

ФАКТОРИ ОПТИМІЗАЦІЇ ТЕМПЕРАТУРНОГО ГРАФІКА ВІДПУСКУ ТЕПЛОТИ В СИСТЕМАХ КОМУНАЛЬНОЇ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

Частина 2. Регулювання відпуску теплоти

А. Г. Колієнко, кандидат технічних наук, професор

Національний університет Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка

О. В. Шеліманова, кандидат технічних наук, доцент

Національний університет біоресурсів і природокористування України

E-mail: shelemanova@ukr.net

Анотація. *Необхідність підтримувати високу температуру теплоносія для гарячого водопостачання в перехідний період року призводить до великих втрат теплоти, і це є істотним недоліком якісного центрального регулювання відпуску теплоти.*

Мета дослідження – обґрунтування ефективності переходу на комбінований кількісно-якісний спосіб регулювання відпуску теплоти.

У роботі запропоновано впровадження комбінованого кількісно-якісного регулювання, при якому до температури зрізки температурного графіка відпуск теплоти регулюється шляхом зміни температури теплоносія, а після зрізки – здійснюється перехід на кількісне центральне регулювання.

Показано, що потреба у такому регулюванні є органічною потребою для централізованих систем теплопостачання (ЦСТ) у зв'язку з термомодернізацією будинків і їх оснащенням автоматизованими ІТП.

Низькотемпературний графік відпуску теплоти за умови оснащення котлів ЦСТ конденсаційними теплообмінниками дає можливість суттєвого підвищення ефективності генераторів теплоти і ЦСТ у цілому.

Ключові слова: *відпуск теплоти, централізована система теплопостачання, якісне центральне регулювання, комбіноване регулювання*

Актуальність. Системи централізованого теплопостачання в Україні, як і в інших країнах колишнього СРСР, у більшості реалізують 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 [1].

Найпоширенішим методом економії енергії у вітчизняних системах централізованого теплопостачання є якісне центральне регулювання, тобто подача теплоти шляхом зміни температури теплоносія в трубопроводах теплових мереж на виході з джерел теплоти. Але цей спосіб має істотний недолік - це неефективне регулювання в період, коли температуру опалення приміщень можна було б знизити, але її необхідно підтримувати для гарячого водопостачання. Тому в цей період відбуваються значні втрати тепла [2].

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Як показано в роботі [3], зменшити величину перевитрат теплоти можна за рахунок переведення джерела теплоти в режим відпуску теплоти за підвищеним температурним графіком. Збільшення температури теплоносія в подавальному трубопроводі приводить до підвищення температури в точці «зламу», а отже і до зменшення потужності джерела теплоти в період «зрізки», а також до скорочення цього періоду. Але перехід на підвищений температурний графік не дасть значного ефекту без реконструкції ІТП абонентів.

У роботі [4] виконана кількісна оцінка величини непродуктивних втрат теплоти в період зрізки. Перехід від температури гарячого теплоносія 150 °С до 95 °С спричиняє збільшення тривалості періоду перетопів з 1159 до 3600 год. А температура зовнішнього повітря з якої втрачається можливість центрального регулювання зменшується з + 3,8 °С до – 7,5 °С. 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.

Запропоновано впровадження комбінованого кількісно-якісного регулювання, при якому до температури зрізки температурного графіка відпуск теплоти регулюється шляхом зміни температури теплоносія, а після зрізки – здійснюється перехід на кількісне центральне регулювання..

У роботі [5] авторами доведено, що перехід на низькотемпературний графік відпуску теплоти без супутнього впровадження конденсаційних теплообмінних

пристроїв і без зміни способу регулювання відпуску теплоти призведе лише до погіршення загальних показників ефективності системи теплопостачання.

Мета дослідження – обґрунтування ефективності переходу на комбінований кількісно-якісний спосіб регулювання відпуску теплоти.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження виконувались шляхом розгляду рівняння теплового балансу теплового потоку, що надходить з теплоносієм до будинку – Q_1 , теплового потоку, що надходить в систему опалення – Q_2 і тепловіддачі опалювальних приладів – Q_3 і втрат теплоти опалювального об'єму – Q_4 . Це дало можливість отримати залежності для визначення температури теплоносія у зворотному трубопроводі теплових мереж для трьох випадків:

- центральне якісне регулювання (існуюча ситуація в ЦСТ);
- центральне кількісне регулювання;
- центральне комбіноване регулювання (якісне регулювання до точки зрізки і кількісне – після точки зрізки температурного графіка).

Отримано графіки залежності температури теплоносія у зворотному трубопроводі t_2 від відносного теплового навантаження на опалення – q .

Відносне теплове навантаження на опалення визначалось за залежністю:

$$q = Q_i / Q_p ,$$

де Q_i – поточне значення теплового навантаження, Q_p – розрахункова величина теплового навантаження.

Результати досліджень та їх обговорення. На рис. 1 представлено результати розрахунку температури теплоносія у зворотному трубопроводі теплових мереж для різних значень відносного теплового за умови якісного центрального регулювання (існуюча ситуація) для різної розрахункової температури зовнішнього повітря.

Як видно із рис.1, температура теплоносія в зворотному трубопроводі для усіх прийнятих в існуючих ЦСТ температурних графіків і в усьому діапазоні регулювання є достатньо високою. Вона лише наближається до точки роси водяної пари у складі продуктів згорання і не досягає її, що суттєво зменшує ефективність конденсаційних утилізаторів теплоти.

При переході на низькотемпературний температурний графік 80/60 °С ситуація змінюється. Температура теплоносія у зворотному трубопроводі уже при тепловому навантаженні 84 % від розрахункової величини стає дещо нижче точки роси. Її мінімальне значення сягає відмітки близько 48 °С. Таким чином, стає можливим конденсаційний режим роботи теплообмінників утилізаторів і деяке збільшення ККД котлів протягом значного часу опалювального періоду. Але можливість збільшення ефективності використання палива за рахунок утилізації теплоти у цей період не перевищуватиме 6...6,5 %.

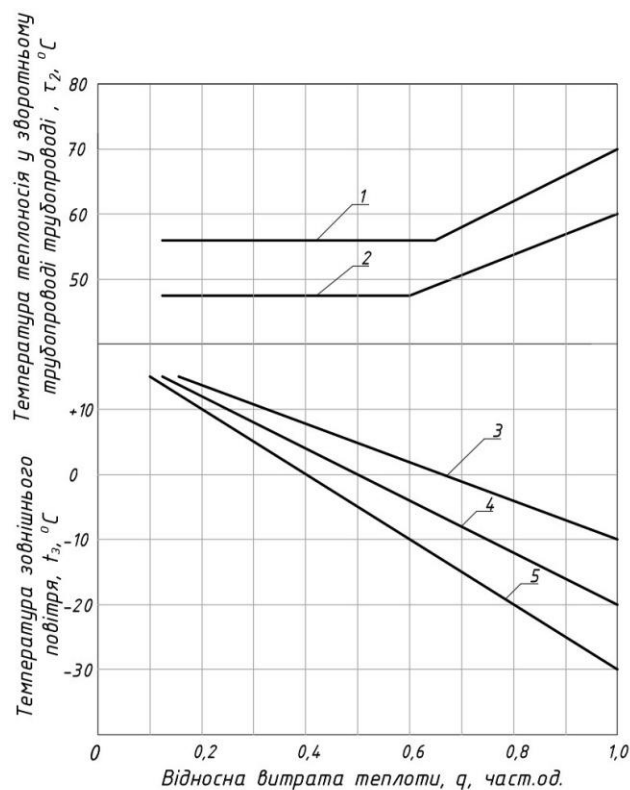


Рис.1. Графік зміни температури теплоносія у зворотному трубопроводі ЦСТ для різних температурних графіків відпуску теплоти і різних розрахункових температур зовнішнього повітря t_z

(якісне центральне регулювання):

1 - 135/70 °С, 115/70 °С, 90/70 °С; 2 - 80/60 °С;

3 - $t_z = -10$ °С; 4- $t_z = -20$ °С; 5- $t_z = -30$ °С

Перехід на якісне центральне регулювання відпуску теплоти істотно покращує умови роботи конденсаційних теплообмінників і конвективних поверхонь нагрівання котлів, збільшує глибину відбору теплоти від продуктів згоряння і

суттєво підвищує ККД теплогенераторів і ЦСТ у цілому. Це пояснюється тим, що температура у зворотному трубопроводі теплових мереж знижується істотно нижче порівняно з якісним регулюванням (рис. 2).

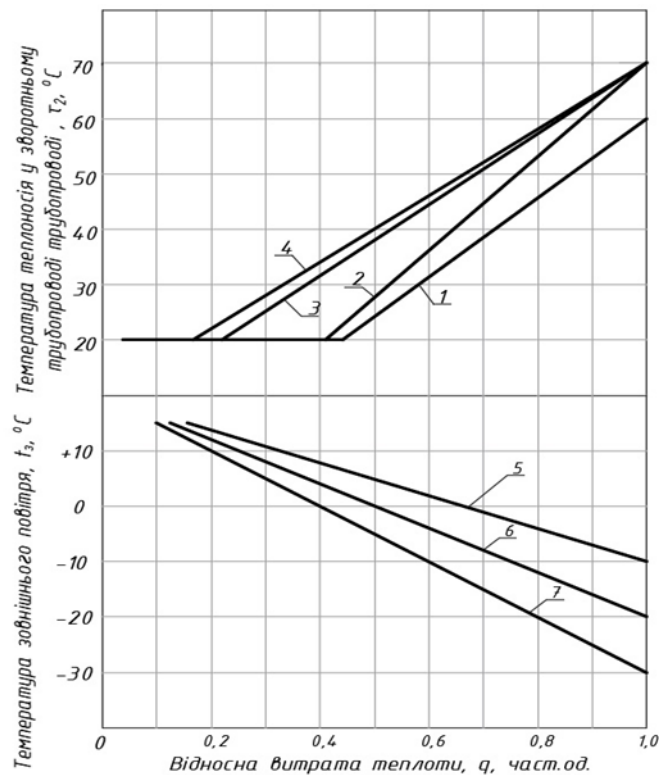


Рис.2. Графік залежності температури теплоносія в зворотному трубопроводі теплової мережі для різних температурних графіків відпуску теплоти і різних розрахункових температур зовнішнього повітря (якісне центральне регулювання):
1 - 80 / 60 °C; 2 - 90 / 70 °C; 3 - 115 / 70 °C; 4 - 135/70 °C
5- $t_3 = -10$ °C; 6- $t_3 = -20$ °C; 7- $t_3 = -30$ °C

За рис.2 практично для усіх можливих графіків відпуску теплоти уже при тепловому навантаженні 80 % від розрахункового досягається температура у зворотному трубопроводі, рівна точці роси. Це забезпечує високу ефективність роботи ЦСТ. Крім того за умови зменшення відносного теплового навантаження менше за 50 % від розрахункового температура теплоносія у зворотному трубопроводі зменшується до значень нижче 30-40 °C, що гарантує ефективність підвищення використання палива і збільшення ККД на 12-13 % від потенціалу палива. Однак такий спосіб регулювання і температурний графік відпуску теплоти рідко використовується в вітчизняних системах теплопостачання.

При комбінованому регулюванні (рис.3) необхідна для ефективної роботи конденсаційних теплообмінників і ЦСТ в цілому температура теплоносія в зворотному трубопроводі досягається при тепловому навантаженні нижче $65 \div 70 \%$ від розрахункової.

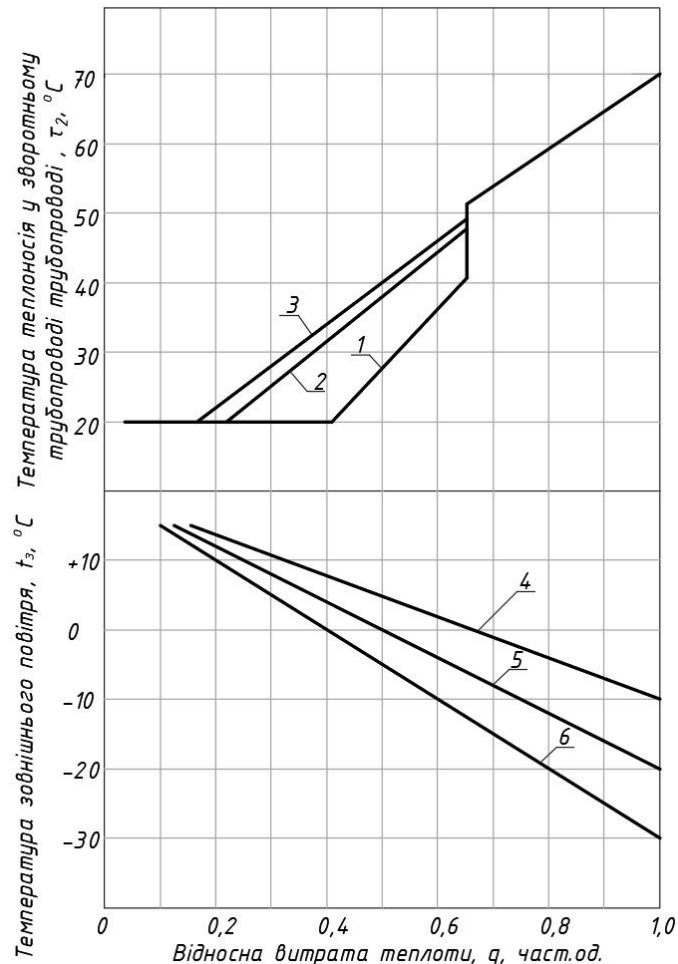


Рис.3. Графік залежності температури теплоносія в зворотному трубопроводі теплової мережі для різних температурних графіків відпуску теплоти і різних розрахункових температур зовнішнього повітря (комбіноване центральне регулювання).

1 - $90 / 70^\circ\text{C}$; 2 - $115 / 70^\circ\text{C}$; 3 - $135 / 70^\circ\text{C}$

4- $t_z = -10^\circ\text{C}$; 5- $t_z = -20^\circ\text{C}$; 6- $t_z = -30^\circ\text{C}$

За умови впровадження комбінованого регулювання при середньому річному відносному тепловому навантаженні температура теплоносія у зворотному трубопроводі буде меншою за $30 \dots 40^\circ\text{C}$, що забезпечує збільшення ККД вироблення теплоти на 12-13 %.

Таким чином, перехід на центральне кількісне або комбіноване регулювання відпустку теплової енергії істотно покращує умови роботи конденсаційних теплообмінників і конвективних поверхонь нагрівання котлів, збільшує глибину відбору теплоти від продуктів згорання і підвищує ККД теплогенераторів і ЦСТ в цілому. Як і при комбінованому регулюванні, при навантаженні 50 % від розрахункової температура теплоносія в зворотному трубопроводі теплової мережі становить близько 40 °С навіть для температурного графіка 135 / 70 °С. Перехід до температур вище точки роси для цього графіка відбувається тільки при збільшенні навантаження до 80 % від розрахункової, що для районів з розрахунковою температурою зовнішнього повітря -20 °С відбувається при -12 °С. Тому більшу частину опалювального сезону температура води в зворотній магістралі буде нижче точки роси, що гарантує стійку роботу конденсаційних теплообмінників.

Таким чином, перехід на кількісне або комбіноване центральне регулювання дає можливість уникнути перетопів будівель у період зрізання температурного графіка, зберегти можливість генерування гарячої води необхідної якості, уникнути непродуктивних втрат теплоти і забезпечити високу енергетичну ефективність ЦСТ. Найбільш прийнятним при цьому є використання низькотемпературних графіків відпуску теплоти.

Крім зазначеного вище, можна назвати і інші переваги низькотемпературних графіків відпуску теплоти, що дає можливість вирішити питання вибору комбінованого способу регулювання ЦСТ і більш низької температури теплоносія у мережі. До таких переваг слід віднести:

- зменшення втрат теплоти при транспортуванні і 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 внаслідок зменшення тиску на відборах теплофікаційних турбін;

- можливість інтегрування ЦСТ з альтернативними та відновлювальними джерелами енергії.

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

Перешкодою для впровадження такого комбінованого якісно – кількісного регулювання ЦСТ може бути також порушення гідравлічної і теплової стійкості абонентських систем опалення для будинків без автоматизованих індивідуальних теплових пунктів (ІТП) на вводі [7]. Перехід на таке регулювання в повній мірі можна здійснити лише після впровадження в усіх без винятку будівлях, приєднаних до ЦСТ, незалежної схеми підключення або впровадження автоматизованих ІТП зі змішувальними пристроями. Але це потребує істотних інвестицій і витрат часу.

У зв'язку з цим, як перехідний варіант, у ЦСТ з будинками без автоматизованих ІТП пропонується виконати місцеве групове регулювання на центральних теплових пунктах (ЦТП). Суть реконструкції полягає в оснащенні ЦТП змішувальними установками які зможуть підтримувати постійні витрати води у розподільних теплових мережах після ЦТП і уникнути, таким чином, гідравлічного і теплового розрегулювання абонентських систем.

Тепловий потік, що надходить на опалення в такій системі може змінюватися в залежності від співвідношення між відбором теплоти на опалення і гаряче водопостачання. У години максимального відбору теплоти на гаряче водопостачання тепловий потік на опалення буде зменшуватися. Однак після закінчення такого нетривалого періоду дефіцит теплоти на опалення буде компенсовано.

Висновки і перспективи. Показано, що якісне центральне регулювання в умовах переходу на низькотемпературний графік відпуску теплоти і відсутності конденсаційних теплообмінників-утилізаторів на джерелах енергії має низьку ефективність і суттєві недоліки. Основним із них є значні непродуктивні втрати

теплоти у перехідні періоди зрізки температурного графіку відпуску теплоти. Такі втрати теплоти сягають до 18 % від теплового потенціалу використаного палива. Запропоновано впровадження комбінованого кількісно-якісного регулювання, при якому до температури зрізки температурного графіка відпуск теплоти регулюється шляхом зміни температури теплоносія, а після зрізки – здійснюється перехід на кількісне центральне регулювання.

Потреба в такому регулюванні є органічною потребою для ЦСТ у зв'язку з термомодернізацією будинків і їх оснащенням автоматизованими ІТП. У перехідний період матиме місце автоматичне закривання регуляторів температури в таких ІТП і перехід на центральне кількісне регулювання стане єдиним виходом для ЦСТ.

Низькотемпературний графік відпуску теплоти за умови оснащення котлів ЦСТ конденсаційними теплообмінниками дає можливість суттєвого підвищення ефективності генераторів теплоти і ЦСТ у цілому.

Список використаних джерел

1. Модернизация системы централизованного теплоснабжения в Украине: учет тепла и внедрение платежей на основе его фактического потребления. Отчет МБРР по теме «Модернизация системы централизованного теплоснабжения в Украине». Изд. Международный банк реконструкции и развития. 2012. 64 с.
2. <https://auc.org.ua/sites/default/files/regulyuvannya-podachi-teploty>
3. Колієнко А. Г., Супрун Т. Т., Шеліманова О. В. Оптимізація системи регулювання відпуску теплоти. Енергетика і автоматика. 2021. №5. С. 13-27.
4. Колієнко А. Г., Шеліманова О. В. Підвищення ефективності регулювання відпуску теплоти в централізованих системах теплопостачання. Енергетика і автоматика. 2020. №5. С. 81-97.
5. Колієнко А. Г., Шеліманова О. В. Фактори оптимізації температурного графіка відпуску теплоти в системах комунальної теплоенергетики. Частина 1. Мінімізація втрат теплоти з відхідними газами котла. Енергетика і автоматика. 2022. №4. С. 55-64.
6. Chicherin S., Volkova A., Lathov E. GIS-based optimisation for district heating network planning. Proc. of 16th International Symposium on District Heating and Cooling (DHC 2018). September 9–12, 2018. Hamburg, Germany. Energy Procedia. 2018. Vol. 149.
7. Pieper H., Ommen T. S., Markussen W. B., Elmegaard B. (Optimal usage of low temperature sources to supply district heating by heat pumps. Proceedings of ECOS 2017: 30th International Conference of Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems.

References

1. Modernyzaciya systemvy centralyzovannogo teplosnabzheniya v Ukrainy: uchet tepla y vnedrenye platezhej na osnove ego faktycheskogo potrebleniya. Otchet MBRR po teme «Modernyzaciya system centralyzovannogo teplosnabzheniya v Ukrainy» [Modernization of the district heating system in Ukraine: heat metering and implementation of payments based on its actual consumption. IBRD report on the topic "Modernization of the district heating system in Ukraine"]. Y`zd. Mezhdunarodnyj bank rekonstrukci` y razvytiya, 2012, 64.
2. <https://auc.org.ua/sites/default/files/regulyuvannya-podachi-teploty>
3. Koliyenko, A. G., Suprun, T. T., Shelimanova, O.V. (2021). Optyimizaciya systemy regulyuvannya vidpusku teploty [Optimization of the heat release regulation system]. Energetyka i avtomatyka, 5, 13-27.
4. Koliyenko, A. G., Shelimanova, O.V. (2020). Pidvyshchennia efektyvnosti rehuliuвання vidpusku teploty v tsentralizovanykh systemakh teplopостachання [Increasing the efficiency of regulation of heat release in centralized heat supply systems]. Enerhetyka i avtomatyka, 5, 81-97.
5. Koliyenko, A. G., Shelimanova, O.V. (2022). Faktory optyimizaciyi temperaturnogo grafika vidpusku teploty v systemax komunalnoyi teploenergetyky. Chastyna 1. Minimizaciya vtrat teploty z vidxidnymi gazamy kotla [Factors for optimizing the temperature schedule of heat release in communal heat and power systems. Part 1. Minimization of heat loss with boiler waste gases]. Energetyka i avtomatyka, 4, 55-64.
6. Chicherin, S., Volkova, A., Lathov, E. (2018). GIS-based optimisation for district heating network planning. Proc. of 16th International Symposium on District Heating and Cooling (DHC 2018). September 9–12, 2018. Hamburg, Germany. Energy Procedia, Vol. 149.
7. Pieper, H., Ommen, T.S., Markussen, W.B., Elmegaard, B. (2017). Optimal usage of low temperature sources to supply district heating by heat pumps. Proceedings of ECOS 2017: 30th International Conference of Efficiency, Cost, Optimization, Simulation and Environmental Impact of Energy Systems.

OPTIMIZING FACTORS OF THE TEMPERATURE SCHEDULE OF HEAT RELEASE IN MUNICIPAL THERMAL ENERGY SYSTEMS

Part 2. Regulation of heat release

A. Koliyenko, O. Shelimanova

Abstract. *The need to maintain a high temperature of the coolant for hot water supply during the transition period of the year leads to large heat losses, and this is a significant drawback of high-quality central regulation of heat release.*

The purpose of the study is to substantiate the effectiveness of the transition to a combined quantitative and qualitative method of regulating heat release.

The paper proposes the implementation of a combined quantitative and qualitative regulation, in which the release of heat is regulated by changing the temperature of the

heat carrier before the cut-off temperature of the temperature graph, and after the cut-off, the transition to quantitative central regulation is carried out.

The work shows that the need for such regulation is an organic need for centralized heat supply systems (CHSs) in connection with the thermal modernization of buildings and their equipment with automated IHPs.

The low-temperature schedule of heat release, provided that the CHSs boilers are equipped with condensation heat exchangers, makes it possible to significantly increase the efficiency of heat generators and CHSs as a whole.

Key words: *heat release, centralized heat supply system, high-quality central regulation, combined regulation*