

Актуальні питання генерації, транспортування і відпуску теплоти в системах централізованого і децентралізованого теплопостачання»

02.02.2023 р

Колієнко Анатолій Григорович, Інститут місцевого розвитку, м. Київ

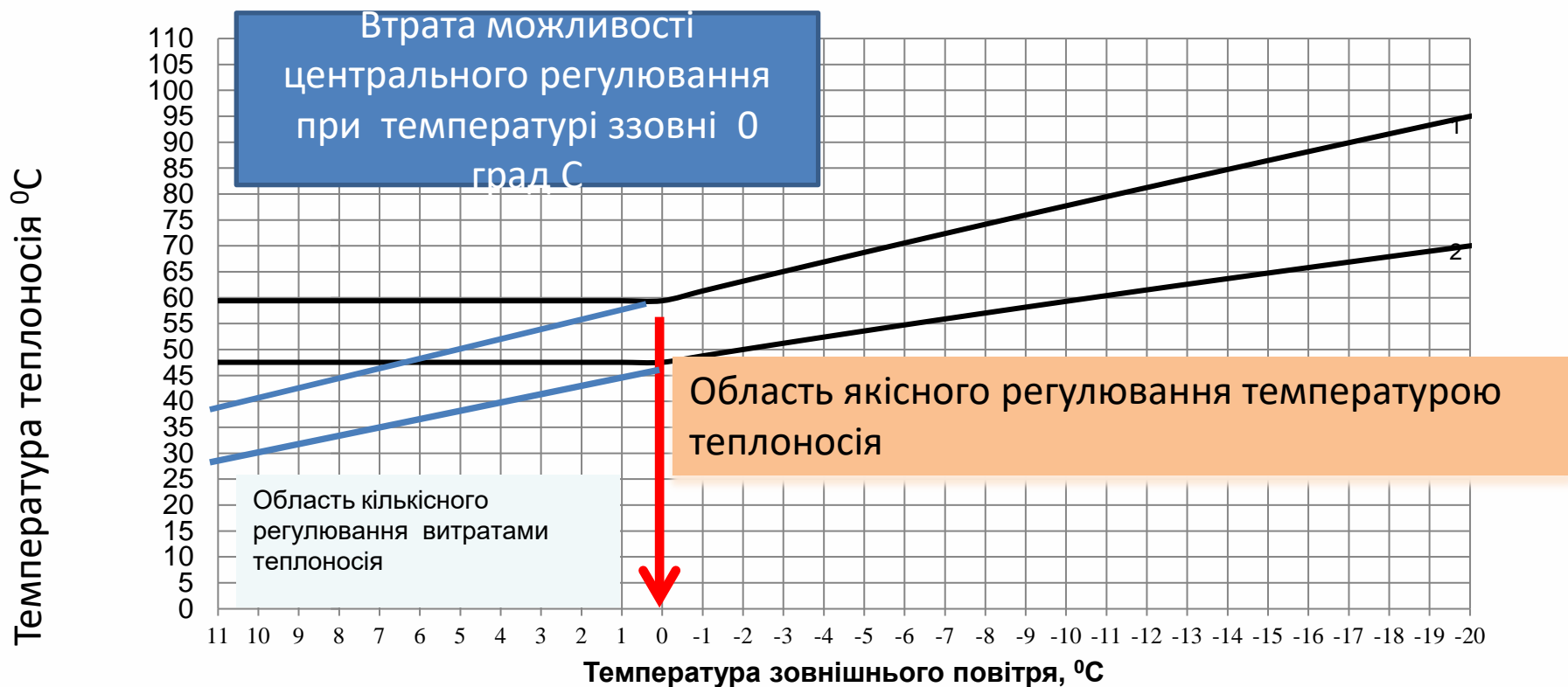
Питання №1. Впровадження кількісно-якісного регулювання відпуску теплоти і централізованих системах теплопостачання

Існуюча система регулювання відпуску теплоти – якісна шляхом зміни температури в подавальному і як наслідок у зворотному трубопроводі теплових мереж. $Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}})$. М-стала величина.

Недоліки системи :

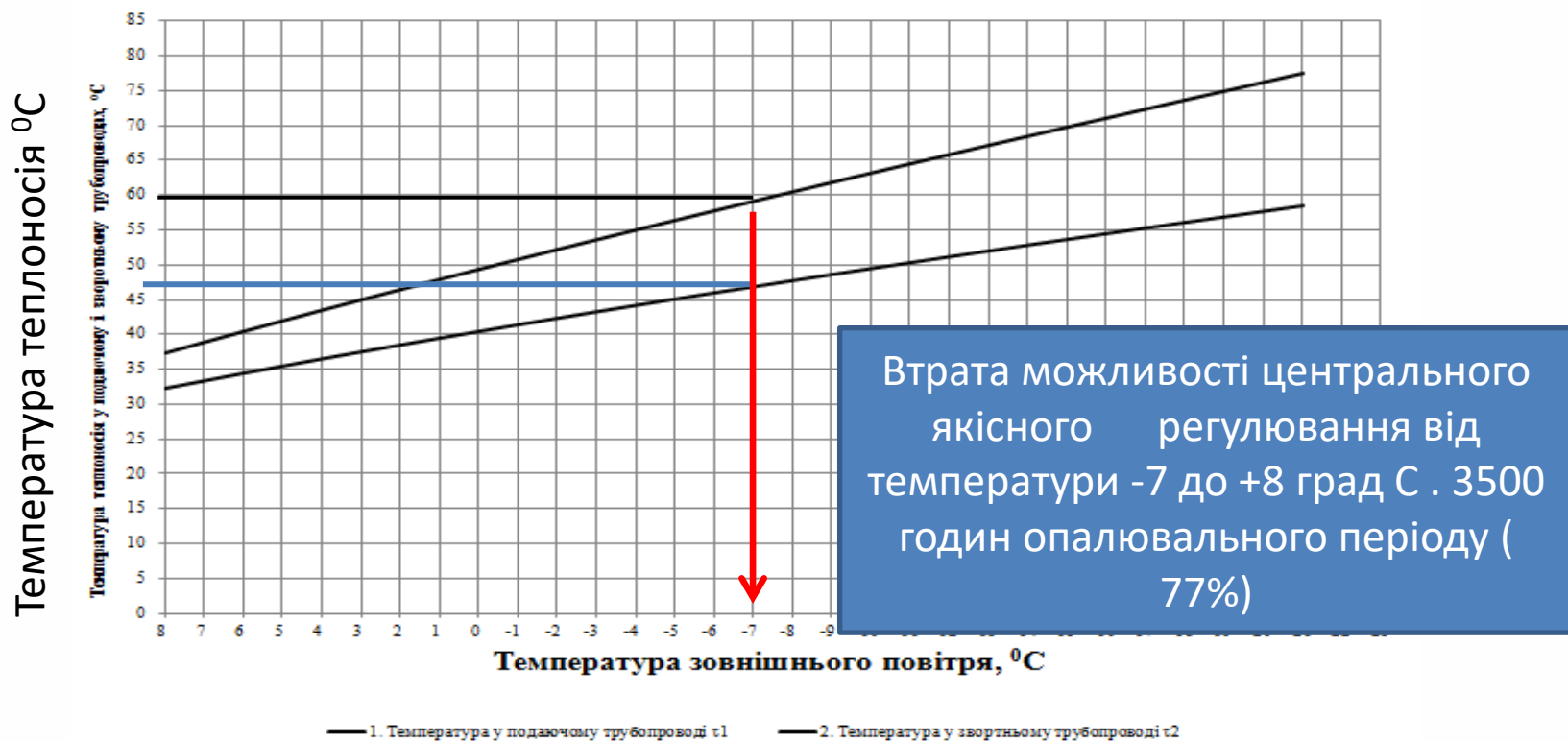
- Відсутність можливості регулювання після досягнення точки зламу температурного графіка – температури, необхідної для приготвання ГВ
- Наявність сезонних перетопів;
- Значні витрати електричної енергії;
- Неможливість ефективної утилізації теплоти продуктів згорання;
- Неефективна роботи котлів у режимі регулювання пропусками, суттєве зниження ККД роботи котлів

Температурний графік відпуску теплоти 95/70 °C



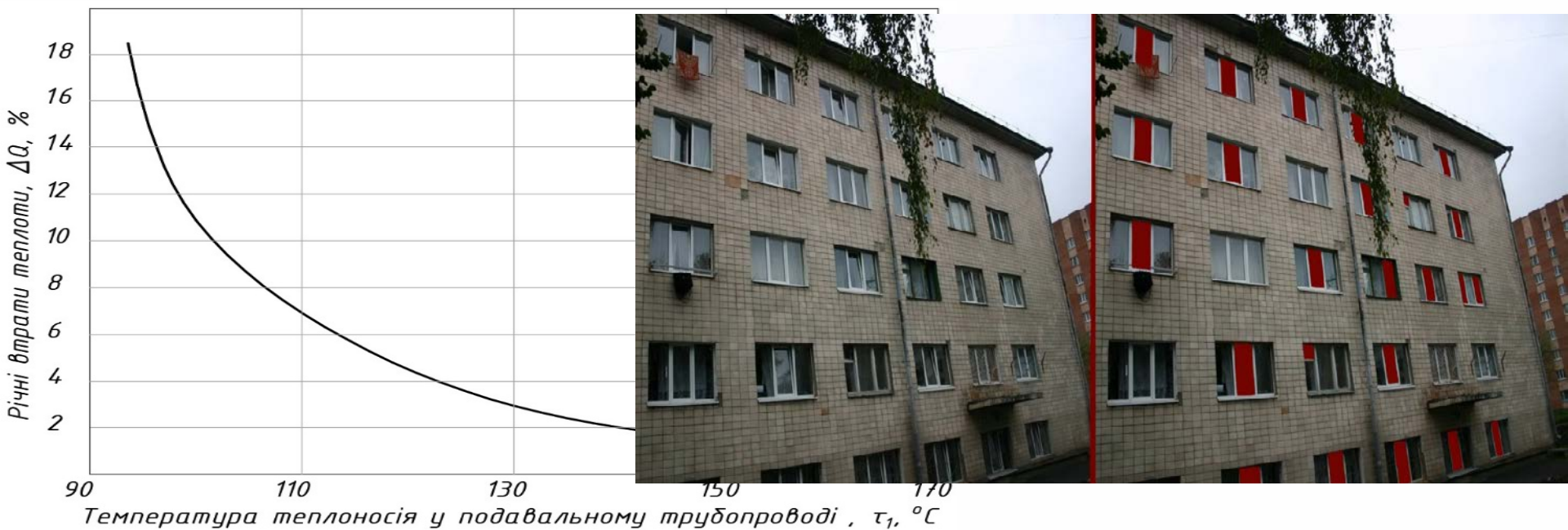
Зрізка температурного графіку при температур близько 0 °. При переході на графік 80/60 град С. Зрізка графіка має місце при температурі близько - 7 °C

Температурний графік відпуску теплоти 80/60 °C



Зрізка температурного графіку при температур близько -7 °.

Втрати теплоти з перетопами

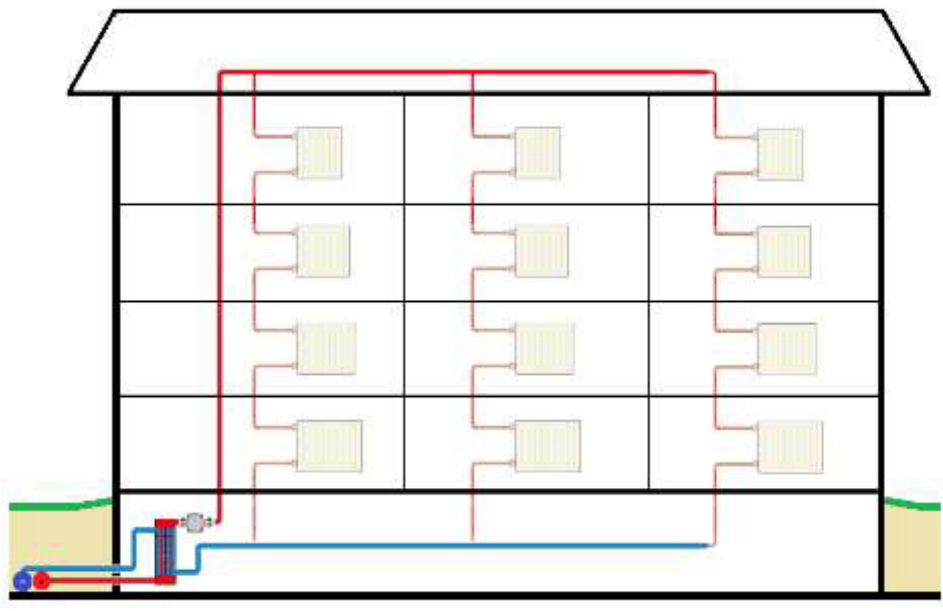


Залежність річних втрат теплоти у режимі зрізки температурного графіка від температури у подавальному трубопроводі теплових мереж для кліматичних умов розрахункової температури зовнішнього повітря – 23°C .

Після досягнення температури зовнішнього повітря - 5....0 град С можливість центрального регулювання в котельні за існуючого стану втрачається.

Необхідно здійснювати перехід на місцеве регулювання у будинках – зменшувати подачу теплоти.

Чим і як регулювати відпуск теплоти до будинку і до квартири ?

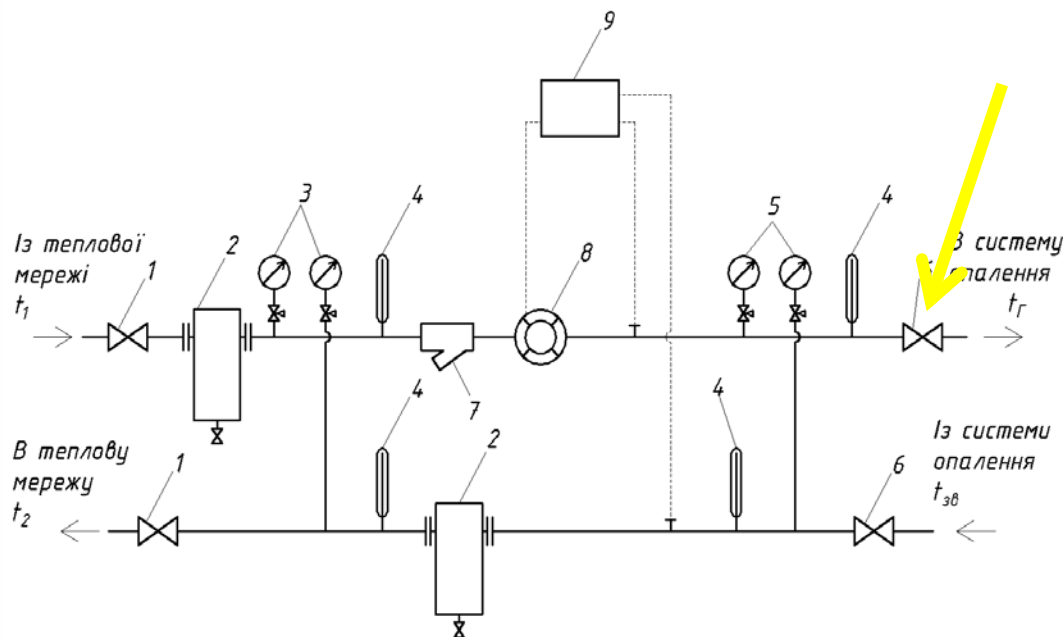


1. Нічим і ніяк



Неавтоматизований безелеваторний тепловий вузол вводу

Кількісне регулювання



1- запірно-регулювальна арматура (кульові крани);2-відмулювач (відсутній);

3.5- манометри(відсутні); 4 - термометри; 7-фільтр тонкого очищення води.

Регулювання виконується за допомогою 1 або 6.

Погодне регулювання відпуску теплоносія

Якісне регулювання:

$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \quad \text{ккал/год}$$

M - витрати води - не змінюються

Змінюється температура гарячої і холодної води: $(t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}})$

Кількісне регулювання

$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \quad \text{ккал/год}$$

M - витрати води - змінюються

НЕ змінюється температура гарячої - $t_{\text{гар.води}}$

Після відключення ЕЕ регулятор залишається в робочому положенні (на 50% відкритим)

Циркуляція теплоносія продовжується

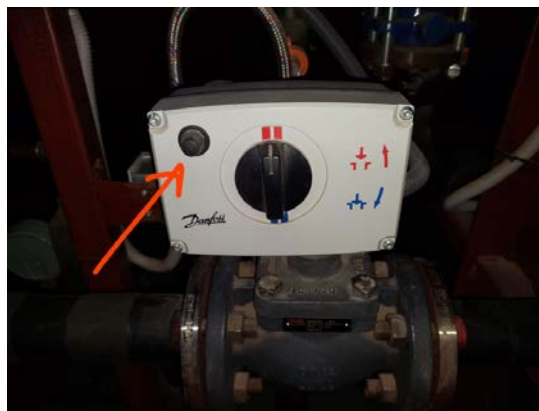
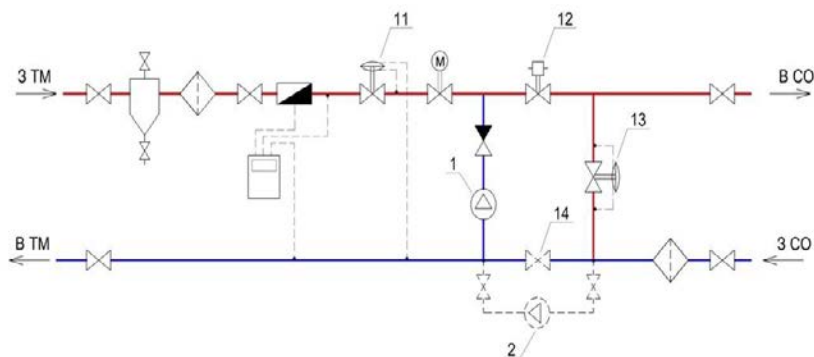
$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \text{ ккал}$$

М – зменшується в 2 р. Q зменшується в 4 рази. АЛЕ

$t_{\text{хол.води}}$ зменшується

($t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}$) збільшується

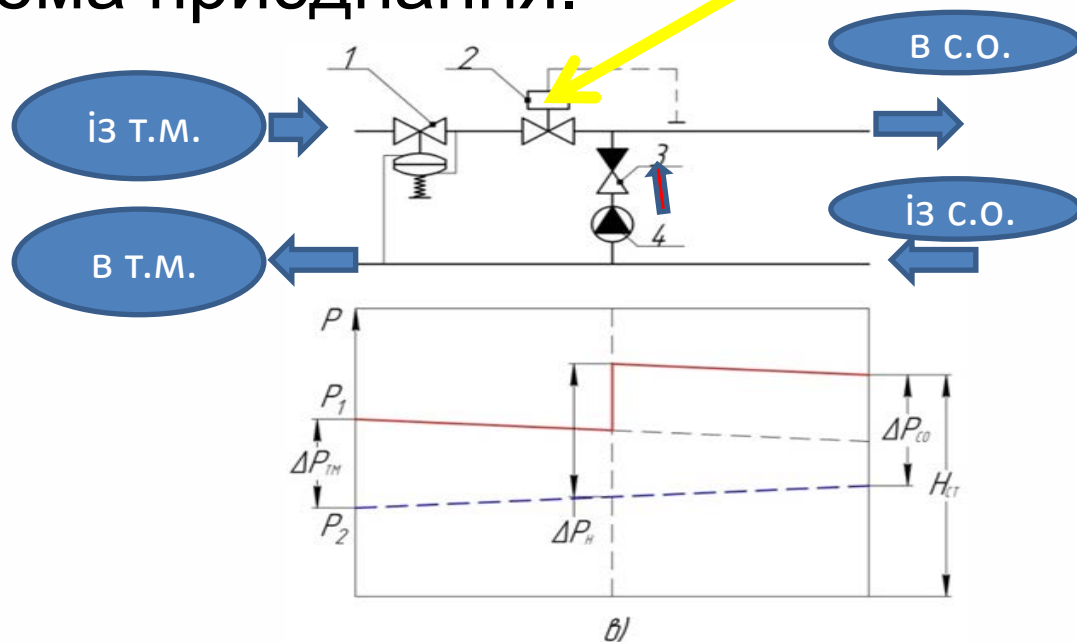
Q може залишитись на тому ж рівні



Автоматизований ІТП з погодним регулюванням залежна схема приєднання.



Якісне регулювання



- 1 – регулятор перепаду тиску;
- 2 – регулятор температури;
- 3 – зворотній клапан;
- 4 – циркуляційний насос;

Погодне регулювання відпуску теплоносія

Якісне регулювання температурою теплоносія:

$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \quad \text{ккал/год}$$

M - витрати води - не змінюються

Змінюється температура гарячої і холодної води: $(t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}})$

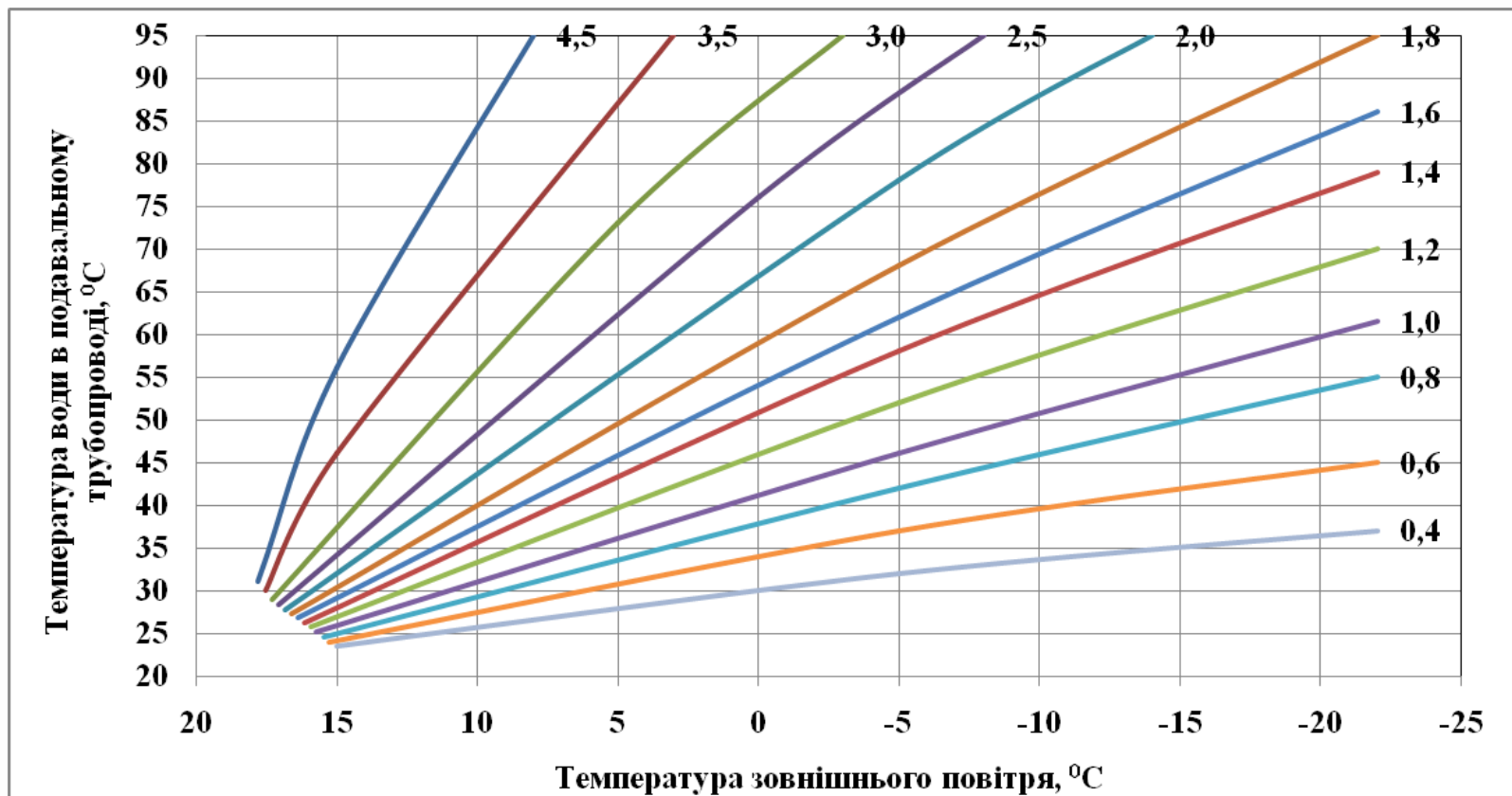
Кількісне регулювання зміною витрат води:

$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \quad \text{ккал/год}$$

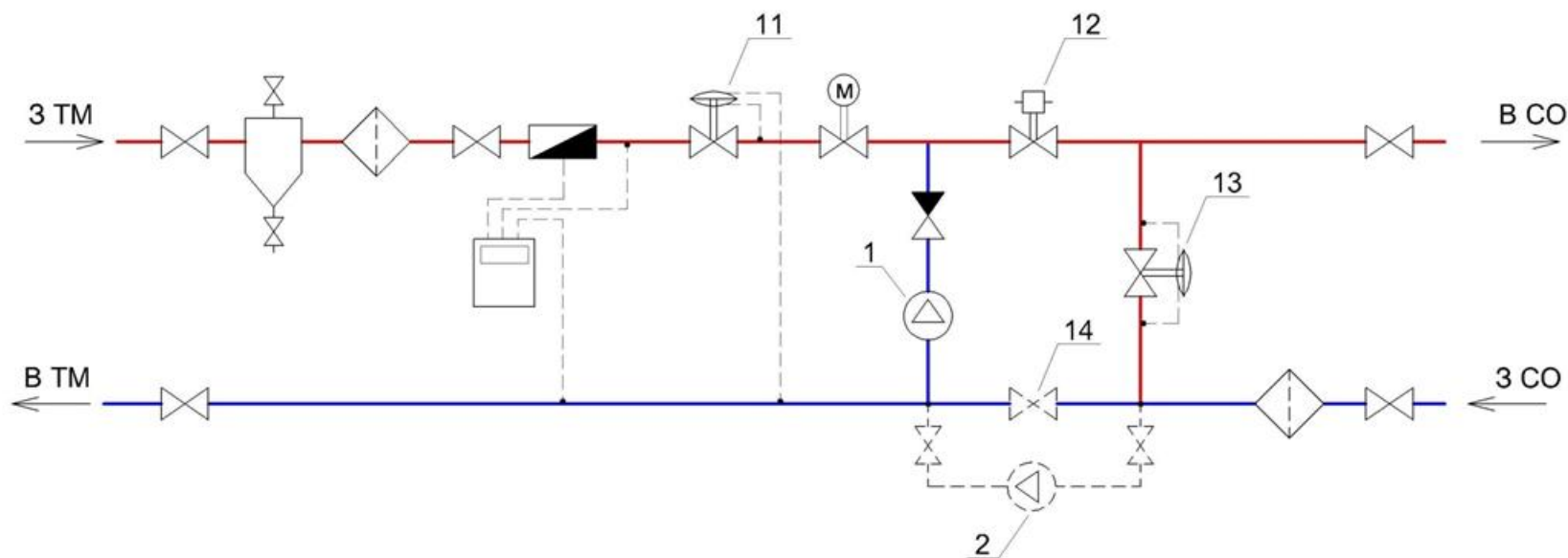
M - витрати води - змінюються

НЕ змінюється температура гарячої - $t_{\text{гар.води}}$

Вибір регулювальної кривої



Принципiальна схема ІТП (тип 1)

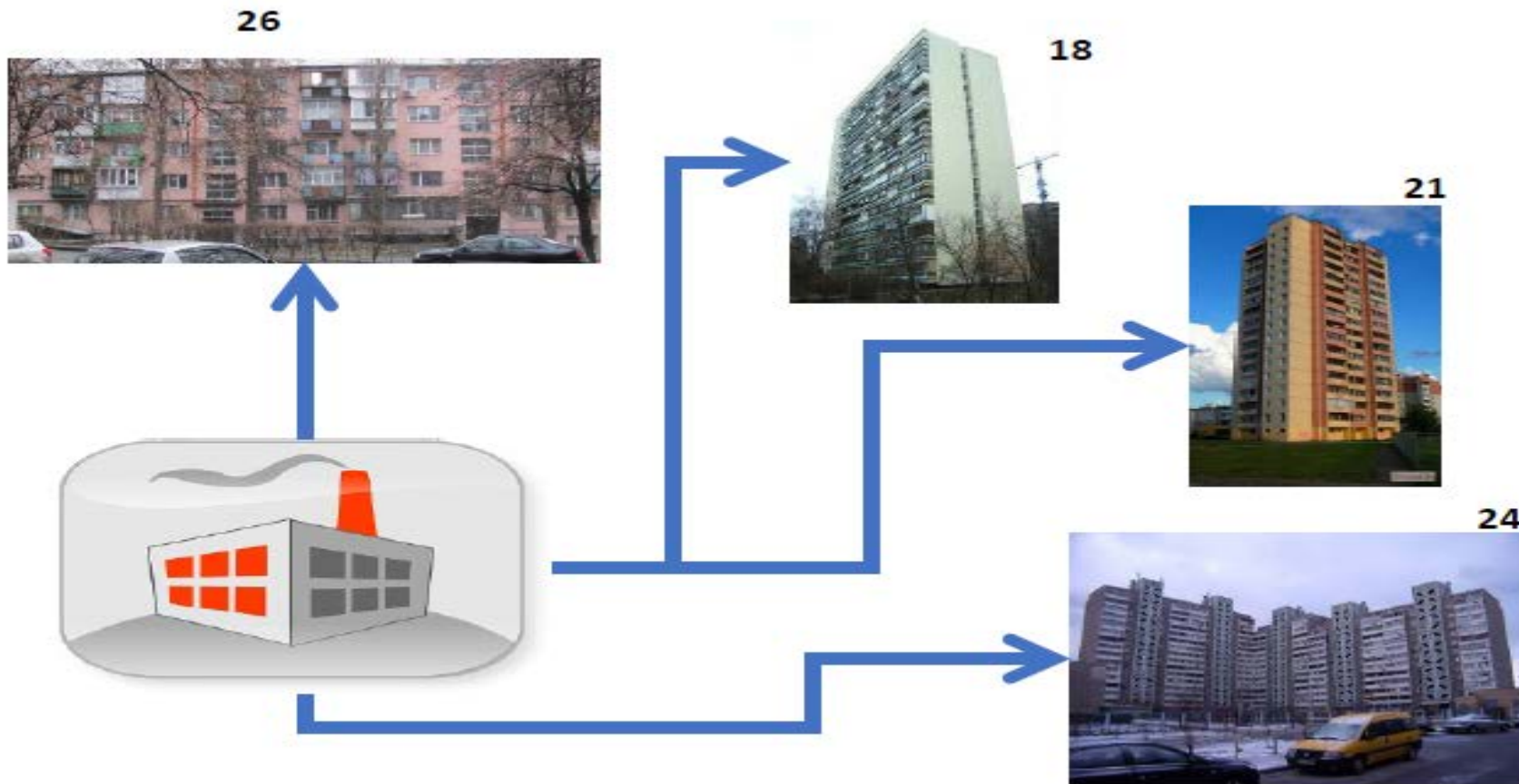


Тиск у подавальному і зворотному трубопроводах ТМ більший за висоту будівлі, висота менша за статичний тиск. Тиск не перевищує допустимий:
 11 – регулятор перепаду тиску (захист ТМ від гiдравлічного розрегулювання, підтримання постійного перпаду, захист СО від коливань тиску в ТМ; обмеження максимальних витрат теплоносія; захист регулятора теплового потоку; 12 – балансувальний клапан; 13 – перепускний клапан – циркуляція за малим кільцем при закритих термостатах на опалювальних приладах.¹⁵

Економічна ефективність місцевого регулювання

1. Рівень заощадження теплоти при впровадженні ІТП в житлових будинках становить :
 - центральне регулювання, житлові будинки 5-7%
 - пофасадне регулювання , житлові будинки 10-12%;
 - за умови використання спеціальних функцій регулятора – до 20% , що можливо лише за згоди і мотивації мешканців будинку.
2. Рівень заощадження енергії при впровадженні заходів з енергозбереження залежить не лише від якості матеріалів і обладнання, що використовується, а й від рівня експлуатації, обслуговування, ремонту і профілактичних робіт

Доказ необхідності регулювання



Чому питома вартість опалення у грн на 1 м² для будинків однієї системи ЦТ відрізняється ?

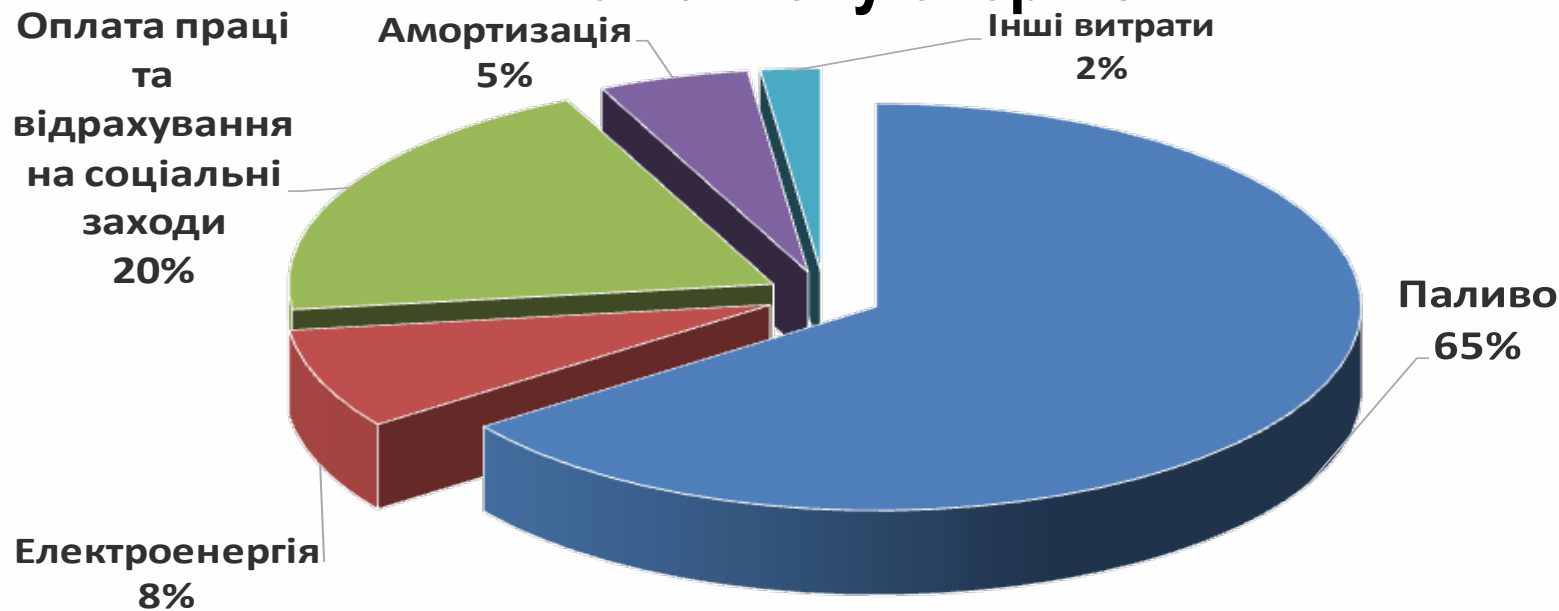
Вартість опалення 1 м² від СЦТ міста по окремим будинкам, грн за 1 м²



Вартість послуги визначається теплозахистними характеристиками будинків, і рівнем енергозберігаючих заходів.

Доказ необхідності регулювання - відмінність у вартості теплоти в централізованих і індивідуальних системах теплопостачання

Спільне для ЦСТ і ІСТ – вплив тарифів на паливо на тариф на теплову енергію.

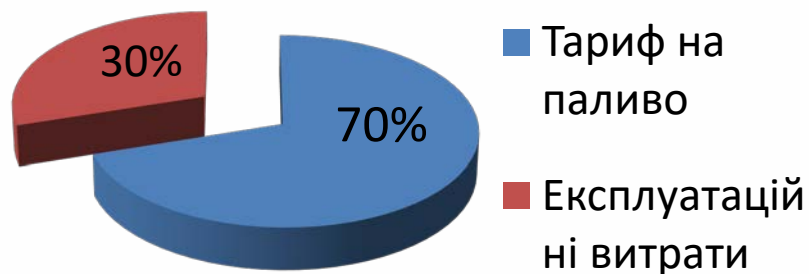


Тарифи залежать від частки палива в складовій тарифу на тепло і від тарифу на паливо. Якщо зростає вартість палива - відповідно повинні зростати і тарифи на тепло.

З іншої сторони проблема енергетичної бідності і неплатежів. Необхідно переходити на більш дешеві види палива і зменшувати вплив паливної складової. Законодавчі бар'єри.

Бар'єри тарифоутворення.

Структура вартості одиниці теплоти для ІСТ



Тариф на природний газ для населення - 11 грн за 1 м³.
(1,60 грн за 1 кВт год)

**В системі ЦТ – 2000...2300
Грн за 1 Гкал**

**Індивідуальна система :повинно
бути – $2000 * 0,7 = 1400$ грн за 1
Гкал.**

На практиці різниця між тарифами є більшою.

Висновок – ефект дає доступне регулювання відпуску теплоти.

Як в системі ЦТ так і ІТ важливим є ефективність процесу генерації теплоти.

Паливна складова у тарифі на теплоту для ЦСТ і ІСТ. Вплив енергоефективності

Тариф на відпущену теплоту - 2300 грн за 1 Гкал

Тариф на природний газ – 11000 грн за 1000 м³

Теплота згорання газу – 8250 ккал/ м³.

Ккд генерації	Питомі Витрати м ³ на 1 Гкал виробленої теплоти Ккд генер.90%	Питомі Витрати м ³ на 1 Гкал відпущеної теплоти КкД 72%	Вартість газу.грн і паливна частка генерація (індивідуальні)	Вартість газу.грн і частка до відпущеної теплоти Відпуск теплоти централізовані)
0,9	134,6	151,5 80%	1480/ 64%	1666/ 72%
0,8	151,5	173 70%	1666/ 72%	1903/ 83%
0,7	173,1	202 60%	1904/ 83%	2222 / 97%

Збільшення енергоефективності вимагає суттєвих інвестицій.



Погодне регулювання відпуску теплоносія

Якісне регулювання:

$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \quad \text{ккал/год}$$

M - витрати води - не змінюються

Змінюється температура гарячої і холодної води: $(t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}})$

Кількісне регулювання

$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}), \quad \text{ккал/год}$$

M - витрати води - змінюються

НЕ змінюється температура гарячої - $t_{\text{гар.води}}$

Виклики переходу на кількісне регулювання.

Неузгодженість в процесах регулювання

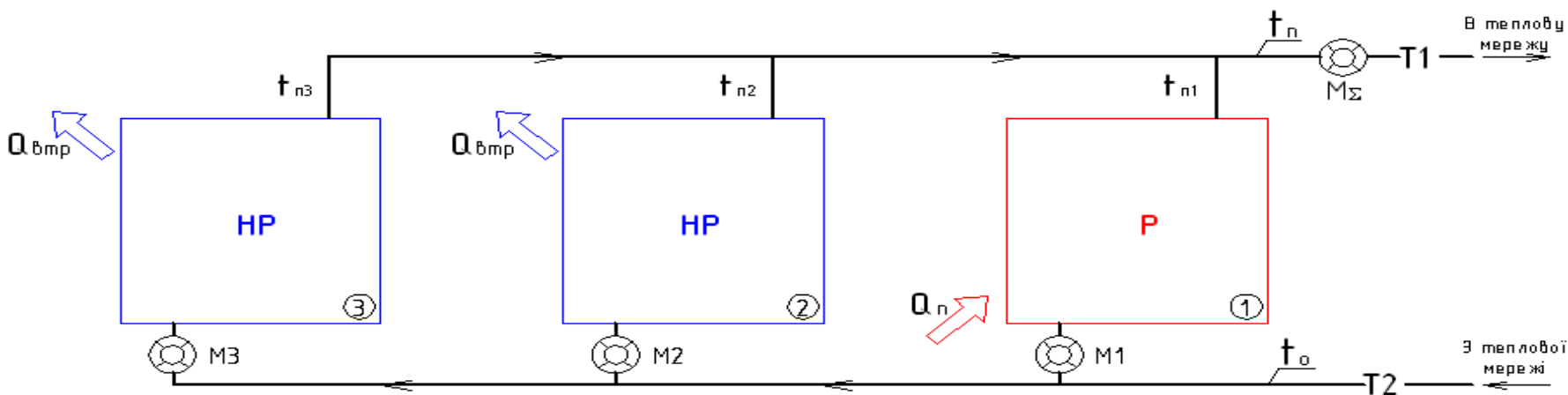
1. Із зменшенням витрат мережної води починається гідравлічне і теплове розрегулювання теплових мереж – дальні споживачі нетоотримують теплоту, порушується поточкорозподілення по будинкам.
2. Зменшуються витрати води через котли, що призводить до їх перегрівання. Необхідність тримати котли в теплому простої. Збільшення втрат теплоти на власні потреби з 1 до 15 %.
3. Зменшується навантаження на котли

Необхідні заходи:

1. Наявність в усіх будинках ІТП з циркуляцією теплоносія
2. Реконструкція тепломеханічної схеми котельних
3. Обладнання мережних насосів частотним регуляторами .
4. Комплексний підхід

Втрати теплоти з «теплим простом» котлів і зменшеною теплопродуктивністю

- Принципова схема



Через котли № 2 і 3 здійснюється циркуляція теплоносія. Працює котел 1.

$$Q_{\text{тепл. пр.}} = c [M_2(t_{n3} - t_o) + M_3(t_{n3} - t_o)] \cdot n_{оп}, \text{ ккал.}$$

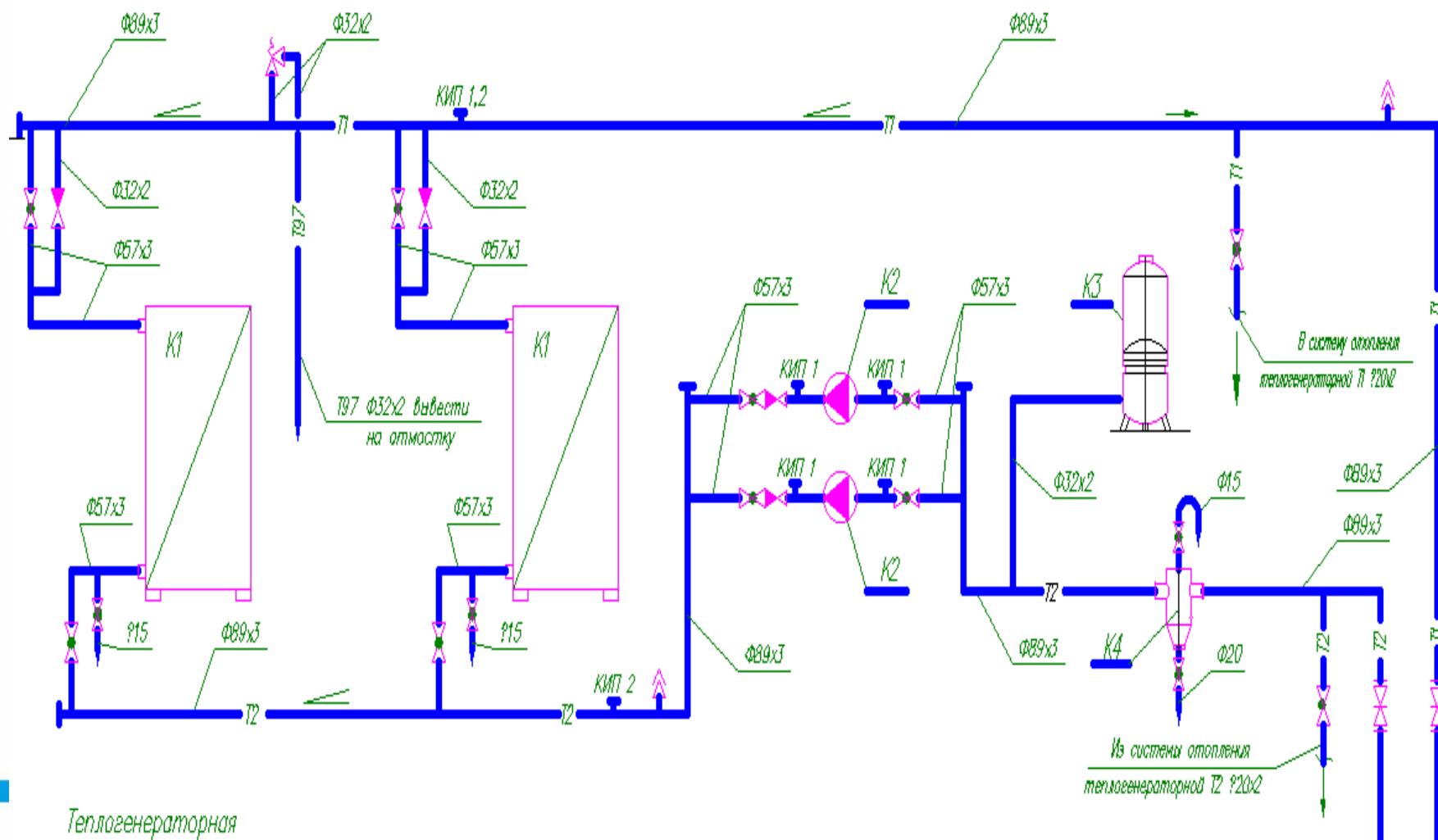
Приклад. Котли №1,2,3: КВГ-6,5 $M_1 = M_2 = M_3 = 300$ т/год. $t_{n3} - t_o = 1^\circ\text{C}$.

$$Q_{\text{вир.}} = 300(80 - 65) = 4,5 \text{ Гкал/год.}$$

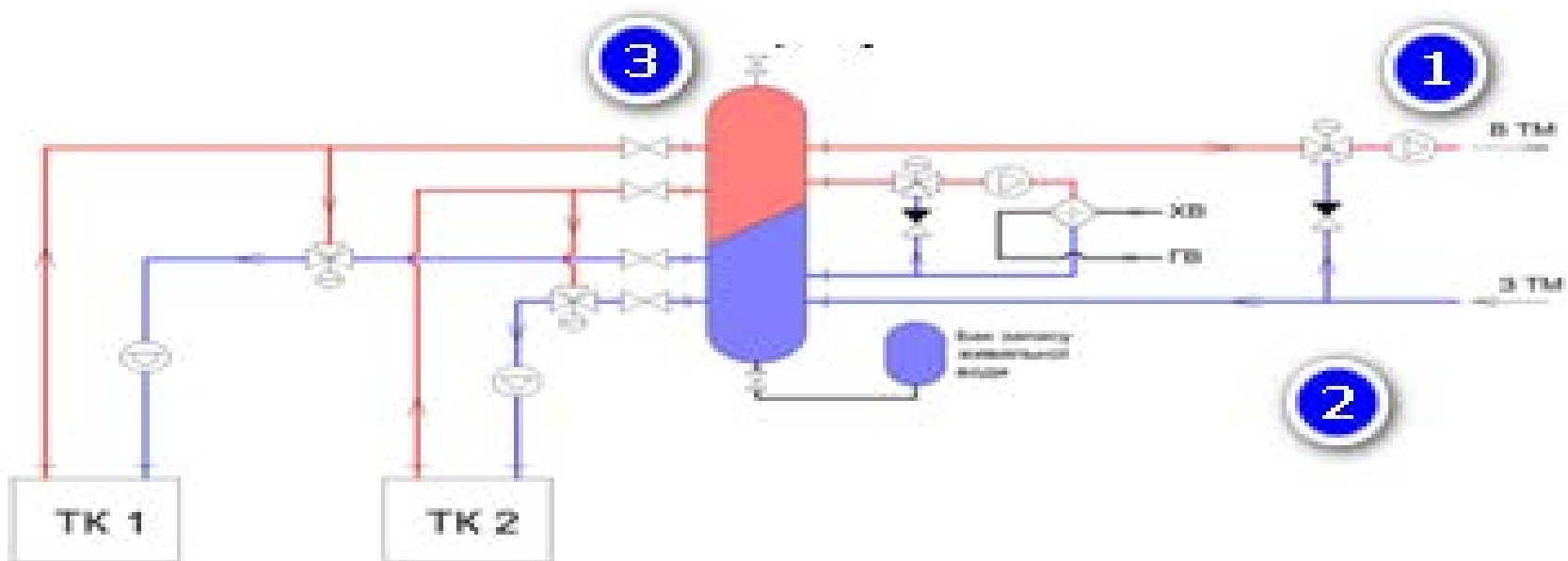
$$Q_{\text{тепл. пр.}} = 2 \cdot 300 \cdot 1 = 0,6 \text{ Гкал/год.}$$

$$q_{\text{тепл. пр.}} = 0,6/4,5 = 0,133 (13,3\%) \text{- втрати з теплим простом}$$

Типова схема котельні – мережна помпа на зворотному трубопроводі ТМ

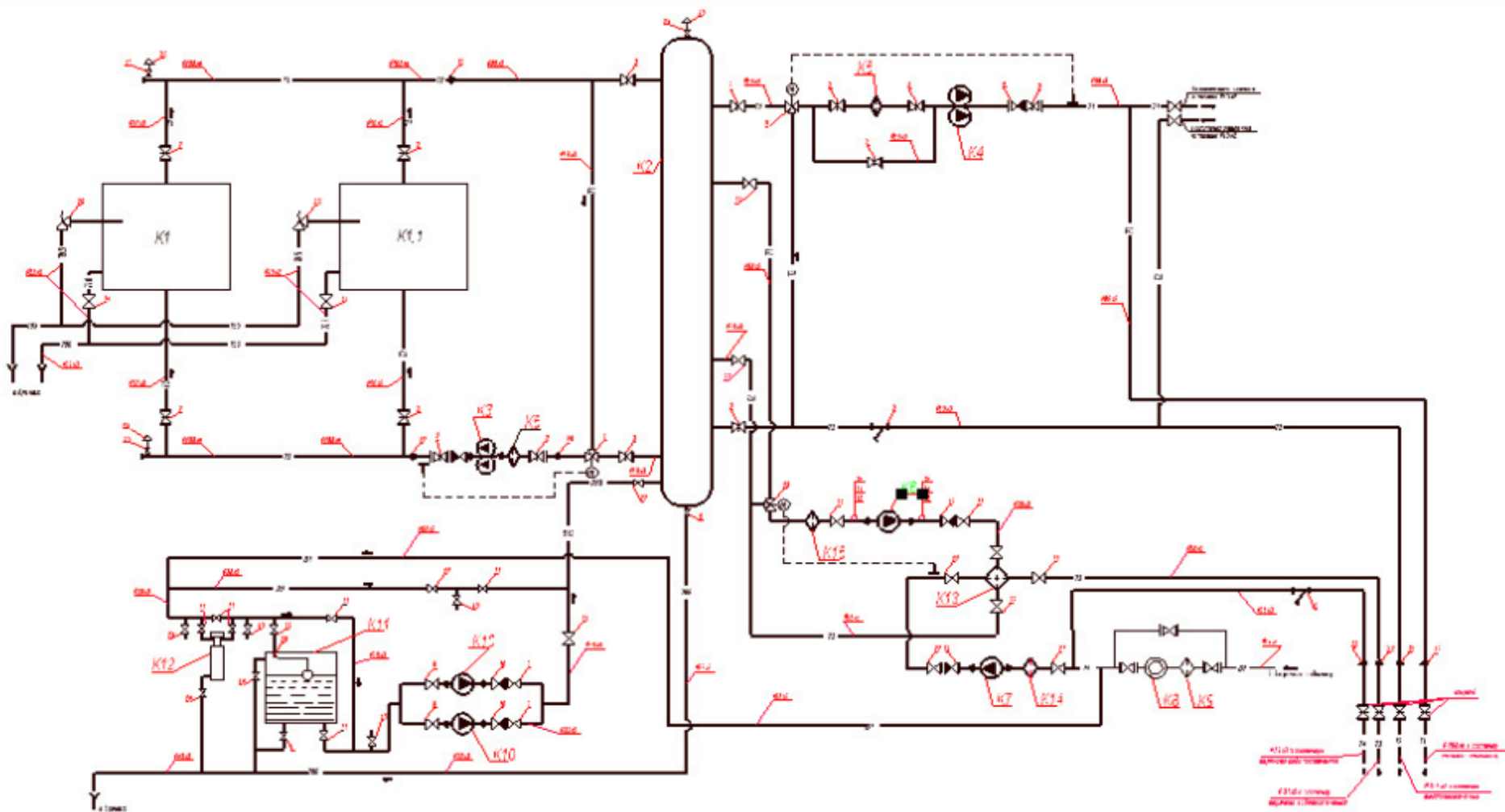


Принципова тепломеханічна схема котельні при переході на кількісне регулювання



TK-1,TK-2 –котли;, контури захисту від конденсатутворення у продуктах згорання,контури регулювання температури теплоносія.1- мережні насоси, 2- байпас,3- баки акумулятори(гідравлічний вирівнювач)

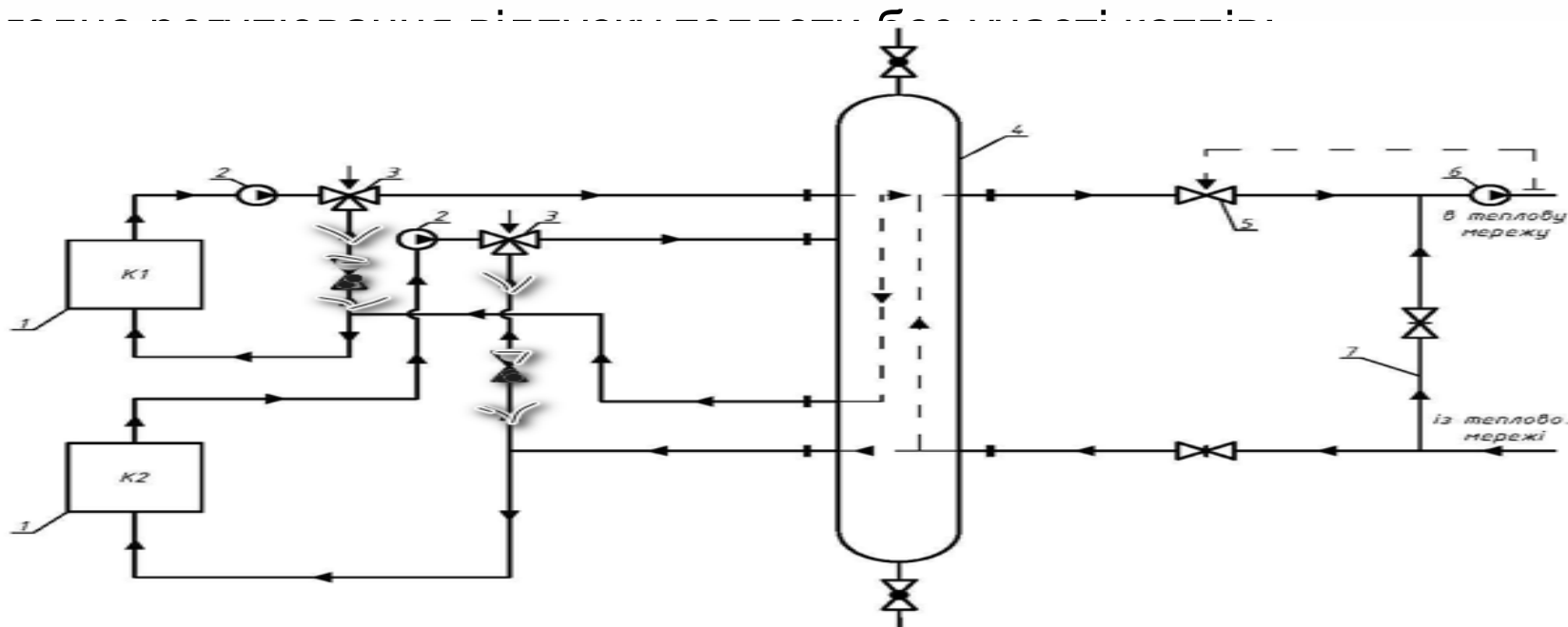
Тепломеханічна схема котельні



Реконструкція тепломеханічних схем котельних, як захід зі скорочення витрат палива

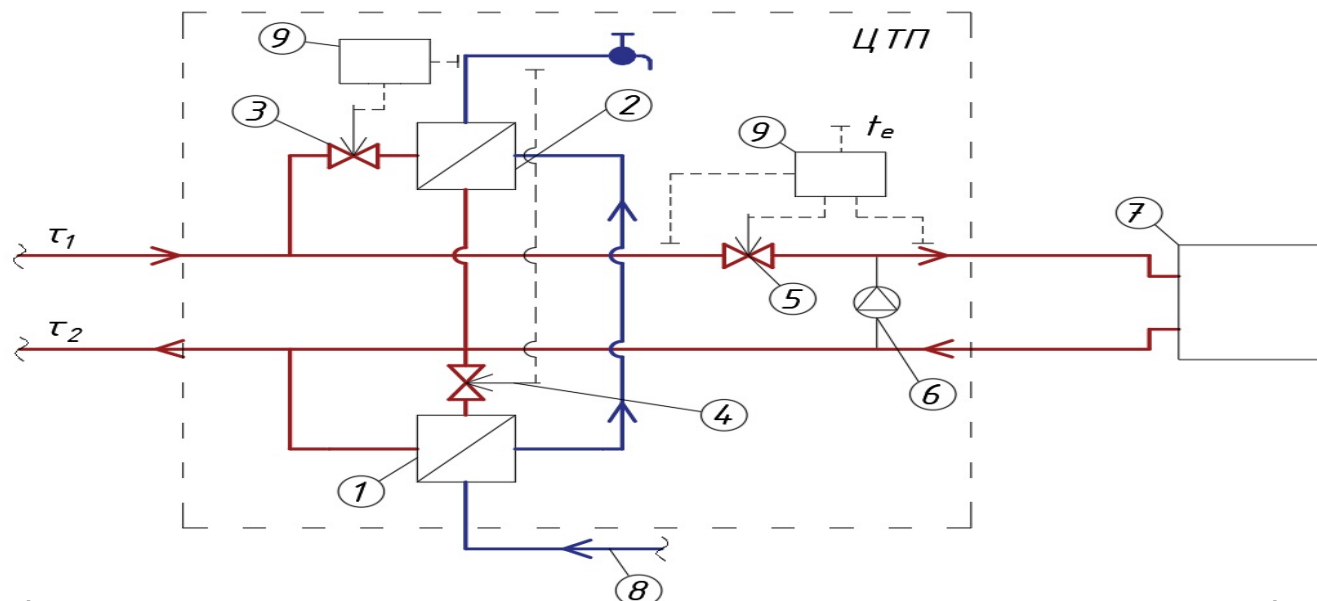
Схема дозволяє вирішити наступні питання:

-гідравлічно розділити контур транспортування теплоти і контур її генерації. Унеможливити негативний вплив на генерацію теплоти;



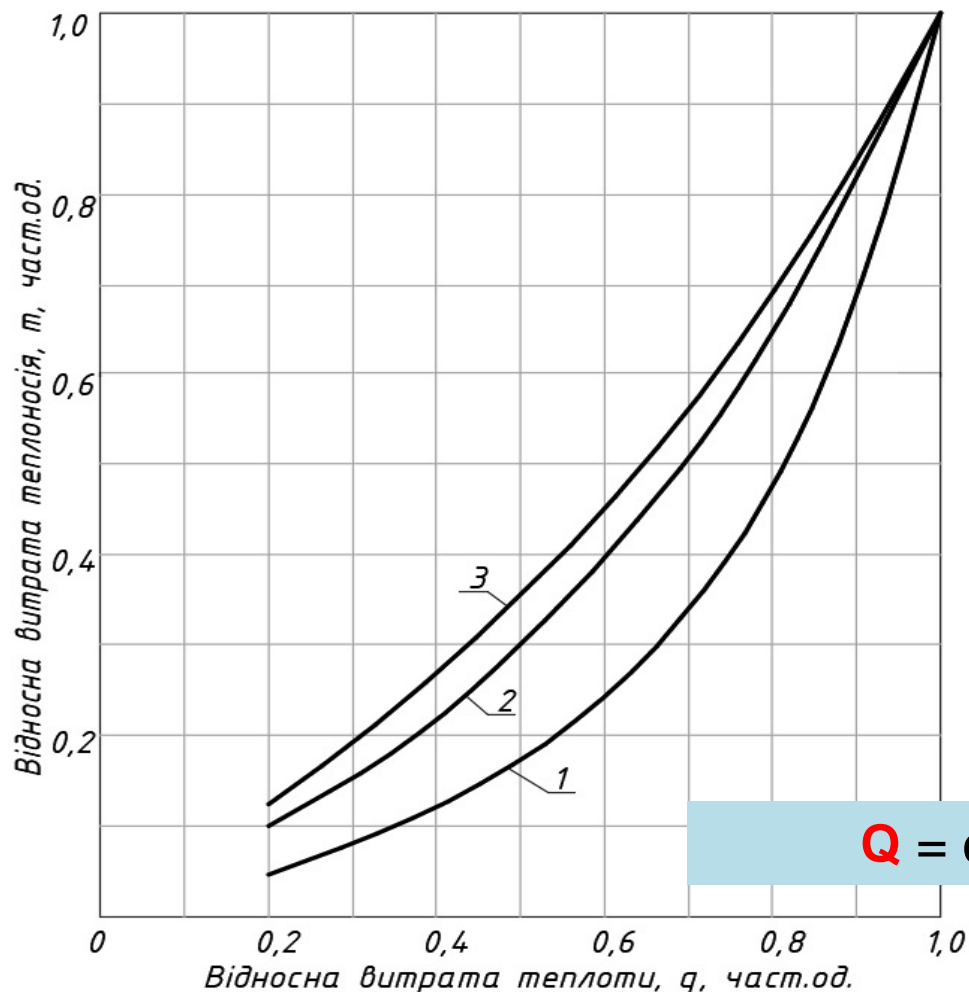
1-котли; 2- котлові насоси;3- регулятор витрат; 4- гідравлічний роз'єднувач;4 – регулятор теплоти;6- мережний насос; 7- байпас

Схема реконструкції ЦТП. У разі відсутності автоматизованих ІТП



1-теплообмінник гарячого водопостачання першого ступеню; 2- теплообмінник гарячого водопостачання другого ступеню; 3 - регулятор температури гарячої води теплообмінника другого ступеню; 4-регулятор температури гарячої води теплообмінника першого ступеню; 5-регулятор витрати теплоносія на опалення (підтримка постійних витрат теплоносія на опалення); 6 – підмішу вальний насос з частотним регулюванням в ЦТП; 7- споживач теплоти на опалення; 8- подача холодної води для гарячого водопостачання; 9- контролер.

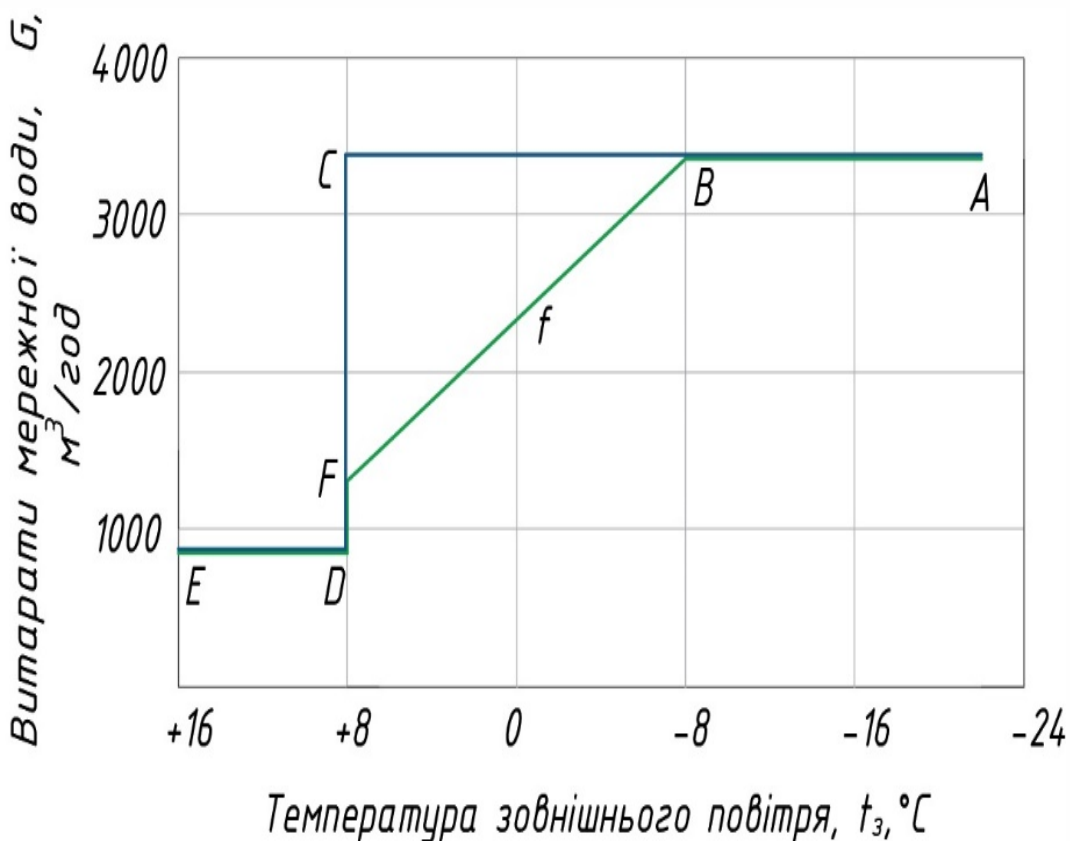
Перехід до кількісного регулювання відпуску теплоти



Графік кількісного центрального регулювання і визначення відносних витрат теплоносія для різних температурних графіків:
 1- 90/70° С; 2- 115/70° С;
 3- 135/70° С;

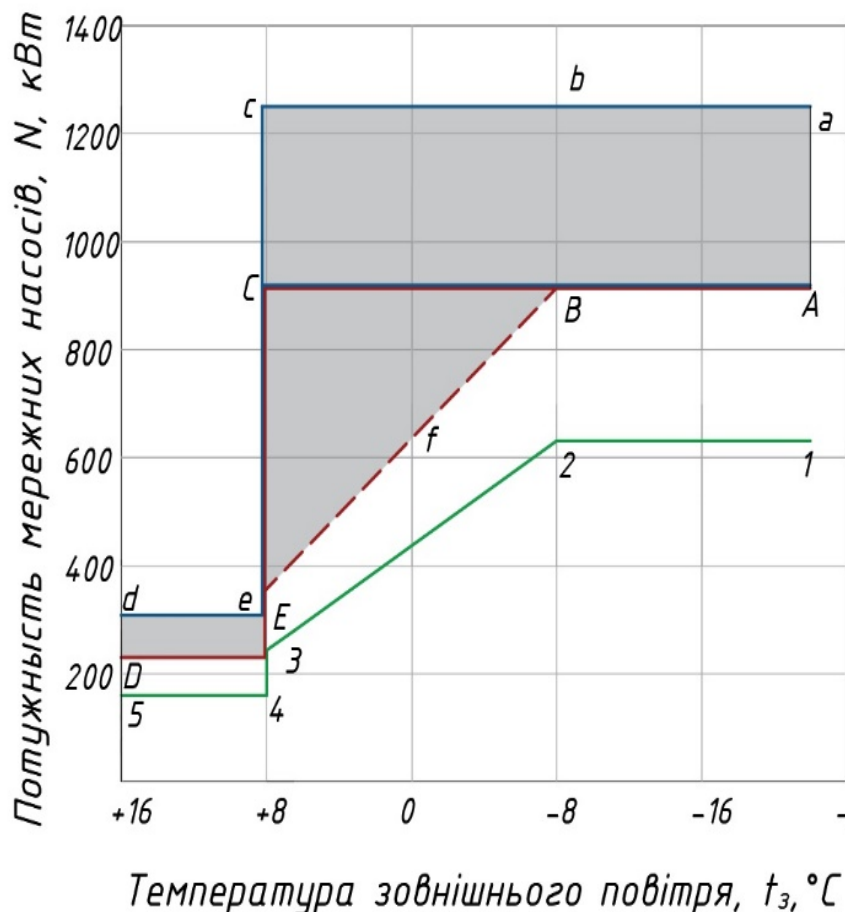
$$Q = c M (t_{\text{гар.води}} - t_{\text{хол.води}}) , \text{ ккал/год}$$

Скорочення витрат електричної енергії при переході на кількісне регулювання



Зміна витрат теплоносія в ЦСТ від температури зовнішнього повітря: лінійка ABCDE - існуючий графік якісного регулювання; лінійка ABFDE по шляху f - якісно-кількісне регулювання.

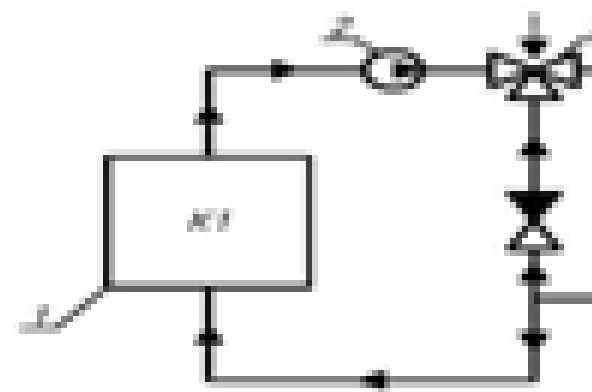
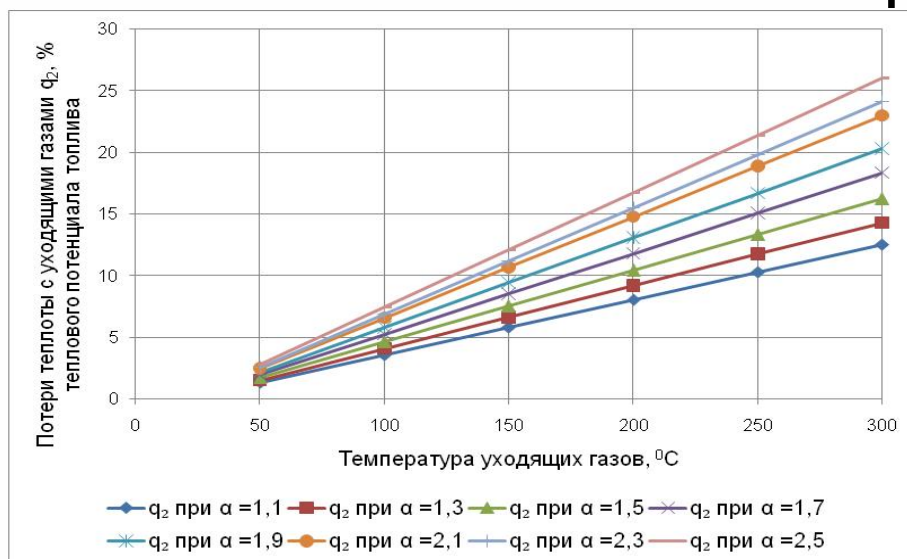
Зменшення потужності електродвигунів



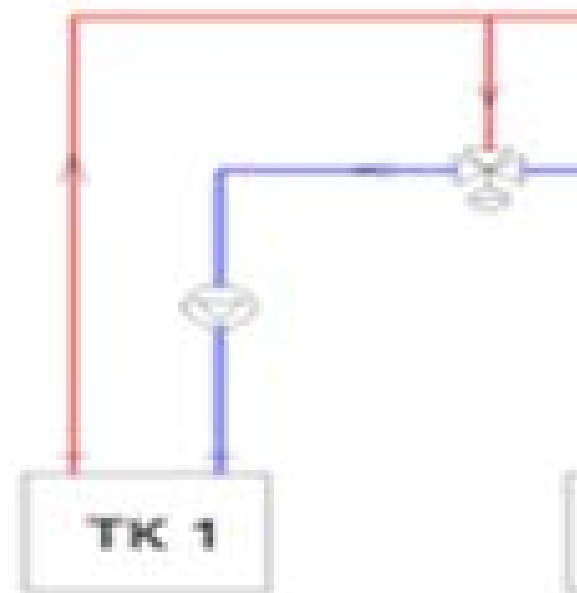
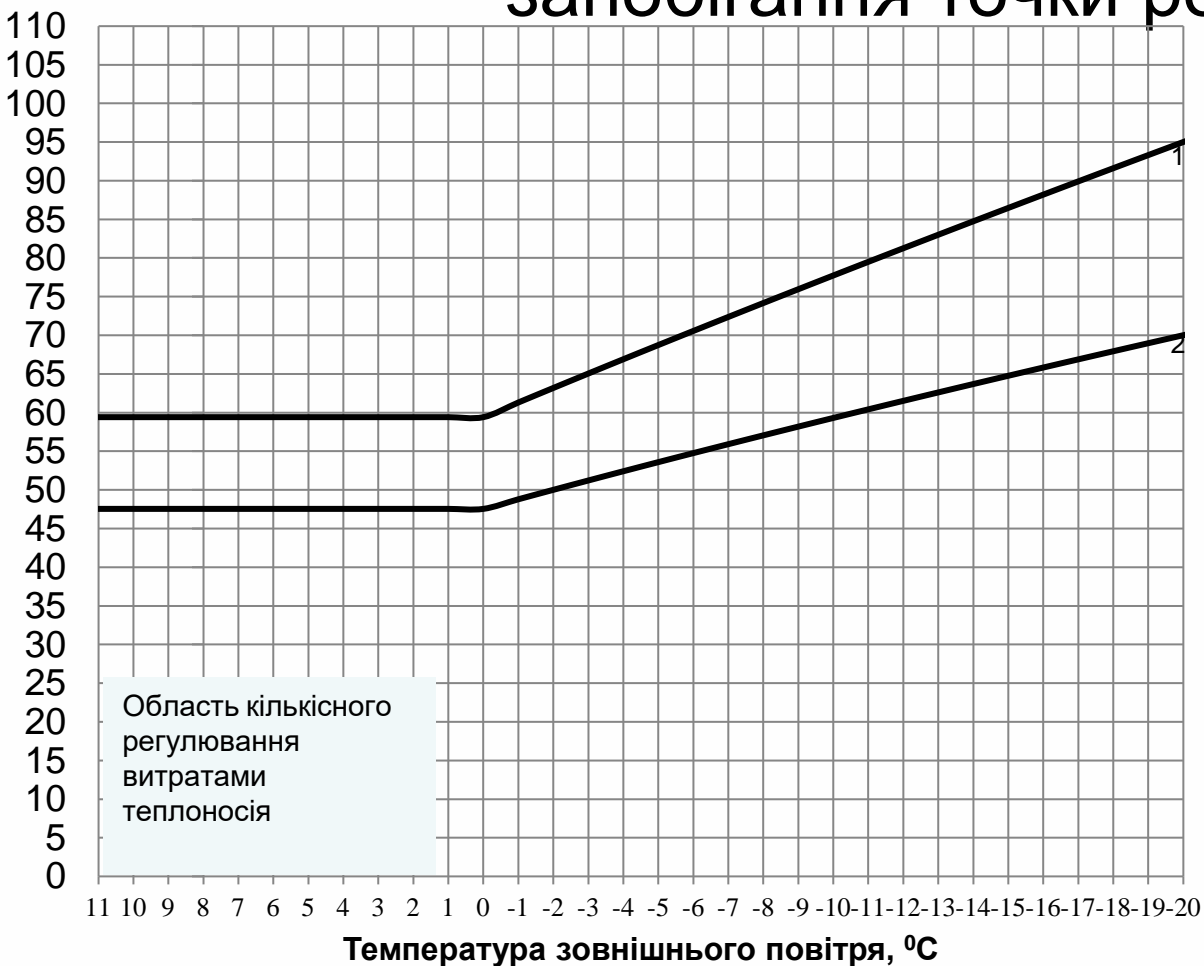
Зміна потужності мережних насосів системи тепlopостачання залежно від температури зовнішнього повітря: лінійний зв'язок $abcde$ - необхідна потужність мережних насосів на існуючій станції центрального регулювання (залежна схема приєднання багатоповерхових будинків, насоси без можливості кількісного регулювання витрат теплоносія); лінійний зв'язок $A-B-C-E-D$ - необхідна потужність мережних насосів після їх заміни (без зміни схеми приєднання будинків і способу регулювання); лінійний зв'язок $A-B-f-E-D$ - необхідна потужність мережних насосів після переходу на кількісно-якісне регулювання; лінійні зв'язки $1-2-3-4-5$ - потужність насосів після зміни способу центрального регулювання та переходу на незалежну схему підключення споживачів

Втрати теплоти з гарячими відхідними газами від котла становлять до 20 %.

Втрати теплоти з рециркуляцією води для запобігання точки роси.

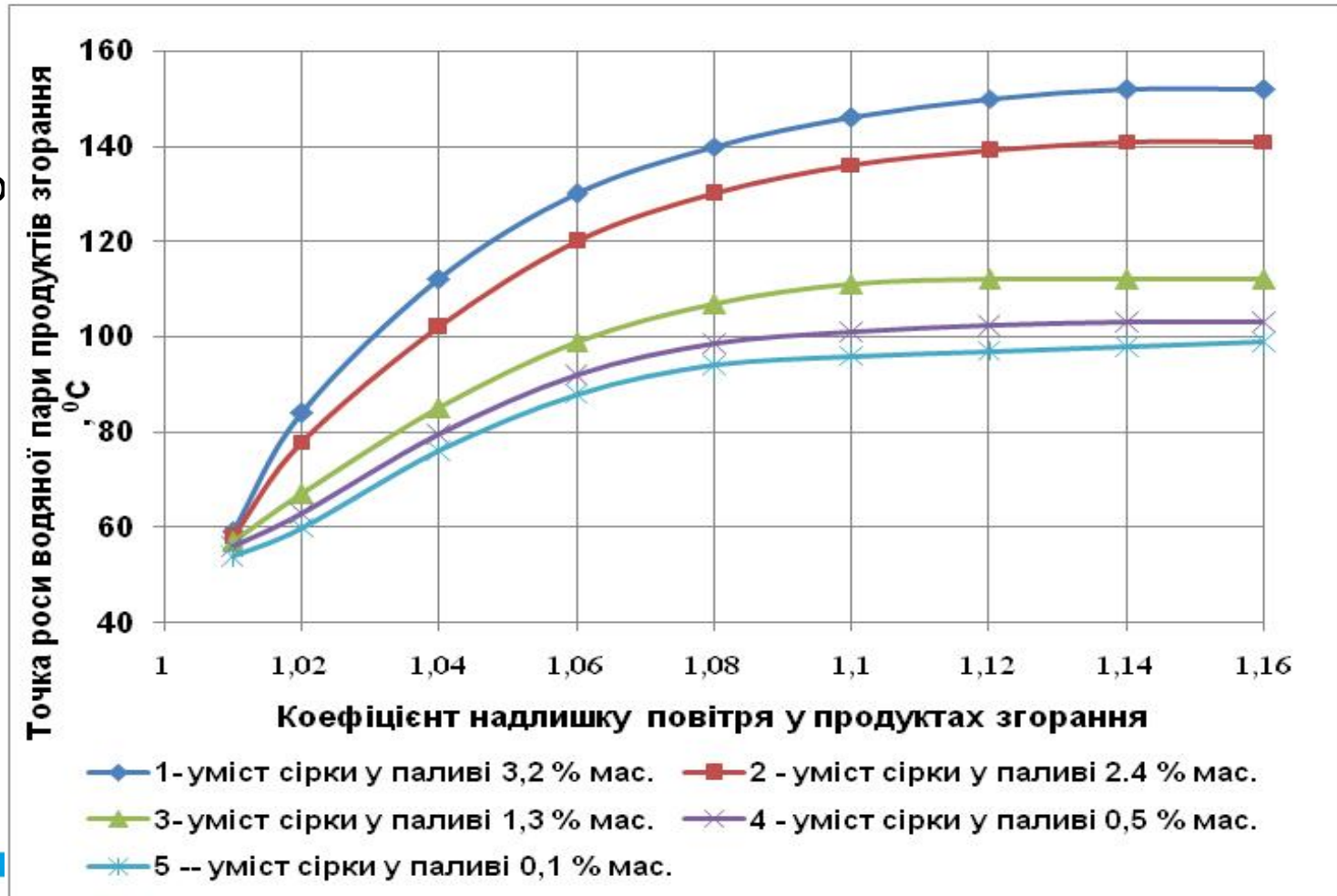


Втрати теплоти з рециркуляцією води для запобігання точки роси.

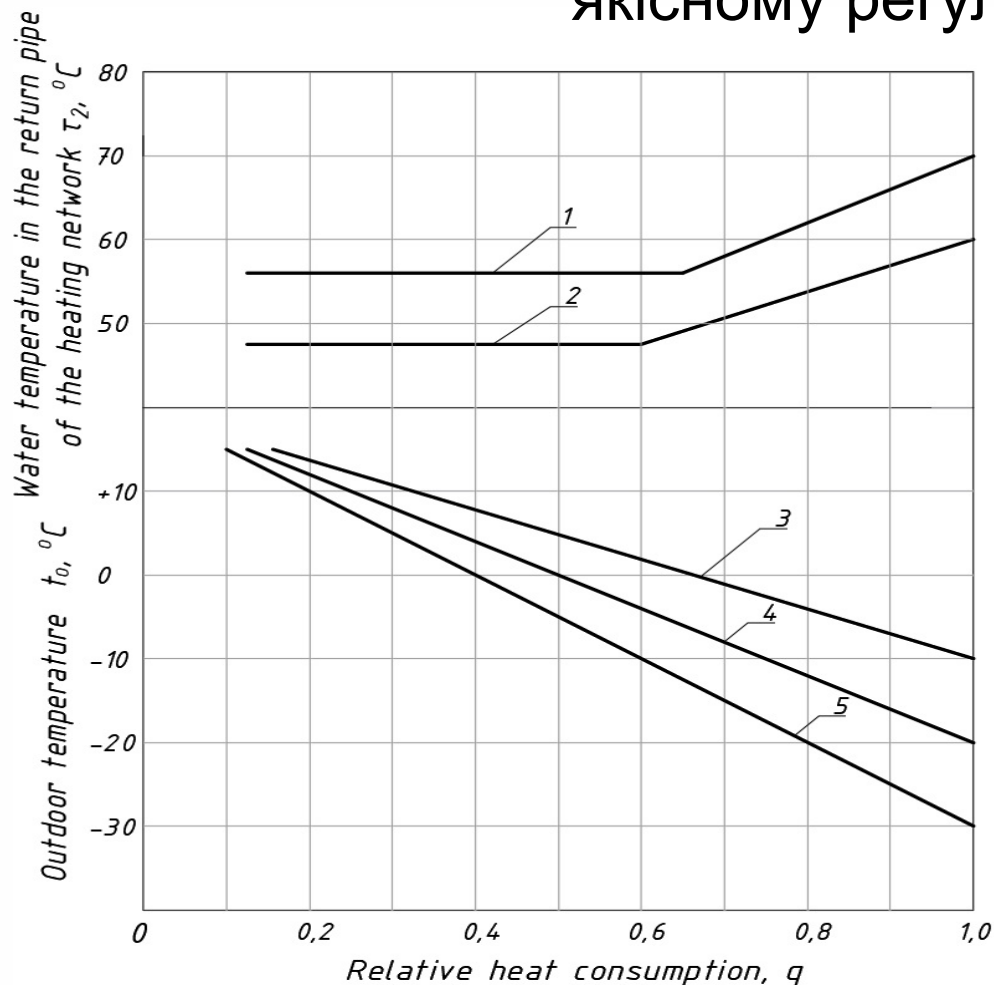


Спалювання сірчистого біопалива і підтримання необхідної температури відхідних продуктів згорання

Наявність сірки у складі палива призводить до збільшення точки роси води у продуктах згорання від 56 °C (для природного газу) до 100 °C (біопаливо з умістом S до 0,1% мас.)



Температура теплоносія у зворотному трубопроводі при якісному регулюванні



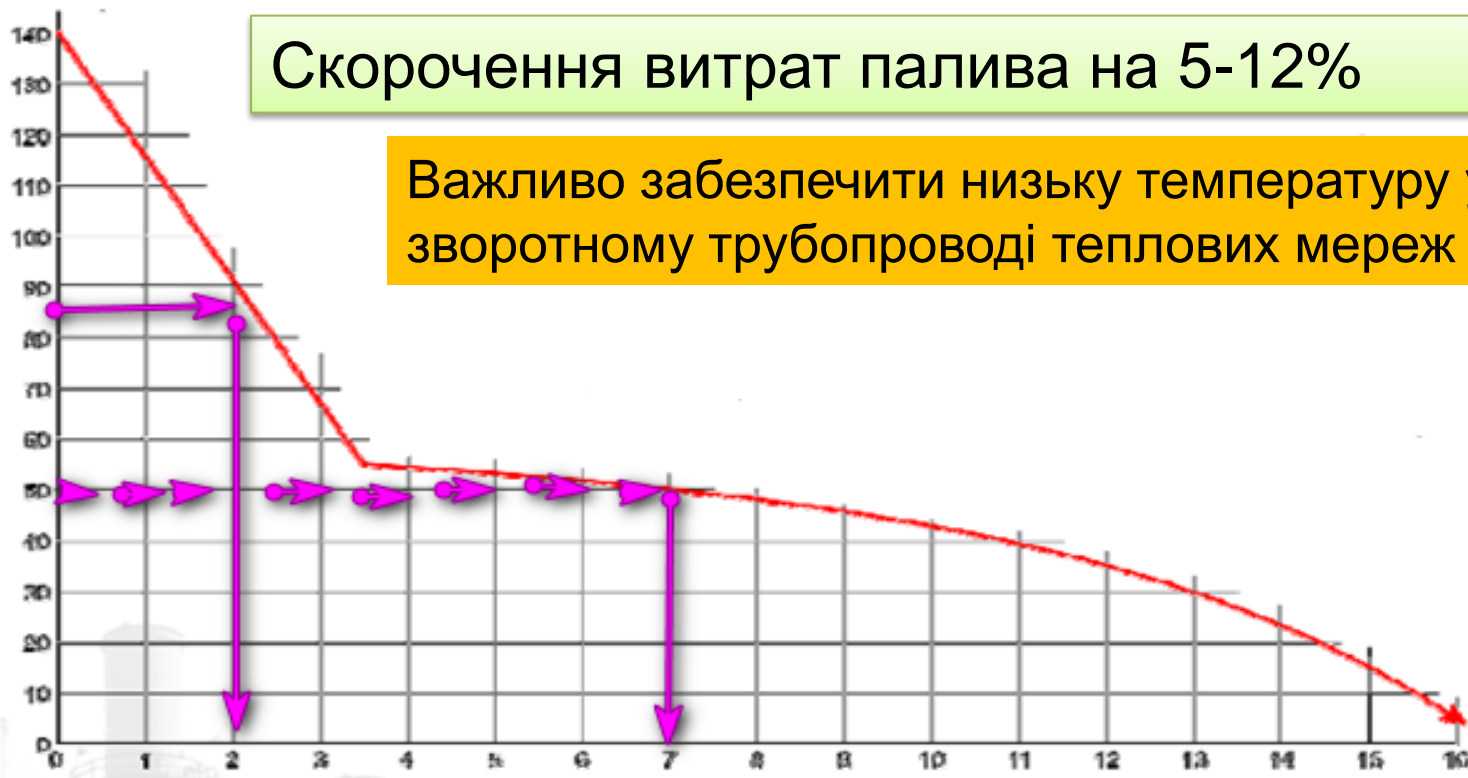
Графік залежності температури теплоносія у зворотному трубопроводі ЦСТ залежно для різних температурних графіків відпуску теплоти: 1- 135/70°C, 115/70°C, 90/70°C; 2- 80/60°C; і різних розрахункових температур зовнішнього повітря: 3- розрахункова температура зовнішнього повітря -10°C; 4- розрахункова температура зовнішнього повітря -20 °C; 5- розрахункова температура зовнішнього повітря -30 °C (якісне центральне регулювання теплоти).

Ефективність роботи конденсаційного утилізатора теплоти

Скорочення витрат палива на 5-12%

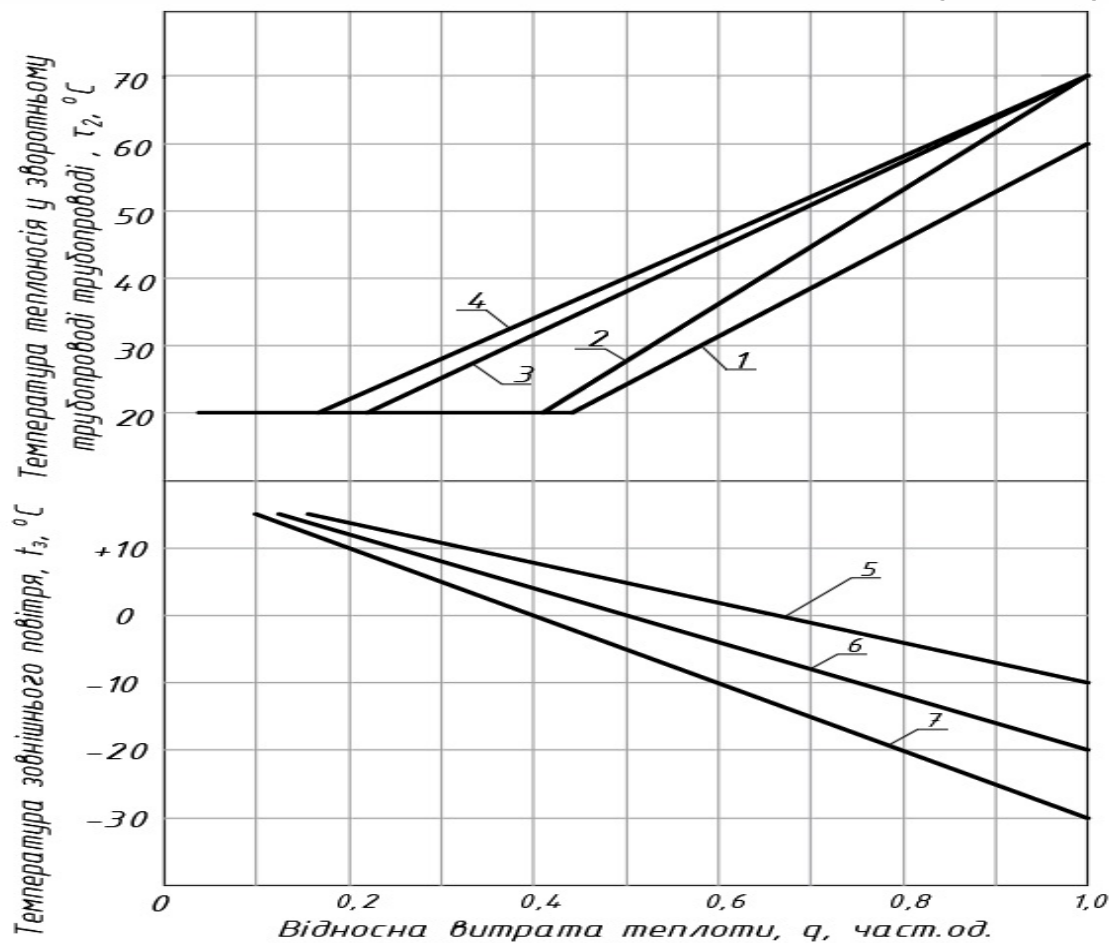
Важливо забезпечити низьку температуру у
зворотному трубопроводі теплових мереж

Темпера-
тура
продукті
в
згорання
після
теплооб-
мінника,
град С



Теплота, отримана у теплообміннику, у % від теплопродуктивності котла

Температура теплоносія у зворотному трубопроводі при кількісному регулюванні



Графік залежності температури теплоносія в зворотному трубопроводі теплової мережі для різних температурних графіків відпуску теплоти: 1 - 80 / 60 $^\circ\text{C}$; 2 - 90 / 70 $^\circ\text{C}$; 3 - 115 / 70 $^\circ\text{C}$; 4 - 135/70 $^\circ\text{C}$ і різних розрахункових температур зовнішнього повітря (якісне центральне регулювання).

Можливість використання конденсаційних теплообмінників

1. Скільки теплоти можна отримати від 1 м³ природного газу.
2. Теплота згорання природного газу 8250 ккал/ м³ за умови відсутності конденсації продуктів згорання (9,6 кВт з 1 м³ при повному переході теплоти).
3. За умови роботи котла 85% можна отримати $9,6 * 0,85 = 8,2$ кВт
4. При спалюванні 1 м³ природного газу утворюється 1,7 кг води. Котра може скраплюватись, якщо температуру продуктів згорання зменшити до 0 градС.
5. При зменшенні температури продуктів згорання до 40 град С можна отримати до 1, 3 кг води.
6. При конденсації 1 кг водяної пари утворюється 0,8 кВт теплоти додатково. $0,8 * 1,3 = 1$ кВт теплоти, що становить $1 / 8, 2 = 0,12$ або 12 % додатково теплоти. $1 + 8,2 = 9,2$ кВт.

Причини втрат теплоти на етапі генерування теплоти (в котельних)



Висока температура продуктів згорання на виході із котлів - 180-200 ° C. Значні втрати теплоти з відхідними газами, що видаляються в атмосферу – до 10-15%.

Втрати теплоти палива у зв'язку з місцевим регулюванням відпуску теплоти у будинках – втрати теплого простою – до 10%

Збільшення витрат палива

Збільшення тарифу на теплову енергію

Збільшення платежів у споживачів теплоти

Використання утилізаторів теплоти продуктів згорання

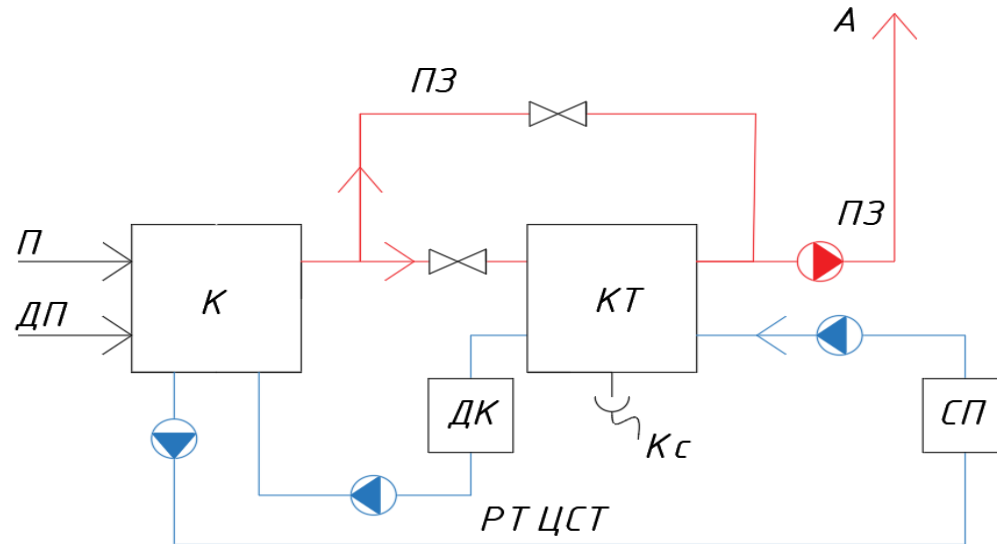


Рисунок 7 Принципова схема утилізації теплоти продуктів згорання паливоспалювального обладнання (котла ЦСТ) в неконденсаційному теплообміннику для нагрівання теплоносія ЦСТ.

Де К – водогрійний котел централізованої системи теплопостачання (ЦСТ); РТЦСТ – робоче тіло централізованої системи теплопостачання (ЦСТ); Сп – споживач теплоти ЦСТ; Т- теплообмінник; ПЗ – продукти згорання; Д- димосос; ПЗ – продукти згорання; Н – живильний насос ; А- викиди в атмосферу;

Встановлення утилізаційного теплообмінника за котлом ТВГ



Скорочення витрат природного газу – 50 м³ за год (0,2 млн. м³ за опалювальний період)

Теплообмінник утилізатор ЕСО



Теплообмінник –
утилізатор теплоти збільшує
ККД котла на 5-7%
Додаткове отримання 1,4
Гкал теплоти для котла 20
Гкал/год
Скорочення витрат палива -
200 м3 за год

Конденсаційний теплообмінник- утилізатор



Вихідні умови

- 1.85% котельних в Україні працюють на природному газі.
2. Ліміти витрат газу за тарифами ПСО скорочені на 10% від рівня договірних умов минулого року.
3. Тариф на природний газ (з розподілом і ПДВ):
 - житло - 10 грн за 1 м³ (28 € за 1 МВт год);
 - бюджет - 18 грн за 1 м³ (51 € за 1 МВт год);
 - інші (хаб ТТФ) – 39 грн за 1 м³ (115 € за 1 МВт год).

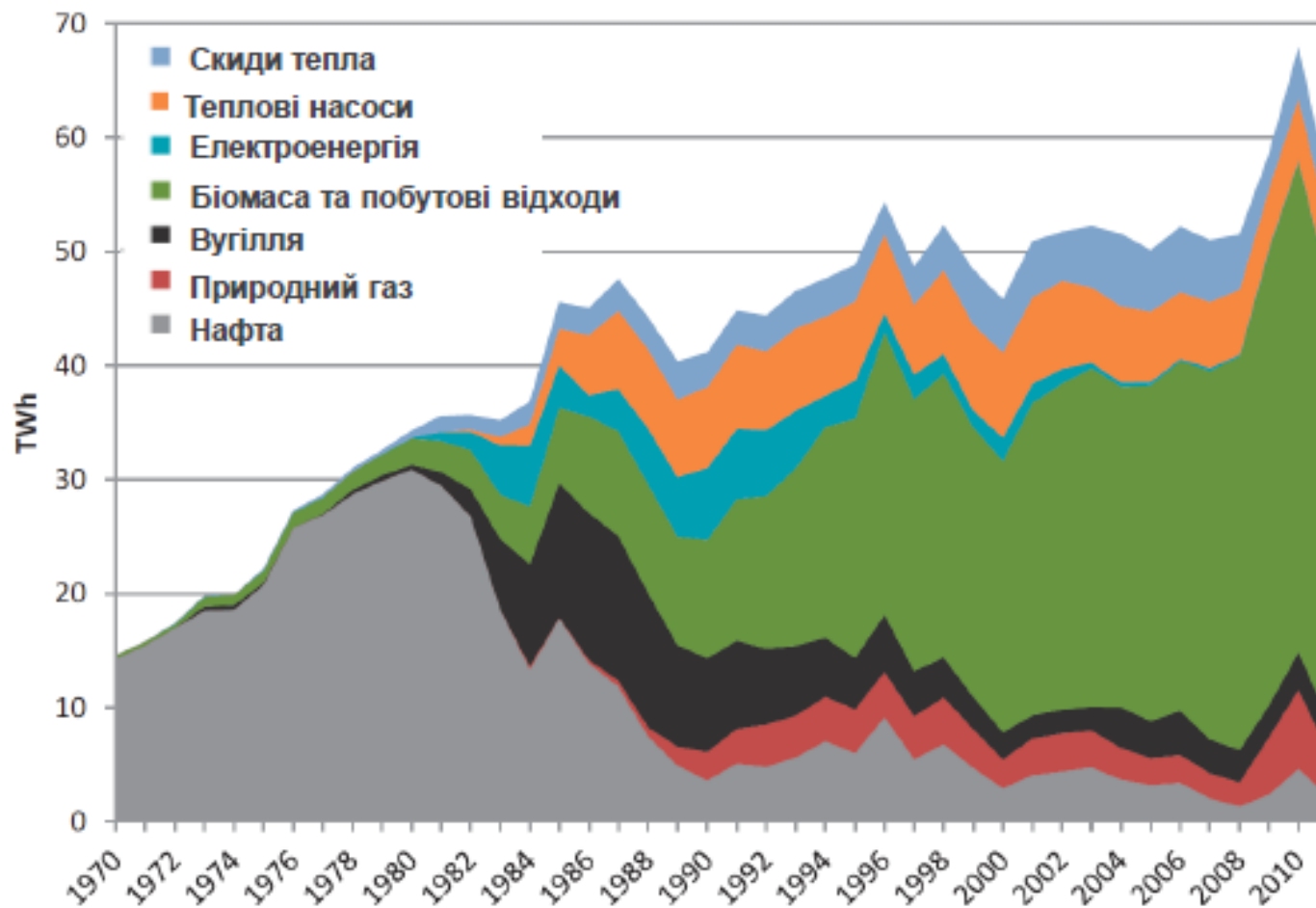
При споживанні газу за межами лімітованих обсягів – тариф на природний газ 39 грн за 1 м³ (цифри округлено).

Паливна складова у тарифі на теплову енергію становить 70-80%.

Відсутність палива або коштів на його закупівлю може означати зупинку системи теплопостачання.

Генерація тепла ЦТ в Швеції

SV



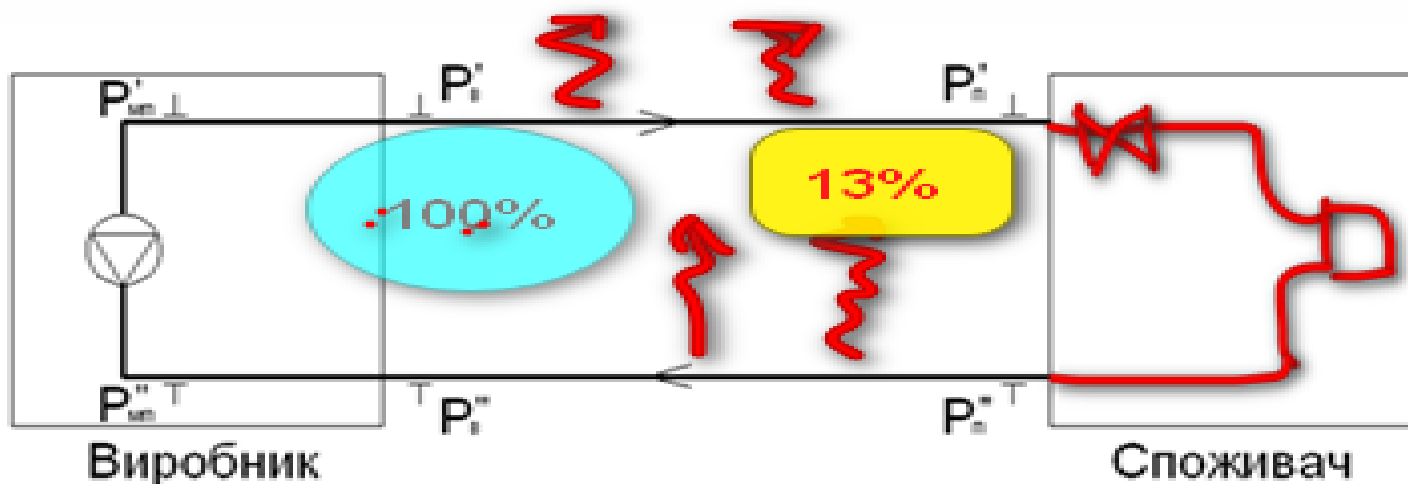
Паливна складова у вартості теплоти

Вид палива	Вартість, грн за од.	Питомі витрати	Вартість ресурсу, грн. Еквівалент	Вартість одиниці виробл. теплоти, грн. за 1кВт год.
Дрова, за 1кг	2,8	3,2	10,5	1,2 ...1,4
Торф, кг	2,5	3,5	8,7	1,2 (0,9 *5,5=4,8)
Електроенергія, кВт	1,68 / 5,4	9,5	16,0 / 51,3	1,7 / 5,4
Природний газ. М3 ККД генерації 90% - 70%	11 / 42 (інші)	1	11/42	1,3...1,7 / 5,0..6,3 1800....2200 грн за 1 Гкал

Тариф за теплову енергію – 2200 грн за 1 Гкал. Частка вартості палива- 68%.....90%. Значна залежність від ККД на етапі генерації. В розрахунку ККД від 70 до 90 %.

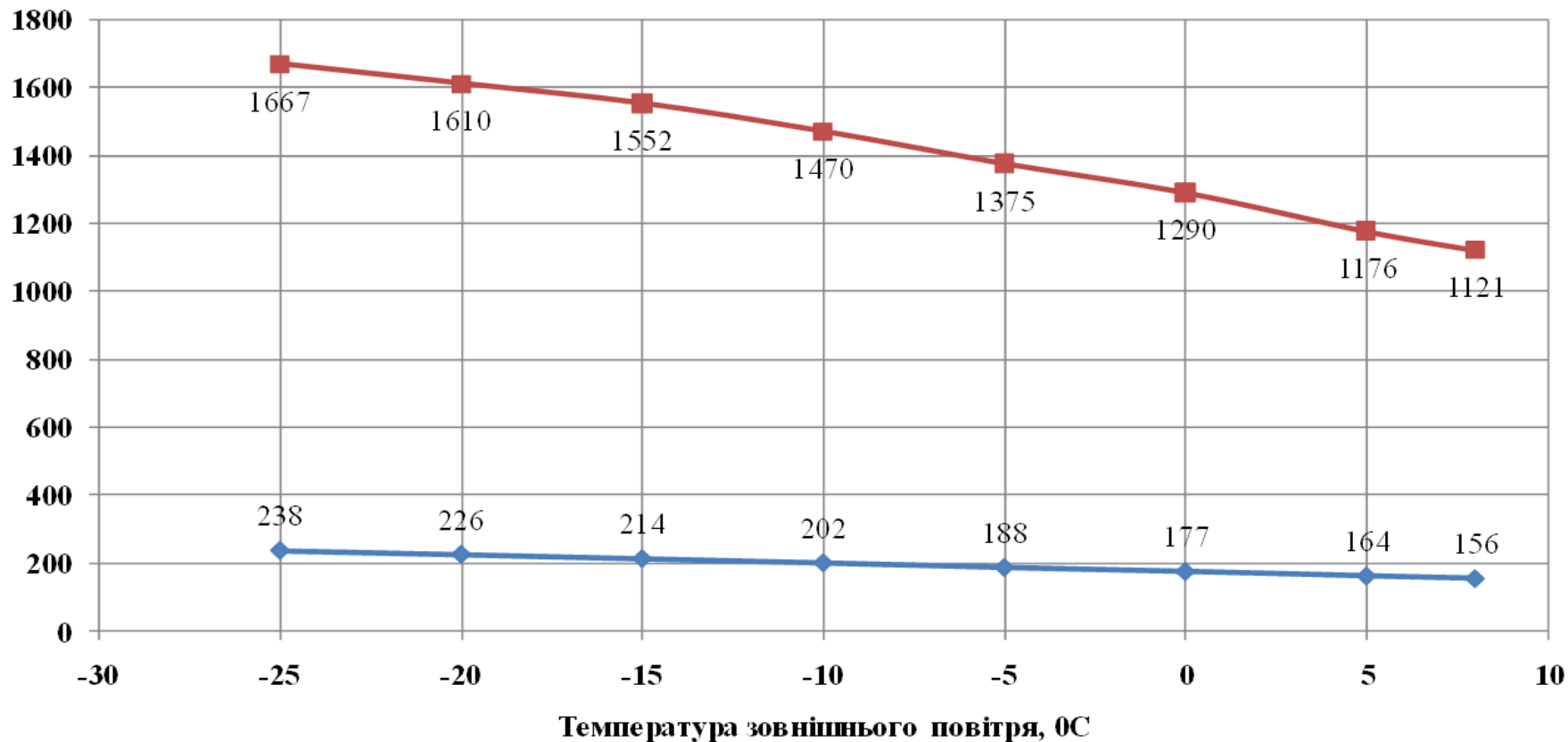
Вплив втрат на етапі транспортування

Високі втрати теплоти при транспортуванні теплоносія в трубопроводах теплових мереж (нормативні втрати теплоти в теплових мережах: при довжині до 300 м – 1% на кожні 100 м траси; при довжині траси до 500 м – 2,9% від кількості теплоти, котра подається від котельні; при довжині більше 1000м – 0,6% на кожні 100м, але не більше 13 %.



Питомі втрати теплоти 1 метром трубопроводу теплових мереж, Вт/м, при різних температурах зовнішнього повітря. Надземна прокладка.

Питомі втрати теплоти 1 метром трубопроводу теплових мереж, Вт/м



- ♦— Питомі втрати теплоти 1 метром зольованого трубопроводу теплових мереж, Вт/м
- Питомі втрати теплоти 1 метром незольованого трубопроводу теплових мереж, Вт/м

Вплив втрат теплоти на етапі транспортування

. Нормы плотности потока через изолированную поверхность трубопроводов при двухтрубной подземной бесканальной прокладке водяных тепловых сетей,
Вт/м [ккал/ (м² × ч)], температура грунта +5 град С.

Условный проход трубопро- вода, мм	При числе часов работы в год 5000 и менее		Трубопровод						При числе часов работы в год более 5000	
	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный	подающий	обратный
	Среднегодовая температура теплоносителя, °С									
	65	50	90	50	65	50	90	50		
25	36 (31)	27 (23)	48 (41)	26 (22)	33 (28)	25 (22)	44 (38)	24 (21)		
50	44 (38)	34 (29)	60 (52)	32 (28)	40 (34)	31 (27)	54 (46)	29 (25)		
65	50 (43)	38 (33)	67 (58)	36 (31)	45 (39)	34 (29)	60 (52)	33 (28)		
80	51 (44)	39 (34)	69 (59)	37 (32)	46 (40)	35 (30)	61 (53)	34 (29)		
100	55 (47)	42 (36)	74 (64)	40 (34)	49 (42)	38 (33)	65 (56)	35 (30)		
125	61 (53)	46 (40)	81 (70)	44 (38)	53 (46)	41 (35)	72 (62)	39 (34)		
150	69 (59)	52 (45)	91 (78)	49 (42)	60 (52)	46 (40)	80 (69)	43 (37)		
200	77 (66)	59 (51)	101 (87)	54 (46)	66 (57)	50 (43)	89 (77)	48 (41)		

<https://www.nerc.gov.ua/acts/pro-zatverdzhennya-metodiki-viznachennya-vitrat-ta-vtrat-palivno-energetichnih-resursiv-dlya-vrahuvannya-v-tarifah-na-teplovu-energiyu-yiyi-virobnictvo-transportuvannya-ta-postachannya>

від 1600 Вт/ м до 59 Вт/ м

Вплив діаметру і способу прокладання теплових мереж на величину втрат теплоти

Котельня з встановленою потужністю котлів 2 МВт.

Витрати мережної води - 62 т за год. Довжина траси 1000 м.

Температурний графік відпуску теплоти – 25 °С

Діаметр Теплових мереж	Питомий Гідравлічний опір Па на 1 м	Втрати Вт / м Спосіб прокладан.			Річні втрати теплоти		
		Надземний ізол. (1)	Підземний Канал(2)	ПІТ(3)	1	2	3
159*4	80	230	65	32	854 31%	281 10%	119 4%
133*4	150	180	45	27	668 24%	194 7%	100 3,6%

Збільшувати величину питомих втрат тиску до 200-300 Па на 1 м.

Вплив діаметру трубопроводу і питомої величини втрат тиску

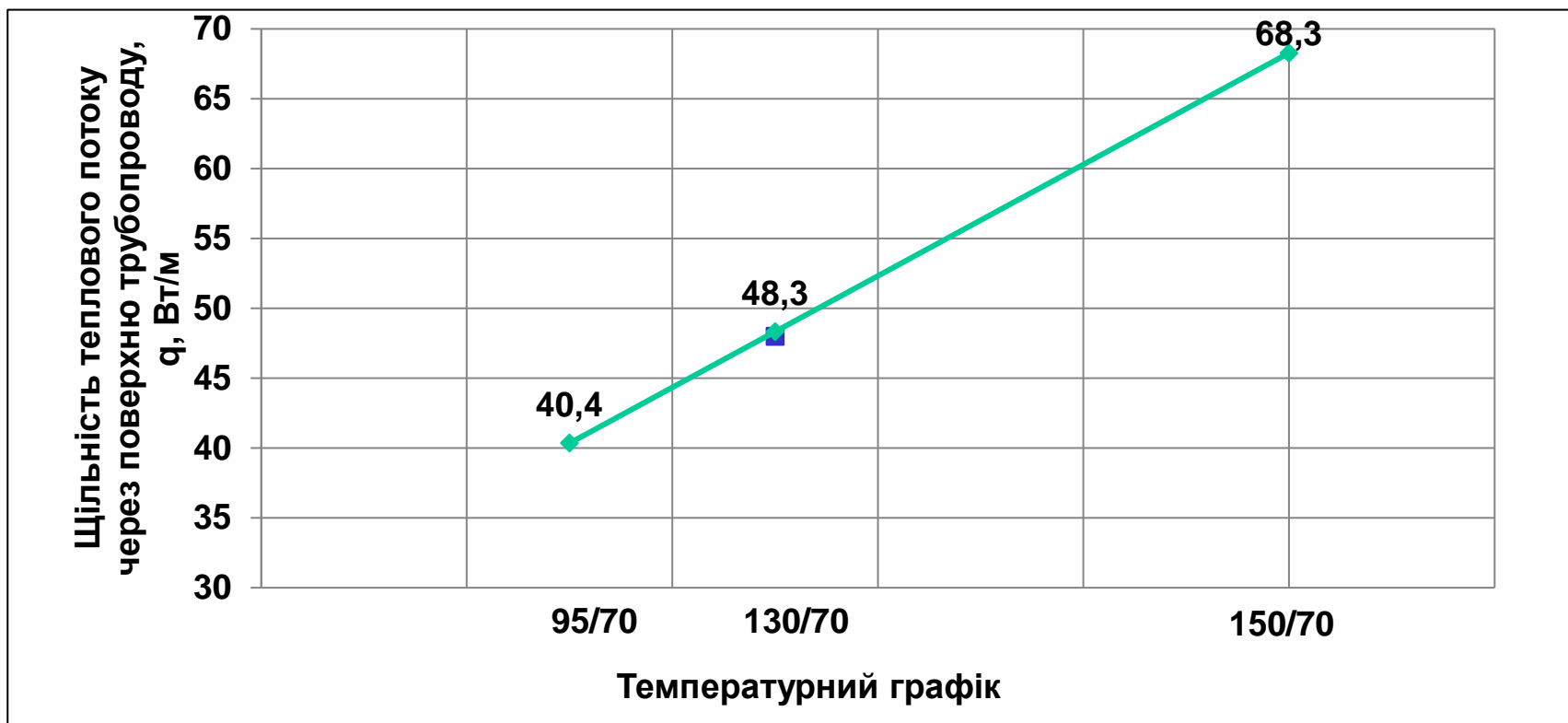
Додаткова потужність мережного насосу 1,5 кВт на довжині траси 1000 м. Додаткові річні витрати електричної енергії 6390 кВт год. Додаткова вартість ЕЕ - 34000 грн за рік.

Вплив температури теплоносія в трубопроводах теплових мереж

Середня температура теплоносія	Питома втрата теплоти . Вт /м	Річні втрати теплоти. Гкал	Зменшення втрат теплоти Гкал	Ефект, тис. грн.
65	69	256	63	138
50	52	193		

Зменшення температури теплоносія дає можливість суттєво скоротити втрати теплоти

Залежність щільності теплового потоку від температури теплоносія (КП).



- нормована щільність теплового потоку наведена для середньої температури теплоносія 65°C (температурний графік 130/70)

Вплив ефективності генерації теплоти

ККД на етапі Відпуску теплоти в .т.м., %	Витрати газу природного Газу, м3/год	Теплота, витрачена з природним газом за рік, Гкал	Теплота, яка відпущена до теплових мереж Гкал	Втрати на етапі генерації. Гкал. %
90	231	3076	2768	307 (10%)
80	260		2461	615(20%)
70	298		2153	923(30%)

Збільшення ККД генерації дає можливість зменшити втрати з 30 до 10%

Ефективність використання палива в котлах

Величина ККД котла не визначає ефективність відпуску теплоти в теплову мережу від котельні. Паспортну величину ККД котел може мати лише на випробувальному стенді за умови безперервної роботи.

Котел працює в перемінному режимі роботи залежно від навантаження на нього. Роботу котла характеризує коефіцієнт ефективності річного використання палива – КЕРВП.

Річні витрати палива = Річне вироблення теплоти котельнею / КЕРВП

КЕРВП враховує зменшення ККД котла при його роботі не у номінальному навантаженні.

Такий підхід пояснює низьку ефективність використання палива в існуючих котельних.

Коефіцієнт сезонної ефективності використання палива

Котельня з встановленою потужністю котлів 2 МВт.
Паспортна номінальна теплопродуктивність теплопродуктивність – 1,8 МВт (номінальний ККД 90%). Приєднане теплове навантаження становить 0,9 МВт. Співвідношення теплопродуктивності і теплового навантаження = $1,8 / 0,9 = 2,0$

Величина співвідношення теплопродуктивності котельні до розрахункового теплового навантаження на котельню	Коефіцієнт сезонної ефективності використання палива
1,0	80
1,5	70
2,0	60
2,5	55
3,0	50

Зменшення втрат теплоти з надмірною потужністю теплогенераторів

Аксиома: Зміна теплопродуктивності роботи агрегату на 10 % від паспортної (номінальної величини) призводить до зменшення ККД на 1 %.

При зменшенні теплопродуктивності на 50% (паспорт – 20 кВт, факт 10 кВт) ККД зменшується на 5%. Витрати палива зростають на 5%.

Зміна теплопродуктивності при зміні температури

довкілля

Температура зовнішнього повітря, град С	Потреба у теплоті на опалення, Гкал/год	Потреба у теплоті на опалення, %	Відхилення теплопродуктивності котла від номіналу	Зменшення ККД Котла. Збільшення питомих витрат палива,%
-20	10	100	0	0
-10	7,5	75	25	2,5
0	5	50	50	5,0
+8	2,5	25	75	7,5

Приведення у відповідність встановленої потужності котлів і приєданого теплового навантаження

Приєдане теплове навантаження на котельні становить 30% від встановленої потужності котлів (середнє по Україні).

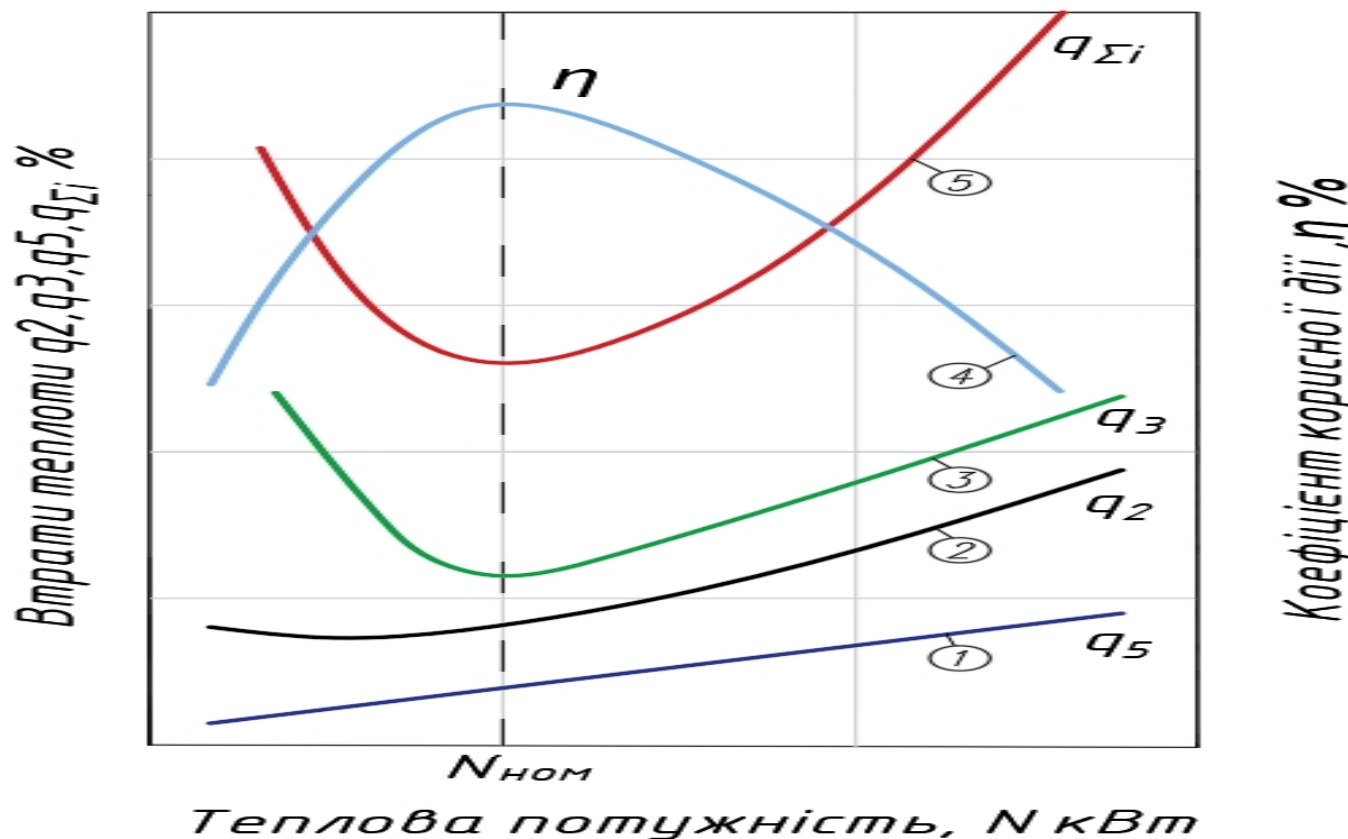
Приєднана потужність – 3 МВт. Встановлена потужність котлів – 10 МВт.

М. Славутич – загальна потужність котлів – 380 МВт. Приєдане теплове навантаження – 52 МВт. (13%).

Експлуатація котла при тепловій потужності меншій за 30-40% від номінальної не рекомендується.

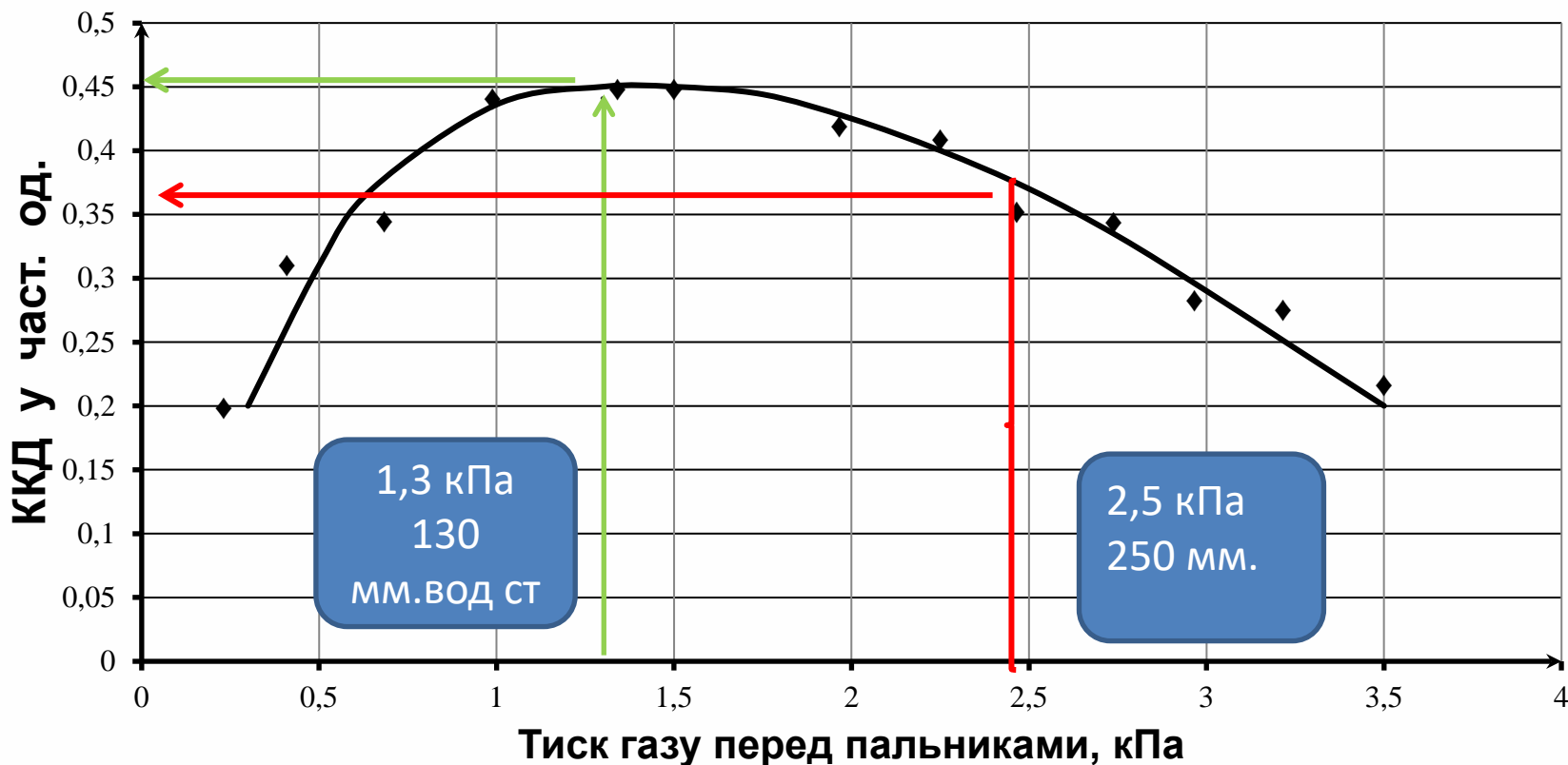
В результаті робота котлів регулюється пропусками і при мінімально можливих навантаженнях.

Вплив режиму роботи агрегату на величину ККД агрегату



Мінімально можливі витрати палива і максимальний ККД лише при роботі агрегату при номінальній паспортній теплопродуктивності

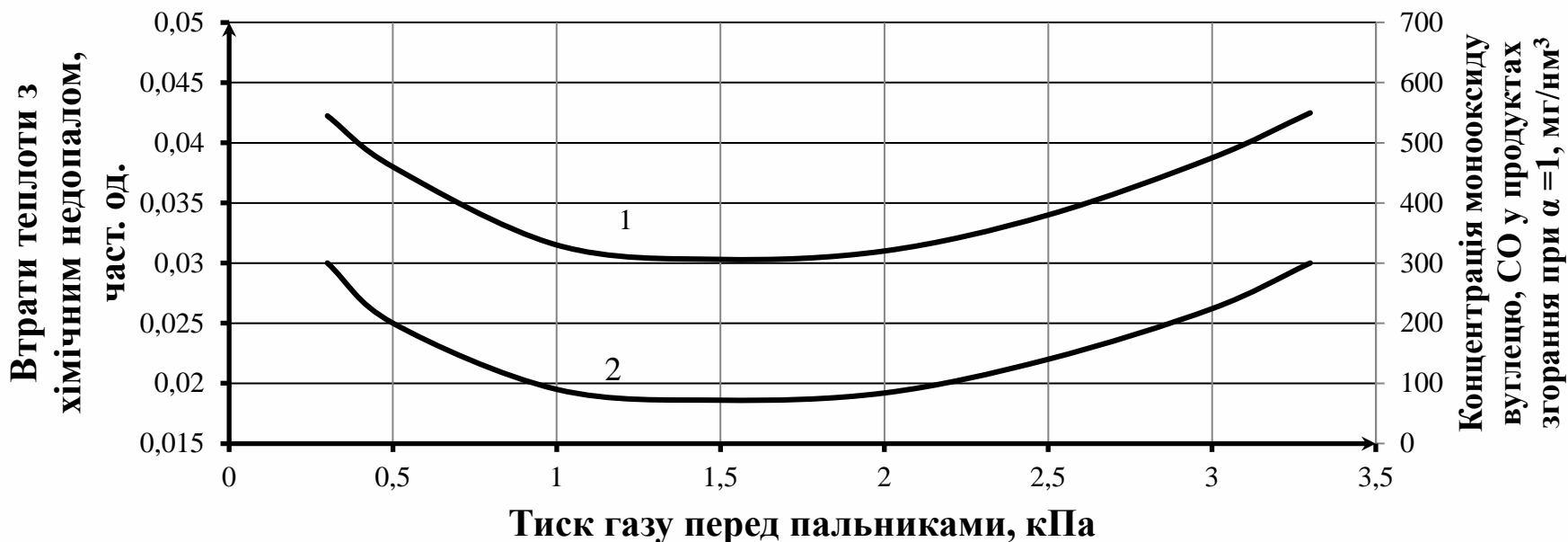
Залежність ККД приладу від тиску газу



ККД зменшується на 10 %, витрати газу зростають на 17%

Залежність токсичності продуктів згорання від газових приладів

Нормована концентрація монооксиду вуглецю в продуктах згорання – 625 мг/м³, оксидів азоту - 200 мг/м³ при нормованому тиску 130 мм. вод ст. У разі відхилення – концентрація зростає. <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0201282-97#Text>



Втрати теплоти з “теплим простоєм” в індивідуальному котлі. Завищена потужність котла.

Істина: “Подача теплоти котлом на опалення повинна бути рівною втратам теплоти помешканням у докiллiя”

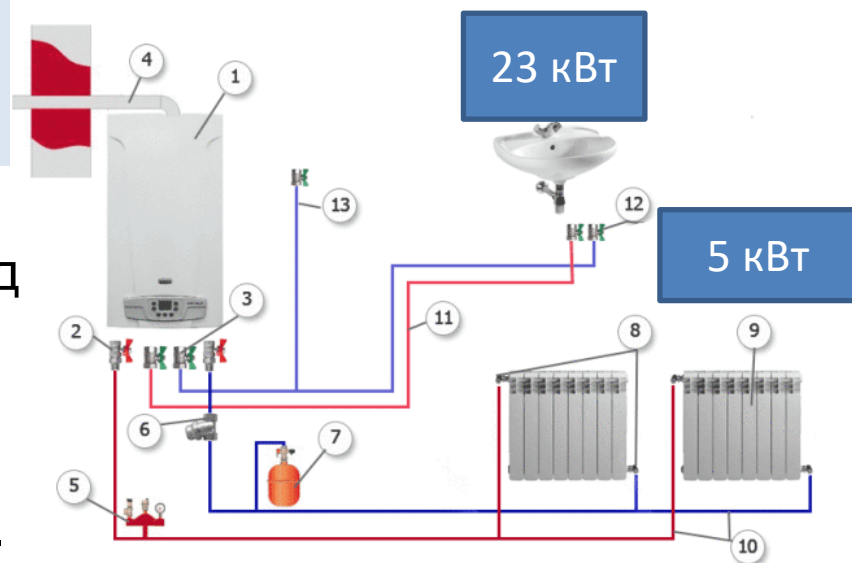
1. Потреба квартири у теплоті при температурі зовнішнього повітря -20 град С - **5 кВт**. При температурі 0 град С – **2кВт**.

2. Встановлена потужність котла – **23кВт** (із міркувань приготування гарячої води).

3. Мінімальна дозволена потужність котла – 40% від номіналу – $0,4 \cdot 23 = 9 \text{ кВт}$.

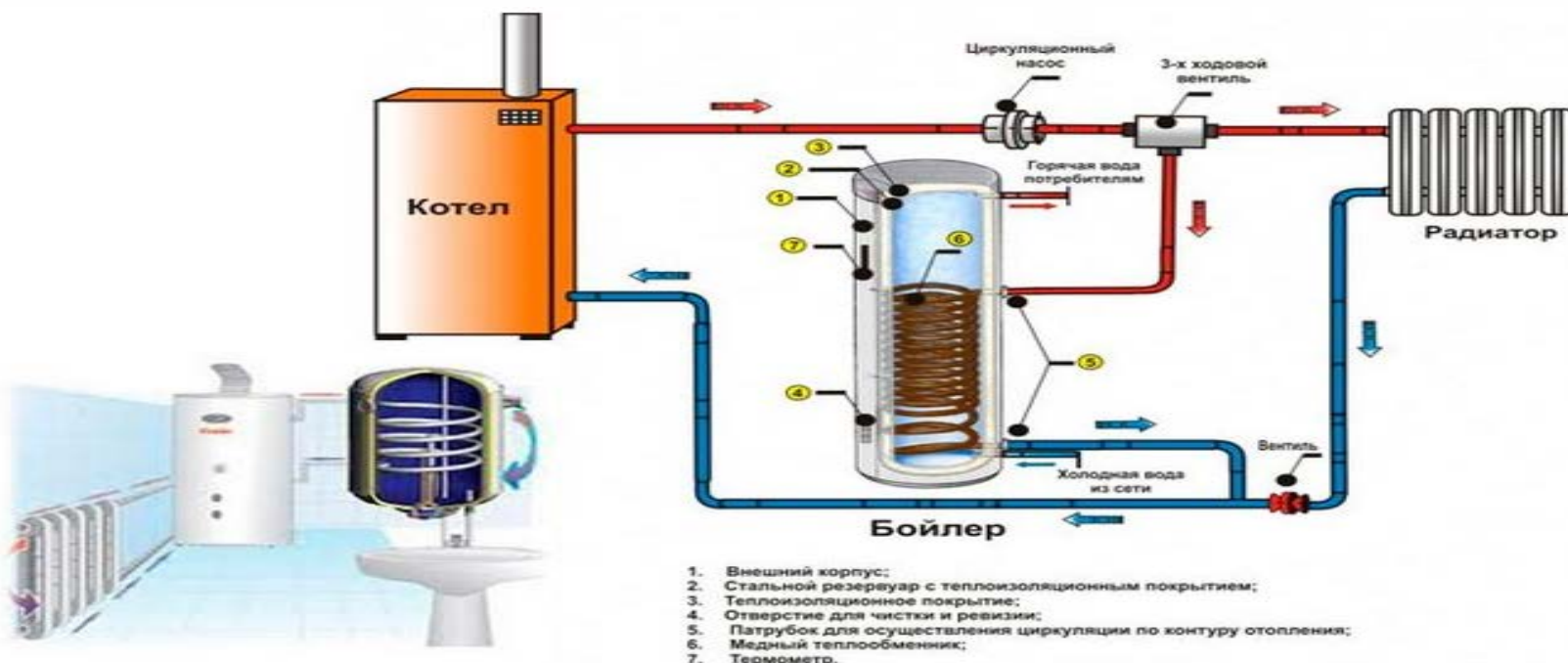
Фактичне навантаження – $2: 23 = 9\%$ - 21% від номіналу (паспорту)

4. Котел працює в режимі “вкл. – викл”. Кожна зупинка – охолодження води і втрати теплоти. Отже зменшення ККД і перевитрати палива – природного газу. Втрати теплоти з простоєм характерні як для котельних так і для індивідуальних котлів.



Як зменшити втрати теплоти з теплим простом

1. Правильним підбором потужності котла : потужність котла в кВт повинна відповідати потребі у теплоті (втратам теплоти огорожувальними конструкціями).
2. Вибором економічної схеми регулювання відпуску теплоти при зміні потреби у теплоті. Застосування акумуляторів теплоти.



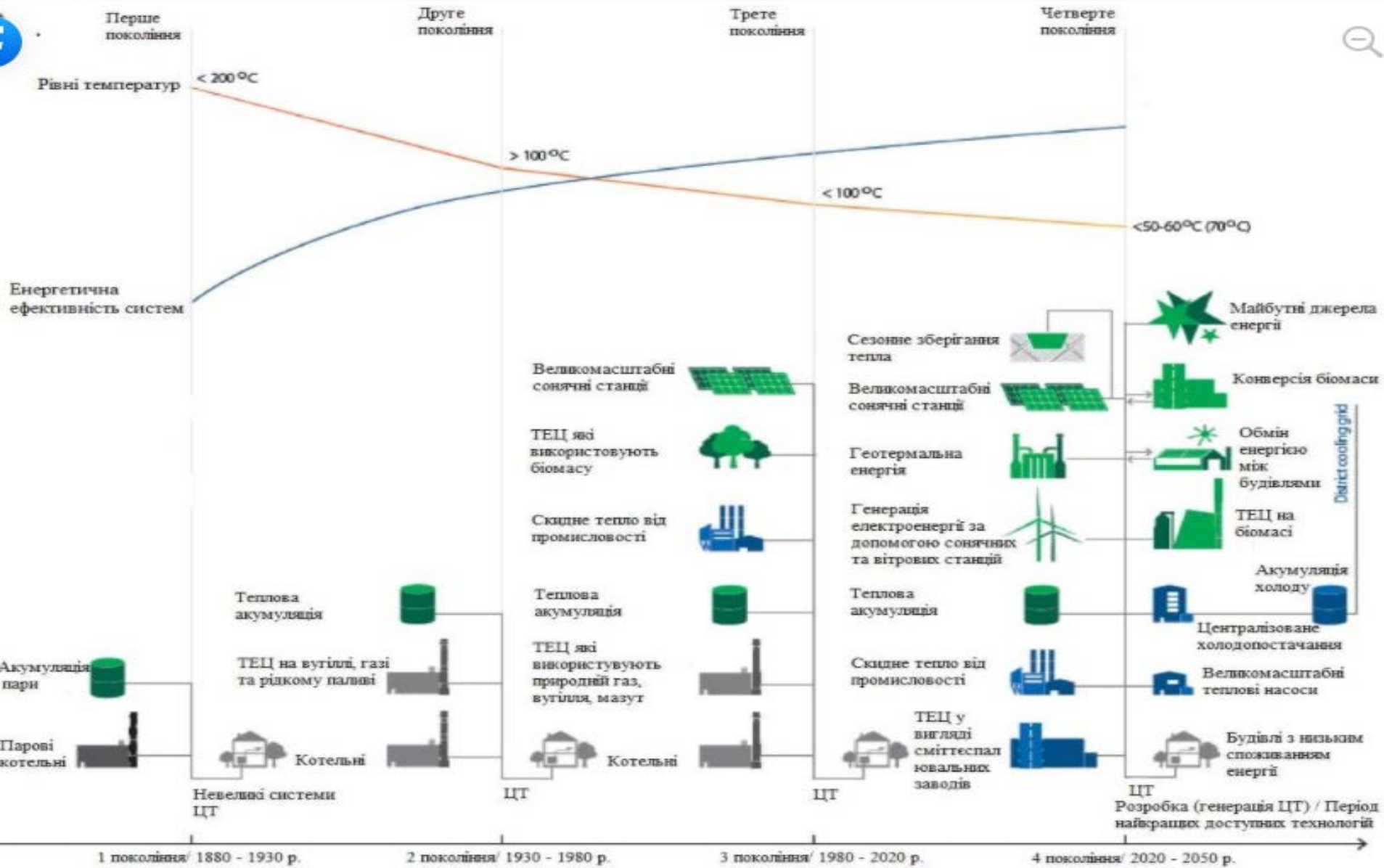
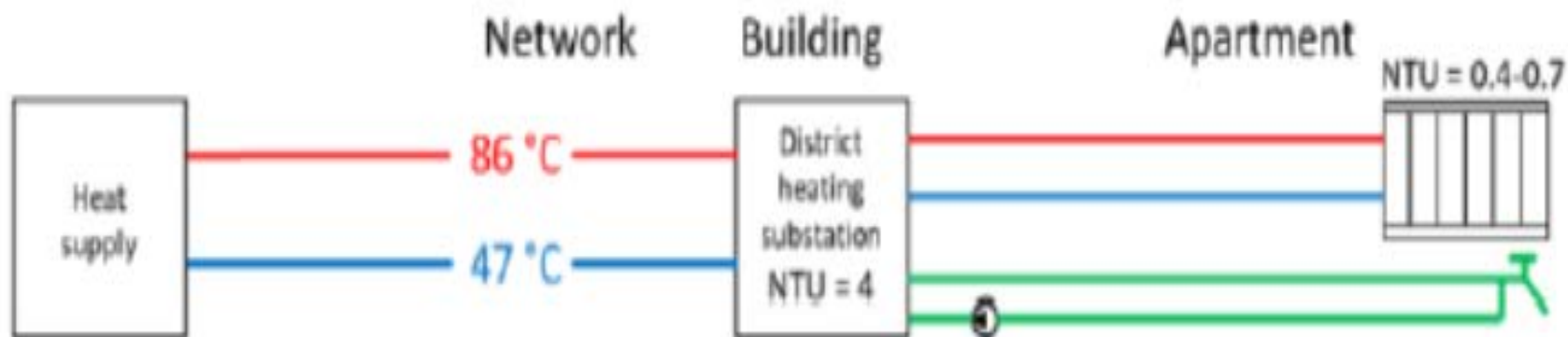


Схема системи теплопостачання

3GDH Multi-family house



4GDH-3P



Основні переваги системи теплопостачання 4 покоління

- Вирішення питань як горизонтального, так і вертикального розрегулювання абонентських систем опалення
- Втрати теплоти в циркуляційних трубопроводах переходять в систему ЦТ
- Управління індивідуальне у квартирі
- Типізація ІТП
- Збільшується поверхня нагрівання опалювальних приладів, збільшується теплова інерційність системи
- Зменшення теплових видовжень трубопроводів
- Поліпшення процесів регулювання відпуску теплоти
- Ліквідація ЦТП і будинкових ІТП.
- Індивідуальний облік і індивідуальне регулювання

ФЕМ

1 модуль – маса 20 кг.

Необхідна площа для розміщення – 4 м²

Площа панелі – 1,6 м²

Номінальна потужність - 280 Вт

Середня генерація – 20 Вт/м²

Сезонна генерація:

1 панель – січень - 7 Вт; червень – 30 Вт

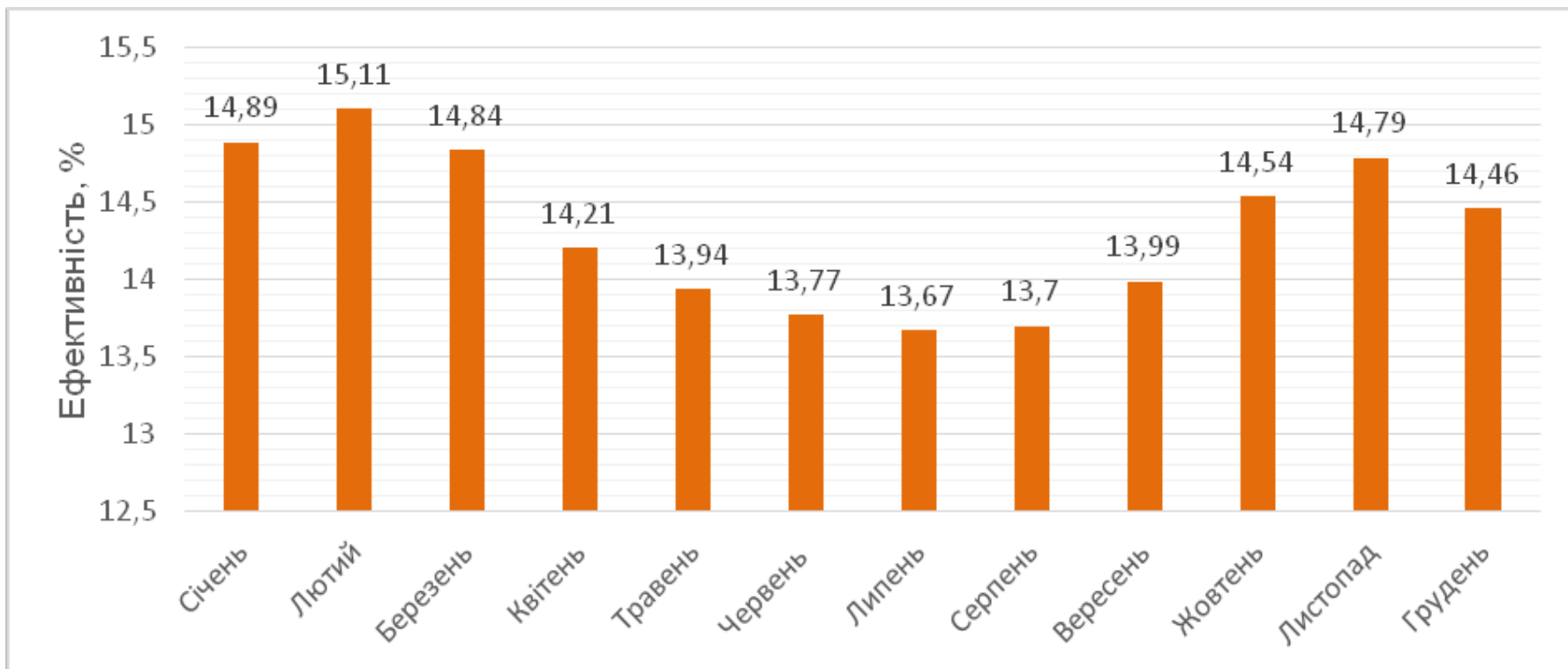
Потужність 1 ЛЕД світильника – до 10 Вт.

Для отримання 1 кВт необхідна поверхня ФЕМ
50 м² (30 панелей).



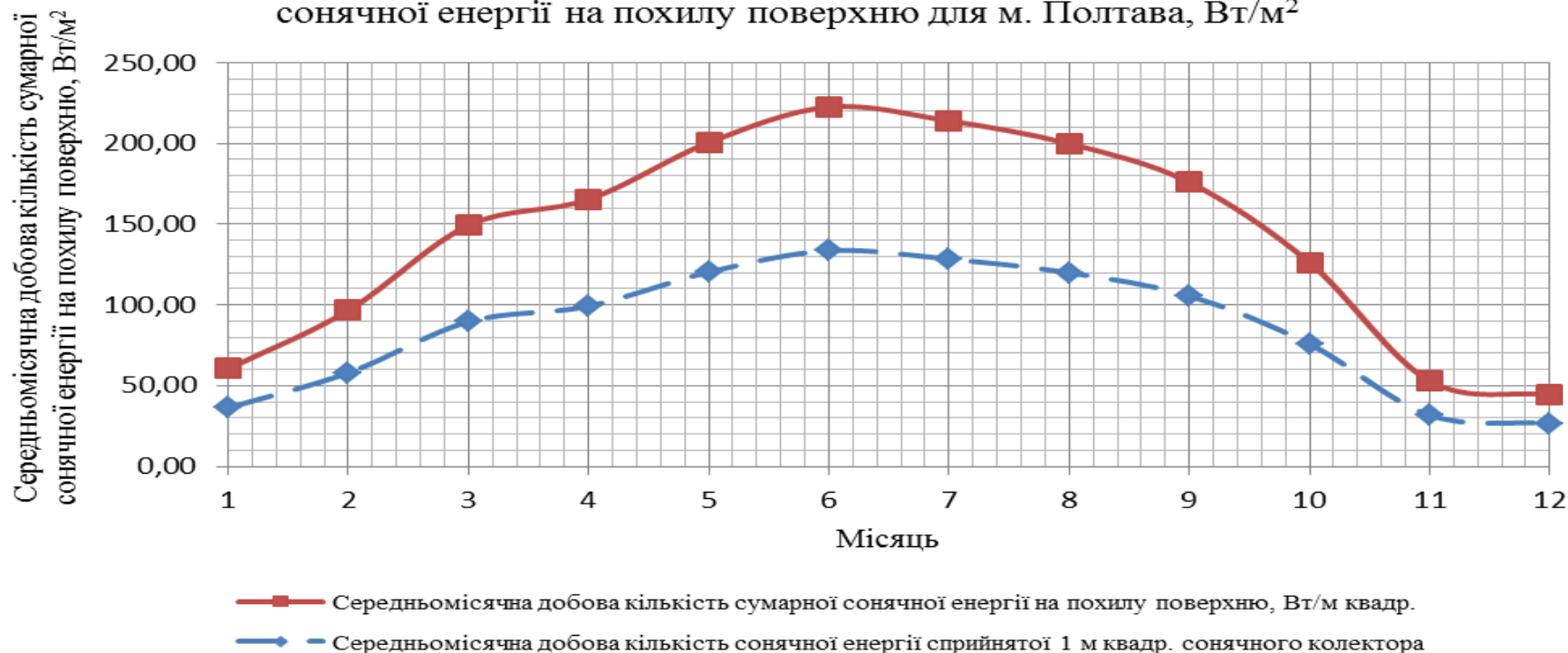
Використання сонячної енергії у ФЕМ

Середня величина коефіцієнта корисної дії (ККД) перетворення енергії сонця на електричну енергію рівні 11-12%.



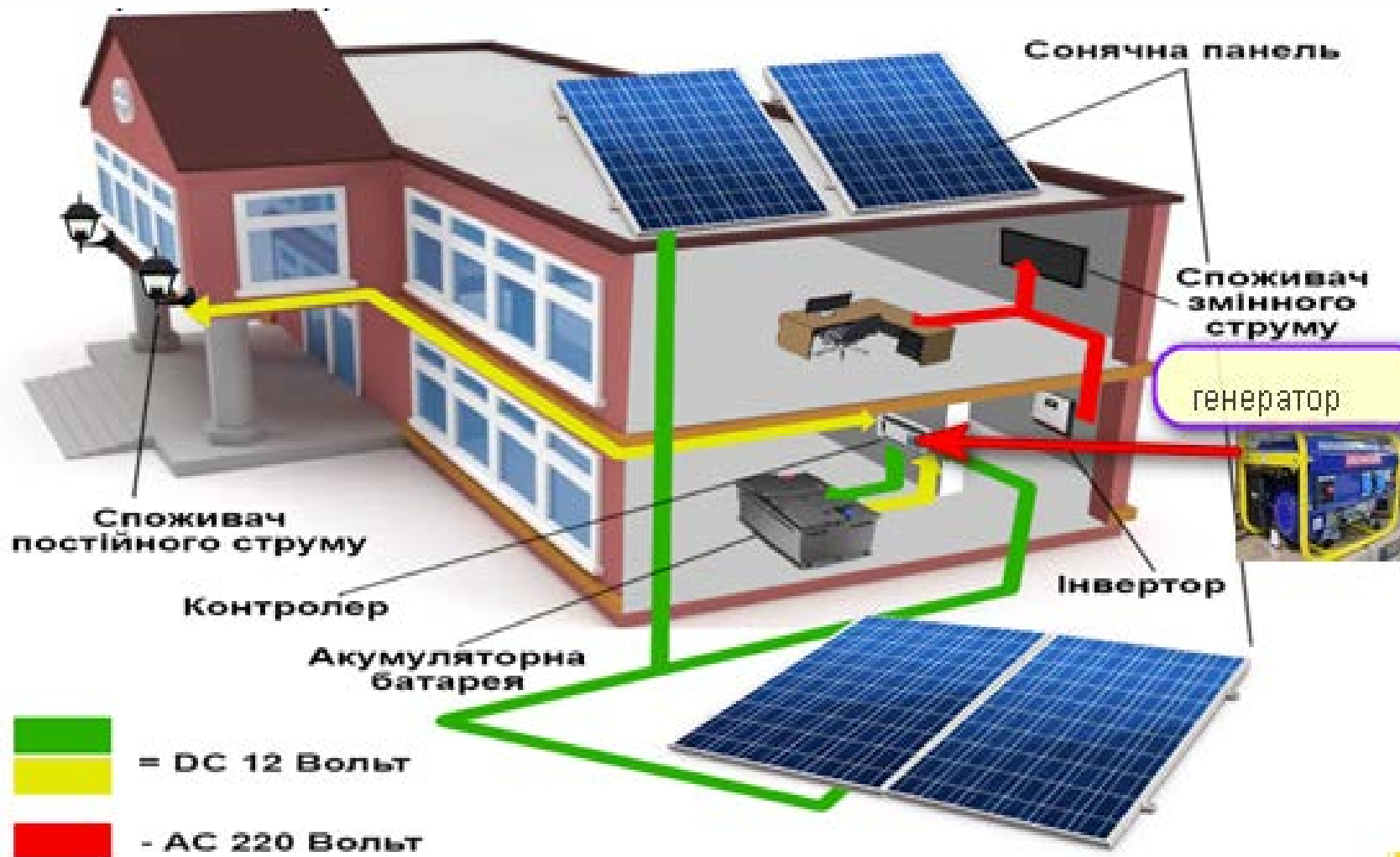
Використання сонячної енергії

Графік зміни протягом року середньомісячної добової кількості сумарної сонячної енергії на похилу поверхню для м. Полтава, Вт/м²

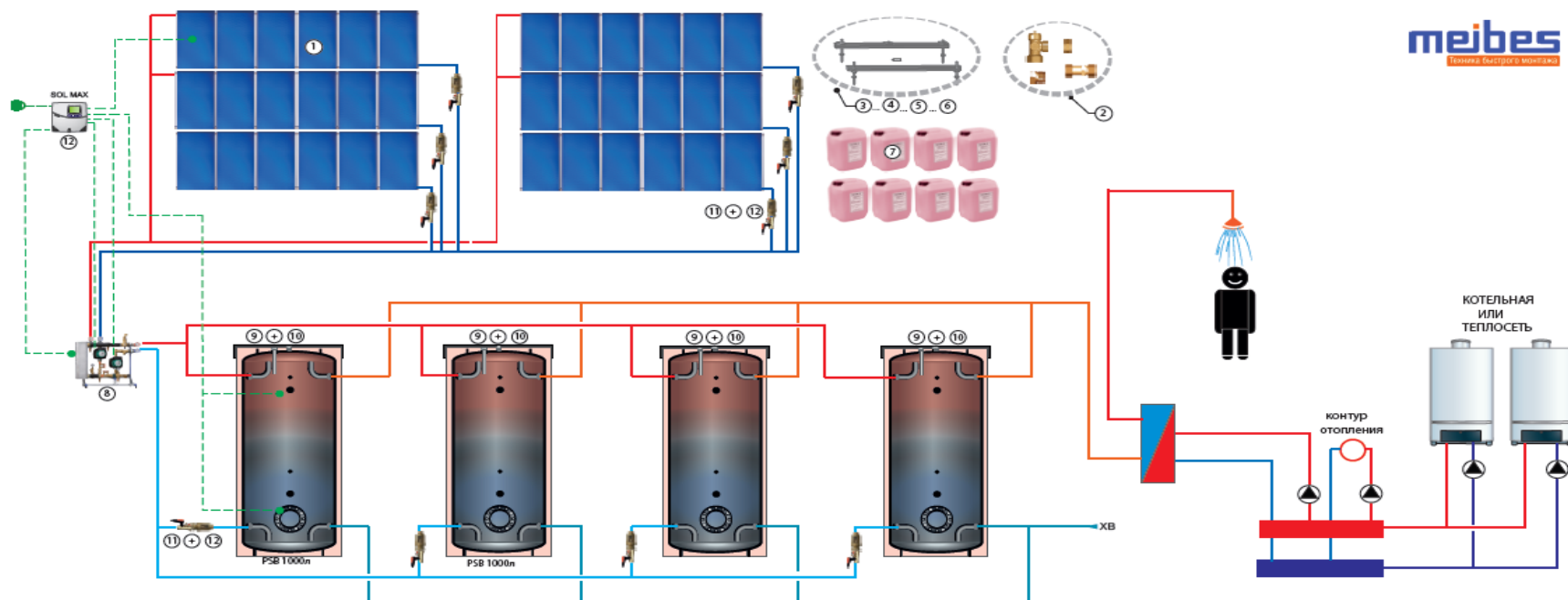


Питома кількість енергії, яка може генеруватись фотоелектричними панелями на широті м. Тернополя, коливається у межах від 7 до 30 Вт/м² сонячної панелі . Середня протягом року величина генерація близько 20 Вт/м².

Використання сонячної енергії у ФЕМ



Використання сонячної енергії для приготування гарячої води у 5 пов. 80 кв. житловому будинку



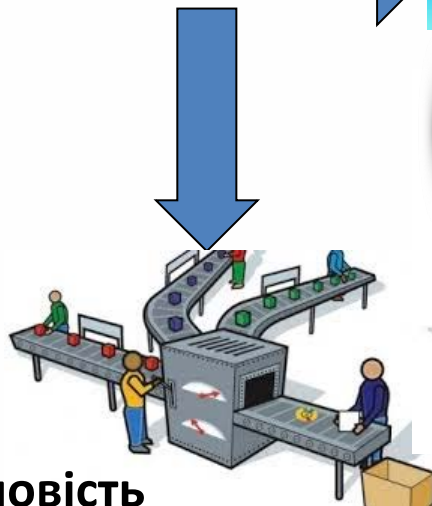
- Площа геліополя – 82,8 м². Діаметр трубної магістралі – Ду 40мм. Річна продуктивність 36 колекторів – 52092 кВт ($\approx V=995\text{м}^3$ гарячої води).
- Сонячні колектори покривають річне навантаження будинку на систему ГВП на 16%.

Загальні рекомендації щодо енергозбереження

1. Здійснювати вимірювання усіх видів енергії, що витрачається з привязкою до температури зовнішнього повітря і розкладу роботи.
2. Розробити систему періодичної звітності (декадної і місячної, метою якої є не лише оплата комунальних послуг).
3. Складати документацію про те, що витрачалось в минулому по кожному об'єкту згідно показань вуцплів обліку енергії.
4. Визначати місця і причини підвищених витрат енергії
5. Здійснювати діяльність, направлену на скорочення витрат енергії.
6. Здійснювати інвестиційну діяльність і впроваджувати заходи зі скорочення витрат енергії.



Джерела генерації
енергії, що
використовують
горючі корисні
копалини



Промисловість



Товари, роботи, послуги

Водень. Екологічна мотивація - внутрішня (безпекова), соціальна

Основний спосіб отримання енергії – спалювання викопних видів палива:



CO₂ - індикатор теплового забруднення.

Скорочуємо витрати **Q і палива** --  -- зменшуємо **CO₂**

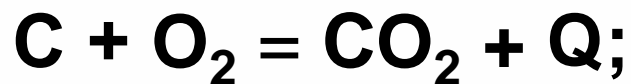
Зменшуємо **C**  скорочуємо **CO₂**

При спалюванні 1 м³ газу утворюється 1,96 кг CO₂

При спалюванні 3.3 кг деревини 4,52 кг CO₂.

Кількість CO₂ жорстко регламентується квотам і екологічним податком. Величина екологічного податку в Європі – 50 \$ за 1т (100\$ за 1 т) Квота – від 20 до 60 \$ за 1 т. Регулювання – 100 \$ за 1 т.

Основний спосіб отримання енергії – спалювання викопних видів палива:




CO_2 — індикатор теплового забруднення.

Скорочуємо витрати **Q** (енергії) 

Зменшуємо уміст **C** в паливі 

Збільшуємо зелені насадження 

Використовуємо ВДЕ і біомасу КС 



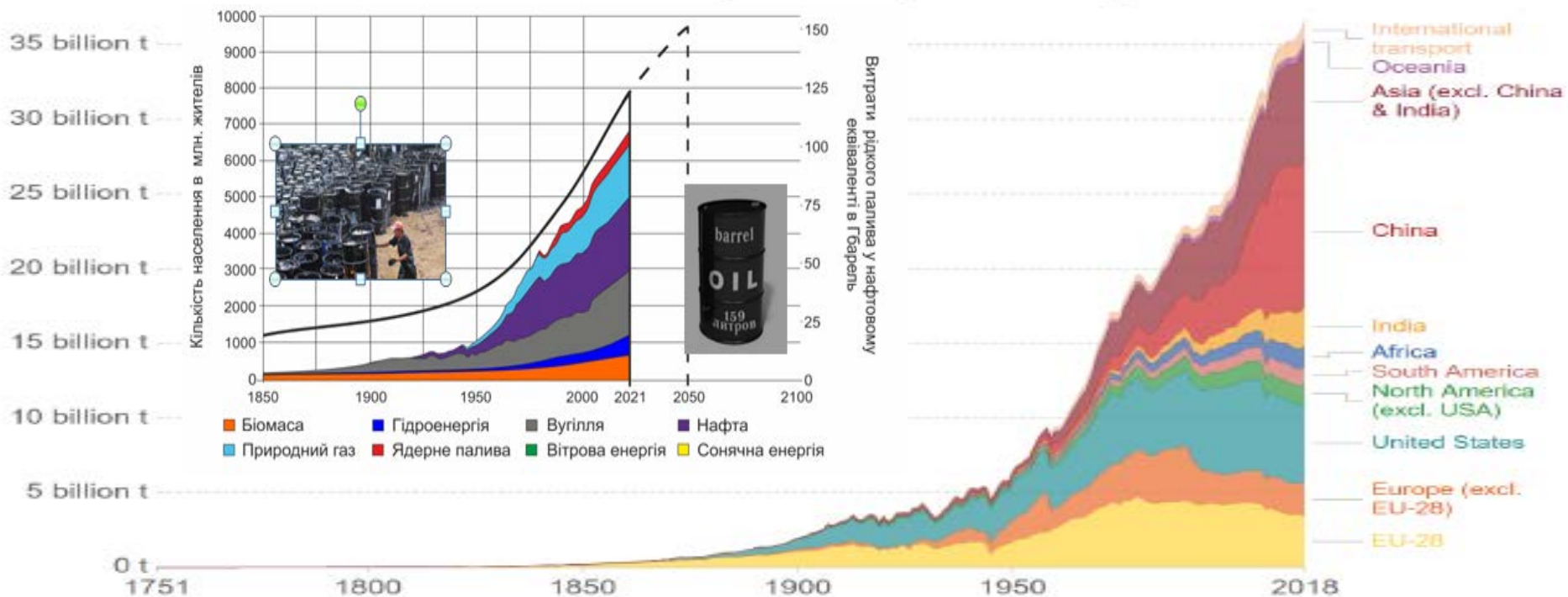
Зменшуємо
викиди CO_2

Екологічний аспект енергозбереження.

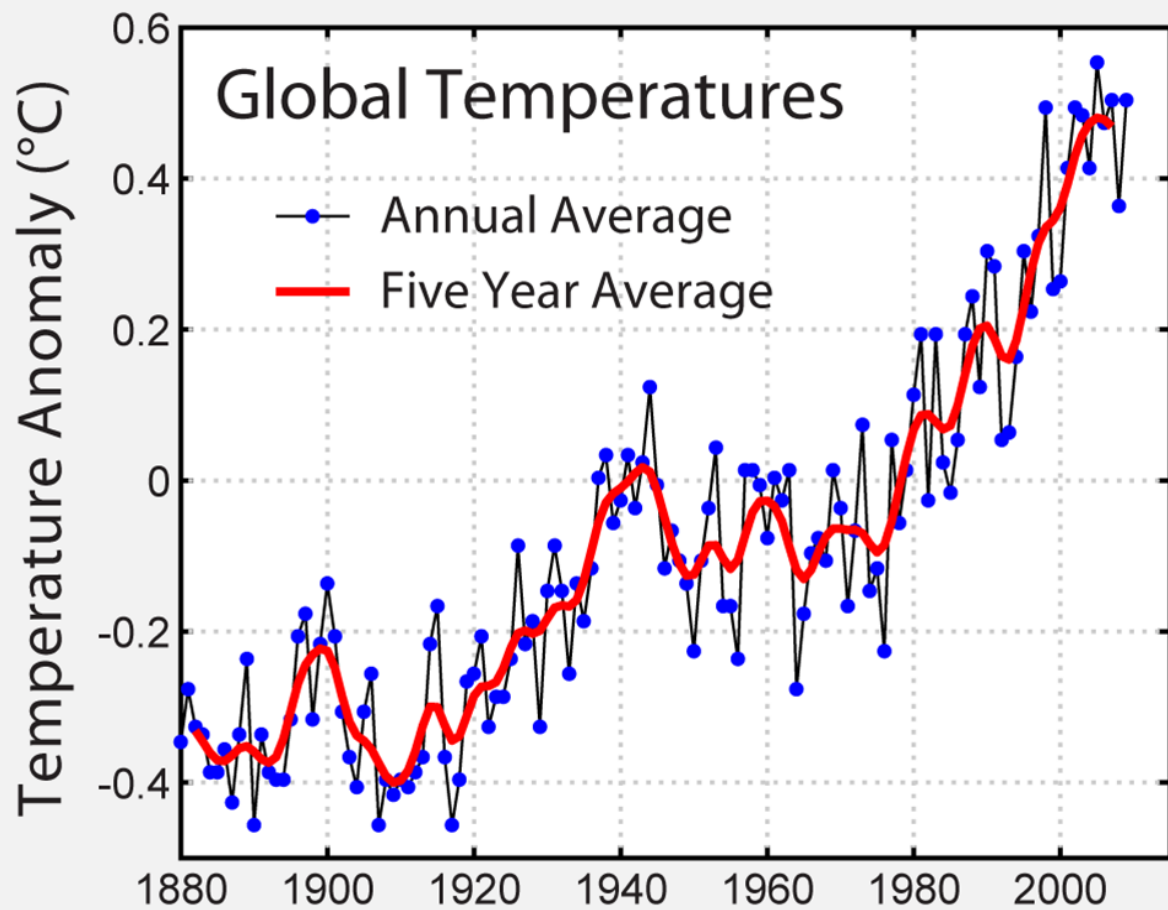
ВИКИДИ ПАРНИКОВИХ ГАЗІВ В АТМОСФЕРУ

Annual total CO₂ emissions, by world region

This measures CO₂ emissions from fossil fuels and cement production only – land use change is not included.



Source: Carbon Dioxide Information Analysis Center (CDIAC); Global Carbon Project (GCP)
 Note: "Statistical differences" included in the GCP dataset is not included here.
 OurWorldInData.org/co2-and-other-greenhouse-gas-emissions • CC BY



Розрахунок екологічного ефекту (розрахунок скорочення викидів парникових газів, ефект декарбонізації.

$$CO_2 = Q_{річ} \cdot K$$

№	Вид палива	Коефіцієнт викидів CO ₂ . K		
		кг CO ₂ / од. палива	кг CO ₂ / Гкал	кг CO ₂ /МВт год
1	Газ природний на 1 м ³	1,96	297	255
2	Деревина на 1 кг	1,37	489	422
3	Вугілля на 1 кг	2,62	655	564
4	Мазут на 1 л	3,12	386	332
5	Штучний газ на 1 м ³	1,72	307	264
6	Електроенергія за 1 МВт·год	-	-	1100

водень $H_2 + O_2 = H_2O$ парниковий газ не утворюється

Екологічний податок на парникові гази

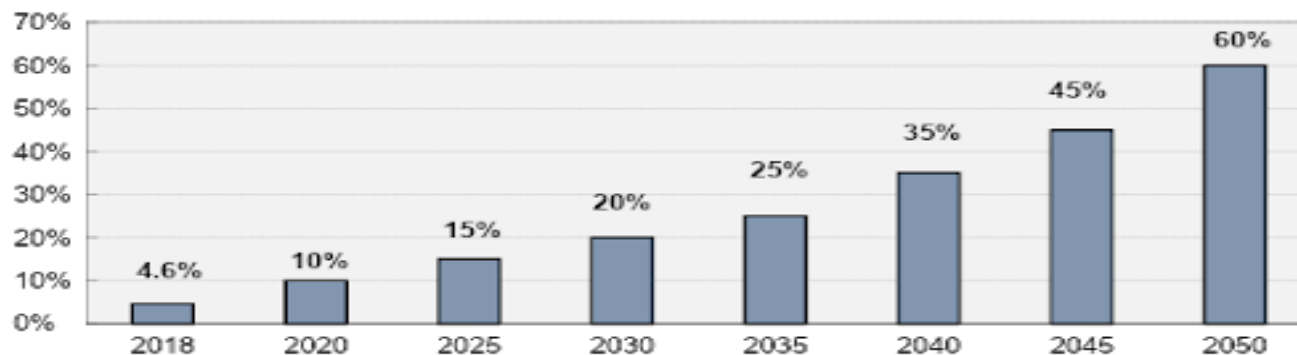
- При витратах газу 120 млн. м³ за рік екологічний податок буде становити 352 млн. грн.(10 млн. дол. США).
- За електричну енергію – 1т CO₂ – 1МВт год
- 22400 МВт год – 22400 т = 1, 120 млн. дол =30 млн.грн. Разом **382 млн. грн.**
- На сьогодні - близько **2,5 млн. грн.**
- На початку 2021 р. прийнято Закон України “Про засади моніторингу, звітності та верифікації викидів парникових газів” згідно з яким унормовується державна політика до питань моніторингу і верифікації викидів парникових газів, забезпечується нормативно правове регулювання з цих питань.

Міжнародні зобов'язання України

Скорочення викидів парникових газів відповідно до Паризької кліматичної угоди - зниження на 65% викидів парникових газів до 2030 р. відносно рівня 1990 р, стати кліматично нейтральною країною до 2060 р.

Досягнення **60%** ВДЕ в загальному енергобалансі в 2050 р., в тому числі по окремих секторах:

- При виробництві електроенергії – **70%** ВДЕ;
- При виробництві теплової енергії – **65%** ВДЕ;
- На транспорті – **35%** ВДЕ.



Мотивація диверсифікації викопних видів палива

Необхідність виконання зобов'язань щодо зменшення викидів парникових газів в атмосферу. Заміщення викопного палива неуглецевими джерелами чистої енергії прямо пропорційна скороченню парникових газів. Таким чином, заміщення вуглецевих видів палива приводитиме до відповідного вирішення екологічної проблеми.



Чому вважають, що спалювання біомаси (деревини) зменшує викиди парникових газів і дає екологічний ефект

1 га лісу поглинає 4 т CO₂ за рік.

1 га трави поглинає 1 т CO₂ за рік.

1 га лісу – це 400 дерев або 188 м³ деревини (125 т).

При спалюванні 1т деревини виділяється 1,37 т CO₂.

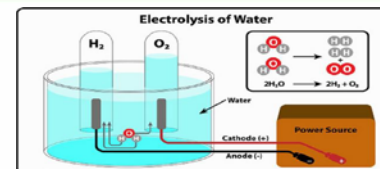
При спалюванні 125 т деревини буде виділено:

$$1,37 * 125 = 171 \text{ т CO}_2.$$

171 т виділяється CO₂ – 4 т за рік поглинається

171 т CO₂ ліс поглине за 34 роки. Чи є екологічна нейтральність?

Як отримати водень



1. Природний водень у природі відсутній.
2. **Зеленим**" називають водень, котрий отримують із води методом електролізу, а електроенергію беруть із відновлюваних джерел - вітру, сонця, біомаси- до 6 \$ за 1 кг. (0,5\$ за 1 м³). CH₄ \$ -0,2 за 1 м³
3. **"Блакитний"** водень – паровий риформінг природного газу з утилізацією CO₂- до 3 \$ за 1 кг.
4. **"Сірий"** водень – паровий риформінг природного газу – 2,5 \$ за 1 кг.
5. **"Чорний"** водень – із вугілля. 2 \$ за 1 кг.
6. **"Жовтий"** водень – із ЕЕ атомних станцій.



Для заміщення 1 м³ природного газу за отриманою теплотою потрібно спалити 3,5 м³ водню.

Для отримання зеленого водню необхідно витратити до 8 кВт год ЕЕ. Для блакитного – до 3,3 кВт год ЕЕ

Виклики, що виникають при використанні водню

Назва горючої характеристики	Од вим.	Величина характеристики	
		CH ₄	H ₂
Нижча теплота згорання	МДж/м ³	35,88	10,79
Індекс Воббе (нижчий)	МДж/м ³	48,22	41,02
Межі спалахування у суміші з повітрям: -нижча, X _н -вища, X _в	% об.	5,0 15,0	4,0 75
Теоретичні витрати повітря на горіння	м ³ / м ³	9,52	2,38
Температура горіння (жаропродуктивність)	°С	2043	2235
Обєм продуктів згорання (α=1)	м ³ / м ³	10,52	2,88
Максимальна швидкість розповсюдження(поширення) полум'я	м/с	0,37	2,67
Коефіцієнт надлишку повітря α на межах спалахування: - нижній межі спалахування -верхній межі спалахування	-	1,8 0,65	9,8 0,15
Щільність	кг/м ³	0,71	0,089

Як використовувати водень

Витрати повітря для повного згорання і об'єм продуктів згорання відрізняються у 4 рази, швидкість розповсюдження полум'я – у 7 разів, кількість первинного повітря, котре гарантує горіння без проскоку відрізняється у 4 рази.

Природний газ і водень не взаємозамінні.

Подача водню по газопроводам неможлива.

Використовувати одні газопальникові пристрої неможливо.

Забезпечити перехід роботи пальника з природного газу на горючу суміш з умістом водню більше за 20-25% без внесення змін в конструкцію пальника і режим його роботи а також конструкцію і режим роботи тяго - дуттьових пристроїв установки неможливо

Дякую за увагу!