

01.12.2022


Можливості місцевого регулювання відпуску теплоти до будинків

Колієнко Анатолій Григорович, Інститут місцевого розвитку, м. Київ


Що таке централізована система теплопостачання (СЦТ)

СЦТ – це сукупність наступних елементів:

1. Джерел теплової енергії (котельних, ТЕЦ)
2. Магістральних та розподільних теплових мереж, центральних теплових пунктів (ЦТП);
3. Споживачів теплоти (інженерних систем опалення , гарячого водопостачання житлових будинків і громадських будівель, засобів розподілення теплової енергії, теплових введів у будівлі, теплових пунктів і інших пристроїв і об'єктів, які об'єднані СПІЛЬНИМ РЕЖИМОМ ВИРОБНИЦТВА, ТРАНСПОРТУВАННЯ ТА ПОСТАЧАННЯ ТЕПЛОВОЇ ЕНЕРГІЇ



Теплопостачальна
організація



Спільна власність
жителів, споживач

Система теплопостачання – єдина система і кожний елемент системи – це невідємна її частина, але різні власники і різні системи електропостачання.

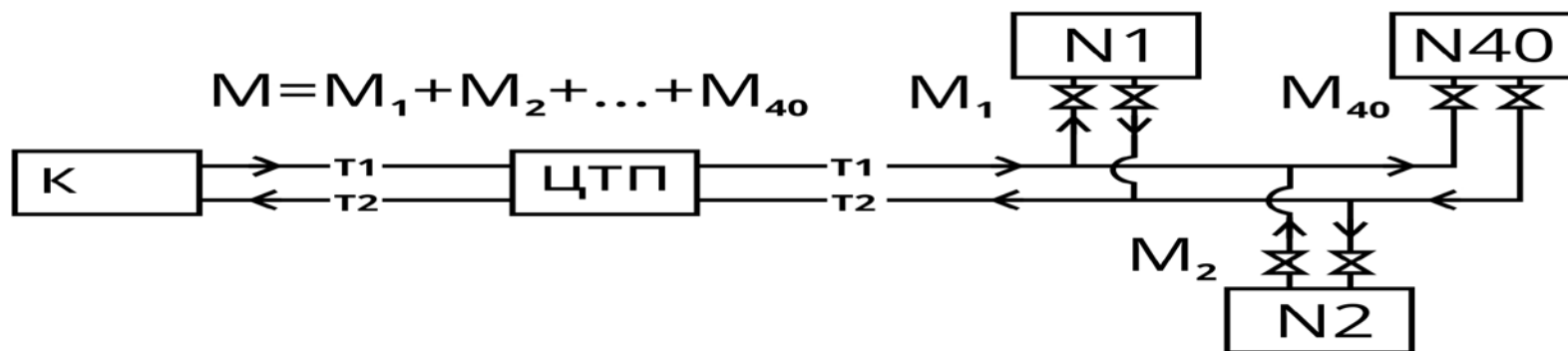
Задача – зменшити споживання теплоти і палива в централізованих системах теплопостачання

Тепломодернізація окремих елементів системи не принесе результату, поки нею займатимуться окремі будинки, а ТКЕ лише відсторонено спостерігатимуть.

А якщо ж окремі будинки влаштували собі погодне регулювання, а решта — ні, то система теплопостачання загалом від цього нічого не виграє. Зекономлене тепло просто перетече до сусідніх будинків без погодного регулювання і вже там буде перевитрата тепла. Кінцевою метою повинно стати зменшення енергоспоживання в усій системі теплозабезпечення.

Це можливо лише за умови масового впровадження енергоефективних заходів у будинках і переходу на нові способи регулювання відпуску теплоти від котельних.

Схема системи централізованого теплопостачання. Перерозподіл витрат мережної ВОДИ.



Зменшення подачі теплоносія до будинку №1 призводить до автоматичного збільшення витрат теплоносія до будинків №2 і№ 40. Необхідне місцеве регулювання відпуску теплоти до кожного будинку.

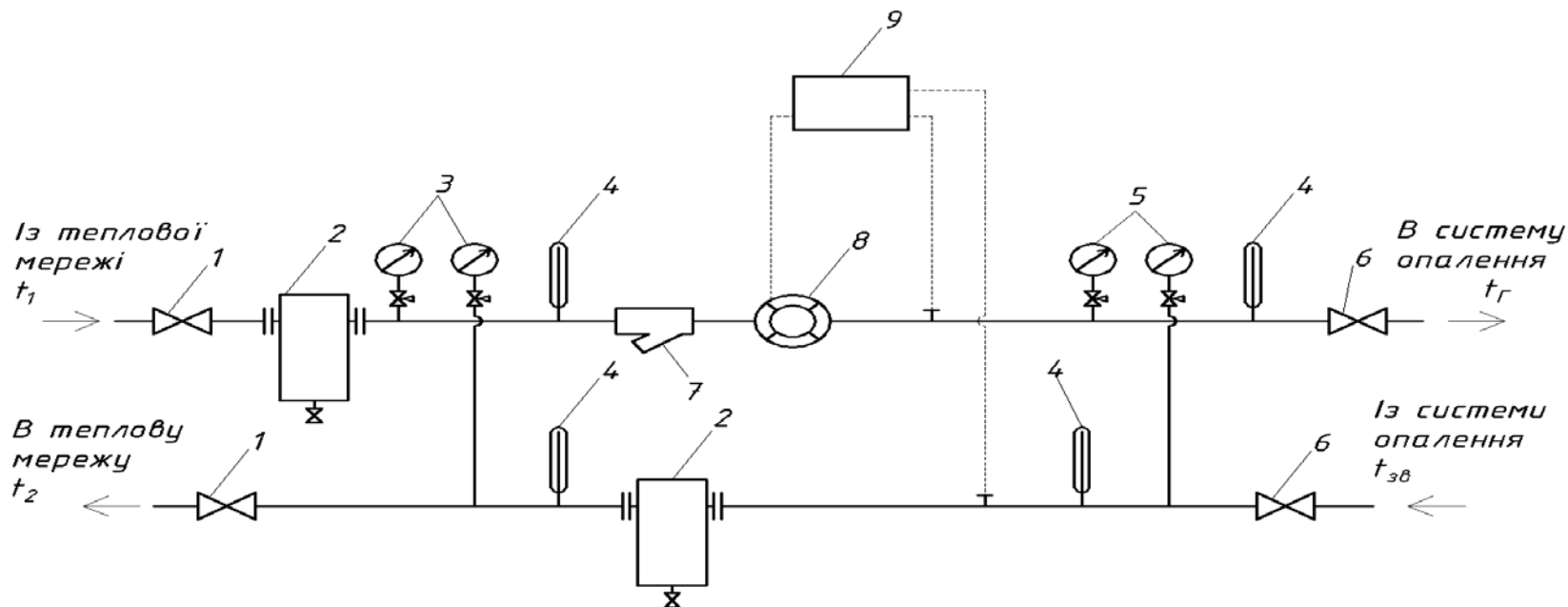
2/

Чим обладнано будинкові вузли вводу. 1. Елеваторні вузли.



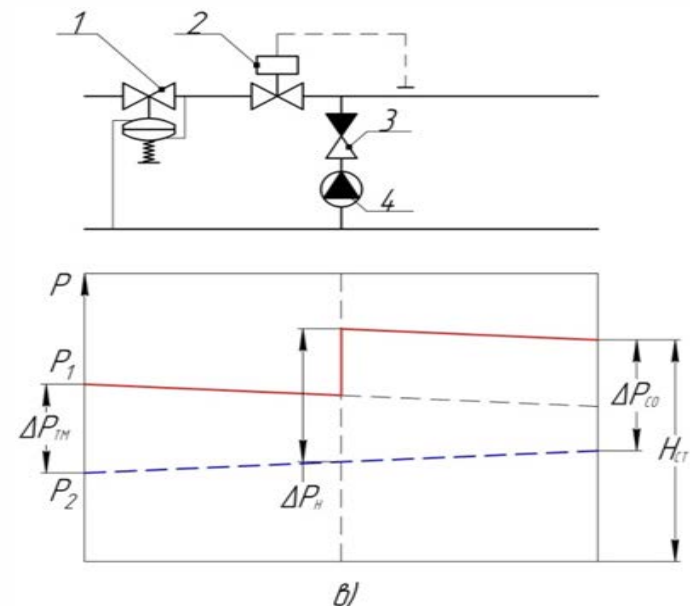
До інших
споживачів

2.Схема типового неавтоматизованого безелеваторного теплового вводу



1- запірно-регульовальна арматура (кульові крани);2-відмулювач (відсутній);
3.5- манометри(відсутні); 4 - термометри; 7-фільтр тонкого очищення води.
Регулювання виконується за допомогою 1 або 6.

3. Автоматизований ІТП з погодним регулюванням залежна схема приєднання.



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

Вимоги ДБН В 2.5.- 39 Теплові мережі

Способи регулювання відпуску теплоти:

- центральне, що здійснюють на джерелі теплопостачання;
- групове - в центральному тепловому пункті (ЦТП);
- індивідуальне - в індивідуальних теплових пунктах (ІТП) споживачів;
- місцеве - безпосередньо на приладах споживання теплової енергії.

Як правило, місцеве, індивідуальне та групове регулювання застосовують на доповнення до центрального.

Центральне регулювання не може забезпечити оптимальний і економічний відпуск теплоти до кожного будинку. Місцеве регулювання є обов'язковим.

На абонентському вводі теплової мережі слід забезпечувати регулювання теплового потоку системи опалення за погодними умовами.

Вимоги нормативів щодо регулювання відпуску теплоти у будинках

ДБН В.2.5-39: 2008 «Теплові мережі» (п.9.8.3):

- споживач повинен здійснювати регулювання теплового потоку системи опалення за погодними умовами.

При цьому частіше усього за джерелом енергії залишаються функції центрального регулювання, усередненого за певний період часу теплового навантаження, а в ІТП здійснюється регулювання за локальними короткостроковими (у межах від декількох годин до однієї або декількох діб) змінами погодних умов.

Задачі регулювання відпуску теплоти до будинку

- забезпечення нормованих параметрів мікроклімату у помешканні (в усьому діапазоні зміни параметрів зовнішнього повітря : температури, швидкості вітру, вологості і інтенсивності сонячного випромінювання).
- скорочення непродуктивних втрат теплоти при зміні параметрів зовнішнього повітря; унеможливлення перевитрат теплоти у зв'язку із наднормованим збільшення температури внутрішнього повітря у будинку.;
- реалізувати можливість скорочення витрат теплоти на потреби опалення будинку і зменшення видатків на комунальні платежі відповідно впровадженим проектам і заходам з енергоефективності.

Способи індивідуального регулювання

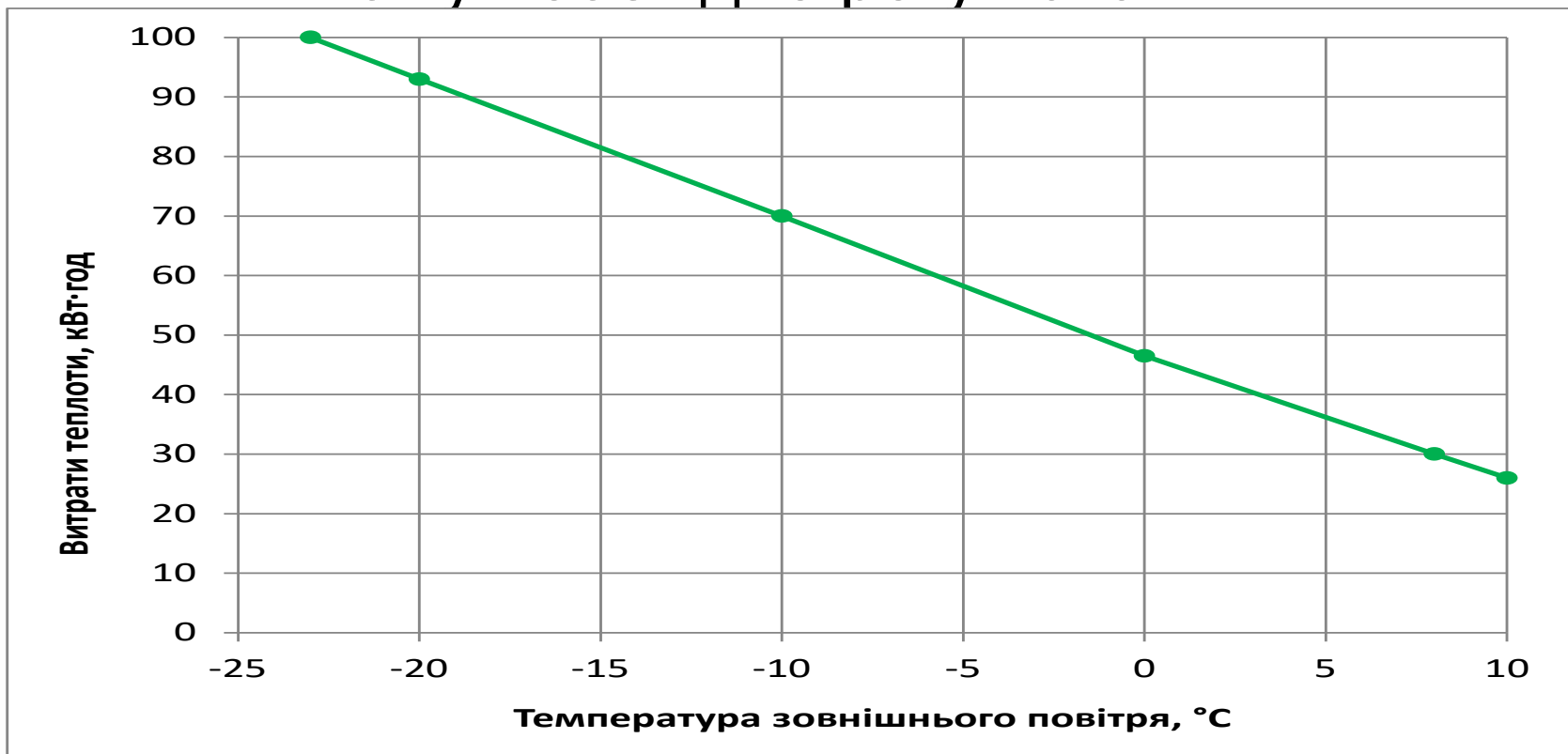
$$Q = M (t_r - t_{зв}) c$$

M - витрати теплоносія, t – температура теплоносія.

Регулювання надходження теплоти до будинку можливо здійснювати шляхом зміни трьох параметрів:

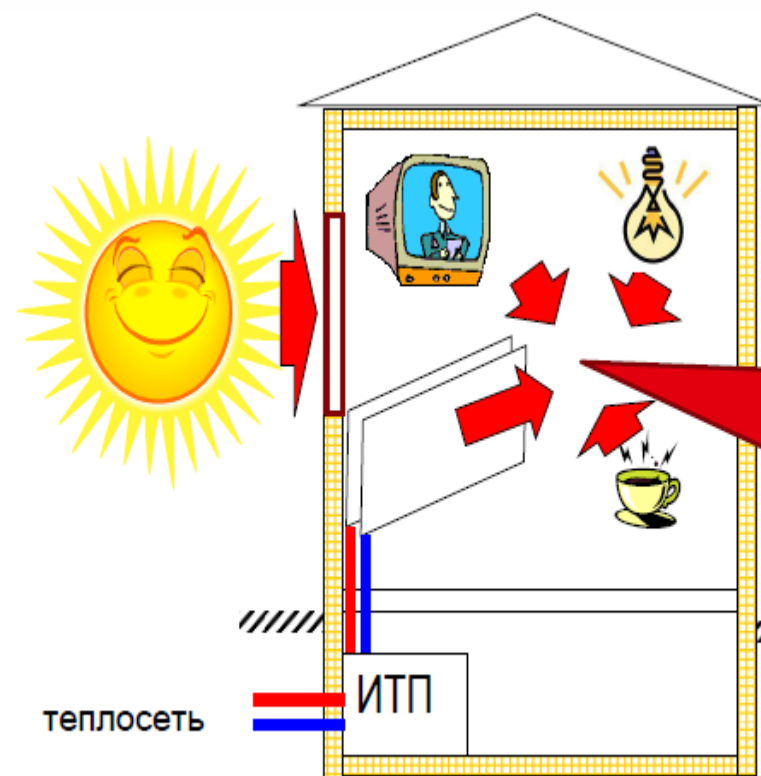
- витрат теплоносія (гарячої води, що надходить до системи опалення) шляхом зменшення проходу для води у процесі часткового закривання запірно-регулювальної арматури в ІТП, M_T ;
- температури теплоносія, t_r на вході до системи опалення шляхом дозованого підмішування води із зворотного трубопроводу системи опалення в подавальний трубопровід в ІТП;
- кількості годин роботи системи опалення шляхом повного припинення подачі теплоносія до системи опалення

Чому необхідне регулювання



Потреба у теплоті для забезпечення комфортних умов перебування у приміщеннях і унеможливлення перегрівання приміщення змінюється у **4...4,5 рази** протягом опалювального періоду.

Перевитрати теплоти з відсутністю регулювання відпуску теплоти і будинку і перетопами



Перегрів приміщень внаслідок:

- теплопритоків від людей, обладнання, сонця;
- впровадження енергозберігаючих заходів;
- добових коливань температури зовнішнього повітря,
- ефективності центрального регулювання у котельні,
- транспортного запізнення температури теплоносія,
- акумуляційної здатності будинку.

Переплата за опалення до 20% внаслідок відсутності регулювання відпуску теплоти .

Економічна ефективність впровадження ІТП

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

Необхідність засобів регулювання відпуску теплоти

Впровадження проектів і заходів з енергоефективності у будинках без оснащення засобами регулювання відпуску теплоти генераторів теплоти і будинків (споживачів теплоти) не дає можливості реального скорочення витрат теплоти і видатків на опалення.

Бар'єри процесу регулювання:

- **технічний** – наявність технічних засобів для регулювання;
- **організаційний** – наявність бажання, мотивації, вміння, узгодженої позиції жителів будинку і відповідних ресурсів.

Регулювання відпуску теплоти у будинку

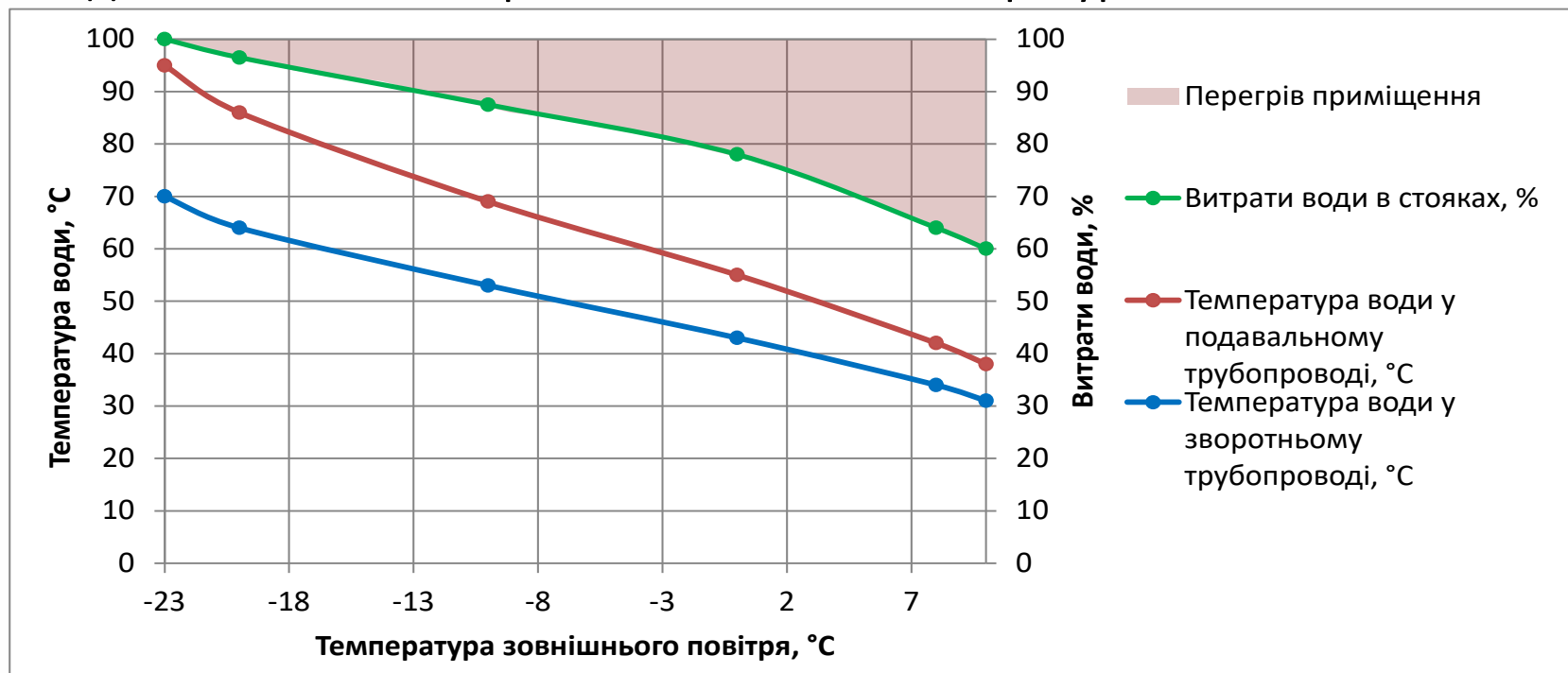


Автоматичне
регулювання

Ручне регулювання

Кількісно-якісне регулювання відпуску теплоти

Одноточасна зміна витрат теплоносія і температури теплоносія



Витрати теплоти у стояках протягом опалювального періоду змінюються від 100 % до 60%. Перепад температур змінюється від 25 до 9 град С.

Для забезпечення місцевого регулювання системи опалення повинні бути оснащені регульовальними пристроями

Вибір температури відпуску теплоти з джерела енергії

Вибір параметрів теплоносія і способу регулювання у тепловій мережі має важливий вплив на ефективність системи тепlopостачання у цілому.

Вимоги ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі» до вибору температури у теплових мережах:

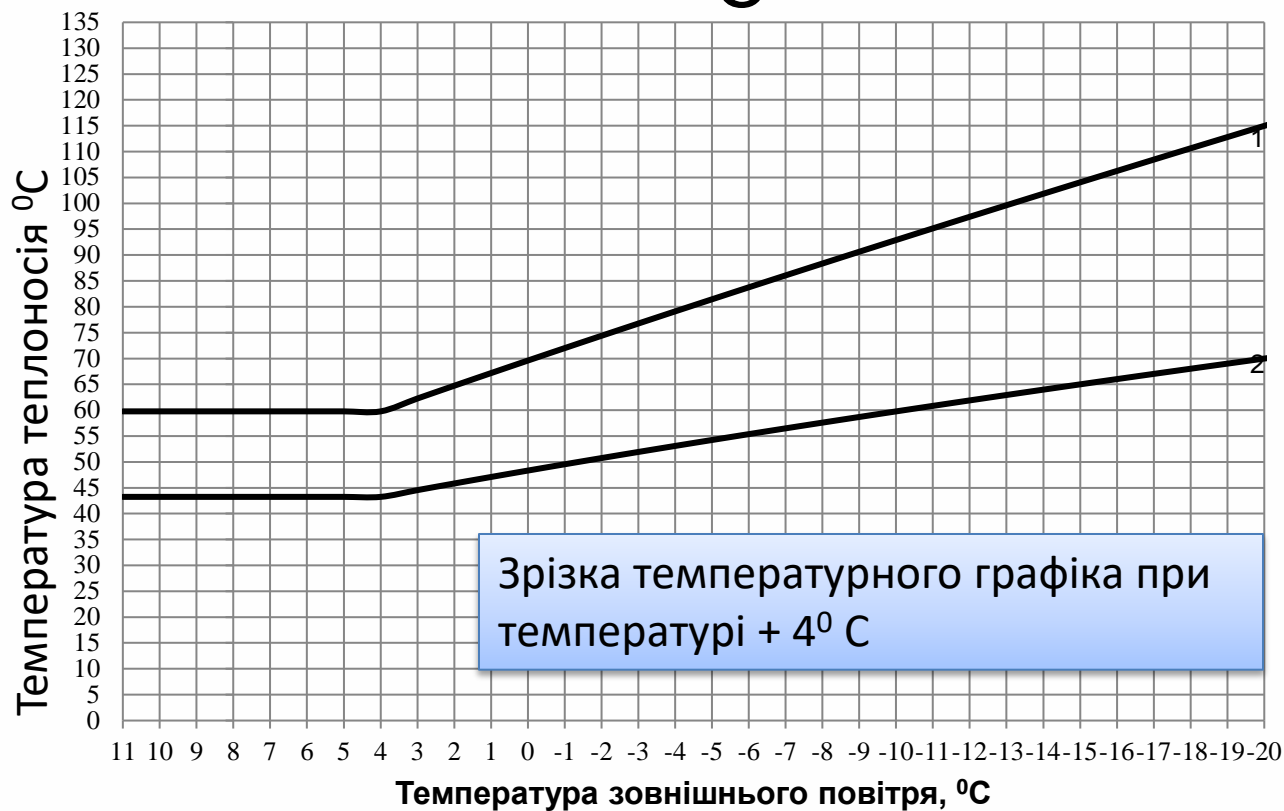
- розрахункову температуру мережної води у подавальному трубопроводі теплових мереж приймають рівною температурі води з джерела тепlopостачання за його паспортними даними;
- температура мережної води повинна забезпечувати можливість нагрівання води в системі гарячого водopостачання до нормативного рівня;
- температуру мережної води, що повертається на ТЕЦ визначають техніко-економічним розрахунком, а максимальна температура мережної води, що повертається до котельних приймається 70°C з урахуванням технічних характеристик котлів;
- температура води у розподільних мережах від ЦТП до теплових введів будинків - не більше 80°C .

Аналіз існуючої ситуації

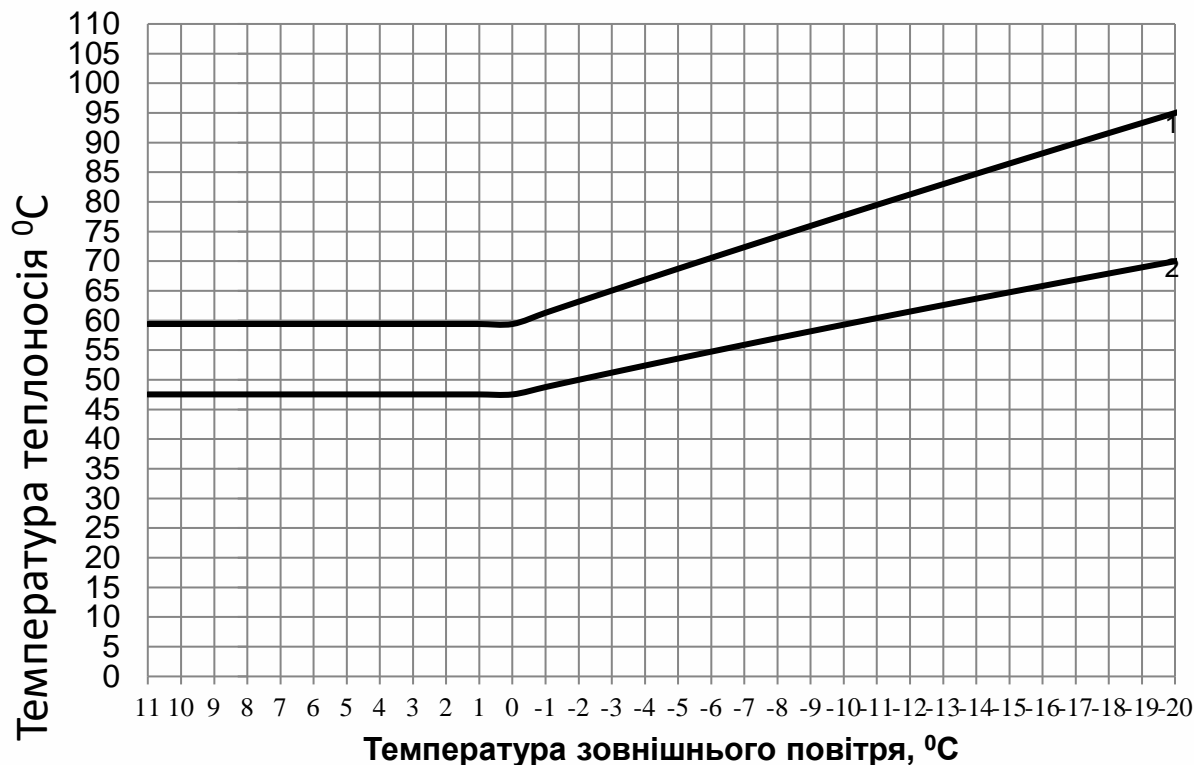
ЦСТ з високотемпературним відпуском теплоти можливе лише за умови наявності змішувальних пристроїв у теплових вузлах вводу будинків. Після втрати змішувальних пристроїв у теплових вузлах вводу перехід на низькотемпературний режим роботи став для більшості котельних підприємств з теплопостачання логічним наслідком.

Перехід на низькотемпературні графіки відпуску теплоти за умови збереження наявного якісного центрального регулювання спричиняє суттєві непродуктивні втрати теплоти і неефективне регулювання у період зрізки температурного графіку при спільному навантаженні на опалення і гаряче водопостачання.

Температурний графік відпуску теплоти 115/70 °C

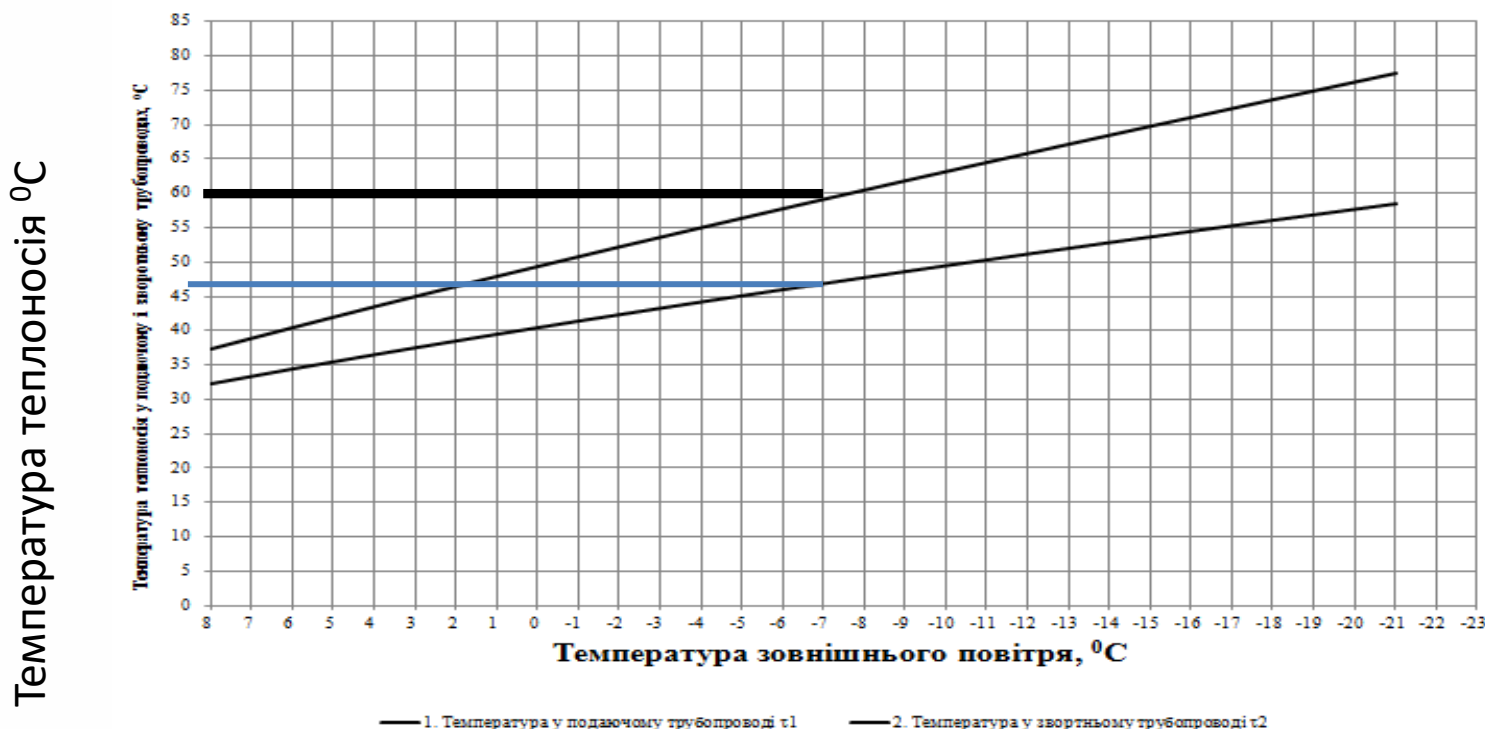


Температурний графік відпуску теплоти 95/70 °C



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

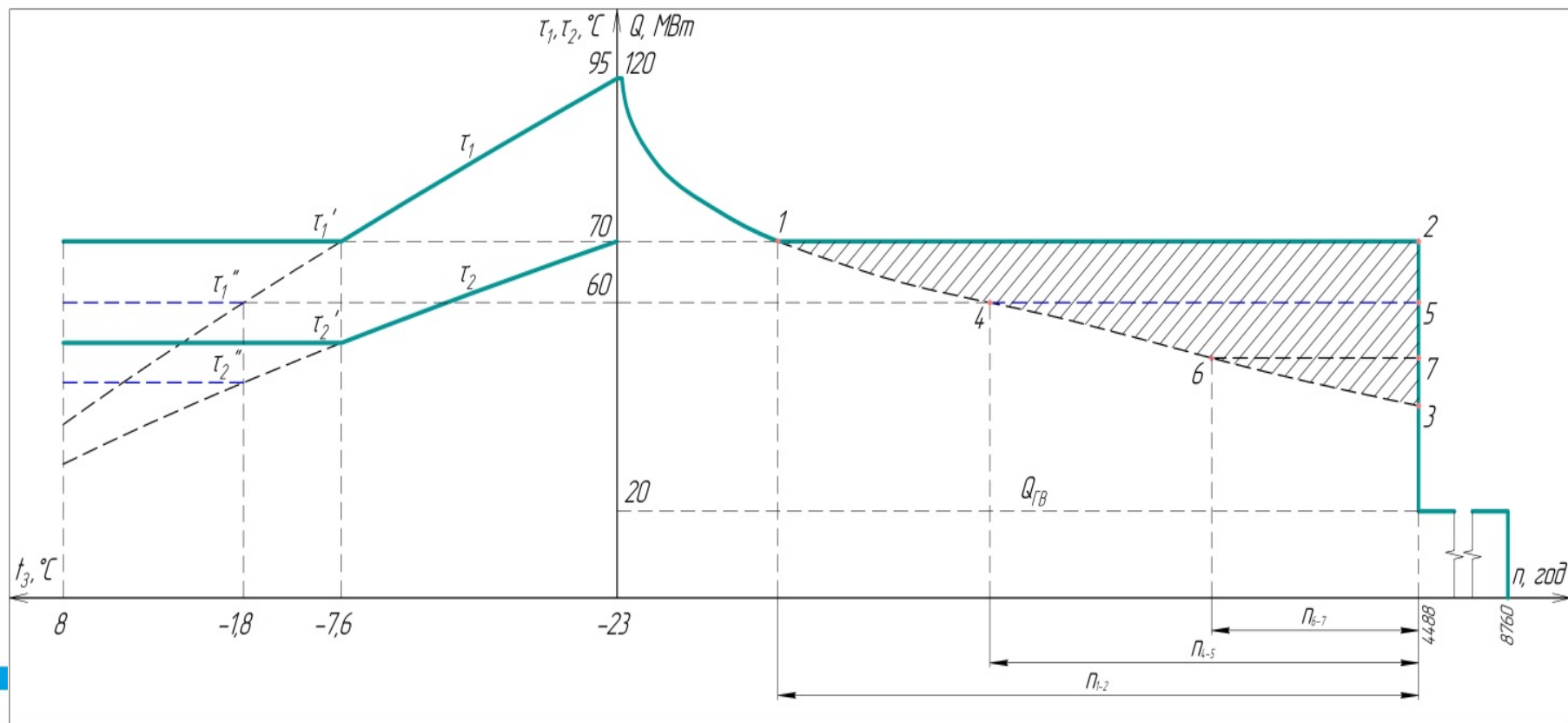
Температурний графік відпуску теплоти 80/60 °C



Зрізка температурного графіку при температур близько -7 °.

Підвищення ефективності регулювання відпуску теплоти

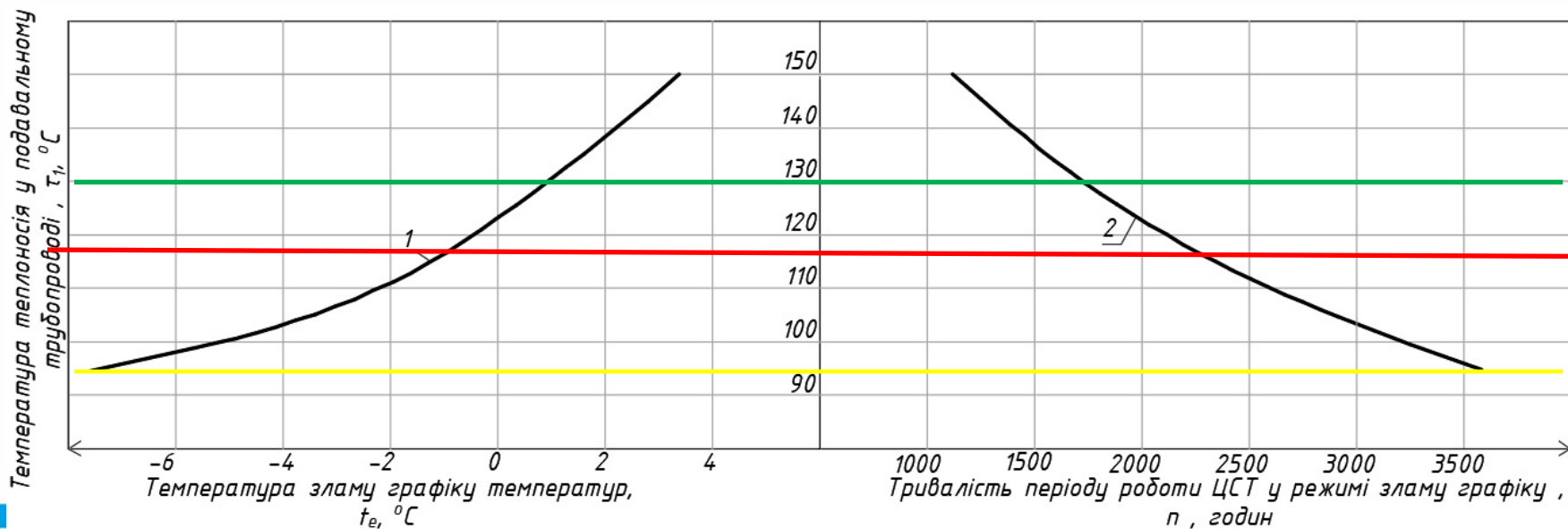
Недоліки якісного регулювання відпуску теплоти. Наявність перетопів у перехідні періоди року.

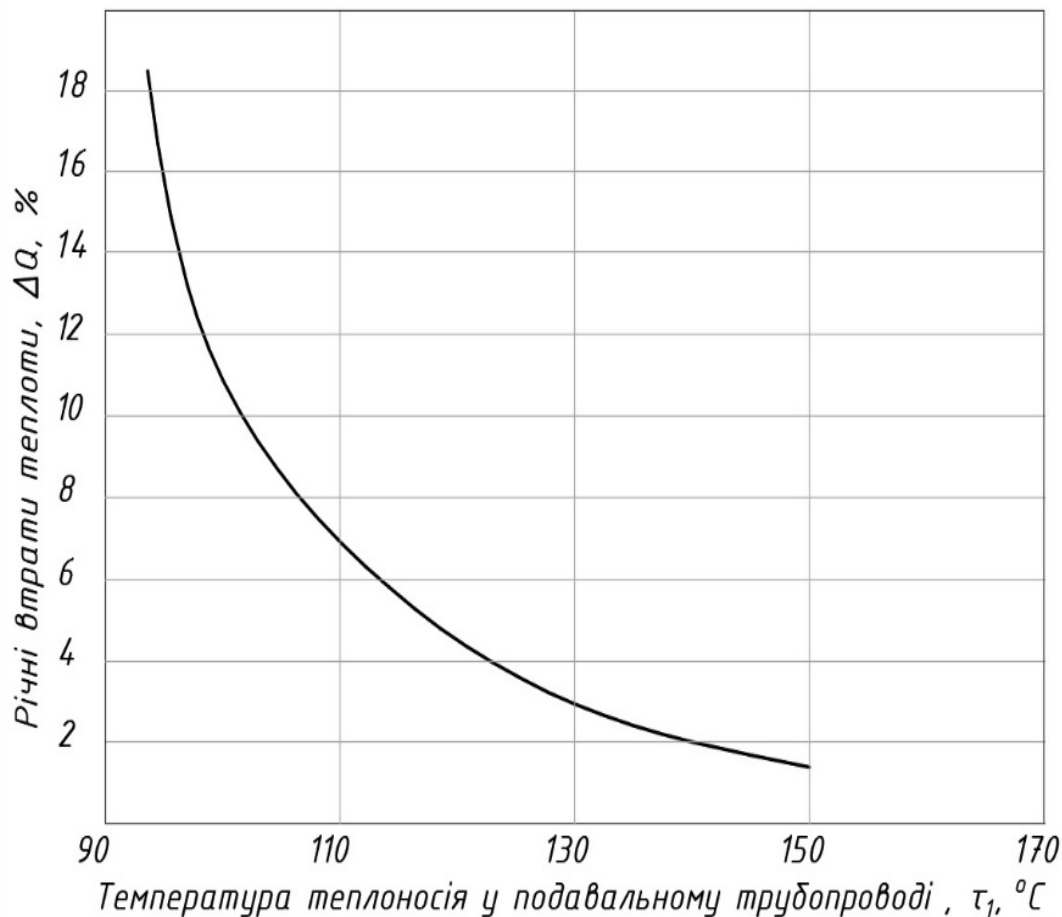


Наслідки переходу на низьку температуру відпуску теплоти



Перехід від температури гарячого теплоносія 150°C до 95°C спричиняє збільшення тривалості періоду перетопів з 1159 до 3600 год. А температура зовнішнього повітря, з якої втрачається можливість центрального регулювання зменшується з $+3,8^{\circ}\text{C}$ до $-7,5^{\circ}\text{C}$. Непродуктивні втрати теплоти в результаті неадекватного регулювання при пониженні графіку відпуску теплоти збільшуються від 1,8% річного вироблення теплоти до суттєво відчутних 18% від річного теплового потенціалу палива.





1. Збільшення непродуктивних втрат теплоти у період зрізки температурного графіка з 1,8 до 18%.

2. Збільшення температури теплоносія спричиняє зростання температури відхідних газів за котлом.

3. Зменшення температури теплоносія у зворотному трубопроводі збільшує ефективність утилізації теплоти відхідних газів у конденсаційних теплообмінниках

Встановлення ІТП – комплексна задача (1)

- Тепловий та гідравлічний режими джерела теплопостачання повинні бути узгоджені з тепловим та гідравлічними режимами систем теплоспоживання будівлі.
- Схема приєднання повинна бути залежною (незалежна використовується для висотних будинків і за обумовленністю гідравлічним режимом роботи системи).
- Слід забезпечити автоматичними засобами регулювання повернення теплоносія із систем опалення в тепломережу з температурою не вище ніж на 3°C – 4°C від заданої графіком. Зниження зворотної температури теплоносія проти графіка не лімітується.
- Схема ІТП може бути з теплообмінником ГВ і без нього.

Встановлення ІТП – комплексна задача (2)

- Необхідно забезпечувати експлуатацію інженерних систем будівлі як при робочому так і неробочому режимах тепломережі – недопущення надмірного тиску, температури, недопущення спорожнення систем шляхом відповідного оснащення ІТП, яке повинне відповідати взаємоузгодженому розташуванню інженерних систем будівлі з **п'єзометричним графіком тепломережі**.
- **Встановлення ІТП повинно виконуватись згідно з технічними умовами теплопостачальної організації**

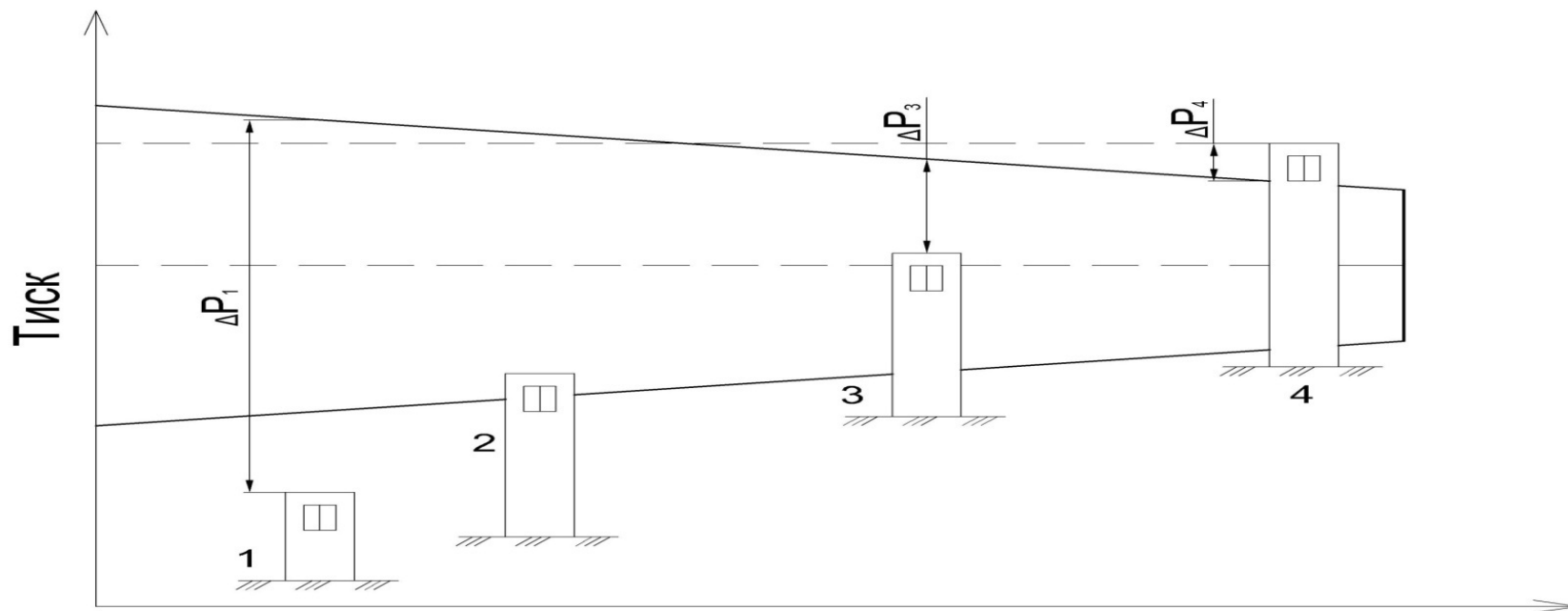
Особливості впровадження ІТП на перехідному періоді

1. Наявність у системі теплопостачання будинків з автоматизованими і неавтоматизованими вузлами приєднання. Необхідність захисту абонентів з неавтоматизованими вузлами або без них.
2. Збільшення кількості абонентів із кількісним регулюванням, змінним тепловим і гідравлічним режимом роботи (із термостатами).
3. Несумісність гідроелеваторів і сучасних систем опалення з терморегуляторами.
4. Різниця у перепадах тиску, який необхідно підтримувати перед будинком з гідроелеватором і насосом в ІТП. Елеватор – до 20 м, насос – до 5 м вод.ст.

Особливості впровадження ІТП на перехідному періоді

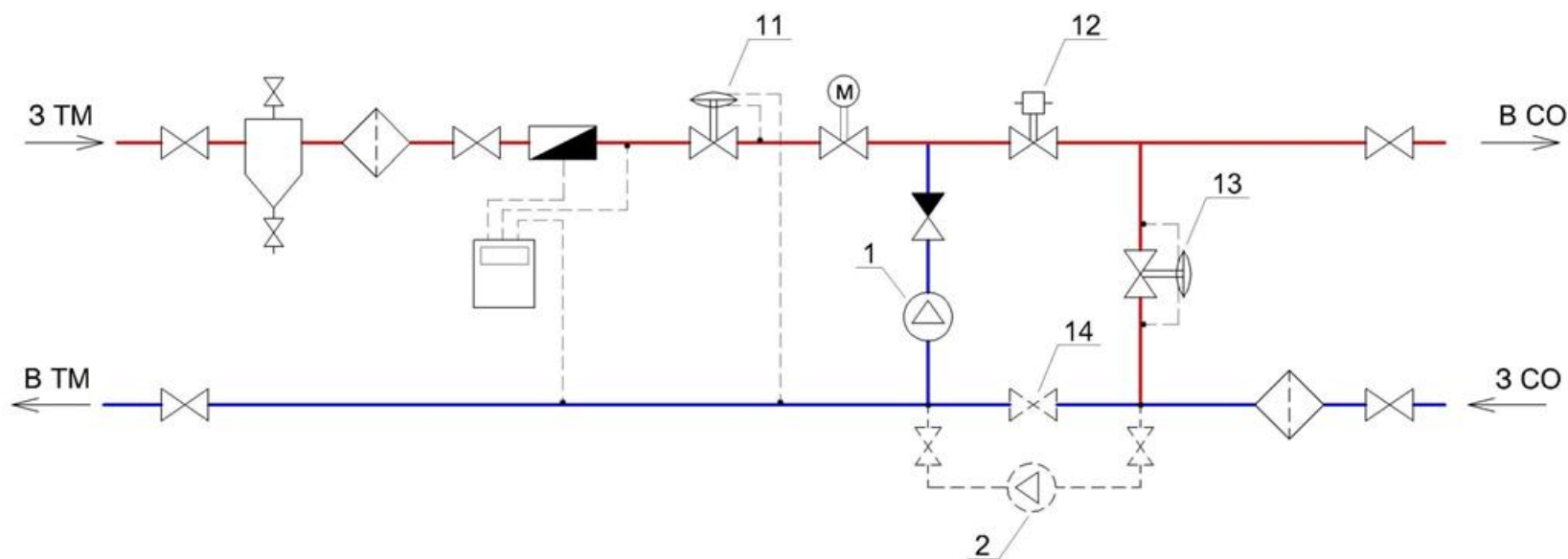
5. Перехід роботи системи до змінного теплового і гідравлічного режиму роботи з кількісно-якісним регулюванням.
6. Перехід до незалежного підключення систем опалення будинків (за потреби у цьому і без потреби).
7. Необхідність у регулюванні перепаду тиску на вводі до абонентських систем: захист теплових мереж від гідравлічного розрегулювання; захист внутрішньобудин. систем від змін тиску у теплових мережах; забезпечення лінійного процесу регулювання теплового потоку; обмеження максимальних витрат теплоносія.
8. Необхідність у регуляторі теплового потоку.

Приєднання систем опалення до теплових мереж



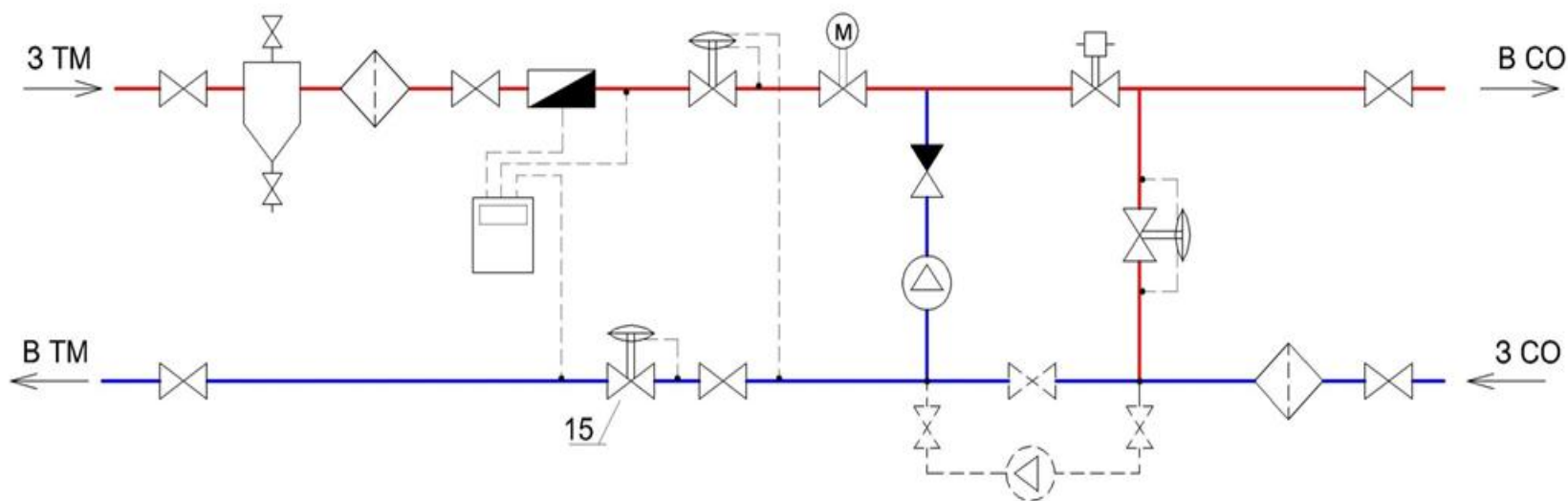
1- абонент із залежною схемою приєднання, статичний тиск в СО менший за тиск у зворотній (ЗМ) і подавальній (ПМ) магістралі; 2- абонент із залежною схемою приєднання, статичний тиск у СО перевищує тиск у ЗМ; 3 – абонент із залежною схемою, статичний тиск в СО більший за тиск у ЗМ і за лінію статичного тиску у ТМ; 4 - абонент із висотою, яка перевищує тиск у подавальній магістралі із залежною і незалежною схемою приєднання.

Принципальна 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 гідравлічного 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.³⁰

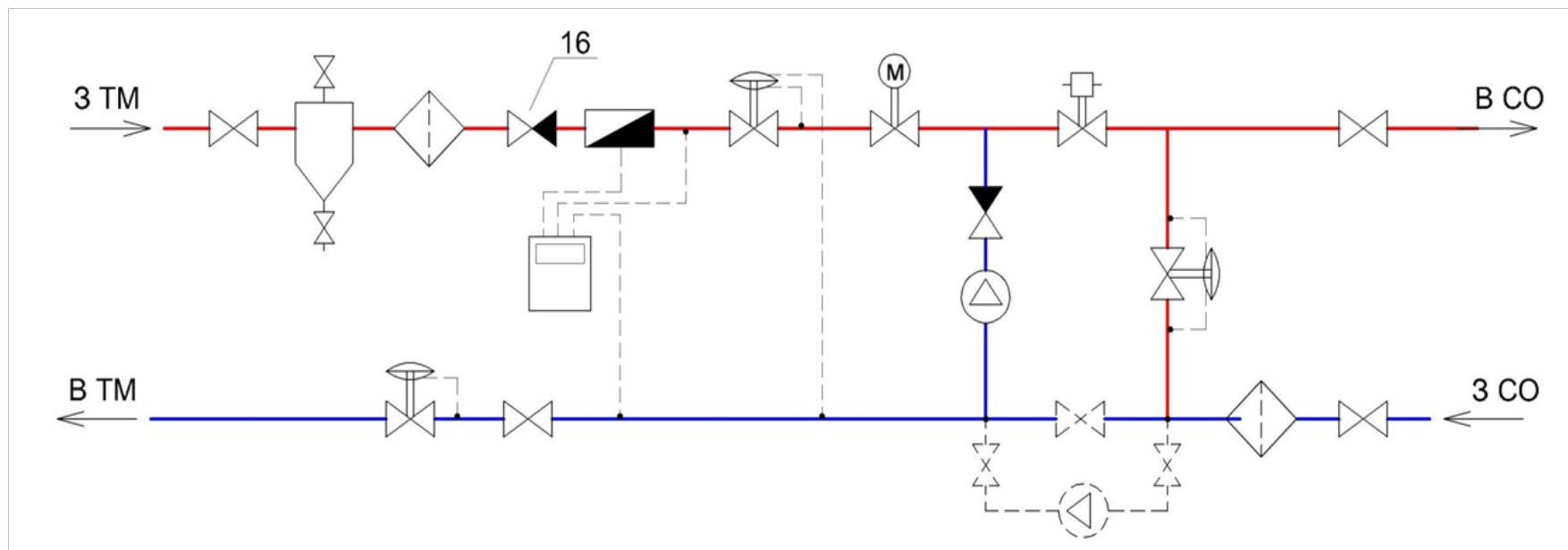
Принципiальна схема ІТП (тип 2)



Висота будівлі більша за тиск у зворотній магістралі. Статичний тиск у СО більший за тиск у зворотній магістралі – небезпека спорожнення системи через зворотню магістраль ТМ:

15 - регулятор підпору: підтримує тиск не вище тиску у подавальному трубопроводі, підбирається на створення гідравлічного опору, рівного різниці гідростатичного тиску $CO + 5\text{м}$ і тиску у зворотній магістралі (тиск у зворотній магістралі може змінюватись).

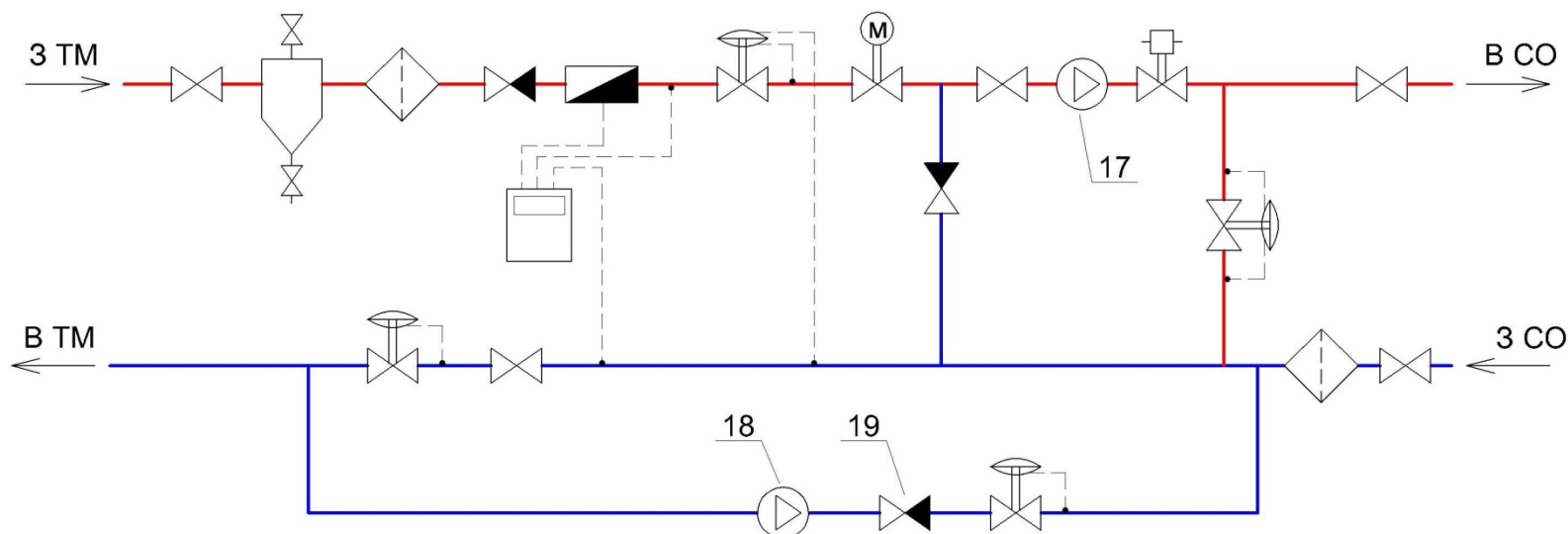
Принципiальна схема ІТП (тип 3)



Висота будинку більша за тиск у зворотній магістралі і статичний тиск ТМ. Можливе спорожнення системи як через подавальну, так і через зворотню магістралі:

16 – зворотній клапан на подавальній магістралі. Запобігання спорожненню через зворотню магістраль – встановлення регулятора тиску “до себе”.

Принципiальна схема (залежна) ІТП (тип 4)

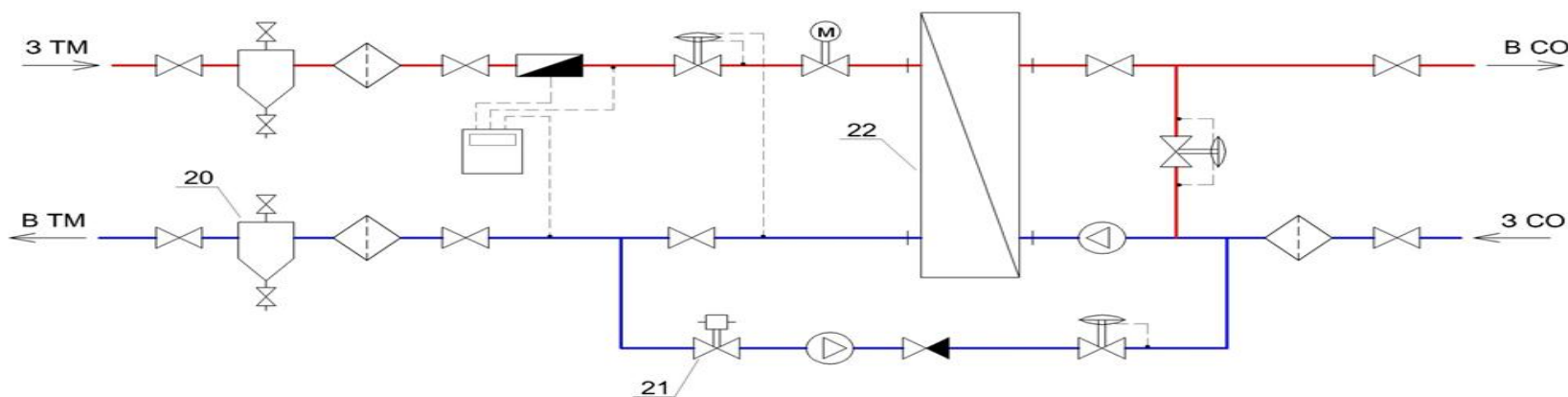


Будiвля розташована вище лiнii тиску води у подавальнiй магiстралi.

Спорожнення через зворотню i подавальну магiстраль TM:

18 – насос iз зворотнiм клапаном; 19 - на пiдживлювальнiй лiнii для захисту вiд спорожнення при порушеннi режиму роботи TM; Насос автоматично вклячається при зменшеннi тиску у подавальнiй магiстралi нижче гiдростатичного тиску + 5м. в.с. Регулювання тиску за допомогою регулятора тиску "пiсля себе". Циркуляцiйно-пiдймальний насос встановлюється на подавальному трубопроводi – 17.

Принципальна схема ІТП, незалежна (тип 4)

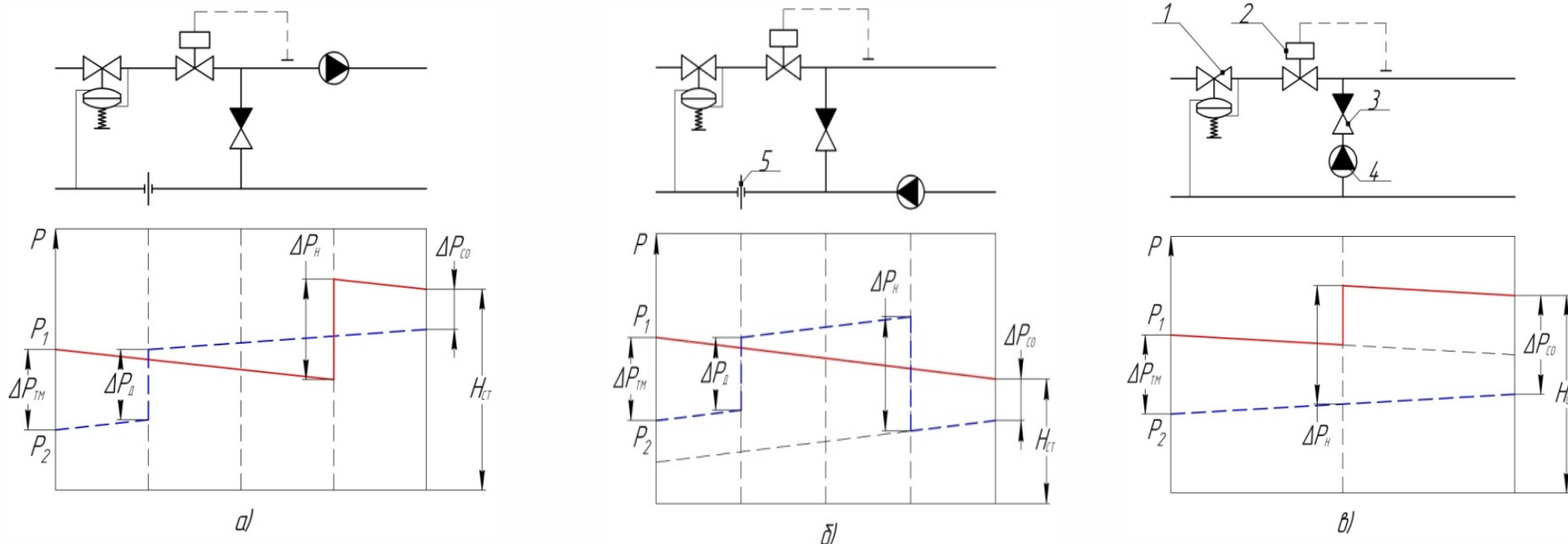


Будівля розташована вище лінії тиску води у подавальній магістралі. Спорожнення через зворотну і подавальну магістраль ТМ. Незалежна схема розділяє контури СО і ТМ. Система опалення не залежить від гідравлічних режимів ТМ. $\Delta P_{\text{ТМ}} > \Delta P_{\text{СО доп.}}$ $\Delta P_{\text{СО}} > \Delta P_{\text{ТМ}}$ (для інших споживачів).

22 – теплообмінник СО, систему опалення необхідно забезпечити засобами для теплового розширення води (закритим або відкритим розширювальним баком).

21 – нормально закритий електромагнітний клапан, відкривається з насосом; 20 - відмулювач.

Можливі схеми встановлення підмішувальної помпи

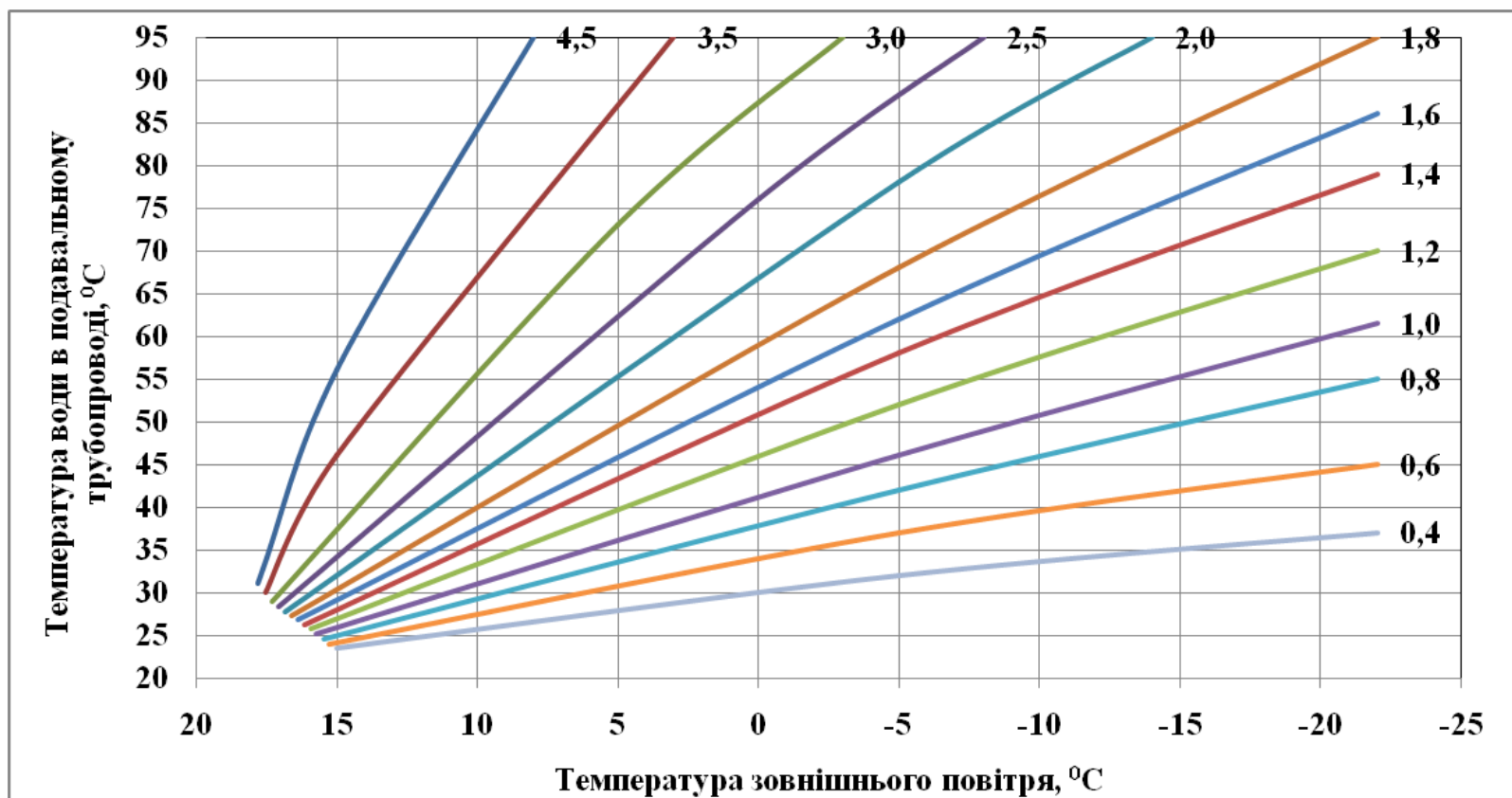


Принципові схеми обладнання автоматизованих ІТП та п'єзометричні графіки для різних варіантів розміщення насосу:

а) на подавальному трубопроводі системи опалення (циркуляційний, підмішувальний, підвищувальний); б) на зворотному трубопроводі системи опалення (змішувальний); в) на підмішувальному трубопроводі (змішувальний)

1 – регулятор перепаду тиску; 2 – регулятор температури; 3 – зворотній клапан; 4 – циркуляційний насос; 5 – дросельна діафрагма

Вибір регулювальної кривої



Регулювання відпуску теплоти

Облік тепла



Енергоощадний ефект впровадження ІТП

- За умови впровадження пофасадного регулювання відпуску теплоти (два ІТП, кожен із яких обслуговує систему опалення одного фасаду) економія теплоти становить до 10-12%.
- Результати вимірювань: в сонячний день при температурі зовнішнього повітря -4°C подача теплоти у південно-східну частину 9-пов. житлового будинку зменшувалась у 2,5 рази. Добові витрати теплоти скорочувались на 25% у порівнянні з центральним регулюванням.
- Ефективність преривчатого опалення залежить від теплостійкості будівлі, тривалості режиму охолодження і режиму нагрівання (“натопу”). Теплову потужність системи опалення у періоди натопу необхідно збільшувати у 2-2.5 рази (коефіцієнт натопу).

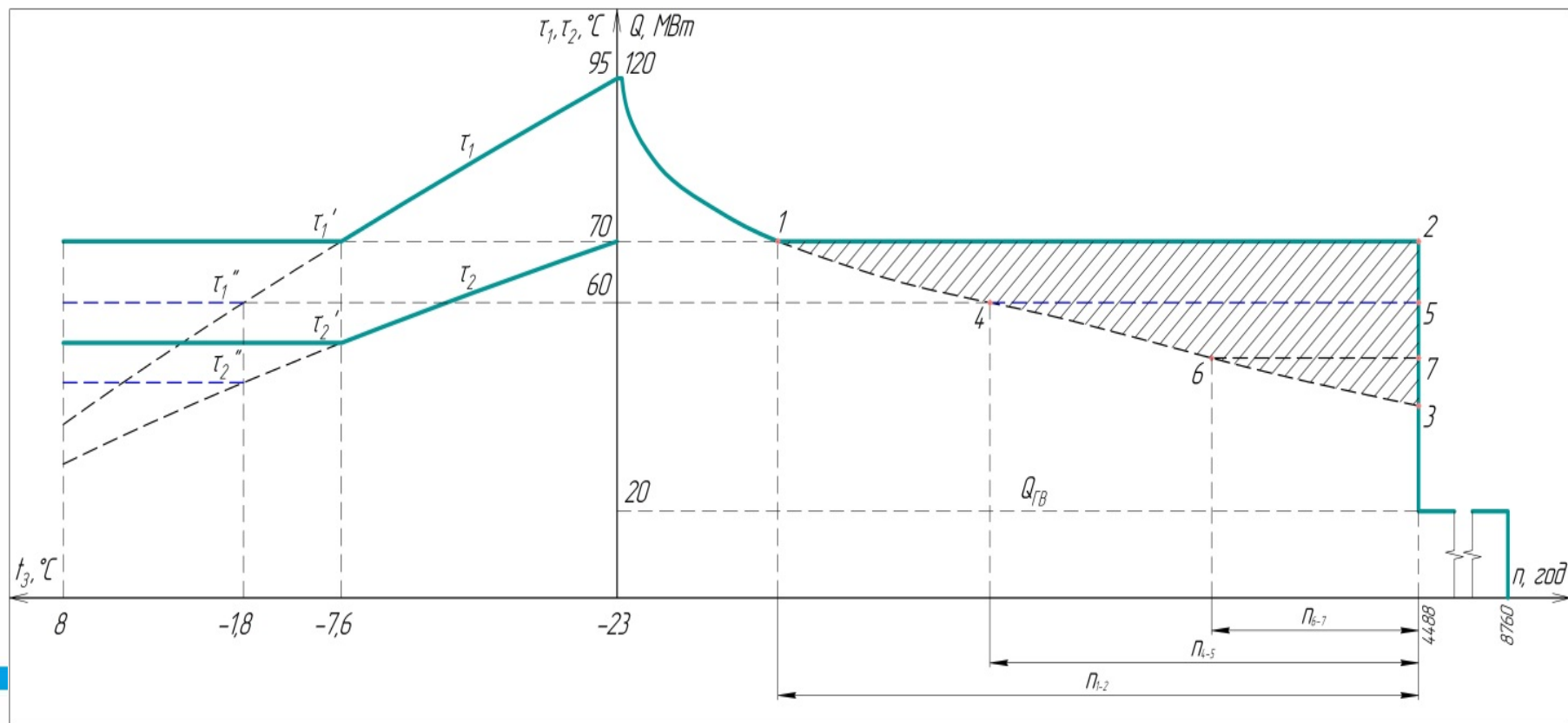
Експлуатація автоматизованих ІТП

Експлуатація автоматизованих ІТП вимагає:

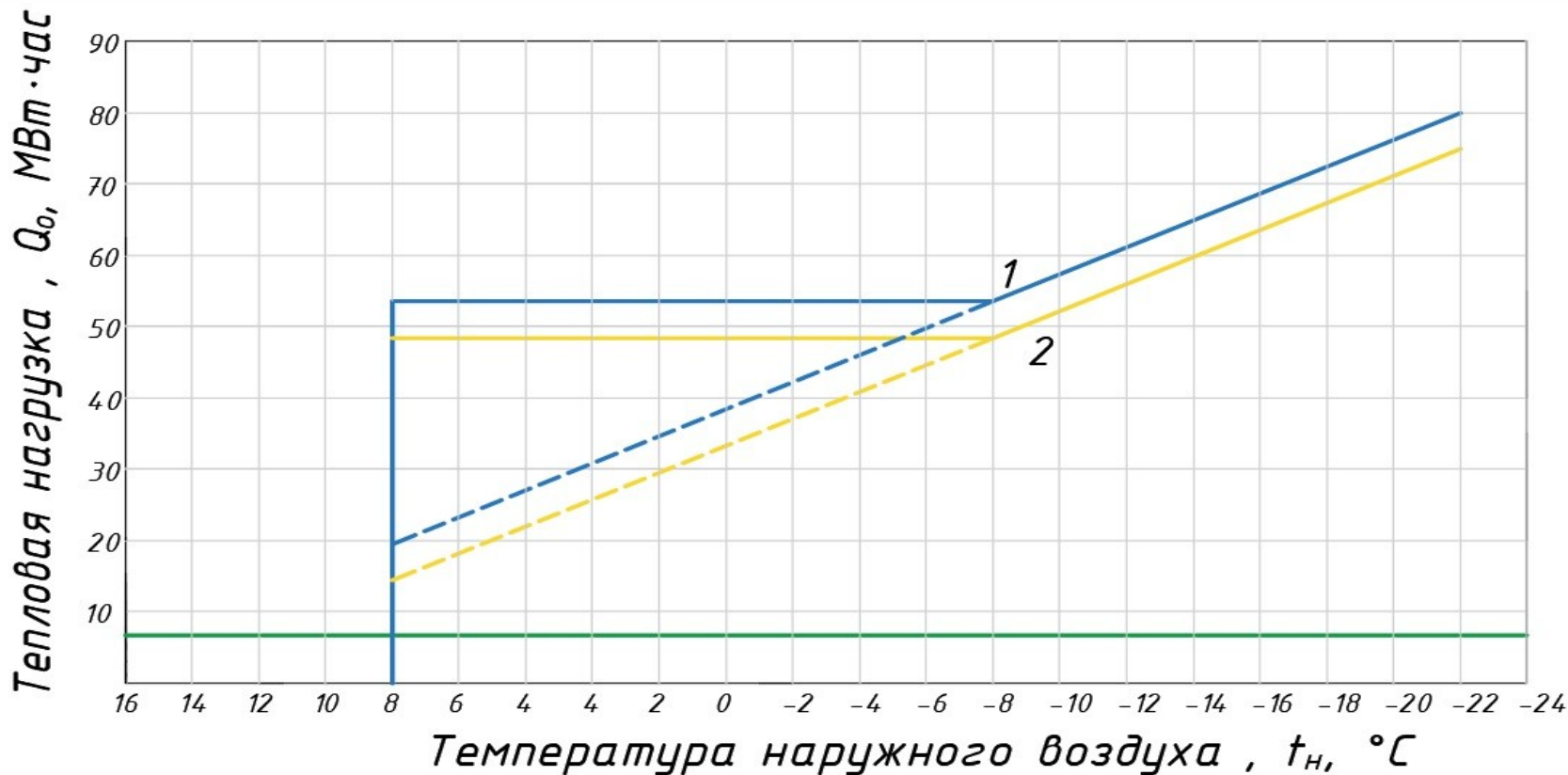
- вільного проходу до приміщення у якому розташоване обладнання ІТП;
- приміщення повинно бути відокремленим і унеможливити доступ сторонніх людей;
- професійного постійного обслуговування;
- виконання постійних профілактичних робіт, а також постійних витрат на ремонт, заміну комплектуючих і обладнання, метрологічну перевірку, оплату електричної енергії і підживлювальної води.

Підвищення ефективності регулювання відпуску теплоти

Недоліки якісного регулювання відпуску теплоти. Наявність перетопів у перехідні періоди року.



Недоліки якісного регулювання відпуску теплоти в котельних
Необхідність переходу на кількісне регулювання або впровадження системи місцевого регулювання



Впровадження систем кількісно-якісного регулювання

Для процесів кількісного місцевого регулювання важливим є збереження теплової стійкості системи абонентських систем опалення. Для виконання практичних розрахунків процесів регулювання використовують залежністю відносної витрати теплоносія m від відносної зміни теплового навантаження q . Її можна записати у вигляді:

$$m = q^n; \quad (1)$$

Залежно від виду регулювання значення m приймається:

$n = 0; m = 1$ - при якісному регулюванні: витрати води постійні, теплові вузли вводу із змішувальними пристроями;

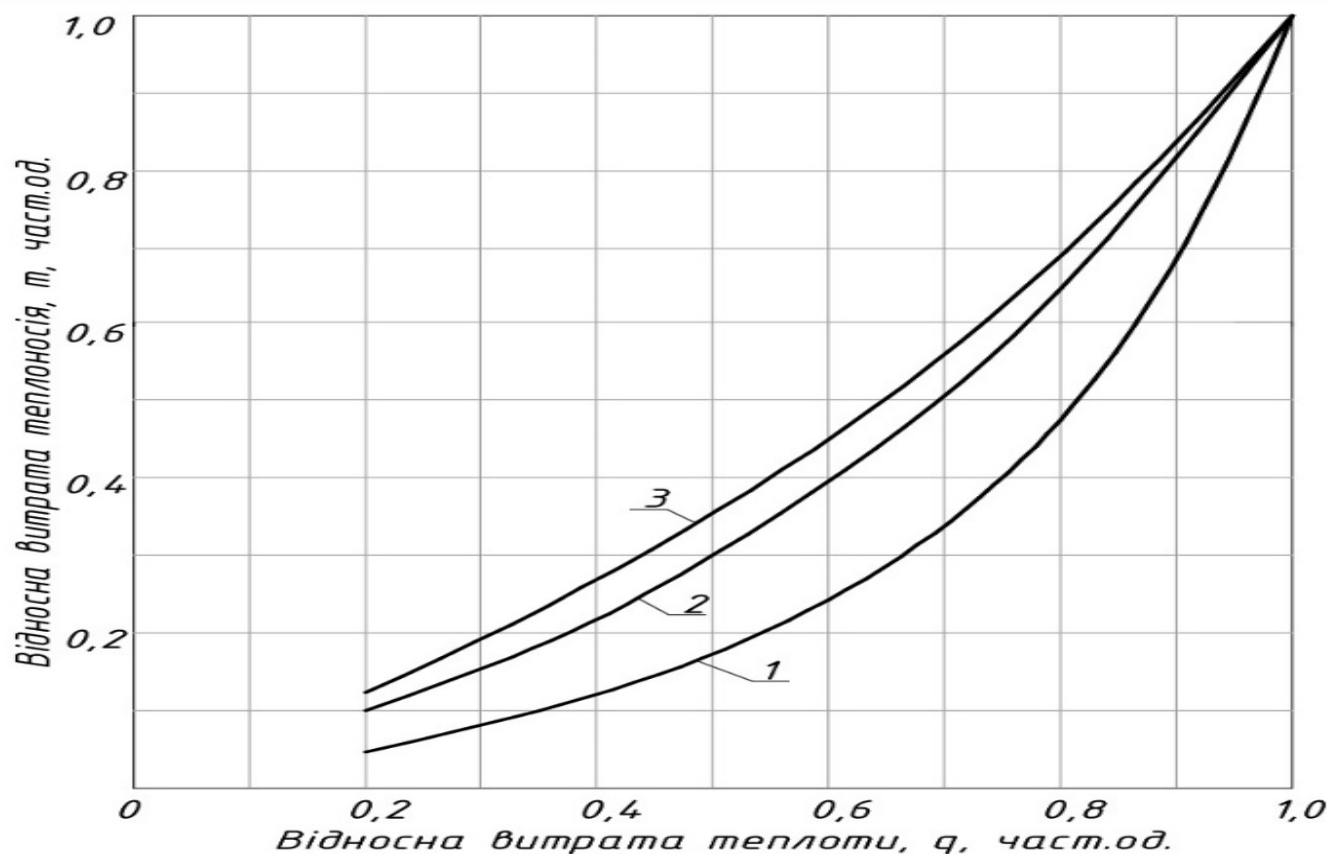
$n \geq 1; m \leq q$ - при кількісному регулюванні: теплові вузли вводу без змішувальних насосів;

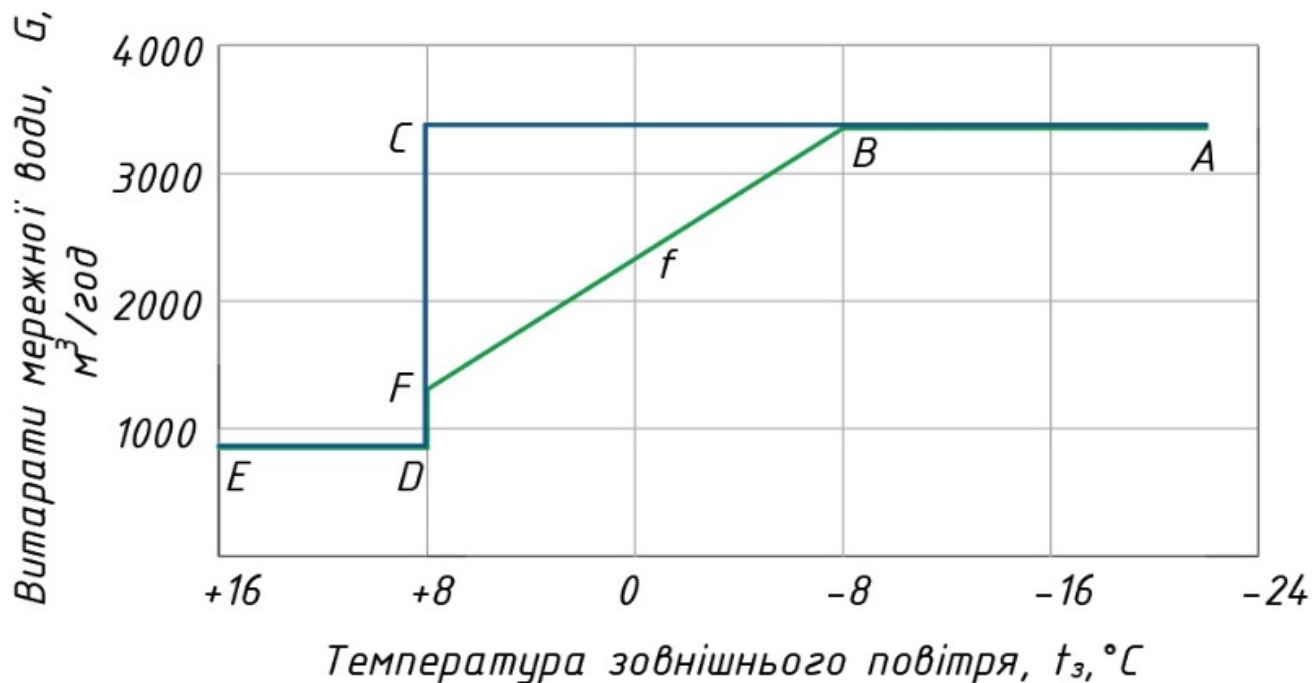
$0 \leq n \leq 1$ - при кількісно-якісному регулюванні; $m \geq q$.

Обмеження:

- температура у подавальному трубопроводі не нижче 65 град С;
- Витрати води не рекомендується зменшувати нижче 60% від розрахункових значень для забезпечення гідравлічної і теплової стійкості систем опалення. q - относительная тепловая нагрузка; n принимается равным 0,33 для двухтрубных систем отопления и 0,25 – для однострубных.

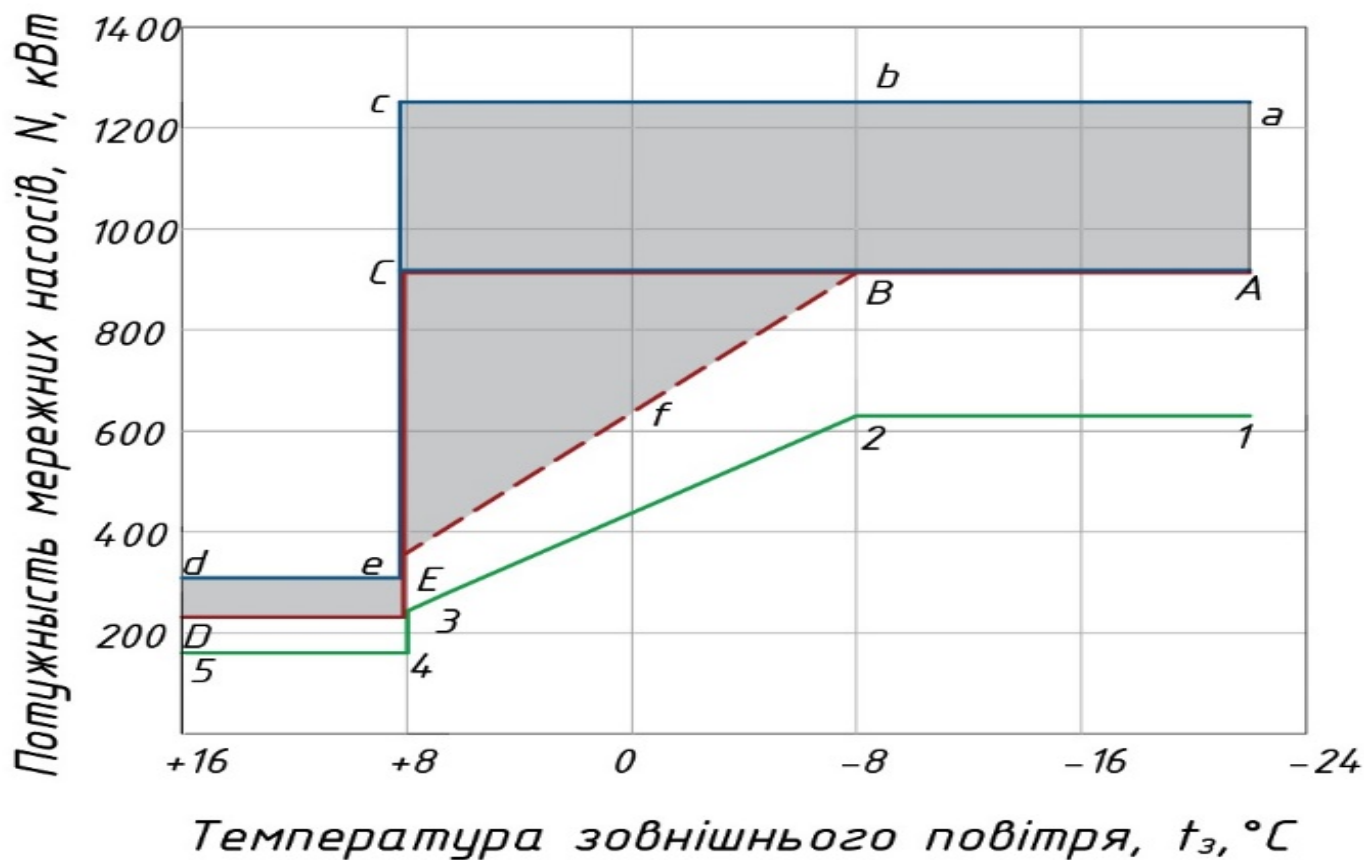
Графік кількісного центрального регулювання і визначення відносних витрат теплоносія для різних температурних графіків: 1- 90/70° С; 2- 115/70° С;. 3- 135/70° С;





Зміна витрат теплоносія в ЦСТ залежно від температури зовнішнього повітря:

лінія ABCDE - існуючий графік якісного регулювання; лінія ABFDE по шляху f - якісно-кількісне регулювання.



Зміна потужності мережних насосів системи тепlopостачання залежно від температури зовнішнього повітря: лінія $abcd$ - необхідна потужність мережних насосів на існуючий стан якісного центрального регулювання (залежна схема приєднання багатопверхових будинків, насоси без можливості кількісного регулювання витрат теплоносія) лінія $ABC-E-D$ - необхідна потужність мережних насосів після їх заміни (без зміни схеми приєднання будинків і способу регулювання); лінія $A-B-f-E-D$ - необхідна потужність мережних насосів після переходу на кількісно-якісне регулювання; лінія $1-2-3-4-5$ - потужність насосів після зміни способу центрального регулювання та переходу на незалежну схему підключення споживачів

Перехід на комбіноване якісно - кількісного центральне регулювання на джерелах енергії потребує:

- обовязкової установки на мережних насосах котельних автоматичних частотних регуляторів приводу,
- зміни тепломеханічної схеми котельних,
- оптимізації теплової потужності котельних агрегатів відповідно приєднаного теплового навантаження.
- розділення котлового контуру і контуру теплових мереж.

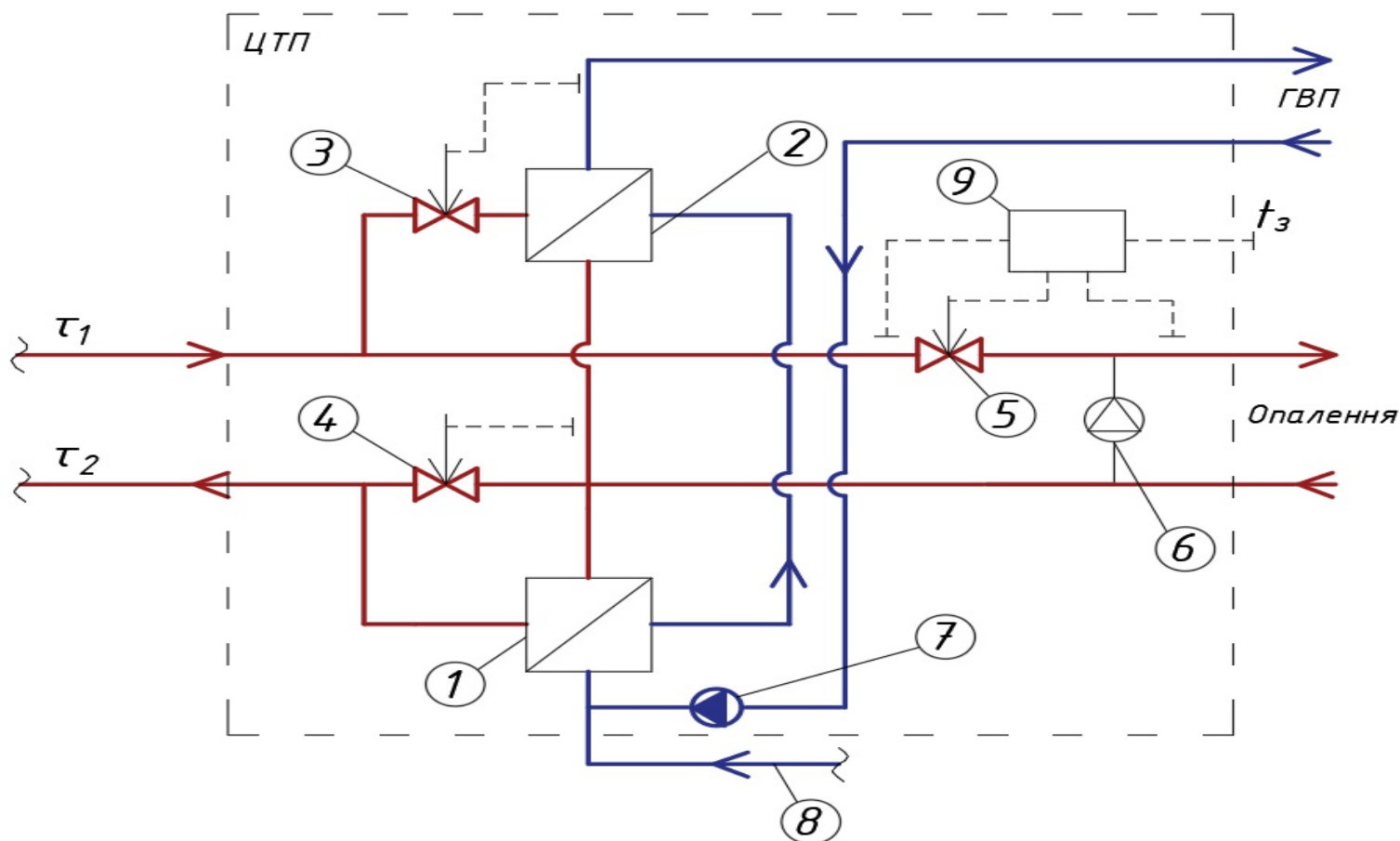
Це обовязкові умови впровадження ІТП

Порушення гідравлічної і теплової стійкості абонентських систем опалення для тих будинків, котрі не мають автоматизованих ІТП на вводі.

Необхідно впровадження в усіх, без винятку, будівлях, приєднаних до ЦСТ незалежної схеми підключення або впровадження автоматизованих ІТП зі змішувальними пристроями.

Пропонується виконати місцеве групове регулювання на центральних теплових пунктах ЦТП.

Підвищення ефективності регулювання відпуску теплоти. Реконструкція ЦТП



Експлікація обладнання

Принципова схема реконструкції ЦТП для реалізації кількісно-якісного регулювання відпустки теплоти на опалення і гаряче водопостачання

T_1 - подавальний трубопровід теплової мережі ;

T_2 - зворотний трубопровід теплової мережі ;

•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 – підмішувальний насос з частотним регулюванням в ЦТП; 7- споживач теплоти на опалення; 8- подача холодної води для гарячого водопостачання; 9- контролер.

Основні техніко-економічні показники переходу на кількісно-якісне регулювання

№	Назва показника	Скорочення енергоресурсів		
		Теплоти, МВт·год	Еквівалент природного газу, млн. м ³	Електричної енергії. МВт·год
1	Скорочення непродуктивних втрат теплоти і електричної енергії в результаті переходу на кількісно-якісне регулювання відпуску теплоти	27 560 (14% від річного вироблення теплоти)	2,995	2451 (41% від споживання електричної енергії у період зрізки температурного графіку)

Дякую за увагу!