1 + \delta$ – витрати пари в 2 ступені компресора.

$$\frac{G_h}{G_l} = \frac{(422,7 - 262,5)}{(422,7 - 305)} = 1,361$$

Отримаємо $\delta = 0,361$.

Ентальпія пара в точці 3, який поступає в 2 ступінь компресора високого тиску, визначається з рівня змішування пари, який виходить з проміжного теплообмінника (точка 4) і з 1 ступеня компресора низького тиску (точка 2).

$$h_3 = \frac{h_2 + \delta * h_4}{1 + \delta}, \text{ кДж/кг}$$

$$h_3 = \frac{439,8 + 0,361 * 422,7}{1 + 0,361} = 435,3 \text{ кДж/кг}$$

В розрахунках процесів стиснення в ступенях компресора при визначення питомих ентальпій h_2, h_5 ізоентропійний ККД приймається рівним 0,75.

Тепловий насос на конденсаторі і охолоджувачі може видавати теплову потужність $Q = 251$ кВт і нагрівати воду з $t_1 = 60^\circ\text{C}$ до $t_2 = 80^\circ\text{C}$.

Витрата у верхньому контурі буде становити:

$$G_h = \frac{Q}{h_5 - h_7}, \text{ кг/с}$$

$$G_h = \frac{251}{462,5 - 304} = 1,58 \text{ кг/с}$$

Витрата холодоагента в нижньому контурі:

$$G_l = \frac{G_h}{1 + \delta}, \text{ кг/с}$$

$$G_l = \frac{1,58}{1 + 0,361} = 1,16 \text{ кг/с}$$

Споживання механічної енергії на привід першого, другого ступеня і компресора в цілому буде становить:

$$N_{k1} = G_l * (h_2 - h_1), \text{ кВт}$$

$$N_{k1} = 1,16 * (439,8 - 403,5) = 42,1 \text{ кВт}$$

$$N_{k2} = G_h * (h_5 - h_3), \text{ кВт}$$

$$N_{k2} = 1,58 * (462,5 - 435,3) = 42,9 \text{ кВт}$$

$$\sum N_k = N_{k1} + N_{k2}, \text{ кВт}$$

$$\sum N_k = 42,1 + 42,9 = 85 \text{ кВт}$$

Електромеханічний ККД електродвигуна на валу компресора приймається рівним $\eta = 0,98$.

Споживання на привід компресора буде рівним:

$$N = \frac{\sum N_k}{\eta}, \text{ кВт}$$

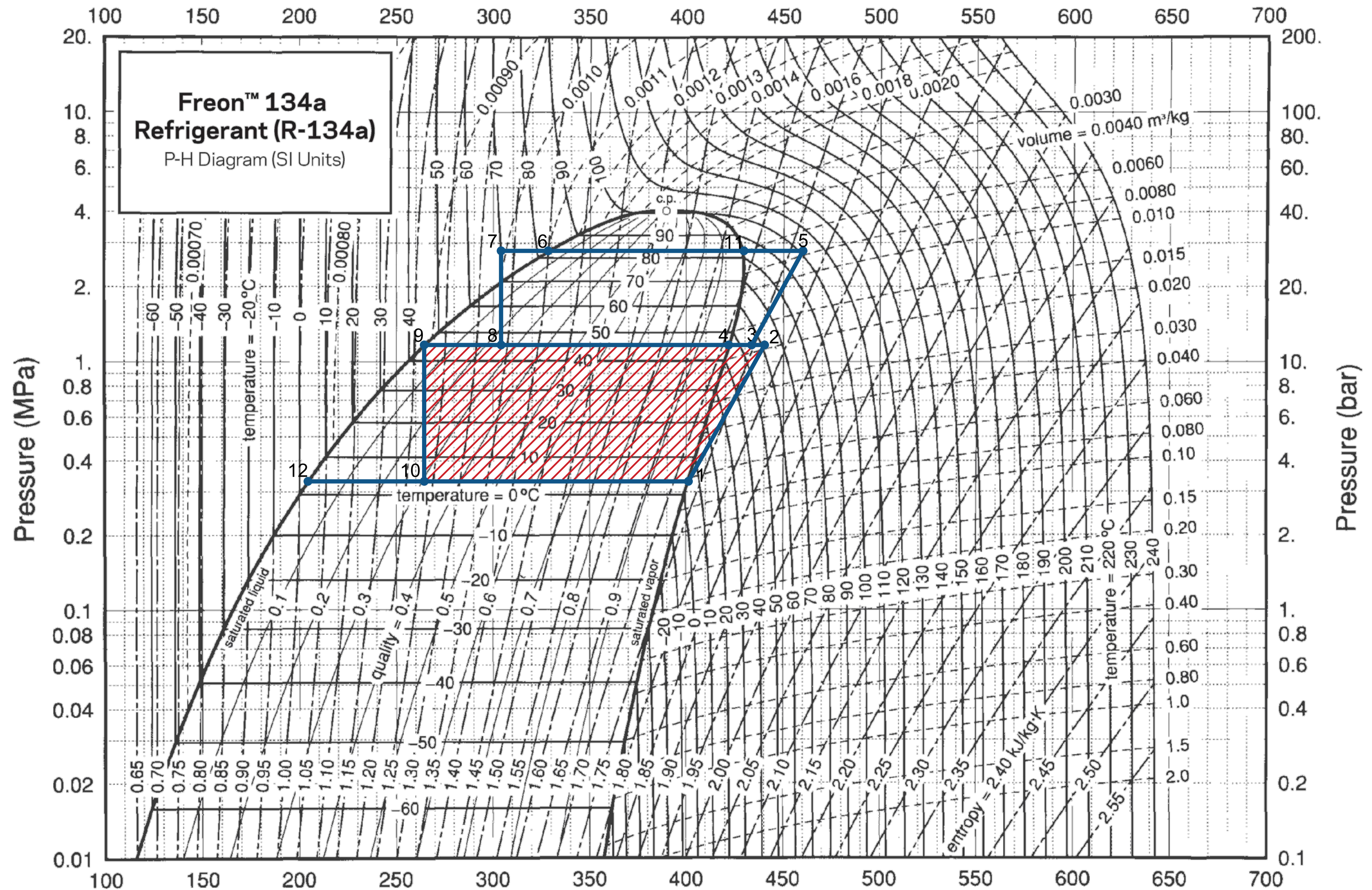
$$N = \frac{85}{0,98} = 86,7 \text{ кВт}$$

Коефіцієнт перетворення тепла визначається за формулою:

$$COP = \frac{Q}{N}$$

$$COP = \frac{251}{86,7} = 2,89$$

P-H діаграма теплових процесів роботи двоступеневого теплового насоса в індивідуальному тепловому пункті



Умовні позначення:



- - теплові процеси двоступеневого теплового насоса;
- ▨ - теплові процеси одноступеневого теплового насоса.

Визначення коефіцієнта перетворення для теплового насоса

Формула для розрахунку COP:

$$COP = \frac{T_{\text{под}}}{T_{\text{под}} - T_{\text{зовн}}}$$

де $T_{\text{под}}$ — температура подачі в Кельвінах ($T^{\circ}\text{C} + 273,15$),

$T_{\text{зовн}}$ — зовнішня температура в Кельвінах.

Ця формула заснована на ідеальному циклі Карно, де ефективність теплового насоса залежить від різниці між температурою джерела та споживання.

Для режиму 95°C/70°C:

- при зовнішній температурі -22°C:

$$COP = \frac{95 + 273,15}{(95 + 273,15) - (-22 + 273,15)} = 3,15$$

- при зовнішній температурі 0°C:

$$COP = \frac{95 + 273,15}{(95 + 273,15) - (0 + 273,15)} = 3,87$$

- при зовнішній температурі +8°C:

$$COP = \frac{95 + 273,15}{(95 + 273,15) - (8 + 273,15)} = 4,23$$

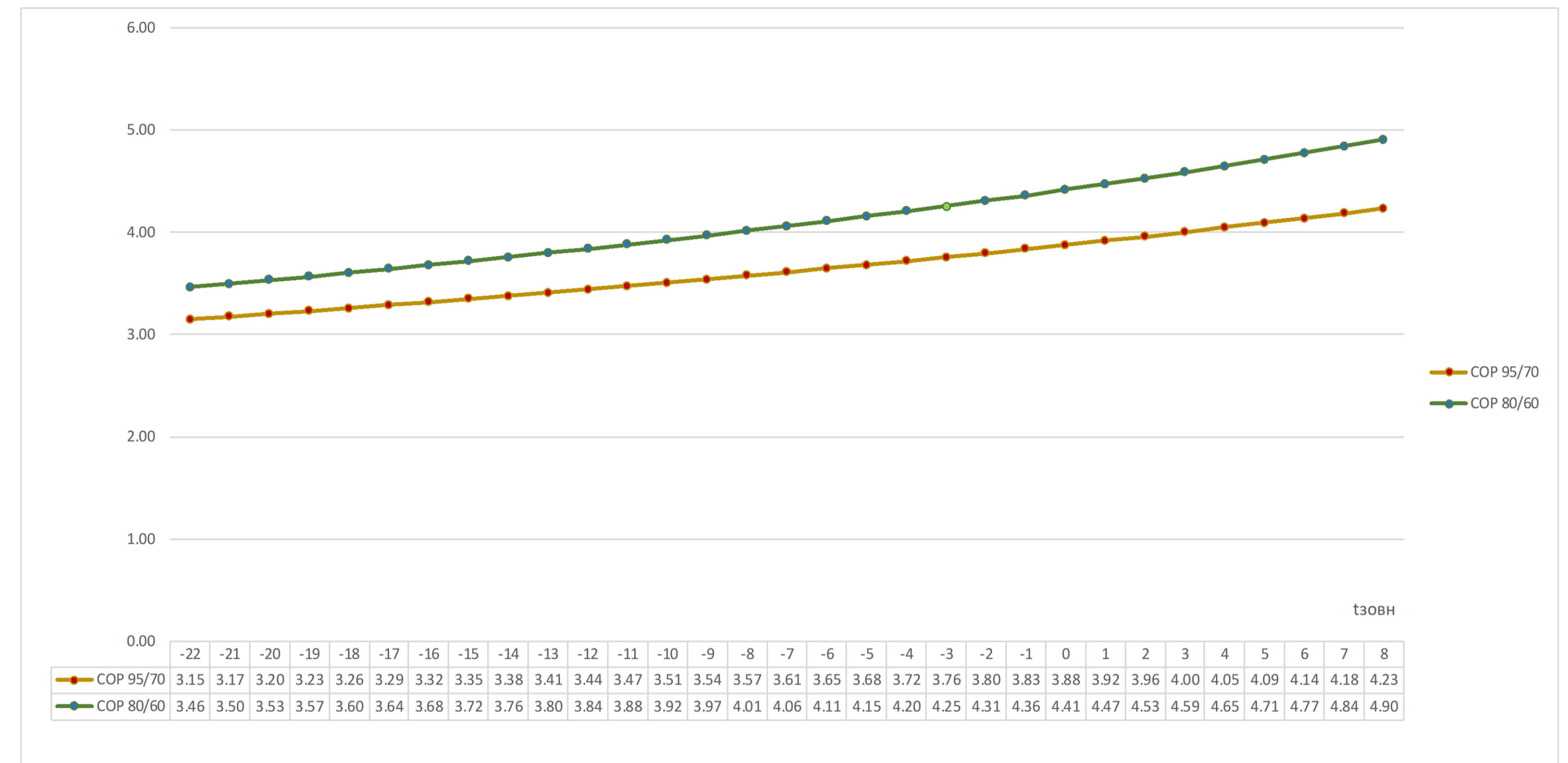
$$COP_{\text{двост}} = 3,87 * 1,1 = 4,26$$

- при температурі зовнішнього повітря +8°C:

$$COP_{\text{одност}} = \frac{95 + 273,15}{95 + 273,15 - (8 + 273,15)} = 4,23$$

$$COP_{\text{двост}} = 4,23 * 1,1 = 4,65$$

Графік коефіцієнта перетворення тепла для температурного режиму 95/70°C та 80/60°C



Для режиму 80°C/60°C:

- при зовнішній температурі -22°C:

$$COP = \frac{80 + 273,15}{(80 + 273,15) - (-22 + 273,15)} = 3,46$$

- при зовнішній температурі 0°C:

$$COP = \frac{80 + 273,15}{(80 + 273,15) - (0 + 273,15)} = 4,41$$

- при зовнішній температурі +8°C:

$$COP = \frac{80 + 273,15}{(80 + 273,15) - (8 + 273,15)} = 4,9$$

Якщо температура робочої рідини (подачі) дорівнює +95°C, внесемо це значення у формули для обчислення COP.

- для одноступінчастого теплового насосу формула для COP прийме вигляд:

$$COP_{\text{одност}} = \frac{T_{\text{под}}}{T_{\text{под}} - T_{\text{зовн}}}$$

де $T_{\text{под}}$ — температура подачі в Кельвінах ($T^{\circ}\text{C} + 273,15$),

$T_{\text{зовн}}$ — зовнішня температура в Кельвінах.

- для двоступінчастого теплового насосу формула для COP прийме вигляд (для двоступінчастого компресора беремо на 10% більший COP):

$$COP_{\text{двост}} = COP_{\text{одност}} * 1,1$$

Проведемо розрахунок COP для одноступінчастого та двоступінчастого компресора теплового насосу:

- при температурі зовнішнього повітря -22°C:

$$COP_{\text{одност}} = \frac{95 + 273,15}{95 + 273,15 - (-22 + 273,15)} = 3,15$$

$$COP_{\text{двост}} = 3,15 * 1,1 = 3,47$$

- при температурі зовнішнього повітря -15°C:

$$COP_{\text{одност}} = \frac{95 + 273,15}{95 + 273,15 - (-15 + 273,15)} = 3,35$$

$$COP_{\text{двост}} = 3,35 * 1,1 = 3,68$$

- при температурі зовнішнього повітря 0°C:

$$COP_{\text{одност}} = \frac{95 + 273,15}{95 + 273,15 - (0 + 273,15)} = 3,87$$

Графік коефіцієнта перетворення тепла для одноступеневого та двоступеневого теплових насосів

