

Регулювання подачі теплоти, як метод підвищення енергоефективності систем тепlopостачання в технічних рішеннях для реконструкції системи тепlopостачання в м. Бровари за проєктом SUDH

Колієнко А.Г., кандидат технічних наук, професор кафедри тепло-/газопостачання та вентиляції в Полтавському національному технічному університеті, технічний експерт у команді SUDH

Мета програми SUDH¹ - продемонструвати сучасне та енергоефективне централізоване тепlopостачання, в якому значна частка виробництва базується на відновлювальних джерелах енергії та скидному теплі, щоб у кінцевому підсумку задовольнити вимоги ЄС щодо ефективного централізованого тепlopостачання. Програма SUDH впроваджує технічні та основоположні принципи, які, як було доведено, були обґрунтованими після десятиліть застосування у скандинавських країнах. Ці сучасні технології призвели до підвищення енергоефективності, зниження експлуатаційних витрат та надання високоякісних послуг централізованого тепlopостачання.

На жаль, повне впровадження досвіду скандинавських країн налаштування систем централізованого тепlopостачання в українських реаліях неможливе. Це пояснюється існуючим станом систем централізованого тепlopостачання та історичним аспектом їх розвитку.

Тому впровадження рішень, де поєднується досвід скандинавських країн, технічні рішення та нинішній стан систем централізованого тепlopостачання України, в техніко-економічному обґрунтуванні є неминучим.

Це повною мірою стосується регулювання тепlopостачання та вибору температурного режиму в теплових мережах. Втрати енергії, спричинені низькою ефективністю систем регулювання на етапах виробництва, транспортування та подачі тепла в систему централізованого тепlopостачання є основною слабкою ланкою централізованих систем у порівнянні з автономними, тобто, основним фактором, що впливає на вибір споживачів тепла на користь автономних систем. Особливої уваги заслуговує також питання температурного режиму відпуску теплоти від джерела енергії.

У цій статті ми хочемо ознайомити читачів з основними рішеннями щодо зазначених питань, які лягли в основу розроблення техніко-економічного обґрунтування реконструкції системи тепlopостачання в Броварах.

Методи регулювання у вітчизняних системах централізованого тепlopостачання

Найпоширенішим методом у вітчизняних системах централізованого тепlopостачання є якісне² центральне регулювання, тобто, подача теплоти шляхом зміни температури теплоносія в

¹ Програма "Швеція-Україна Підтримка Централізованого Тепlopостачання (SUDH)" була створена НЕФКО та Швецією з метою підтримки енергоефективного централізованого тепlopостачання в Україні для надавання якісних послуг за низького екологічного впливу. SUDH пропонує фінансування для довгострокових сталих проєктів, які позитивно впливатимуть на українські системи централізованого тепlopостачання. Більше інформації за посиланням <https://dh-ukraine.nefco.int/sweden-ukraine-dh/>

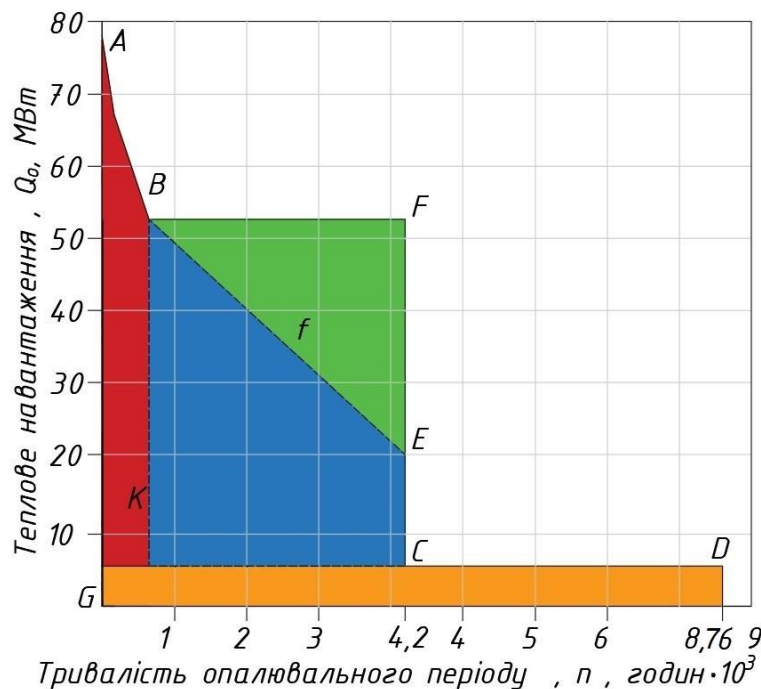
² Національні системи централізованого тепlopостачання, а також системи централізованого тепlopостачання в інших країнах колишнього СРСР, як правило, використовують стратегію регулювання з постійною подачею теплоти (а отже, постійним тиском у всій мережі) протягом усього року, та температурою теплоносія, що змінюється залежно від температури зовнішнього повітря (система керована виробництвом). Стаціонарне регулююче обладнання в будівлях базується на постійній подачі теплоти та постійному тиску для належного функціонування. Подача теплоти у скандинавських системах централізованого тепlopостачання регулюється регулювальними клапанами в індивідуальних теплових пунктах у кожній будівлі (система керована попитом), при цьому температура теплоносія змінюється залежно від зовнішньої температури. Насоси в котельнях оснащені приводами зі змінною швидкістю, що дозволяє їм адаптуватися до фактичної подачі теплоти.

трубопроводах теплових мереж на виході з джерел теплоти. Але цей спосіб має істотний недолік - це неефективне регулювання у період, коли температуру опалення приміщень можна було б знизити, але її необхідно підтримувати для гарячого водопостачання. Тому в цей період відбуваються значні втрати тепла.

Протягом цього, досить тривалого періоду регулювання, за допомогою зміни температури теплоносія, адекватне регулювання відпуску теплоти з котельних стає неможливим через необхідність підтримки постійної температури теплоносія у тепловій мережі приблизно 60-65°C в подавальному трубопроводі, що необхідно для виробництва гарячої води температурою близько 50-55°C, відповідно до санітарно-технічних норм. Період став ще довшим, оскільки температура теплоносія знизилася внаслідок непрацездатного регулюючого обладнання у будівлях та іншого зіпсованого обладнання в системах централізованого тепlopостачання.

Ця проблема та її наслідки можуть бути найбільш повно проілюстровано річним графіком витрат теплоти, що відпускається котельними підприємства з тепlopостачання (Рисунок 1).

Рисунок 1: Річний графік витрат теплоти за різних способів регулювання відпуску теплоти від котельних підприємства з тепlopостачання



Лінія A-B-F-E-C-D – графік відпуску теплоти за існуючої системи якісного центрального регулювання; у точці B (точка «зрізки» графіка) якісне регулювання стає неможливим; у зв'язку з необхідністю генерування гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб

Лінія A-B-f-E-C-D – графік відпуску теплоти за умови переходу на кількісне центральне регулювання

Площа B-F-E-f – річні втрати теплоти, котрі мають місце за існуючого якісного регулювання відпуску теплоти. Такі втрати теплоти сягають до 18% від річного теплового потенціалу використовуваного палива; їх можна уникнути при переході до центрального кількісно-якісного регулювання, яке пропонується проектом у м. Бровари

Як видно із Рисунок 1, робота існуючої системи якісного регулювання під час «зрізки» (B-F) температурного графіка призводить до значних «перетопів» у будинках і непродуктивних втрат тепла (площа виділена зеленим кольором). Зниження температурного графіка подачі тепла призводить до того, що «злам» температурного графіка відбувається при значно нижчій температурі зовнішнього повітря та тривалість періоду роботи в режимі «перетопів» збільшується.

Як видно із Рисунок 2, перехід від температури гарячого теплоносія з 150°C до 95°C спричиняє збільшення тривалості періоду «перетопів» у два рази й більше - з 1 159 до 3 600 годин. Можливість централізованого регулювання припиняється вже при температурі зовнішнього повітря -7,5°C замість +3,8°C. Непродуктивні втрати тепла внаслідок неадекватного регулювання при пониженні графіка подачі тепла збільшуються від 1,8% річного виробництва тепла до суттєво значних 18% річного теплового потенціалу палива (Рисунок 3).

Рисунок 2: Залежність температури в точці «зламу» та тривалості періоду «перетопу» від розрахункової температури в подавальному трубопроводі (типу температурного графіка) для метеорологічних умов м. Полтава.

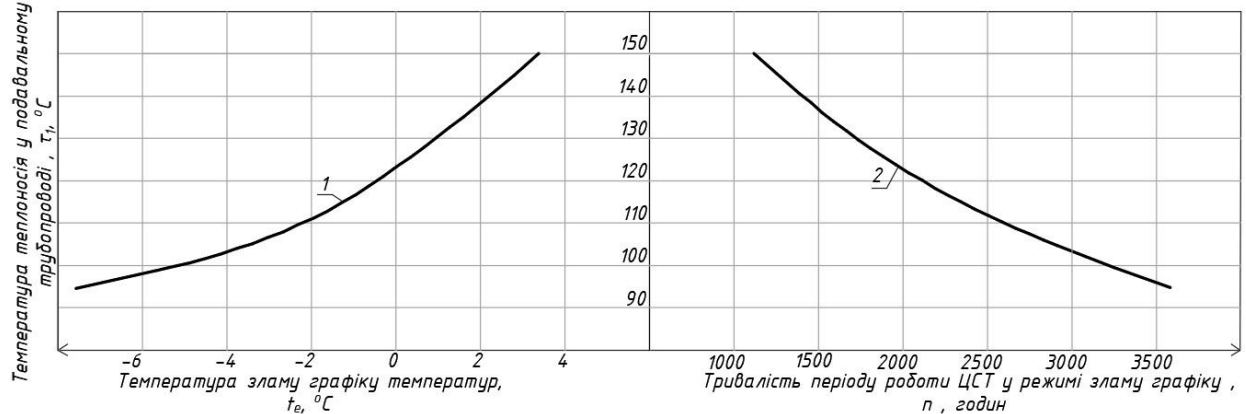
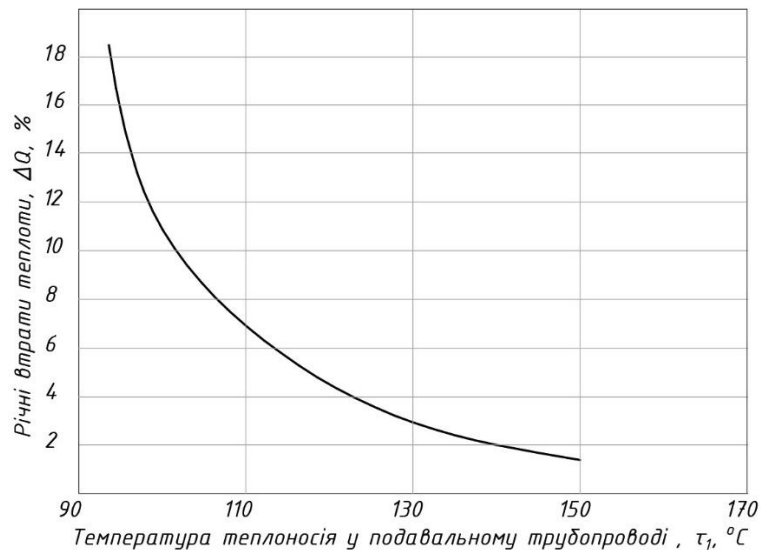


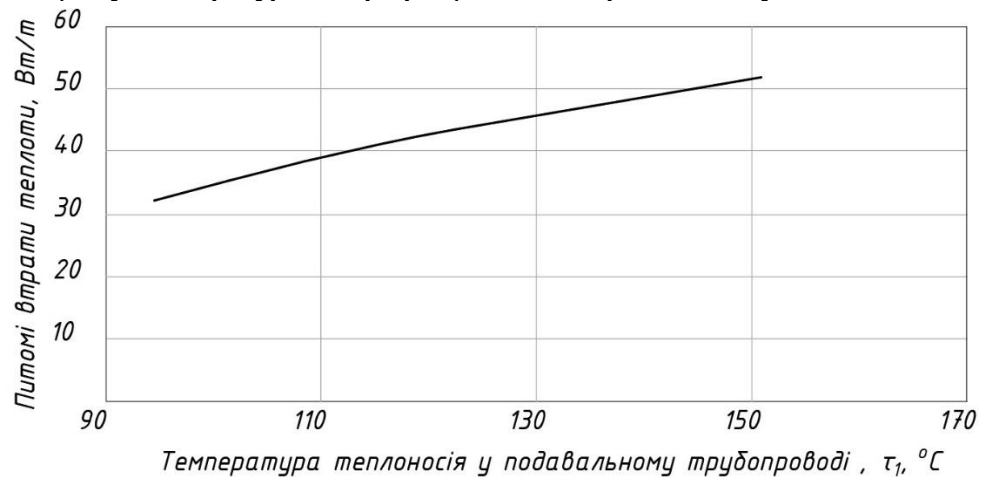
Рисунок 3: Залежність річних втрат теплоти ΔQ в режимі «зрізки» температурного графіка від температури в подавальному трубопроводі тепломереж для кліматичних умов розрахункової температури зовнішнього повітря -23°C .



Цей факт, на перший погляд, свідчить на користь відпуску тепла за підвищеним графіком теплоносія - 110°C і більше (у разі використання існуючого в Україні якісного централізованого регулювання). Але розгляд проблеми оптимального температурного графіка повинен включати ще один важливий фактор - втрати теплоти з поверхні трубопроводів теплових мереж, які будуть зростати зі збільшенням температури теплоносія.

З графіка на Рисунок 4 видно, що для теплових мереж довжиною близько 5 км втрати теплоти при переході на температурний графік $150/70^{\circ}\text{C}$ зростають із 762 до $1\,211\text{MВт}\cdot\text{год}$ на рік.

Рисунок 4: Залежність питомих втрат теплоти від температури теплоносія в подавальному трубопроводі (типу температурного графіка) для метеорологічних умов м. Полтава



Зовсім іншим, протилежним за впливом фактором дії на ефективність систем централізованого теплопостачання є вплив температурного графіка (температури теплоносія у зворотному трубопроводі) на якість роботи та термодинамічну ефективність теплогенераторів. Використання підвищених температур теплоносія відповідно означає більш високу температуру відхідних газів та зростання відповідних втрат теплоти в тепловому балансі котла. Середнє значення температури відхідних газів для традиційних (не конденсаційних) водогрійних котлів систем централізованого теплопостачання становить 160-180°C, зазвичай – і вище. При цій температурі втрати теплоти з відхідними газами котла становлять до 9-12% теплового потенціалу палива. Такі втрати в системі, зазвичай, понижують ефективність системи централізованого теплопостачання в цілому. В середньому по Україні інтегральна ефективність процесів генерації, транспортування і відпуску теплоти становить 60... 75%. Отже, непродуктивні втрати теплоти становлять 40-25%.

Значного зменшення таких втрат можна досягти шляхом зменшення температури відхідних продуктів згорання, що покидають котли централізованих систем теплопостачання. За відсутності спеціальних конденсаційних котлів, цю проблему можна вирішити, встановивши утилізаційні конденсаційні теплообмінники на газоходах продуктів згорання після котлів. Але конденсація водяної пари та отримання прихованої теплоти конденсації в складі продуктів згорання почнеться лише в тому випадку, якщо їх температура буде меншою за точку роси, тобто 56°C.

При температурі продуктів згорання близько 180°C на вході в теплообмінник утилізатора можна отримати додатково до 9-10% теплоти від теплового потенціалу палива, за умови, якщо температура теплоносія у зворотному трубопроводі буде близько 45-56°C. Але при збільшенні цієї температури до 58-60°C (як для високотемпературного графіка відпуску теплоти), ефективність утилізації теплоти зменшується до 6,0...6,5%.

Історично, в Україні склалась вимога щодо підтримання, по можливості, більш високої температури теплоносія у подавальному трубопроводі теплової мережі, та більш високого перепаду температур Δt , між температурою гарячого t_1 та охолодженого t_2 теплоносія, та одночасно – підтримання найнижчої з можливих температур у зворотному трубопроводі. Збільшення різниці температур, звичайно, зменшує витрату теплоносія та гідравлічний опір мережі або діаметр трубопроводів. Зменшений діаметр означає менший об'єм мережі та менші об'єм виток теплоносія. Все це дозволяє зменшити непродуктивні втрати води та витрати на водопідготовку.

Нині, перехід з високотемпературних (115/70°C та 130/70°C) на низькотемпературні графіки відпуску теплоти (90/70°C) є характерним для систем централізованого теплопостачання України. Це пов'язано, в першу чергу, з відсутністю, або технічною несправністю змішувальних пристроїв в теплових вузлах вводу будинків. Як правило, обладнання в теплових вузлах вводу є застарілим та зношеним, що стало неможливим для теплопостачальних підприємств та персоналу, що обслуговують будівлі, належним чином експлуатувати та обслуговувати такі теплові вузли вводу.

Після втрати змішувальних пристроїв у теплових вузлах вводу перехід до низькотемпературного режиму роботи став логічним наслідком для більшості котелень та теплопостачальних підприємств. Цьому також сприяв теперішній стан тепломереж, компенсаторів та джерел енергії. Але при переході до низьких температур теплоносія (95°C і нижче) систем централізованого теплопостачання, зі

спільним навантаженням на гаряче водопостачання та опалення, чекають значні непродуктивні втрати теплоти, тобто, втрати у період «зрізки» температурного графіка, з неминучими «перетопами» у будівлях.

Іноземні системи централізованого тепlopостачання четвертого покоління також орієнтовані на зниження температурних графіків відпуску теплоти, але ситуація для них кардинально відрізняється від українських реалій.

Сучасні автоматизовані індивідуальні теплові пункти з регулюванням, залежним від температури зовнішнього повітря, та функцією обмеження максимальної витрати теплоносія, сприяють, у межах своїх можливостей, зниженню температури теплоносія у зворотному трубопроводі тепломереж. Але сьогодні, кількість будинків, котрі обладнано такими індивідуальними тепловими пунктами незначна, а їх здатність понижувати температуру недостатня.

Отримання низьких температур у зворотному трубопроводі тепломереж і досягнення високих показників утилізації теплоти в конденсаційних теплообмінниках та інші переваги (детальніше описано нижче в статті) можливі при переході на низькотемпературний графік відпуску теплоти, зміни способу регулювання відпуску теплоти, а також, при впровадженні якісного регулювання в сучасних автоматизованих індивідуальних теплових пунктах, з функцією обмеження максимальних витрат теплоносія, що надходить в системи тепlopостачання.

Таким чином, перехід на низькотемпературний графік відпуску теплоти без одночасного впровадження конденсаційних теплообмінників-утилізаторів на відхідних газах котлів системи централізованого тепlopостачання, та без зміни способу централізованого регулювання в котельнях, не має сенсу, оскільки, це лише значно погіршує загальну ефективність систем централізованого тепlopостачання. Причиною цього є значне збільшення (до 18% паливного потенціалу) непродуктивних втрат теплоти в період «зрізки» температурного графіка при переході на низькотемпературний графік.

Також, спостерігаються значні втрати енергії при локальному регулюванні теплового потоку в будинках, у тому числі через недосконалість абонентських вузлів подачі теплоти споживачам, а також, пристроїв для регулювання роботи опалювальних приладів систем тепlopостачання.

Як правило, системи централізованого і локального регулювання тепlopостачання протидіють одна одній.

Термомодернізація будівель призводить до зменшення теплового потоку для тепlopостачання та гарячого водопостачання будинків. Це збільшує, тим самим, несприятливий розрив для джерел теплоти між встановленою тепловою потужністю теплогенераторів та підключеним тепловим навантаженням. Оснащення деяких споживачів, підключених до мережі централізованого тепlopостачання, автоматизованими індивідуальними тепловими пунктами призводить до того, що в системі з'являються споживачі з різним необхідним тиском теплоносія на ввіді в будинки, а наявність регуляторів перепаду тиску в сучасних індивідуальних теплових пунктах - до порушення гідравлічної та теплової стійкості системи в будинках без автоматизованих індивідуальних теплових пунктів.

З іншого боку - автоматичне локальне регулювання автоматизованими індивідуальними тепловими пунктами кількості теплоносія, що надходить в абонентські системи опалення, унеможлиблює проведення адекватного центрального контролю якості тепlopостачання. У перехідні періоди року масове закриття терморегуляторів у вузлах вводу призводить до значного зменшення споживання теплоносія в теплових мережах. Отже, є природні передумови для переходу до інших методів регулювання в системах централізованого тепlopостачання.

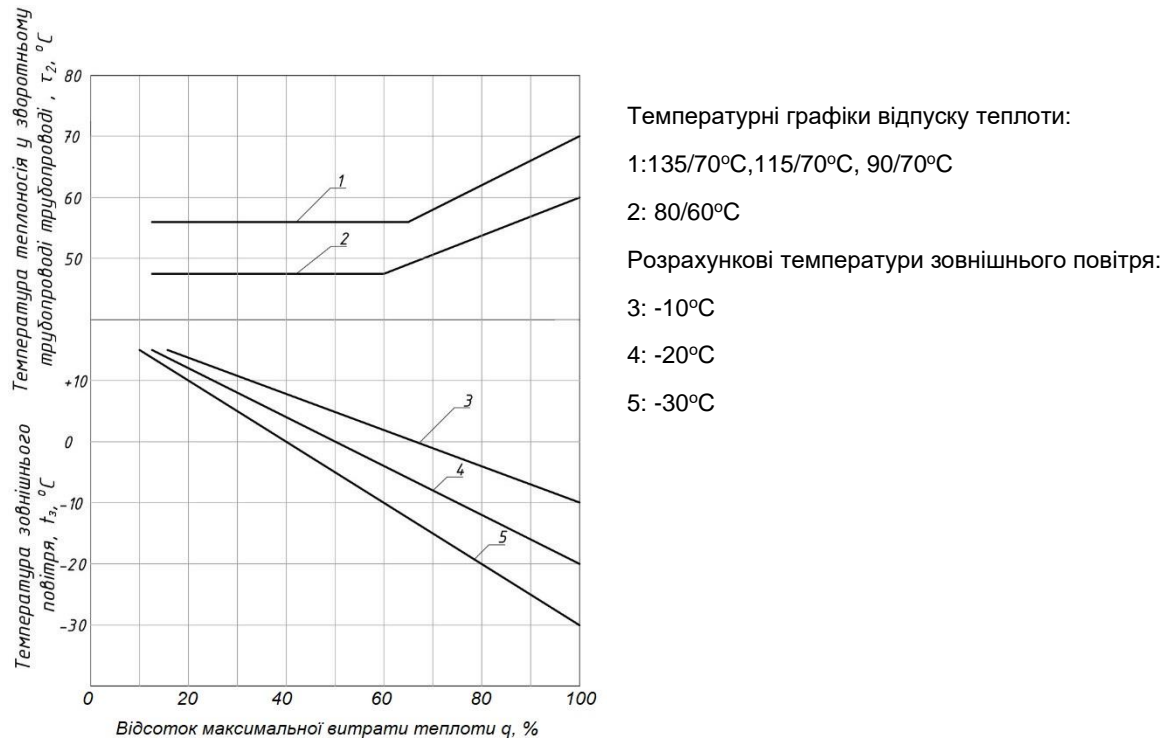
В техніко-економічному обґрунтуванні реконструкції системи тепlopостачання в Броварах представлені рекомендації щодо організації оптимального регулювання тепlopостачання в системах централізованого тепlopостачання з урахуванням вищезазначених факторів.

Було запропоновано впровадження комбінованого, якісно-кількісного регулювання (якісне регулювання до досягнення «зрізки» температурного графіка та перехід до кількісного – після точки «зрізки» температурного графіка).

Аналіз температури теплоносія у зворотному трубопроводі за існуючої системи якісного регулювання

На Рисунок 5 представлені температури теплоносія у зворотному трубопроводі теплових мереж для існуючої системи якісного централізованого регулювання та різної розрахункової температури зовнішнього повітря.

Рисунок 5: Графік залежності температури теплоносія у зворотному трубопроводі системи централізованого теплопостачання залежно від різних температурних графіків відпуску теплоти



Як видно з Рисунок 5, температура теплоносія у зворотному трубопроводі для всіх прийнятих в чинній системі централізованого опалення температурних графіків, і в усьому діапазоні регулювання, досить висока. Вона лише наближається до точки роси водяної пари в продуктах згорання і не досягає її, що суттєво знижує ефективність роботи конденсаційних утилізаторів теплоти та системи централізованого теплопостачання в цілому. Крім того, після досягнення параметрів точки «зрізки», ефективне регулювання відпуску теплоти стає неможливим, а робота системи централізованого теплопостачання супроводжується значними втратами.

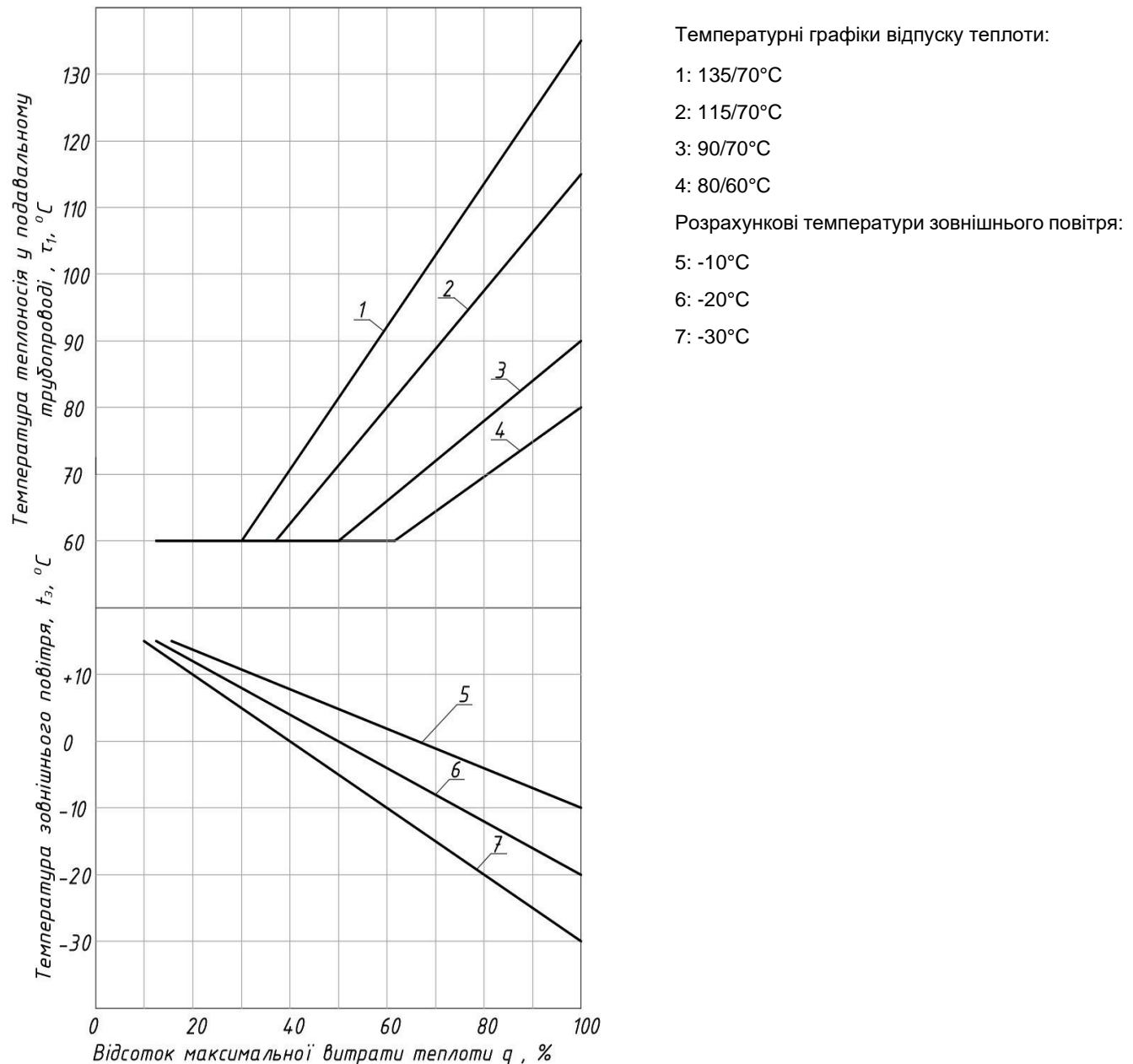
При переході на низькотемпературний температурний графік 80/60°C ситуація суттєво змінюється. Температура теплоносія у зворотному трубопроводі вже при тепловому навантаженні 84% від розрахункового значення, стає нижче точки роси. А мінімальне значення досягає відмітки близько 48°C. Це гарантує високу ефективність конденсаційних теплообмінників і значне підвищення ефективності роботи котлів протягом майже всього опалювального періоду. Але проблеми з регулюванням у точці «зрізки» залишаються.

Аналіз температури теплоносія за умови впровадження центрального кількісного регулювання

Перехід до центрального кількісного регулювання відпуску теплоти на джерелі енергії значно покращує умови роботи конденсаційних теплообмінників та конвективних нагрівальних поверхонь котлів, збільшує глибину відводу теплоти від продуктів згорання та підвищує ефективність роботи теплогенераторів та систем централізованого теплопостачання в цілому. Це пов'язано з тим, що

температура у зворотному трубопроводі теплових мереж знижується значно нижче, у порівнянні з якісним регулюванням (Рисунок 6).

Рисунок 6: Графік залежності температури теплоносія у зворотному трубопроводі тепломережі для різних температурних графіків відпуску теплоти

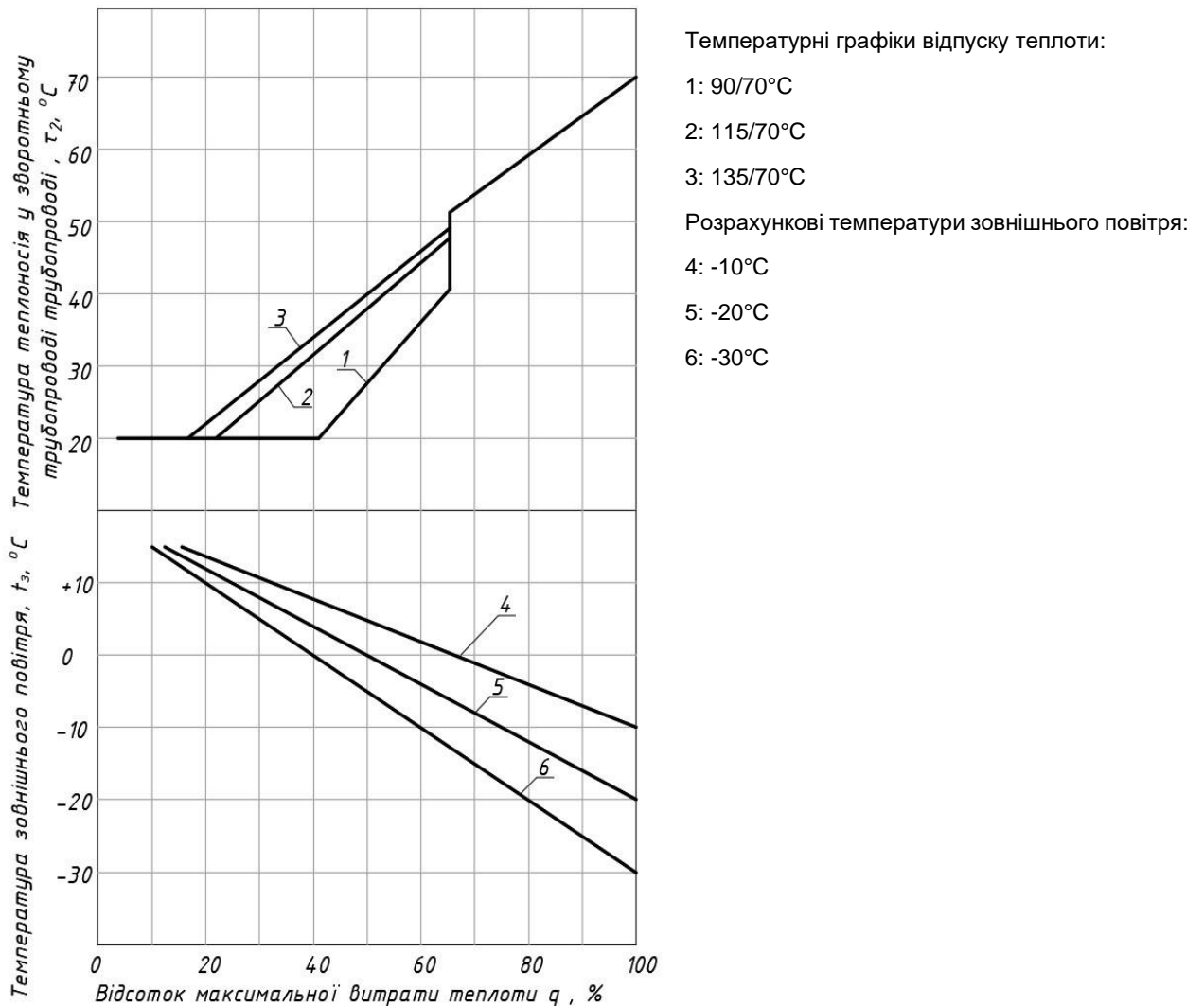


Відповідно до Рисунок 6, майже для всіх можливих графіків відпуску теплоти, при регулюванні теплового навантаження до величини 80% від розрахункового теплового навантаження, досягається температура в зворотному трубопроводі, що нижча за точку роси. А мінімально можлива температура у зворотному трубопроводі сягає значень до 30°C. Це забезпечує високу ефективність роботи конденсаційних теплообмінників та систем централізованого тепlopостачання. Проблеми з «перетопами» після досягнення точки «зрізки» відсутні.

Аналіз температури теплоносія за умови впровадження комбінованого якісно-кількісне регулювання

Комбіноване якісно-кількісне регулювання включає якісне регулювання шляхом зміни температури в умовах сталої витрати теплоносія до досягнення «зрізки» температурного графіка і перехід до кількісного – після точки «зрізки». Графік зміни температури у зворотному трубопроводі теплових мереж для такого випадку показано на Рисунок 7

Рисунок 7: Графік залежності температури теплоносія у зворотному трубопроводі тепломережі для різних температурних графіків відпуску теплоти



Необхідна для ефективної роботи конденсаційних теплообмінників та систем централізованого тепlopостачання в цілому, температура теплоносія у зворотному трубопроводі нижче точки роси досягається в усьому діапазоні регулювання теплового навантаження, починаючи з 65-70% від розрахункового теплового навантаження.

Таким чином, перехід на комбіноване якісно-кількісне центральне регулювання дозволяє уникнути «перетопів» будівель під час «зрізки» температурного графіка, зберегти можливість виробництва гарячої води необхідної якості, уникати непродуктивних втрат теплоти та забезпечувати високу енергоефективність систем централізованого тепlopостачання. Найбільш прийнятним є використання низькотемпературних графіків відпуску теплоти.

Регулювання витрат теплоносія залежно від теплового навантаження може бути здійснено згідно з Рисунок 8.

Рисунок 8: Графік кількісного централізованого регулювання та визначення відносних витрат теплоносія для різних температурних графіків

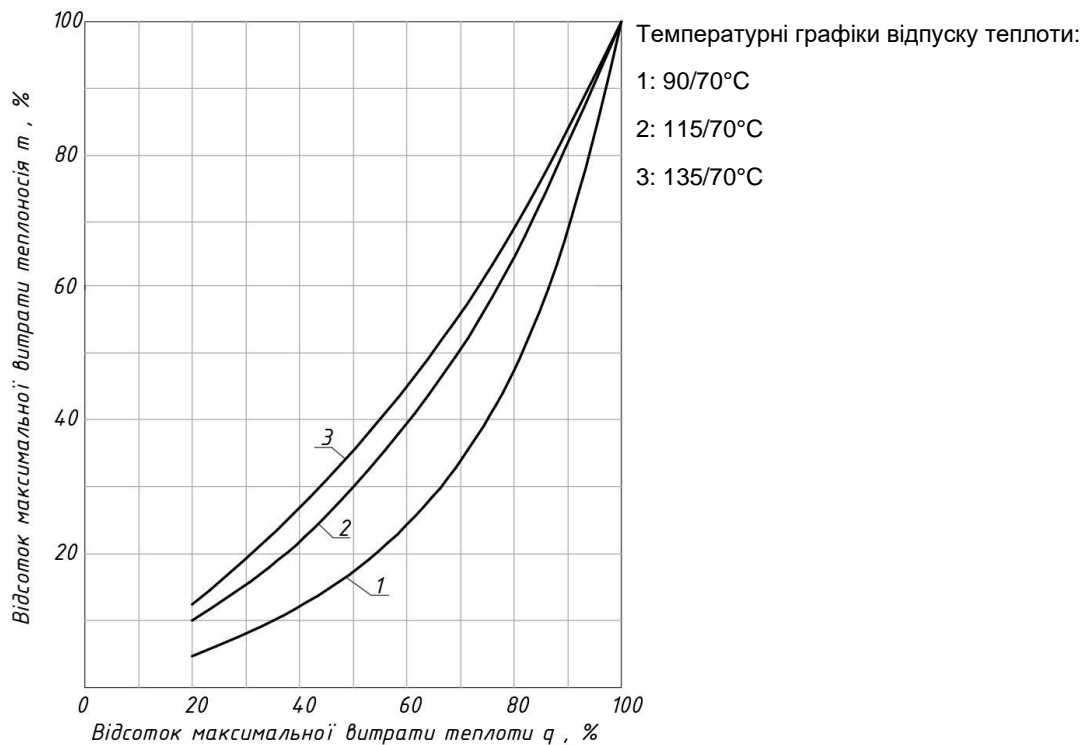
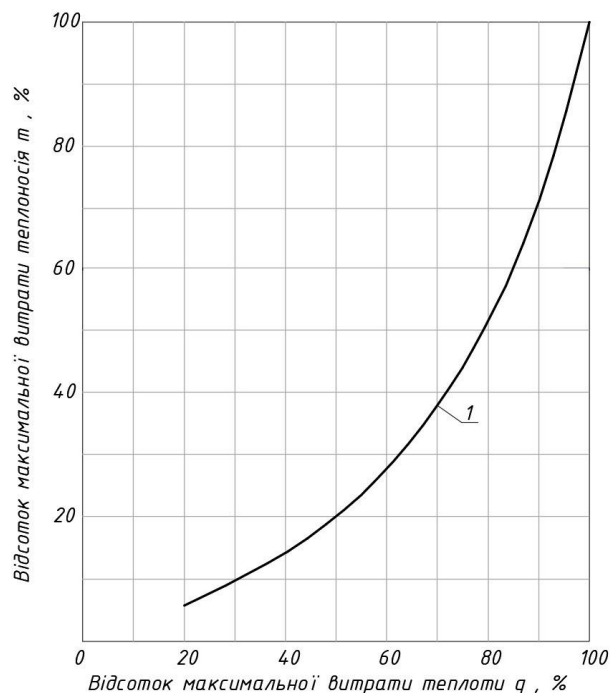


Рисунок 9: Графік кількісного централізованого регулювання та визначення відносних витрат теплоносія для температурного графіка 80/60°C



Наведені графіки вище ілюструють необхідну зміну величини відносної витрати теплоносія в тепловій мережі з кількісним регулюванням у всьому діапазоні відносного теплового навантаження для опалення q . Наприклад, для забезпечення оптимального регулювання теплового навантаження, типового для середньої температури опалювального періоду (близько 50% від розрахункової величини теплового навантаження) для тепломережі з температурним графіком відпуску теплоти 115/70°C, відносна витрата теплоносія повинна зменшитись до величини близько 30% від розрахункової величини теплового навантаження.

Окрім вищезазначених переваг, можна назвати й інші переваги низькотемпературних графіків відпуску теплоти, які дають змогу вирішити питання вибору на користь нижчої температури теплоносія. До таких переваг слід віднести:

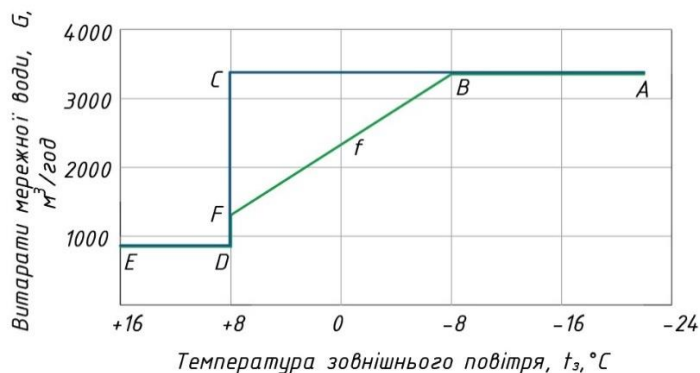
- зменшення тепловтрат при транспортуванні та зменшення теплового подовження трубопроводів теплових мереж, як наслідок, спрощення конструкції теплових мереж, усунення аварійно-небезпечних компенсаторів теплових подовжень;
- збільшення виробництва електроенергії на комбінованих енергостанціях (ТЕЦ), шляхом зменшення тиску при відборах пари на теплофікаційних турбінах;
- зниження температури у зворотному трубопроводі тепломереж та підвищення ефективності роботи теплогенераторів;
- здатність знижувати температуру продуктів згоряння після теплогенераторів, зменшувати тепловтрати з відхідними газами, та підвищувати ефективність роботи конденсаційних теплообмінників, як «хвостових поверхонь нагріву»;
- можливість інтеграції систем центрального тепlopостачання з альтернативними та відновлювальними джерелами енергії.

Зменшення витрат електроенергії на перекачування теплоносія

Окрім зменшення тепловтрат, кількісне або якісно-кількісне регулювання дозволяє отримати додаткову економію у вигляді зменшення витрат електроенергії на перекачування теплоносія.

На Рисунок 10 представлені, як приклад, результати розрахунку витрати мережної води за допомогою різних методів регулювання систем центрального тепlopостачання при тепловому навантаженні близько 100 МВт та розрахунковій температурі зовнішнього повітря близько -23°C .

Рисунок 10: Зміна витрат теплоносія в системі центрального тепlopостачання від температури зовнішнього повітря



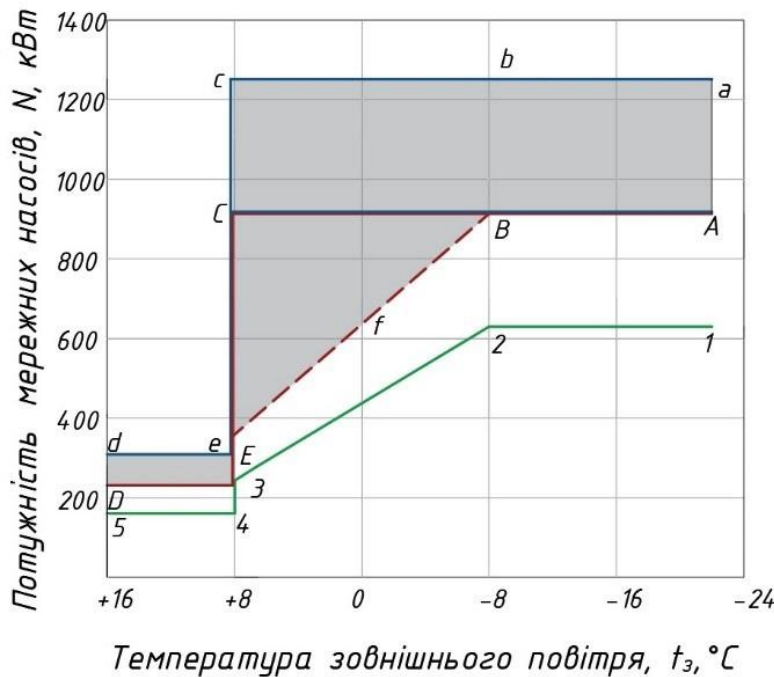
Лінія A-B-C-D-E - існуючий графік якісного регулювання

Лінія A-B-F-D-E по шляху f - якісно-кількісне регулювання

На відрізку від точки A до точки B здійснюється якісне регулювання. При температурі зовнішнього повітря -8°C відбувається «зріз» температурного графіка при якому перехід з якісного на кількісне регулювання пропонується. Це дає можливість зменшити витрати теплоносія по лінії f.

Зменшення витрат теплоносія створює умови для суттєвого зменшення електроенергії для транспортування мережевої води. Це видно з графіка на Рисунок 11.

Рисунок 11: Зміна потужності мережевих насосів системи тепlopостачання залежно від температури зовнішнього повітря



Лінія a-b-c-e-d - необхідна потужність мережевих насосів для поточного стану якісного централізованого регулювання (залежна схема приєднання багатопверхових будинків, насоси без можливості кількісного регулювання витрат теплоносія)

Лінія A-B-C-E-D - необхідна потужність мережевих насосів після їх заміни (без зміни схеми приєднання будинків і способу регулювання)

Лінія A-B-f-E-D - необхідна потужність мережевих насосів після переходу на якісно-кількісне регулювання

Лінія 1-2-3-4-5 - потужність насосів після зміни способу централізованого регулювання та переходу на незалежну схему підключення споживачів

Оснащення будинків-споживачів теплоти системи тепlopостачання сучасними автоматизованими індивідуальними тепловими пунктами та супутнім процесом переходу до комбінованого якісно-кількісного центрального регулювання джерела енергії, вимагає: обов'язкової установки на мережевих насосах в котельнях - автоматичних частотних регуляторів приводу, зміни тепломеханічної схеми котельень, а також оптимізації теплової потужності котлів до відповідного теплового навантаження. Така реконструкція котельень повинна унеможливити зменшення витрат теплоносія, що циркулює через котли, та забезпечити поділ контуру котла та контуру тепломереж за однією з відомих схем. Додаткові інвестиції, необхідні для такої реконструкції котельень, повинні бути враховані при реалізації проєктів облаштування автоматизованих індивідуальних теплових пунктів з регулюванням залежним від зовнішньої температури.

Центральні теплові пункти

Основною перешкодою на шляху впровадження автоматизованих індивідуальних теплових пунктів та якісно – кількісного регулювання системи тепlopостачання є не лише неготовність джерел енергії. Не менш важливим є порушення гідравлічної та теплової стійкості абонентських систем опалення для тих будинків, які не матимуть (тимчасово або на тривалий час) автоматизованих індивідуальних теплових пунктів на вводі в будівлі. Це відбудеться в результаті неминучої зміни перепаду тиску та витрат теплоносія, що надходить від теплових мереж до таких будівель. Особливо у разі значних змін у витраті теплоносія, а також, у разі залежного підключення абонентських систем і, як вже було сказано вище, у разі відсутності змішувальних пристроїв та циркуляційних насосів на індивідуальних теплових пунктах.

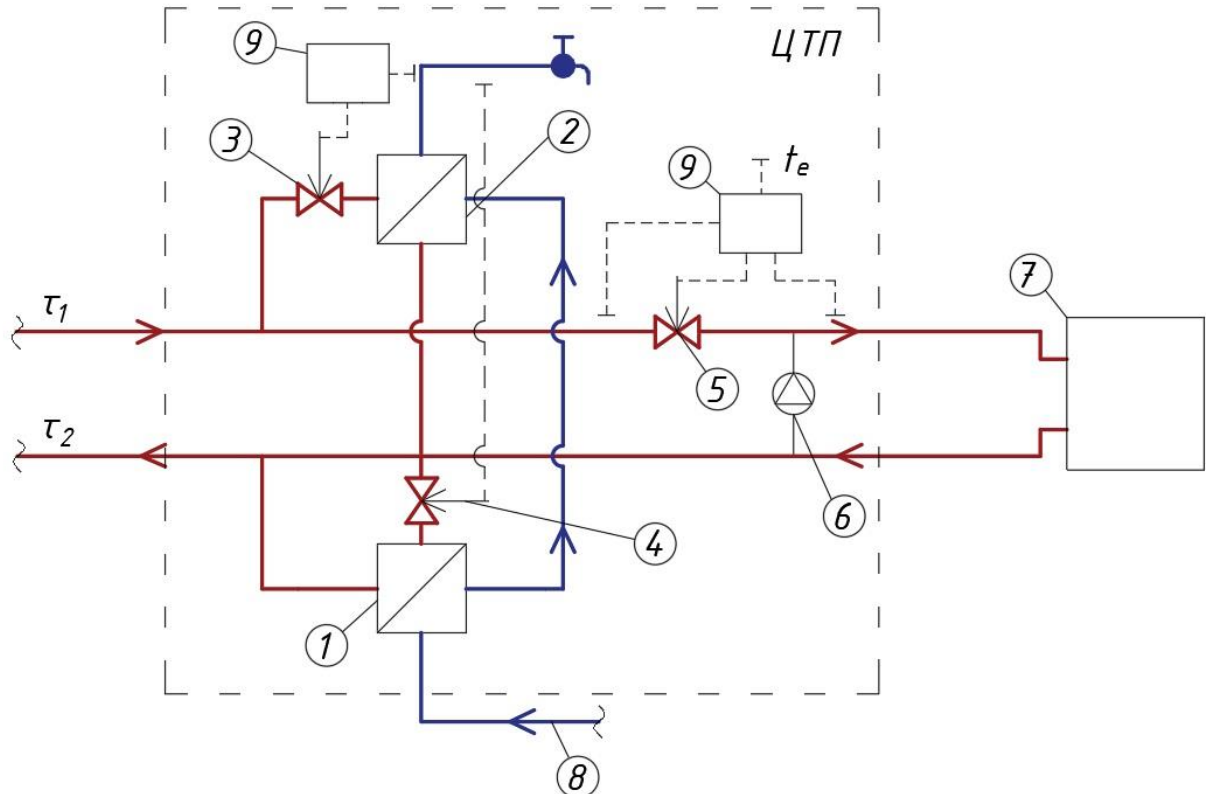
Перехід до такого регулювання може бути повністю здійснений лише після впровадження у всіх, без винятку, будівлях, підключених до системи центрального тепlopостачання незалежної схеми підключення або впровадження автоматизованих індивідуальних теплових пунктів зі змішувальними пристроями. Але це вимагає значних інвестицій та часу.

У зв'язку з цим, як перехідний варіант, у системі центрального тепlopостачання з будинками без автоматизованих індивідуальних теплових пунктів пропонується виконувати локальне групове

регулювання на центральних теплових пунктах. Для цього необхідно реконструювати центральні теплові пункти. Це дозволить повністю обладнати всі будинки, що підключені до тепломережі, автоматизованими індивідуальними тепловими пунктами, здійснити перехід на більш ефективне якісно-кількісне регулювання відпуску теплоти, що запобігає непродуктивним втратам теплоти з «перетопами».

На Рисунок 12 наведена принципова схема реконструкції центральних теплових пунктах для можливості переходу на якісно-кількісне групове регулювання відпуску теплоти за відсутності автоматизованих індивідуальних теплових пунктів у будинках.

Рисунок 12: Принципова схема реконструкції центрального теплового пункту для реалізації якісно-кількісного регулювання відпуску теплоти для опалення та гарячого водопостачання



τ1- подавальний трубопровід тепломережі

τ2- зворотний трубопровід тепломережі

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 – підмішувальний насос з частотним регулюванням в центральному тепловому пункті; 7 - споживач теплоти на опалення; 8 - подача холодної води для гарячого водопостачання; 9 - контролер

Мета реконструкції полягає в оснащенні центрального теплового пункту змішувальними установками (5,6), які зможуть підтримувати постійні витрати води у розподільних тепломережах після центрального теплового пункту, і тим самим уникати гідравлічне та теплове розрегулювання абонентських систем у всіх будинках, підключених до центрального теплового пункту.

Подача теплоти, яка буде надходити для опалення за такою схемою, може змінюватися залежно від співвідношення між відбором теплоти на опалення та гаряче водопостачання. Протягом часу максимального відбору теплоти на гаряче водопостачання, подача теплоти для опалення буде зменшуватися. Однак, після закінчення нетривалого періоду, дефіцит теплоти на опалення буде компенсовано.

Основні показники ефективності впровадження комбінованого якісно-кількісного регулювання систем центрального тепlopостачання у Броварах представлено в таблиці 1.

Комбіноване якісно-кількісне регулювання систем централізованого тепlopостачання в Броварах

Таблиця 1 Основні техніко-економічні показники переходу на якісно-кількісне регулювання для м. Бровари.

№	Назва показника	Річне скорочення енергоресурсів		
		Теплота, МВт·год	Еквівалент природного газу, млн. м ³	Електроенергія, МВт·год
1	Скорочення непродуктивних втрат теплоти та електроенергії в результаті переходу на якісно-кількісне регулювання відпуску теплоти	27 560 (14% від річного виробництва теплоти)	2 995	2 451 (41% від споживання електроенергії у період «зрізки» температурного графіка)

Висновки

Під час підготовки техніко-економічного обґрунтування SUDH для реконструкції системи тепlopостачання м. Бровари було показано, що існуюче якісне централізоване регулювання відпуску теплоти, перехід на низькотемпературний графік відпуску теплоти та відсутність конденсаційних теплообмінників-утилізаторів на джерелах енергії спричиняє низьку ефективність роботи системи у цілому. Основними недоліками є значні втрати теплоти в перехідні періоди «зрізки» температурного графіка відпуску теплоти. Такі втрати теплоти сягають до 18% від теплового потенціалу використовуваного палива.

Запропоновано впровадження якісно-кількісного регулювання, при якому відпуск теплоти з котельних у період від розрахункової температури зовнішнього повітря до досягнення температури «зрізки» температурного графіка регулюється зміною температури теплоносія, а після «зрізки» – переходом на кількісне централізоване регулювання шляхом зміни витрат теплоносія.

Під час перехідного періоду регулятори температури сучасного автоматизованого індивідуального тепlopостачання автоматично зменшать витрату, а перехід до центрального кількісного регулювання стане єдиним прийнятним рішенням для системи центрального тепlopостачання. Якісно-кількісне централізоване регулювання у поєднанні з груповим регулюванням в центральних теплових пунктах для будинків, підключених до системи центрального тепlopостачання за залежною схемою (без змішувальних пристроїв та без автоматичного регулювання залежного від зовнішньої температури), дозволяє уникнути значних непродуктивних втрат теплоти з «перетопами». Також забезпечує поліпшені умови для роботи генераторів теплоти, у тому числі в конденсаційному режимі та інших низькотемпературних джерел тепла. Така система забезпечує можливість надання послуг з гарячого водопостачання протягом всього опалювального періоду та зменшує витрати електроенергії, що суттєво підвищує загальну ефективність роботи системи центрального тепlopостачання.

Метод регулювання, описаний у цій статті, включаючи низькотемпературний графік відпуску теплоти рекомендується на етапі переходу до «систем централізованого тепло та холодopостачання» зі 100% встановленням автоматизованого будинкового чи квартирної індивідуального пункту з регулюванням залежним від зовнішньої температури повітря, для всіх споживачів теплоти системи центрального тепlopостачання.

Крім зазначених вище, інші переваги низькотемпературних графіків відпуску теплоти включають:

- зменшення втрат теплоти при транспортуванні та зниження теплового подовження трубопроводів теплових мереж, - як наслідок спрощення конструкції теплових мереж, ліквідація аварійно небезпечних компенсаторів теплових подовжень;
- збільшення вироблення електричної енергії на джерелах комбінованого виробництва теплової та електричної енергії (на ТЕЦ) внаслідок зменшення тиску на відборах теплофікаційних турбін;
- можливість інтегрування центральної системи теплопостачання з альтернативними та відновлювальними джерелами енергії.

Перехід на запропоновану стратегію регулювання потребує встановлення на мережних насосах котельних автоматичних частотних регуляторів приводу, а також зміни тепломеханічної схеми котельних. Така реконструкція котельних повинна унеможливити зменшення витрат теплоносія, що циркулює через котли та забезпечити розділення котлового контуру і контуру теплових мереж.