

УДК 658.264

Алексахін О.О.¹, к.т.н., доцент, Счастний Є.Є.², к.т.н., доцент, Єна С.В.³, ст. викладач,
Гордієнко О.П.³, ст. викладач, Євтушенко Е.О.², студент, Ізотова Г.І.², студентка,
Решетіло Л.М.², студентка

З ПИТАННЯ РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

¹ *Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна*

² *Український державний університет залізничного транспорту*

³ *Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків*

Ключові слова: централізоване теплопостачання, енергозбереження, опір теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель, ефективність утеплення будівель, мікрорайонна опалювальна мережа, теплові втрати трубопроводами.

У даний час стало зрозумілим, що, незважаючи на недоліки централізованих систем теплопостачання, відмова від них і перехід до інших форм організації виробництва та розподілу теплової енергії впродовж нетривалого часу неможливий. Це пояснюється, перш за все, необхідністю значних капіталовкладень у реконструкцію системи. Тому, скоріше за все, перехід до інших форм теплопостачання відбуватиметься в умовах функціонування централізованих систем, які поетапно реформуються. Одним з елементів централізованих систем теплопостачання міста, у якому найбільшою мірою сконцентровано їх проблеми, є мікрорайон. Тому що більша частина будівель, які сформували забудову мікрорайонів, введено в експлуатацію у період з середини до кінця минулого століття за діючими на той момент нормативними вимогами до величини термічного опору зовнішніх огорожень. Одним з основних напрямків енергозбереження у будівельній сфері і комунальному секторі господарства є утеплення будівель. При умові доведення фактичного опору теплопередачі до рівня сучасних вимог [1] величину втрат теплоти через огорожувальні конструкції приміщень будівлі можна зменшити на 25–45 % [2,3]. Зменшення подачі теплоти на опалення утеплених споруд можна здійснити або реконструкцією системи опалення з вибором відповідної площі поверхні теплообміну опалювальних приладів, або зменшенням температури теплоносія на вході до існуючих систем. При утепленні функціонуючих будівель доцільним є другий спосіб.

Роботи з утеплення будівель мікрорайону, скоріш за все, виконуватимуть протягом декількох сезонів. Тому до завершення робіт до утеплених і до не утеплених будівель, приєднаних до єдиної мікрорайонної мережі, теплоносій надходитиме з однаковою температурою. Аналіз зміни теплового стану трубопроводів опалювальної мережі для такого випадку проведено у роботі [4]. Після закінчення робіт з утеплення всіх будівель мікрорайону температуру води у подавальному трубопроводі мережі опалення можна зменшити на центральному теплому пункті для мікрорайону в цілому, що обумовить додаткове зменшення втрат теплоти трубопроводами.

Метою роботи є визначення рівня зменшення теплових втрат теплопроводами при переході на новий, знижений графік температур для опалення будівель мікрорайону. Розрахункове дослідження проведено для наведеної на рисунку 1

ідеалізованої групи будівель, утвореної спорудами з однаковими витратами теплоти на опалення Q_o , які при обчисленнях дорівнювали 0,1; 0,25; 0,5 МВт. Діаметри трубопроводів на ділянках мережі визначені за тепловими навантаженнями ділянок при умові, що питомі втрати тиску через тертя знаходяться у межах $35 \leq R \leq 55 \text{ Па/м}$. Для кожної з розглянутих схем опалювальної мережі ділянки мають однакову довжину. Довжину ділянок прийнято з умови рівності матеріальної характеристики мережі для усіх розглянутих варіантів $M = \sum_{i=1}^n (l_i d_i) = 113,2 \text{ м}^2$ (l_i – довжина ділянки, d_i – діаметр, n – кількість розрахункових ділянок). Характеристики теплових режимів опалювальної мережі до утеплення будівель подано у таблиці 1.

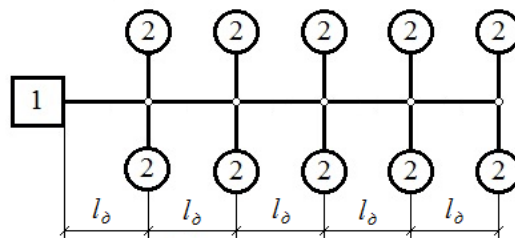


Рисунок 1 – Розрахункова схема теплової мережі
1 – центральний тепловий пункт; 2 – будівлі

Таблиця 1 – Характеристики розрахункових варіантів опалювальної мережі

Параметр	Значення		
Максимальні витрати теплоти на опалення групи будівель, МВт	1,0	2,5	5,0
Довжина розрахункової ділянки мережі, l_o , м	180,5	136,3	100
Розрахункова температура мережної води до утеплення будівель, °С:			
подавальний трубопровід теплової мережі	105	105	105
вхід до опалювального приладу	95	95	95
вихід з опалювального приладу	70	70	70

Обчислення теплових втрат трубопроводами здійснено за наведеною у [4] методикою. Для визначення температури теплоносія на вході до опалювальних приладів утеплених будівель τ_{3n} й на виході з них τ_{2n} у роботі [4] запропоновано формули

$$\tau_{3n} = \tau_{2n} + \mu \overline{Q}_o \theta_p, \quad (1)$$

$$\tau_{2n} = \left(\tau_2 + 0,5 \overline{Q}_o \theta_p - t_{en} \right) \mu^{0,8} - 0,5 \mu \overline{Q}_o \theta_p + t_{en}, \quad (2)$$

де $\overline{Q}_o = (t_{en} - t_{нар}) / (t_{en} - t_{p.o})$ – відносне опалювальне навантаження; t_{en} – температура внутрішнього повітря; $t_{нар}$ – поточне значення температури зовнішнього повітря; $t_{p.o}$ – розрахункова для опалення температура зовнішнього повітря для конкретних кліматичних умов; $\theta_p = \tau_{3p} - \tau_{2p}$ – розрахункове охолодження теплоносія в

опалювальному приладі; τ_{3p}, τ_{2p} – температура теплоносія на вході й виході з опалювального приладу при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря.

Коефіцієнт $\mu = Q_{он} / Q_o$ враховує ефективність застосування заходів з утеплення будівель і дорівнює співвідношенню витрат теплоти на опалення після утеплення ($Q_{он}$) й до утеплення (Q_o) будівлі.

Формули (1), (2) отримано при умові, що систему опалення приєднано до мікрорайонної мережі за незалежною схемою, тобто за допомогою теплообмінного апарату [5]. В такому випадку витрати нагрівного теплоносія через опалювальний теплообмінник утепленої будівлі ($G_{с.н.}$) у припущенні, що витрати теплоносія у системі опалення споруди після утеплення дорівнюють витратам до утеплення, можна знайти зі співвідношення

$$\beta = \frac{G_{с.н.}}{G_{с.р.}} = \frac{\mu \overline{Q_o} [\tau_{1pc} - (\tau_{2p} + 10)]}{\tau_{1н} - (\tau_{2н} + 10)}, \quad (3)$$

де $G_{с.р.}$ – витрати нагрівного теплоносія через опалювальний теплообмінник до утеплення будівлі при розрахункових умовах; τ_{1pc} – температура теплоносія у подавальному трубопроводі теплової мережі при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря.

Температуру теплоносія у подавальному трубопроводі теплової мережі при поточній температурі зовнішнього повітря для незалежного приєднання систем опалення можна визначити за формулою

$$\tau_{1н} = \tau_{3н} + \Delta\tau, \quad (4)$$

де $\Delta\tau$ – різниця температур середовищ у теплообміннику (приймають, як правило, рівною 3–10 °С).

Графік зміни температури мережної води при зміні коефіцієнта μ подано на рис. 2,а. Наведені дані характеризують режим опалення при середній температурі зовнішнього повітря найбільш холодних п'яти діб у даній місцевості ($\overline{Q_o} = 1$). Різницю температур середовищ у теплообміннику прийнято рівною $\Delta\tau = 10$ °С, температуру води на вході до системи опалення не утепленої будівлі прийнято 95 °С, на виході з системи опалення 70 °С. Зміну температури мережної води впродовж опалювального періоду наведено на рис. 2,б. Графік зміни температури для не утеплених будівель побудовано з використанням запропонованих у роботі [6] формул для якісного регулювання відпускання теплоти. Коефіцієнт ефективності утеплення окремої будівлі прийнято рівним $\mu = 0,6$.

На рис. 3 проведено порівняння результатів обчислення теплових втрат трубопроводами розподільної мережі, по якій здійснюється транспортування теплоти до утеплених будівель, без корегування температурного графіка Q_2 й при зменшенні температури мережної води на центральному тепловому пункті Q_1 . При обчисленнях

значень Q_2 використано дані роботи [4]. Як видно з рис.3, перехід на знижений температурний графік відпускання теплоти обумовлює зменшення втрат теплоти подавальними трубопроводами приблизно на 26 % й на 14–16 % опалювальною мережею в цілому. Для трубопроводів зворотної лінії зафіксовано незначне зростання теплових втрат, обумовлене збільшенням витрат мережної води. Збільшення витрат становить приблизно 0,4 % при величині теплового навантаження групи будівель 1 МВт і приблизно 0,7 % при навантаженні 2,5 МВт.

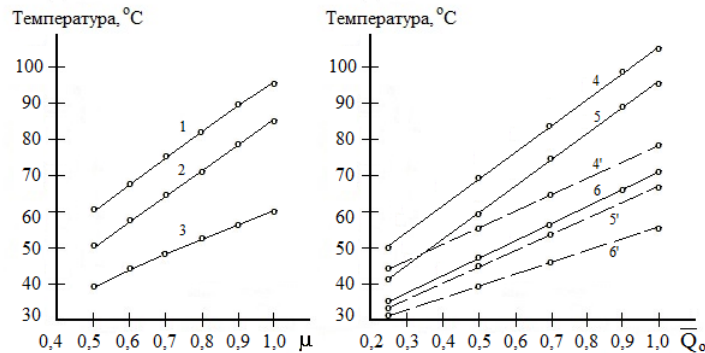


Рисунок 2 – Температурні графіки відпускання теплоти для опалення будівель
 а – зміна температури мережної води при утепленні будівель ($\overline{Q_o} = 1$); б – графік якісного регулювання відпускання теплоти при $\mu = 0,6$; 1 – подавальний трубопровід мікрорайонних теплових мереж; 2,3 – вхід й вихід опалювальних приладів відповідно; 4, 4' – подавальний трубопровід мережі до утеплення будівель та після; 5, 6 – відповідно температура на вході й виході опалювального приладу до утеплення будівель; 5', 6' – те ж саме після утеплення будівель

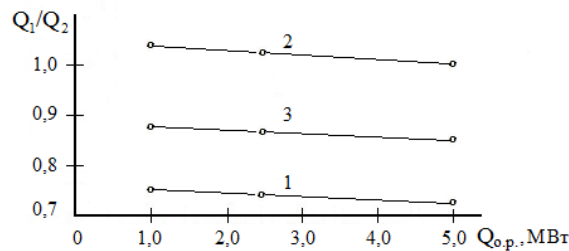


Рисунок 3 – Зміна теплових втрат трубопроводами опалювальної мережі при корегуванні температурного графіка відпускання теплоти при $\overline{Q_o} = 1$
 1 – подавальний трубопровід мережі; 2 – зворотний трубопровід; 3 – мережа в цілому

Вплив зміни температури зовнішнього повітря на зміну втрат теплоти трубопроводами опалювальної мережі при переході на знижений температурний графік мережної води ілюструють дані, наведені у табл.2. Величина $\overline{Q_o} = 1,0$ відповідає розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря для кліматичних умов м. Харкова ($t_{p.o} = -23^\circ C$ [7]), величина $\overline{Q_o} = 0,49$ – середній за опалювальний період температурі зовнішнього повітря для кліматичних умов м. Харкова ($t_{cp} = -2,1^\circ C$ [7]). Значення відносних втрат теплоти характеризують зміну теплового стану

трубопроводів мережі, яка обслуговує утеплені будівлі, у порівнянні з тепловим станом мережі до утеплення будівель. Як свідчать наведені дані, зміна зовнішніх температур обумовлює незначну зміну втрат теплоти. Відмінність зменшення втрат теплопроводами у результаті утеплення будівель при значеннях питомого опалювального навантаження $\overline{Q}_o = 0,49$ та $\overline{Q}_o = 1,0$ становить приблизно 5 %.

Таблиця 2 – Відносні втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі

Витрати теплоти на опалення будівель, МВт	Теплові втрати трубопроводами при питомому опалювальному навантаженні					
	$\overline{Q}_o = 0,49$			$\overline{Q}_o = 1,0$		
	Подавальна лінія	Зворотна лінія	Мережа в цілому	Подавальна лінія	Зворотна лінія	Мережа в цілому
1,0	0,777	0,819	0,80	0,734	0,778	0,755
2,5	0,777	0,815	0,80	0,734	0,794	0,763
5,0	0,777	0,819	0,80	0,734	0,777	0,755

Наведені вище результати отримано при умові, що питомі втрати теплоти через теплову ізоляцію не перевищують нормативні значення, хоча у процесі експлуатації теплових мереж якість теплоізоляції погіршується і за даними [8] рівень теплових втрат у мережах м. Харкова майже на чверть більше припустимих. У зв'язку з цим доцільною є оцінка впливу утеплення будівель на зміну теплового стану мереж з наднормативним рівнем теплових втрат. Було проведено серію розрахунків при умові, що фактичні втрати теплоти на 20% перевищують нормативні. Результати обчислень свідчать, що у мережах з підвищеним рівнем теплових втрат у порівнянні з випадком нормативних втрат ефект зменшення втрат теплоти більш помітний. Для розглянутої опалювальної мережі зменшення втрат теплоти становить приблизно 0,5% при $\overline{Q}_o = 0,49$ і приблизно 1% при $\overline{Q}_o = 1,0$.

Висновки

1. Перехід на знижений температурний графік опалення мікрорайону після утеплення всіх його будівель обумовлює додаткове зменшення втрат теплоти трубопроводами опалення, яке для мережі у цілому становить приблизно 12 %.

2. Відносне зменшення втрат теплоти трубопроводами мережі практично не залежить від температури зовнішнього повітря і мало змінюється залежно від сумарного теплового навантаження опалення будівель до утеплення.

3. У мережах з 20 %-м рівнем наднормативних теплових втрат утеплення будівель обумовлює більш помітний ефект зменшення втрат теплоти теплопроводами. Для розглянутої опалювальної мережі зменшення втрат теплоти становить 0,5–1 %.

Література

1. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013: чинний від 01.10.2013. – К.:Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2013. – 167 с.
2. В.А. Маляренко Основи теплофізики будівель та енергозбереження / Маляренко В.А. – Харків: „Вид. САГА”, 2006. – 484 с.
3. А.А. Алексахин Оценка энергосберегающего потенциала функционирующих жилых зданий / Алексахин А.А., Бобловский А.В. – «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», – 2012. – №1(95) – с. 10–15.

4. А.А. Алексахин Особенности утепления групп зданий при централизованном теплоснабжении / Алексахин А.А., Ена С.В., Гордиенко Е.П., Сыров М.В., Фещенко Р.С. – «Інтегровані технології та енергозбереження», – 2018. – №3 – с. 27–34.
5. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Зингер Н.М., Бестолченко В.Г., Жидков А.А. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.
6. В.Е. Козин Теплоснабжение / Козин В.Е., Левина Т.А., Марков А.П. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
7. Будівельна кліматологія: ДСТУ –НБВ.1.1-27:2010: чинний від 01.11.2011. – Мінрегіонбуд, Київ, 2011. – 123 с.
8. С.Ю Андреев. Энергосбережение в коммунальной теплоэнергетике / Андреев С.Ю., Голованов А.П., Репин А.П. – «Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит», – 2007. – №3 – с. 62–68.

Bibliography (transliterated)

1. Opalennia, ventyliatsiia ta kondytsionuvannia: DBN V.2.5-67:2013: chynnyi vid 01.10.2013. – К.:Minrehionbud ta ZhKH Ukrainy, 2013. – 167 p.
2. V.A. Maliarenko Osnovy teplofizyky budivel ta enerhozberezhennia / Maliarenko V.A. – Kharkiv: „Vyd. SAHA”, 2006. – 484 p.
3. A.A. Aleksahin Otsenka energosberegayushchego potentsiala funtsioniruyuschih zhilyih zdaniy / Aleksahin A.A., Boblovskiy A.V. – «Energosberezhenie. Energetika. Energoaudit», – 2012. – №1(95) – p. 10–15.
4. A.A. Aleksahin Osobennosti utepleniya grupp zdaniy pri tsentralizovannom teplosnabzhenii / Aleksahin A.A., Ena S.V., Gordienko E.P., Syirov M.V., Feschenko R.S. – «IntegrovanI tehnologIYi ta energozberezheniya», – 2018. – №3 – p. 27–34.
5. Povyishenie effektivnosti raboty teplovyih punktov / Zinger N.M., Bestolchenko V.G., Zhidkov A.A. – М.: Stroyizdat, 1990. – 185 p.
6. V.E. Kozin Teplosnabzhenie / Kozin V.E., Levina T.A., Markov A.P. – М.: Vyissh. shkola, 1980. – 408 p.
7. Budivelna klimatolohiia: DSTU –NBV.1.1-27:2010: chynnyi vid 01.11.2011. – Minrehionbud, Kyiv, 2011. – 123 p.
8. S.Yu. Andreev. Energosberezhenie v kommunalnoy teploenergetike / Andreev S.Yu., Golovanov A.P., Repin A.P. – «Energosberezhenie. Energetika. Energoaudit», – 2007. – №3 – p. 62–68.

УДК 658.264

Алексахін О.О.¹, к.т.н., доцент, Счастний Є.Є.², к.т.н., доцент, Ена С.В.³, ст. викладач,
Гордієнко О.П.³, ст. викладач, Євтушенко Е.О.², студент, Ізотова Г.І.², студентка,
Решетіло Л.М.², студентка

¹ Харківський національний університет ім. В.Н. Каразіна

² Український державний університет залізничного транспорту

³ Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут»,
м. Харків

З ПИТАННЯ РЕФОРМУВАННЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛІЗОВАНОГО ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ

Наведено результати обчислень втрат теплоти трубопроводами опалювальної мережі ідеалізованих груп будівель при корегуванні температури мережної води на вході розподільної теплової мережі мікрорайону. Проведено оцінку впливу температури зовнішнього повітря та наднормативних питомих втрат теплоти на зміну теплового стану теплопроводів.

Ключові слова: централізоване теплопостачання, енергозбереження, опір теплопередачі огорожувальних конструкцій будівель, ефективність утеплення будівель, мікрорайонна опалювальна мережа, теплові втрати трубопроводами.

Алексахин А.А.¹, к.т.н., доцент, Счастный Е.Е.², к.т.н., доцент, Ена С.В.³,
ст. преподаватель, Гордиенко Е.П.³, ст. преподаватель, Евтушенко Э.А.², студент,
Изотова Г.И.², студентка, Решетило Л.Н.², студентка

¹ *Харьковский национальный университет им. В.Н. Каразина*

² *Украинский государственный университет железнодорожного транспорта*

³ *Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт»,
г. Харьков*

К ВОПРОСУ РЕФОРМИРОВАНИЯ СИСТЕМ ЦЕНТРАЛИЗОВАННОГО ТЕПЛОСНАБЖЕНИЯ

Приведены результаты расчетов потерь теплоты трубопроводами отопительной сети идеализированных групп зданий при корректировке температуры сетевой воды на входе распределительной тепловой сети микрорайона. Выполнены оценки влияния температуры наружного воздуха и сверхнормативных удельных потерь теплоты на изменение теплового состояния теплопроводов.

Ключевые слова: централизованное теплоснабжение, энергосбережение, сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций зданий, эффективность утепления зданий, микрорайонная отопительная сеть, тепловые потери трубопроводами

Aleksakhin O.O., Schastnyi Ye.Ye., Yena S.V., Hordiienko O.P., Yevtushenko E.O.,
Izotova H.I., Reshetilo L.M.

TO THE MODERNIZATION OF THE DISTRICT HEATING SYSTEMS

The results of calculations of heat losses of heating network pipelines for idealized groups of buildings when correcting the temperature of delivery water at the input of the urban district heat distribution system is presented. The analysis of the influence of ambient air temperature and excess specific thermal losses on heat pipelines thermal state perturbation is performed.

Keywords: centralized heat supply, energy saving, building envelope heat transmission resistance, efficiency of building heat insulation, urban district heating system, pipelines heat losses.