МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ В. Н. КАРАЗІНА
НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ КОМП'ЮТЕРНОЇ ФІЗИКИ ТА ЕНЕРГЕТИКИ
Кафедра теплофізики молекулярної фізики та енергоефективності

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА

до дипломної роботи
за освітньо-кваліфікаційним рівнем магістр

«Оцінка потенціалу енергозбереження при переході до двотрубної системи постачання мікрорайону»

Виконав: студент 6 курсу, групи НФ-62
Новіков В.В.
спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали
освітня програма: Прикладна фізика
енергетичних систем
Керівник: к.т.н., доцент Алексахін О.О.
Рецензент:

Харків – 2021

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

ННІ Комп'ютерної фізики та енергетики
Кафедра теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) «магістр»
Спеціальність 105 – Прикладна фізика та наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри

_____ **Ольга ЛІСІНА**

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Новікова Владислава Володимировича
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи: «Оцінка потенціалу енергозбереження при переході до двотрубної системи постачання мікрорайону»

керівник роботи Алексахін Олександр Олексійович, доцент. к.т.н.
затверджені наказом по університету від "30" вересня 20 21 року № 0210-05/1959

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Перелік питань, які потрібно розробити

Обчислення гідравлічних показників системи опалення при чотирьохтубної та двотрубної системи опалення. Розглянути варіанти переходу з чотирьохтрубної системи опалення на двотрубну.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Оцінка складових систем централізованого теплопостачання міста
2	Теплові мережі
2.1	Приєднання інжнерних систем до теплових мереж.
2.2	Основне обладнання вузла приєднання окремої будівлі до розподільних теплових мереж.
2.3	Обладнання вузлів приєднання споживачів до систем споживання тепловоїенергії
3	Чотирьох та двохтрубна система опалення
3.1	Загальна характеристика системи теплопостачання мікрорайону
3.2	Оцінка зміни теплообмінної поверхні водопідігрівачів при переході на двотрубну мікрорайонну систему теплопостачання
4	Обчислення гідравлічного режиму мереж теплопостачання
4.1	Методика обчислення показників гідравлічного режиму мікрорайонних систем розподілу теплоти
4.2	Результати гідравлічного розрахунку для чотирьохтрубної системи теплопостачання
4.3	Результати визначення параметрів гідравлічного режиму двотрубної схеми розподілу теплоти
5	Обчислення втрат теплоти трубопроводами мікрорайоних мереж
5.1	Методика теплового розрахунку
5.2	Результати обчислень для чотирьохтрубної системи теплопостачання

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ **Владислав НОВІКОВ**

Керівник роботи _____ **Олександр АЛЕКСАХІН**

Зміст

Вступ 7

Розділ 1. Складові централізованої системи вироблення і розподілу теплоти для міста.....9

Розділ 2.Приєднання інженерних систем споживання теплоти до зовнішніх мереж. ……..…….…….....16

2.1. Улаштуваннявузлів приєднання будівель до зовнішніх теплових мереж 17

2.2. Основне обладнання вузла приєднання окремої будівлі до розподільних теплових мереж …….…….....19

Розділ 3.Особливості переходу до двотрубної схеми теплопостачання мікрорайонів……..……26

3.1. Загальна характеристика системи теплопостачання мікрорайону…….....26

3.2. Оцінка зміни теплообмінної поверхні водопідігрівачів при переході на двотрубну мікрорайонну систему теплопостачання……26

Розділ 4. Визначення показників гідравлічного режиму розподільної теплової мережі групи будівель……38

4.1.Обчислення характеристик гідравлічного режиму двотрубної схеми розподілу теплоти у мікрорайонах ……..…… 38

4.2. Результати гідравлічного розрахунку для чотирьохтрубної системи теплопостачання……43

4.3. Результати гідравлічних обчислень для двотрубної системи теплопостачання……46

Розділ 5. Обчислення втрат теплоти трубопроводами мікрорайоних мереж…50

5.1. Методика теплового розрахунку……..50

5.2. Результати обчислень для чотирьохтрубної системи теплопостачання…...59

Висновки 63

Список використаних джерел та літератури.....64

Реферат

Новіков Владислав Володимирович«Оцінка потенціалу енергозбереження при переході до двотрубної системи постачання мікрорайону» (випускна робота «магістр»). – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2021. – с.

Робота має вступ, п’ять розділів, висновки; містить 5 рисунків, 7 таблиць, список використаних джерел з 14 найменувань.

Проведено обчислення параметрів рекуперативних підігрівників води для господарсько-побутових потреб мікрорайону. Проведено порівняння площі теплопередачі підігрівників гарячої води для існуючої схеми розподілу теплоти і для двотрубної схеми.

Ключові слова: централізоване опалення будівель підігрівники води для господарсько-побутових потреб, чотиритрубна система розподілу теплоти, опалення, двотрубна система розподілу теплоти.

Abstract

Novikov Vladislav Vladimirovich "Assessment of energy saving potential in the transition to a two-pipe supply system of the neighborhood" (master's thesis). - Kharkiv: KhNU named after VN Karazina, 2021. - p.

The work has an introduction, five chapters, conclusions; contains 5 figures, 7 tables, a list of used sources of 14 items.

The parameters of recuperative water heaters for household needs of the district were calculated. The area of heat transfer area of hot water heaters for the existing heat distribution scheme and for the two-pipe scheme is compared**.**

***Key words*:** central heating of buildings, water heaters for household needs, four-pipe heat distribution system, heating, two-pipe heat distribution system**.**

Вступ

Витрати природного газу і електричної енергії споживачами житлово-комунального сектору господарства становить відповідно 12 і 6% від загального споживання ресурсів у державі. Це обумовлює той факт, що за обсягами витрат теплової енергії споживачі житлово-комунального сектору господарства нашої держави посідають перше місце,за обсягами витрат електричної енергії – третє місце.

Витрати паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленої в Україні продукції у декілька разів перевищує такі ж самі показники розвинутих економік. Тому актуальним завданням для будівельної галузі і комунальної теплоенергетики є впровадження енергозберігаючих заходів на етапах вироблення, транспортування і використання енергії. Для систем забезпечення комфортних параметрів повітря у будівлях виділяють такі групи заходів з енергозбереження: моніторинг використання енергоносіїв, будівельно-конструктивні методи зменшення енергоспоживання використання поновлювальних і вторинних джерел енергії.

Для мікрорайонних систем розподілу теплової енергії зменшення споживання енергії можна забезпечити розв’язавши наступні задачі: організація абонентського обліку витрат енергії; зменшення втрат при транспортуванні; впровадження сучасних схем і засобів автоматизації технологічних процесів.

РОЗДІЛ 1

Складові централізованої системи вироблення і розподілу теплоти для міста

Системи теплопостачання призначені для створення комфортного мікроклімату у приміщеннях, забезпечення гарячою водою для господарсько - побутових потреб споживачів і витрати теплоти для технологічних процесів на промислових підприємствах. При оцінках ефективності функціонування системи теплопостачання беруть до уваги такі чинники: непродуктивні втрати енергії, надійність, екологічність та вартісні показники. Заходи з підвищення енергоефективності теплопостачання повинні бути спрямовані на забезпечення необхідних параметрів процесу теплопостачання при оптимальному співвідношенні витрат ресурсів для вироблення, транспортування та використання теплової енергії та забезпечення економічного ефекту. До структури системи входять джерела теплоти, теплові мережі, системи використання теплової енергії у споживачів..

Досвід використання крупних систем теплопостачання свідчить , що надійна експлуатація системи не можлива без створення проміжних ступенів джерелами енергії і інженерними системами використання теплоти, якими стали тепло розподільні станції (ТРС). Призначення ТРС полягає у приєднанні інженерних систем споживачів теплоти до зовнішніх теплових мереж, розподілу теплових навантажень між системами, корегуванні автоматичному корегуванні процесами споживання енергії [1].

За останні десятиріччя розвитку системи централізованого теплопостачання здійснювався у напрямку концентрації теплових потужностей і створенні групових теплових підстанцій великої потужності. Наприклад,за даними [2] в місті Харкові майже 80% теплового навантаження будівелі споруд обслуговують 120 теплорозподільних станцій потужністю від10МВт до 70МВт.

На теплорозподільних станціях встановлюють таке обладнання: водо підігрівніустановки,пристрої для реалізації схеми приєднання розподільної мережі опаленн, вимірювальні прилади і засоби автоматизації. Частіше у схемах центральних теплових пунктів для приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання застосовують двоступеневі схеми. Такі схеми виникли через бажання більш повного використання теплоти, яка надходить до мікрорайонів. А саме використання теплоти, яку містить теплоносій у зворотному трубопроводі системи опалення. Завдяки впровадженню двоступінчастих схем приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання можна забезпечити зменшення загальних витрат нагрівного теплоносія через тепловий пункт. Крім того, це дозволяє зменшити потужність мережних насосів.[3,4].

Для міста Харковахарактерна така система подачі теплової енергії:

- розподіл виробленої на ТЕЦ і районних котельнях теплоти між окремими будівлями;

-вироблення і розподілтеплової енергії від квартальних котелень.

Річна потреба міста Харкова в тепловій енергії становит 8,3 млн. Гкал. Приблизно 67% споживачів теплоти - житлові будівлі майже 18% - адміністративні, громадські та інші будівлі, 15% - промислові підприємства.

РОЗДІЛ 2

Теплові мережі

2.1 Приєднання інжнерних систем до теплових мереж.

Приєднання інжнерних систем споживання тепловодої енергії здійснюють за допомогою спеціальних теплових пунктів. Встановлене на них обладнання забезпечує розподіл теплоносія корегування теплових і гідравлічних режимів теплопостачання. Для організації обліку споживання теплоти на теплових пунктах встановлюють витратоміри і лічильники теплової енергії. Тепловий пункт, який призначений для приєднання інжнерних систем однієї окремої будівлі, називають індивідуальним. Тепловий пункт, який здійснює приєднання групи будівель, називають центральним. Центральний тепловий пункт розміщують в окремій будівлі.

Залежно від виду приєднаних інжнерних систем різновиди теплових пунктів:

1. теплові пункти для подачі теплоти до системи гарячого водопостачання з підігрівом води до температури 55-60°С;
2. теплові пункти для подачі теплоти приєднання систем опалення (максимальна температура теплоносія для житлових будівель95°С, громадських споруд 105°С);
3. теплові пункти, що забезпечують приєднання і системи гарячого водопостачанняня і системи опалення.[4]

За способом забезпечення споживача гарячою водою для госплодарсько-побутових потреб розрізняють відкриті і закриті системи. У відкритих системах витрати води для госплодарсько-побутових потреб і опалення відбувається з загального теплопроводу. У системах другого типу для приєднання інжнерних систем використовують теплообмінні апарати. Тип і конструктивні параметри теплообмінного апарату обирають залежно від роду теплоносія, його тиску і температури.

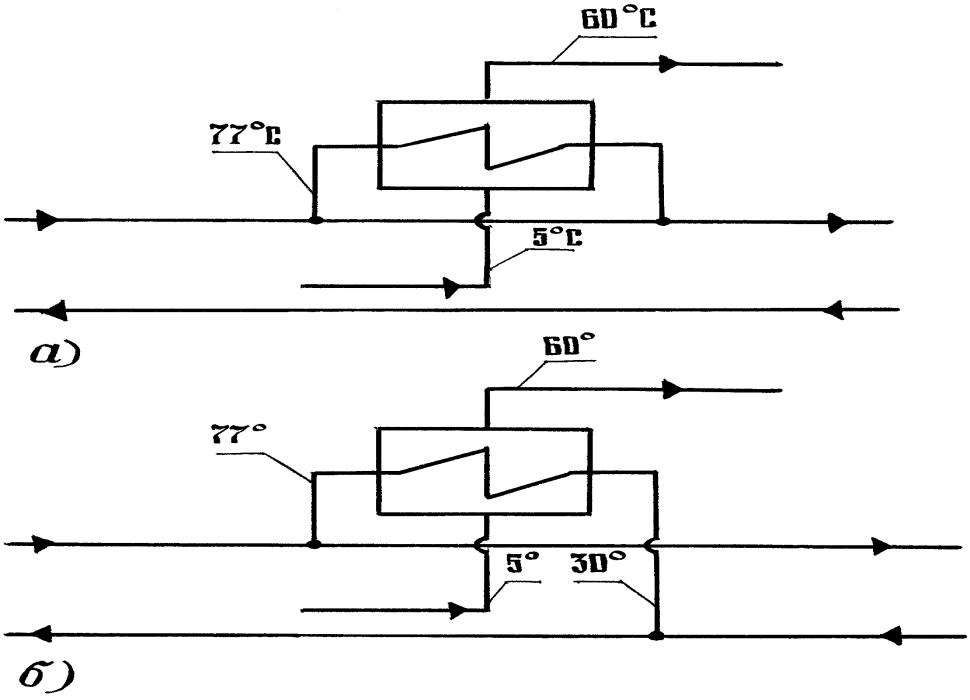


Рис. 2.1. - Одноступінчасте приєднання теплообмінних апаратів

а – параллельна схема; б — передвключена схема

Схему приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання вибирають залежно від співвідношення величин максимальних витрат теплоти для потреб гарячого водопостачання і максимальних витрат теплоти на опалення:

$$\beta = \frac{Q_{h,max}}{Q_{o,max}}$$

На рис. 2.1 наведено приєднання теплообмінників за одноступінчастою схемою. Якщо співвідношення величин максимальних витрат теплоти для потреб гарячого водопостачання і максимальних витрат теплоти на опалення більше одиниці рекомендовано паралельне приєднання підігрівників.

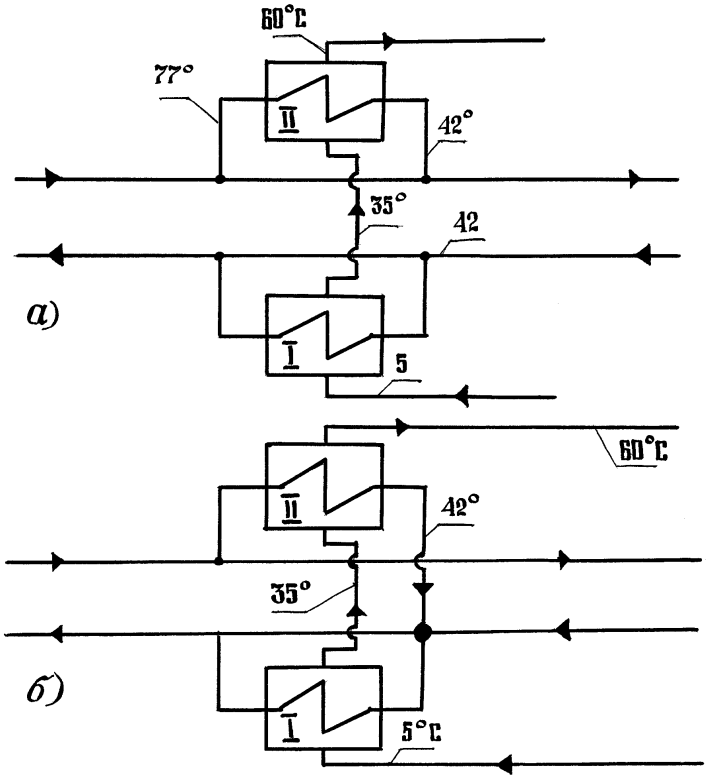


Рис. 2.2- Двоступінчасте приєднання теплообмінників для підігріву гарячої води

а- послідовна схема ; б- змішана схема

Якщо $\beta < 0{,}15$ рекомендовано вують передвключену схему приєднання, щр наведена на рис.2.1,б.

На рис.2.2 показана двоступеневі схеми приєднання теплообмінних апаратів, які застосовують для приготування гарячої води.Використання теплоти теплоносія у зворотних трубопроводах систем опалення дозволяє зменшити витрати теплоносія з теплових мереж і, як наслідок, зменшити діаметри магістральних теплопроводів і потужність насосів, встановлених на джерелі теплоти..

Якщо співвідношення максимальних витрат теплоти для потреб гарячого водопостачання і максимальних витрат теплоти на опалення:знаходиться у межах $0{,}3 < \beta < 0{,}6$ економічно доцільне використання схеми, що наведена на рис.2.2,а. Якщо величина співвідношення максимальних витрат теплоти для

потреб гарячого водопостачання і максимальних витрат теплоти на опалення:знаходиться у межах від 0,6 до 1,0 доцільно використовувати схему, що наведена на рис.2.2,б. Відмінність вказаної схеми від приєднання, що наведено на рис.2.2,а полягає у змішуванні потоку мережної води після системи опалення і потоку мережної води після теплообмінників другого ступеня.

Теплова продуктивність апаратів першого ступеня не регулюється. Регулювання продуктивності установки в цілому здійснюється зміною теплової продуктивності другого ступеня, яке відбувається завдяки зміною витрат мережної води з подавального трубопроводу магістральних мереж. Для цього задіяні автоматичні регулятори, які змінюючи витрати теплоносія підтримують температуру гарячої води на виході з установки на потрібному рівні.

Крім теплообмінних апаратів, які забезпечують роботу гарячого водопостачання, на теплових пунктах встановлюють циркуляційні насоси, запірно-регулюючу арматуру. У схемах тепло розподільних станцій можливе використання спеціальних насосів для підвищення напору водопровідної води від рівня, який вона має у міській магістралі водопостачання до рівня, необхідному для умов конкретного мікрорайону (максимальна кількість поверхів забудови, довжина трубопроводів). Такі насоси можна приєднати або за послідовною або за паралельною схемою

Для автоматичного керування тепловими режимами у схемах теплорозподільних станцій передбачено встановлення регуляторів тиску,

витрат і температури (рис.2.3).

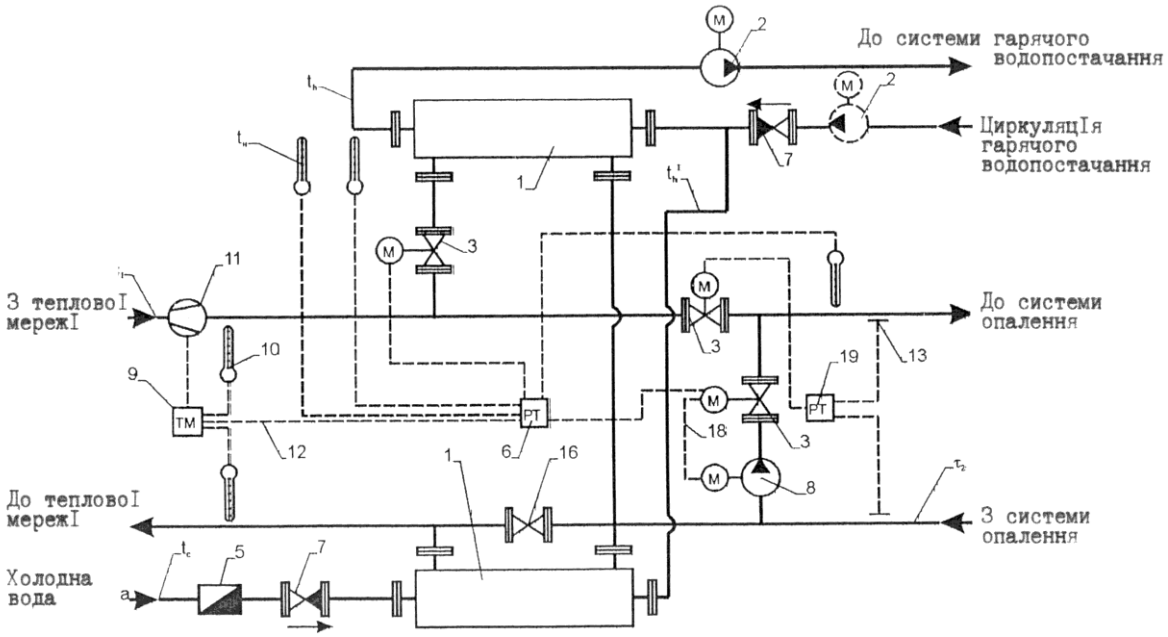


Рис. 2.3. - Принципова схема центрального теплового пункту з двоступінчастим приєднанням водопідігрівників гарячого водопостачання (ГВ): 1 – підігрівник ГВ; 2 – циркуляційний насос ГВ; 3 – регулюючий клапан з електроприводом; 4 – регулятор перепаду тиску; 5 – водомір холодної води; 6 – регулятор споживання теплоти на опалення, ГВ та обмеження максимальних витрат сітьової води на вводі; 7 – зворотний клапан; 8 – підмішуючий насос; 9 – тепловий лічильник; 10 – датчик температури; 11 – датчик витрат води; 12 – сигнал обмеження максимальних витрат води з теплової мережі; 13 – датчик тиску води в трубопроводі; 18 – сигнал вмикання насосу; 19 – регулятор перепаду тиску.

Встановлення регуляторів тиску забезпечує незмінність тиску теплоносія у системі опалення. Облік спожитої теплової енергії здійснюється за допомогою спеціальних лічильників [5].

2.2. Основне обладнання вузла приєднання окремої будівлі до розподільних теплових мереж.

Встановлення у будівлі індивідуального теплового пункту (ІТП) буде рішенням проблем які існують сьогодні.. Теплову схему вузла приєднання будівлі складено з рекуперативних теплообмінників (переважно пластинчастих), насосів для організації циркуляції гарячої води для запобігання охолодження води у системі; приладів обліку ресурсів; засобів автоматичного керуваннями тепловими і гідравлічними режимами.

Перевагами використання індивідуальними тепловими пунктами є

-можливість переходу до двотрубної схеми організації розподілу теплоти;

- можливість впровадження абонентського регулювання температури води у системі опалення з урахуванням характеристик споруди і температури зовнішнього повітря;

-можливість організації проведення обліку тепла безпосередньо у кожного споживача

Вимоги які предявляють до ІТП

Для більш комфортного розбору в індивідуальних теплових пунктах, їх можна характеризуватися завдяки наступним моментам :

- ціна яка є доступною для більшості споживачів;
- конструкція котра є дуже простою - що забезпечує високу надійність;
- немаючи допоміжної електроенергії маємо можливість працювати;
- типорядностю – що дозволить робити легкий вибір комплектації;
- різними модифікаціями - для обліку місцевих умов і вимог; [6]

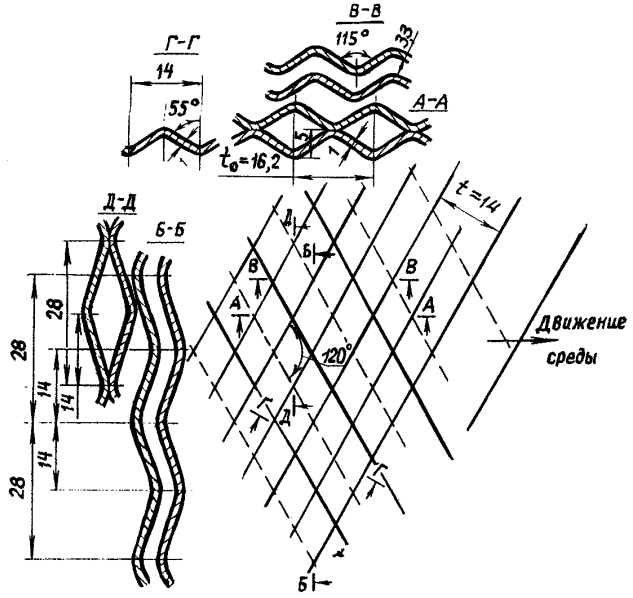
2.3. Основне обладнання індивідуальних теплових пунктів

Комплекс який зв’ язує мережі подачі тепла із споживачем, тим самим реалізують можливу схему приєднання, називають тепловим пунктом. Теплові пункти бувають двох видів індивідуальні (ІТП) та центральні (ЦТП). У переході до центральних теплових пунктів можуть бути свої переваги і недоліки. Перш за все така конструкція квартальних мереж теплопостачання збільшила їх вартість окрім цього і втрати теплоти під час транспортування, але і дуже сильно ускладнила їх експлуатацію. Переваги ЦТП вважається наступне:

- якщо сумарної поверхні підігрівачів зменьшити то це призведе до зменшення коефіцієнта максимального споживання теплоти у системі водопостачання та скорочення надлишків поверхні теплообміну, які утворюються в індивідуальних установках при компонуванні підігрівачів зі стандартних секцій;

- кількості автоматичних приладів будє зменшена окрім цього зменшення насосних установок для створення циркуляції яка виникає у системі гарячого водопостачання;
- скорочення численності обслуги і кращі умови для впровадження дистанційного управління відпуском теплоти.

Як підігрівники води на теплових пунктах використовують рекуперативні теплообмінні апарати. Останні десятиліття в основному застосовують пластинчасті теплообмінні апарати.



речовини

рух

Рис. 2.4 - Переріз міжпластинного каналу

Таблиця 2.1 - Конструктивні характеристики теплопередаючих пластин

Показники	Типи пластин						
	Р 0,3	0,5 м*	0,5**	Р0,6	РСО,5	НО,I	НІ,О
Площа поверхні нагріву, м^2	0,3	0,5	0,5	0,6	0,5	0,1	1,0
Еквівалентний діаметр каналу, м	0,008	0,0095	0,0091	0,0074	0,0096	0,00885	0,007
Площа перерізу ка налу, м^2	0,0011	0,0024	0,002	0,0026	0,003	0,0064	0,00376

Продовження табл. 2.1

Зазор для руху речовини в каналі, м	0,004	0,005	0,0045	0,0045	0,0042	0,0045	0,006
Наведена довжина каналу, м	1,12	1,0	1,18	0,893	0,835	0,8	1,0
Маса однієї пластини, кг	3,2	5,5	6,6	6,5	5,5	0,55	7,3

Примітки: "Р" ' для розбірних конструкцій апаратів; "РС" "- напіврозбірних; "Н" - нерозбірних;

* - пластина з гофрами "в ялинку";

** - пластина з горизонтальними гофрами

Теплообмінні апарати виробляють в трьох модифікаціях: розбірні, напіврозбірні, нерозбірні.

Таблиця 2.2 - Технічні характеристики пластинчастих теплообмінних апаратів

Показник	Типи пластин							
Типи апаратів	розбірні			напіврозбірні			нерозбірні	
Робочі середовища	Вода-вода			Вода-вода			Пара-пара	
	РО,05	РО,3	РО,6	РСО,25	РСО,35	РСО,5	НО, І	Н і,О
Витрати середовища, м³/год - через апарат	6	50	200	70	60	200	50	300

Продовження табл. 2.2

- через один канал	0,1-0,8	0,4-2,5	0,7-5	0,4-3	0,4-3	1-8	0,2-1,5	1,2-9
Площа теплообмінної поверхні, м2 - пластини	0,05	0,3	0,6	0,25	0,35	0,50	0,1	1,0
- апаратів (безперервний ряд)	0,5-6	3-25	10-160	5-50	12-35	1-50	2,5-8	40-200
Діаметр штуцерів (найбільший), мм	25	65	200	80	800	200	65	350
Припустимі температури середовищ, 0С	10 до +100	20 до +100	20 до +100					

Таблиця 2.3 – Габаритні розміри теплообмінників з пластинами РО,3 /11/

Товщина пластин	Номінальна площа поверхні теплообміну, м^{2*}	Кількість пластин	Розміри, мм				Маса, кг	
			L	L_1	L_2	L_3	загальна	деталей з нержавіючої сталі
Виконання 1								
0,8	3	12	60	150	340	410	279	31

Продовження табл. 2.3

1,0			60	155	340	410	286	38
1,0			100	195	380	450	323	65
0,8			140	230	440	510	342	77
1,0			155	240	440	510	362	97
0,8			170	260	480	550	363	92
1,0			175	270	480	550	387	116
Виконання 2								
0,8	12,5	44	205	295	740	800	397	112
1,0			215	305	740	800	425	141
0,8	16	56	260	350	840	900	436	143
1,0			270	360	840	900	472	179
0,8	20	70	320	410	950	1100	481	179
1,0			335	425	950	1100	526	224
0,8	25	86	390	480	1065	1130	527	220
1,0			410	500	1065	1130	587	275

* - площа поверхні теплообміну може бути безперервною кратною 0,3 м^2 від 3 до 10 м^2 і від 12,5 до 25 м^2

РОЗДІЛ 3

Чотирьох та двохтрубна система опалень

3.1 Особливості переходу до двотрубної схеми теплопостачання мікрорайонів

1. При переході від чотиритрубної системи централізованого теплопостачання мікророайонів до двотрубної необхідне встановлення індивидуальних теплових пунктів у будівлях з теплообмінниками гарячого водопостачання, приєднаними до мереж теплопостачання за одноступінчастою паралельною схемою. При цьому слід очікувати, з одного боку, зменшення сумарної площі поверхні теплообміну підігрівників у порівнянні з величиной площі загальномікрорайонної установки при чотирихтрубній системітеплопостачання; з другого боку – зростання витрат мережної води для потреб гарячого водопостачання. Найбільше зниження теплообмінників гарячого водопостачання для площі поверхні, зафіксовано для будівель з більшою кількістю мешканців або більшою кількістю поверхів. Для умов що були розглянуті, можна побачити зростання витрат води з теплових мереж для потреб гарячого водопостачання становить від 20 до 44%.

2. Зменшення очікуваних річних втрат теплоти у трубопроводами у теплових мережах при переході до двотрубної системи знаходиться у межах 17-25%. Більш помітне зменшення теплових втрат зафіксовано у випадку використання існуючої (при чотиритрубній системі) опалювальної мережі.

3. Економічний ефект переходу до двотрубної схеми теплопостачання груп будівель допоможе зменшити витрати теплоти для потреб гарячого водопостачання завдяки зменшенню непродуктивних витрат води

3.2. Оцінка зміни теплообмінної поверхні водопідігрівачів при переході на двотрубну мікрорайонну систему теплопостачання

Порівняння сумарної площі поверхні теплопередачі теплообмінних апаратів водопідігрівних установок для встановлення на індивідуальних теплових пунктах будівель мікрорайону і площі поверхні теплопередачі апаратів встановленої на ЦТП установки централізованого гарячого водопостачання мікрорайону проведено на прикладах ідеалізованих груп будівель. При обчисленнях прийнято, що теплообмінники гарячого водопостачання, які встановлено на індивідуальних теплових пунктах, приєднані до теплових мереж за одноступінчастою схемою (рис.3.1).

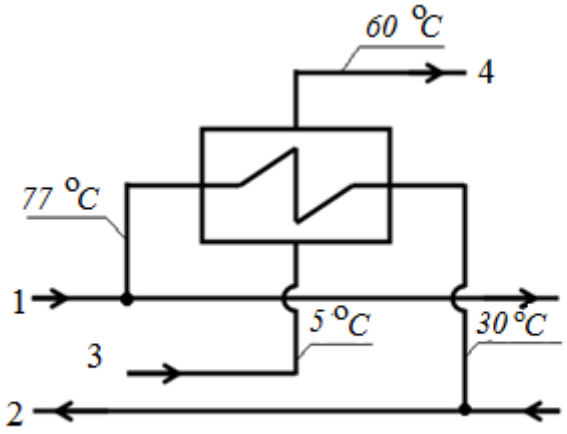


Рис.3.1.- Одноступінчаста схема приєднання теплообмінників гарячого водопостачання до теплових мереж

1,2 – подавальний і зворотний трубопроводи теплових мереж відповідно; 3 – трубопровід холодної воли; 4 – подавальний трубопровід гарячої води

Для знаходження максимальних витрат теплоти на гаряче водопостачання використано формулу

$$Q_{h\,max} = (a + b) \cdot m \cdot c \cdot (t_г - t_х) \cdot (К_ч + К_{тп})/T, \qquad (3.1)$$

де a, b – добова норма споживання гарячої води у житлових та громадських будівлях відповідно; $К_{тп}$ – коэфіцієнт, що залежить від типу системи гарячеоо водопостачання та особливостей виконання; Т –інтервал часу, с.; $К_ч$ – коефіцієнт годинної нерівномірності споживання гарячої води; m – кількість мешканців.

Для найбільш вживаних систем з пристроями для сушіння рушників та неізольованими стояками без зовнішніх розподільних мереж гарячого водопостачання рекомендовано приймати $К_{тп}$ = 0,3. Значення коефіцієнтів годинної нерівномірності споживання гарячої води залежно від кількості мешканців подано у табл.3.1. Наведені дані свідчать, що для об’єктів з меншим числом споживачів води слід очікувати зростання витрат води а отже і витрат теплоти для потреб гарячого водопостачання

Таблиця 3.1.– Коефіцієнти годинної нерівномірності споживання гарячої води

Коефіцієнти годинної нерівномірності при кількості мешканців								
150	250	350	500	700	1000	3000	6000	10000
5,15	4,30	4,10	3,75	3,50	3,27	2,85	2,70	2,60

Теплообмінну поверхню водопідігріників визначено з рівняння теплопередачі за максимальним навантаженням горячого водопостачання

$$F=Q_{h,max}/(K\Delta t_{ср}), \quad (3.1)$$

де К – коэфіціент теплопередачі; $\Delta t_{ср}$ – середня логарифмічна різниця температур водиі нагрівного теплоносія.

Тепловий розрахунок для пластинчастих теплообмінних апаратів, які широко використовують останнім часомдля обладнання теплових пунктів,можна виконати за відомими методиками.Обчислення площі поверхні теплопередачі водопідігріників здійснено у припущенні, що коефіціент теплопередачіоднаковий для теплообмінників з різною тепловою продуктивністю. Таке припущення базується на наступному. Коефіціент теплопередачі теплообмінного аппарата визначають заформулою

$$K=(\frac{1}{\alpha_1}+\delta_{ст}+\delta_{зб}+\frac{1}{\alpha_2})^{-1}, \quad (3.2)$$

де α_1, α_2 – коефіцієнти теплообміну, відповідно, між гріючою та «холодною» речовиною і стінками апарату; $\delta_{ст}$, $\delta_з$ – термічний опір стінки каналу та відкладень на стінках відповідно.

Термічний опір стінок каналів пластинчастих теплообмінниківзмінюється в межах (0,047-0,063)*10^{-3}м^2°С/Вт, термічний опір можливих відкладень на стінках теплообмінних апаратів для гарячого водопостачання відповідно до становить 0,00048 м^2°С/Вт і є найбільшою величиною із складових опору теплопередачі для апарату. У діапазоні зміни коефіцієнтів теплообміну(4000-12000) Вт/(м^2°С), характерному для водо-водяних теплообмінників, коэффициент теплопередачі змінюється у діапазоні 1200-1500 Вт/(м^2°С). У подальших обчисленнях прийнято значення 1300 Вт/(м^2°С). Для одноступінчастої схеми приєднання теплообмінників гарячого водопостачання

до теплових мереж середня логарифмічна різниця температур для умов нагріву води від 5 до 60°С и значениях температур мережної води у точці зламу графіка температур становить 28,85°С. Результати розрахунку площі поверхні теплопередачі теплообмінних апаратів гарячого водопостачання для встановлення на індивідуальних теплових пунктах будинків 5-ти, 9-ти, 12-ти і 16-типоверхової забудови подано у табл.3.2. Обчислення здійснено із розрахунку витрат гарячої води мешканцями однієї квартири 367,5л за добу і кількості квартир на поверсі житлового будинку 4.

Таблиця 3.2. – Результати розрахунку площі теплообміну водогрійної установки для індивідуальних теплових пунктів житлових будинків

Характеристики будівель	5 поверхів		9 поверхів			12 поверхів		16 поверхів	
	Кількість секцій будівлі								
	4	9	3	4	6	4	6	1	2
Тепловае навантаження гарячого водопостачання МВт	0,288	0,356	0,395	0,571	0,846	0,722	1,01	0,302	0,57
Площа теплообміну,м^2	7,68	9,48	10,53	15,23	22,56	19,26	26,85	8,06	15,2

Здійснено порівняння величин сумарної площі поверхні водопідігрівників ІТП будинків і площі поверхні мікрорайонної підігрівної установки гарячого водопостачання,що використовується при чотиритрубній системі (F_o). Значення F_o знайдено при умові, що підігрівну установку приєднано до теплових мереж за двоступінчастою змішаною схемою (рис.4.3). Двоступінчасті схеми застосовують з метою використання теплоти, яку містить теплоносій на виході з системи опалення. Для цього зворотний трубопровід мікрорайонної опалювальної мережі приєднують до входу першого ступеня ВПУ, забезпечуючи тим самим нагрівання водопровідної води до температури $t_{h,1}$= 20-35°С. При цьому вибір значення температури $t_{h,1}$суттєво впливає і на конструктивні параметри, і на показники економічності роботи обладнання. Збільшення значення температури нагрівання води на першому ступеню обумовлює зростання теплової продуктивності теплообмінних апаратів першого ступеня, що забезпечується збільшенням площі поверхні теплопередачі апаратів. Незважаючи на зменшення площі поверхні

теплообмінників другого ступеня, при зростанні температури $t_{h,1}$, як правило має місце збільшення загальної площі поверхні підігрівників гарячої води. Рекомендоване значення температури води що тече у водопроводі після першого ступеня повинно бути на 7-12℃ тобто температура мережної води у трубопроводі який є зворотнім у системи подачі тепла при температурі повітря з зовнішной сторони у точці зламу графіка температур, що становить $t_{h,1}$=25-30℃. При подальших обчисленнях прийнято $t_{h,1}$= 30℃; температуру холодної і гарячої води прийнято рівними $t_{\text{х}} = 5℃$ і $t_{\text{г}} = 60℃$. Роозрахункову температуру мережної води на вході до теплообмінних апаратів першого ступеня згідно з рекомендаціями прийнято τ_2'=42℃. Температура мережної води на вході й виході другого ступеня становить відповідно τ_1'=77°С та τ_2'=42℃.

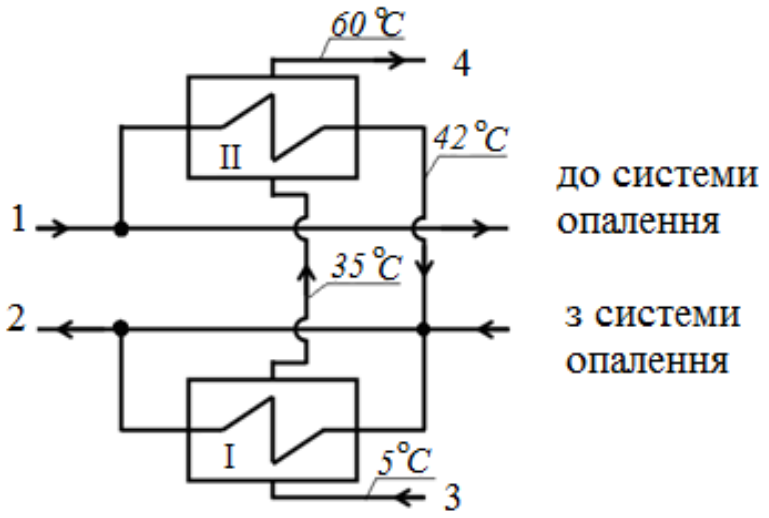


Рис.3.2.-Двоступінчаста змішана схема приєднання теплообмінних апаратів для гарячого водопостачання до мереж теплоти

1,2 – подавальний трубопровід і зворотний трубопровід мереж теплопостачання; 3 – трубопровід холодної воли; 4 – подавальний трубопровід гарячої води; I, II – перший та другий ступені підігрівної установки

Теплову продуктивність теплообмінників першого (Q_1) та другого (Q_2) ступенів при двоступінчастій змішаній схемі приєднання обчислюють за формулами

$$Q_1 = Q\frac{t_{h,1} - t_x}{t_r - t_x} \quad (3.2)$$

$$Q_2 = Q - Q_1 \quad (3.3)$$

де Q – максимальниї рівень витрат тепла.

Витрати води через другого ступеня теплообмінні апарати обчислюють за формулою

$$G_2 = \frac{Q_2}{C\ (\tau_1' - \tau_2')}\ , \quad (3.4)$$

де, τ_1', τ_2' –відповідно, температура води у подавальному і зворотному трубопроводі теплових мереж у точці зламу графіка температур.

Витрати мережної води через теплообмінники першого ступеня обчислюють як суму витрат через другий ступінь і систему опалення G_o за формулою

$$G_1 = G_2 + G_o, \quad (3.5)$$

$$G_o = \frac{Q_o}{C(\tau_{1,p} - \tau_{2,p})}, \quad (3.6)$$

де $\tau_{1,p}$, $\tau_{2,p}$–відповідно, температура води у подавальному і зворотному трубопроводі теплових мереж для розрахункового для опалення режиму; Q_o –максимальні витрати теплоти на опалення.

При обчисленнях прийнято,що температура нагріву води на першому ступеню дорівнює 25°С, коефіцієнти теплопередачі в апаратах ступеніводнакові і дорівнюють1300 Вт/(м^2*°С). Кількість мешканців у будівлях житлової групи прийнятоприблизно однаковою для варіантів і рівною 10000 мешк. (Q_{hmax} = 8,67 МВт). Навантаження гарячого водопостачанняя враховує також витрати теплоти для громадських будівель мікрорайону (0,412 МВт). Максимальне опалювальне навантаження дорівнює 15,69 МВт, площа поверхні теплообміну мікрорайонної ВПУ - 395,3 м^2 (134,3 м^2 – на першому ступеню і

261 м^2 – на другому). Характеристики варіантів забудови микрорайонів та співідношення сумарної розрахункова площі поверхні теплообмінників гарячого водопостачання для ІТП (будівель (F/F_o) і площі теплопередачі встановлених на ЦТП теплообмінників наведено у табл.3.3 і на рис.3.3.

Таблиця 3.3 – Порівняння варіантів обчислень площі поверхніпідігрівних установок гарячого водопостачання

Номер варианта	Характеристика забудови(кількість будівель з вказаною кількістю поверхів і кількістю секций будинку)									Кількість мешканців	F/F_o
	5 поверхів		9 поверхів			12 поверхів		16 поверхів			
	кількість секций будинку										
	3	4	3	4	6	4	6	1	2		
1	1	35	-	-	-	-	-	-	-	10010	0,89
2	-	14	-	6	4	-	-	-	-	9968	0,82
3	-	-	-	20	-	-	-	-	-	10080	0,80
4	-	-	-	6	-	-	7	-	-	10080	0,73
5	-	-	-	-	-	6	4	1	2	10080	0,77

Результати обчислень апроксимовані формулою

$$F/F_o = \overline{Э}/(1{,}42\overline{Э} - 1{,}3), \qquad (3.7)$$

де $\overline{Э}$ - середня кількість поверхів забудови.

Формула (3.7) узагальнює результати обчислень для ідеалізованих груп будівель з похибкою не більше 5,3%, що є задовільним для проведення попередніх оцінок зміни площі поверхні теплопередачі підігрівників гарячого водопостачання при переході до двотрубної схеми теплопостачання мікрорайонів.

Результати обчислень за формулою (3.7) порівнювались з результатами обчислення площі поверхні теплопередачі за методикою .[…..]. Співставлення результатів проведено у табл.3.4 і на рис.3.3. З рис. 3.3 видно,що розбіжність

обчислень за запропонованою формулою і обчислень для житлового мікрорайону становить приблизно 7,5%, що можна вважати припустимим.

Таблиця 3.3.- Площа поверхні теплопередачі підігрівників гарячого водопостачання для індивідуальних теплових пунктів будівель

№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F, м^2	0.102	69.56	8.77	25.68	17.16	14.71	12.04	12.51	96.7	0.26

∑=24152.9 – сума усіх площ

Таблиця 3.4 – Витрати мережної води для варіантів виконання мікрорайонів

Номер варіанта	1	2	3	4	5
Витрати мережної води на гаряче водопостачання, кг/с	89,7	83,29	80,79	91,14	77,54
Загальні витрати мережної води для теплопостачання(опалення + гаряче водопостачання), кг/с	136,54	130,13	127,63	138	124,4
Співвідношення витрат мережної води при двотрубній G_1 и чотиритрубній G_2 системі(G_1/ G_2)	1,58	1,51	1,48	1,6	1,44

Таблиця.3.5.–Характеристики микрорайонів

Показник	Варіант		
	1	2	3
Кількість поверхів житлових будівель	5	9	16
Довжина трубопроводів, м :			
-загальна	5320	3271	1938
-головної гілки	2120	1308	775
-відгалужень	3200	1963	1163

Обчислення характеристик системи для двохтрубної схеми здійснено у такій послідовності. За сумою теплових навантажень опалення й гарячого водопостачання обчислено витрати теплоносія. При визначенні діаметрів трубопроводів мережі використано максимальне теплове навантаження гарячого водопостачання, при обчисленні умовних витрат електроенергії для транспортування води мікрорайонною мережею – середньодобові витрати води, які знайдено з урахуванням коефіцієнта годинної нерівномірності споживання води. При необхідності, за формулою (3.7) обчислено нові значення діаметрів трубопроводів. Величину середнього діаметра трубопроводів мікрорайонної мережі в цілому використано при визначенні теплових втрат. Для обчислення гідравлічних характеристик викристано величину середнього діаметра головної гілки.

Розглянуто наступні схеми переходу до двотрубної системи. Перша схема передбачає використання мережі трубопроводів що використовують для опалення та вже існують для транспортирования збільшених витрат мережної води. За другою схемою необхідна зробити реконструкцію мереж для того щоб можна було говорити про збільшення діаметрів теплопроводів також для транспортування більшої кількості витрат теплоносія. Перша схема використовується для пов’язаня її з рівнем кількості втрат тиску і додатковими витратами електроенергії для насосів. При другій схемі виникає потреба у додаткових капітальних вкладеннях на проведення робіт демонтизації існуючої та прокладання нової системи труб теплопостачання. Вибір варіанта залежить від таких факторів як: термін експлуатації та стан теплових мереж (зносу трубопроводів, тепловоїізоляції), напору води на вводі до існуючого

мікрорайону, перевірка ресурсів що потрібні для проведення демонтажних робіт та робіт встановлення.

Аналізрезультатів обчислень показав, що при переході до двотрубної системи теплопостачання груп будівель за першою схемою слід очикувати зниження річних теплових втрат трубопроводами мережі на 25%. Однак через зростання витрат теплоносія й втрат тиску (збільшення потрібного напору дорівнює 10-30%) перехід за першою схемою потребує збільшення витрат електроенергії для транспортування мережею приблизно вдвічі.

При переході на двотрубну районну мережу за другою схемою зниження річних теплових втрат значно менше (18-19%). Оскільки необхідний тиск у цьому випадку залишається незмінним, вартість електроенергії для транспортування по мережі збільшується приблизно в 1,5 рази. Збільшення споживання електроенергії відбувається через збільшення витрати теплоносія.

Вибір стратегії переходу на двотрубну систему централізованого теплопостачання залежить від ряду факторів: особливостей гідравлічного режиму та ступеня зносу мереж; значення теплових навантажень; прийнята в початковому варіанті теплопостачання мікрорайону схема підключення теплообмінників гарячого водопостачання. При задовільному стані теплових мереж при виконанні попереднього утеплення будівель можливе використання існуючої системи теплопроводів, що дозволить знизити необхідні витрати на опалення та зменшити капіталовкладення на модернізацію та зменшить перехід на двотрубну систему опалення.

Таблица 3.11. – Характеристики груп будівель

Варіант / Показник	1	2	3	4	5
Загальна кількість мешканців	10000	10000	10000	10000	10000
Кількість індивідуальних теплових пунктів	50	20	10	3	2
кількість мешканців в одномубудинку, m_o	200	500	1000	3333	5000

Результати обчислень за формулою (3.9) подано у табл.3.12, які показують, що при переході до двотрубної системи теплопостачання без утеплення будівель слід очикувати суттєве зростання витрат мережної води. Враховуючи, що орієнтовна кількість мешканців у типовому жилому будинку, що має 3-6 секцій, дорівнює 500-1000, вказане підвищення становить приблизно від 30 до 50%.

Таблица 3.12. – Зміна витрат мережної води($\sum_{i=1}^{n} G_i/G_{\text{ЦТП}}$) без утеплення будівельних конструкцій будівель

Варіант / Співвідношення γ	1	2	3	4	5
0,6	1,58	1,42	1,33	1,18	1,14
0,8	1,66	1,503	1,39	1,215	1,17
1,0	1,765	1,56	1,43	1,24	1,19

РОЗДІЛ 4

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК МЕРЕЖ ПОДАЧІ ТЕПЛА

4.1. Гідравлічний розрахунок

Гідравлічний розрахунок існує та використовується для того щоб визначити потрібний діаметр для трубопроводів на окремих ділянках мереж якщо витрати теплоносія відомі і прийнятих питомих втратах чи також при припустимих втратах тиску чи також цей розрахугок може використовуватися з метою визначення перепадів тиску теплоносія на кожній ділянці і також в цілому на теплотрасі при витратах теплоносія що вже відомі та конструктивних параметрах тобто: довжина ділянок, діаметри трубопроводів, кількість та номенклатура запірної арматури тощо.

В горизонтальному трубопроводі втрати тиску визначаються як сума втрат тиску що трапляються при подоланні сил тертя між рідиною трубопровода та його стінками (ΔP_T) і втрат тиску у "місцевих опорах" (ΔP_M)[6], котрими являються запірна арматура, перехід трубопроводів з меншого на більший діаметр або навпаки, повороти потоку (коліна), тощо:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M. \tag{4.1}$$

Втрати тиску які виникають при подоланні сил тертя, можуть бути визначенні якщо відомі такі параметри як: діаметр трубопроводу d, його довжина l, визначення ламінарного або турбулентного руху речовини, виникаючі витрати речовини (швидкості W), шорсткість стінок внутрішньої поверхні трубопроводу і це все використовується у формулі:

$$\Delta P_T = \lambda_T \times \frac{l}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \tag{4.2}$$

де ρ - рідини що є густинною.

Коефіцієнт гідравлічного тертя λ_T можна визначити якщо відомо режим руху, який можна дізнатися завдяки величені критерію Рейнольдса і абсолютної та еквівалентної шорсткості на стінках трубопровода K_e. Для труб зробленних зі сталлі, які використовують для теплопроводів для яких важливо знати діапазон зміни числа Рейнольдса ($2300 < Re < Re_{пр}$), формула що використовується для розрахунку коефіцієнта гідравлічного тертя має вигляд [6]

$$\lambda_T = 0{,}11\left(\frac{K_e}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}, \qquad (4.3)$$

де $Re = Wd/\nu$ - це критерій Рейнольдса.

Якщо $Re \geq Re_{пр}$ тоді рух речовини не залежить від числа Рейнольдса і тоді для визначення коефіцієнта гідравлічного тертя використовують іншу формулу тобто:

$$\lambda_T = 0{,}11(K_e/d)^{0{,}25}, \qquad (4.4)$$

$$Re_{пр} = 568d/K_e.$$

Для водяних мереж приймають значення еквівалентної шорсткості K_e =0,5 мм, для паропроводів K_e=0,2 мм, для конденсатопроводів K_e=1,0 мм.

Також формулу (3.2) можна змінити, якщо ввести питомі втрати тиску використовуючі тертя на довжині трубопроводу 1 м:

$$\Delta P_T = Rl; \qquad (4.5)$$

$$R = \frac{\lambda_T}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \qquad (4.6)$$

Через величину витрат речовини (G) також можна змінити формулу для лінійних втрат тиску:

$$R = 0{,}8125\,\frac{\lambda_T G^2}{d^5 \rho}, \qquad (4.7)$$

$$G = \rho W \pi d^2 / 4, \qquad (4.8)$$

За формулами (3.3) - (3.6) були зробленні номограми для можливості розроблення гідравлічного розрахунку для мереж подачі тепла. На (Рис. 3.1) представлена номограма яка вікористовуется для розрахунків трубопроводів зроблених із сталі для теплових мереж які використовують воду. При цих розрахунках для водяних мереж їх питомі втрати тиску які виникають через тертя приймають [6] для ділянок магістралі що їдуть від джерела теплоти до споживача який віддалений більш за всіх - до 80 Па/м, для споживачів які відгалужені від магістралі - не більше 300 Па/м.

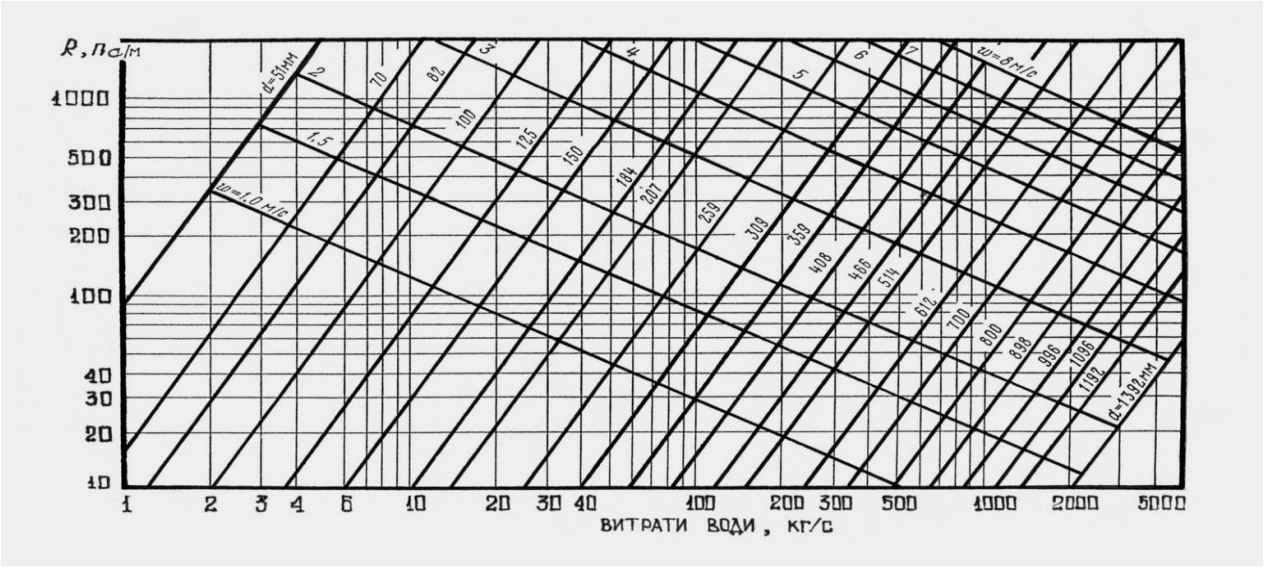


Рис.4.1. Номограма для розрахунку водяних теплопроводів ($К_е$ = 0,5мм)

У місцевих опорах втрати тиску можна визначити користуючись формулою (4.9), потрібно знати коефіцієнти місцевих опорів, або за формулою (3.10), використовуючи величину яка є еквівалентною довжині (l_e) для для

потрібних місцевих опорів.

$$|\Delta P_M = \Sigma \xi_м \frac{\rho W}{2}, \quad (4.9)$$

де $\Sigma \xi_м$ - сума коефіцієнтів на ділянці у місцевих опорах

$$\Delta P_м = R l_e. \quad (4.10)$$

Якщо дані про види місцевих опорів та їх кількість не визначенні еквівалентну довжину можна визначити використовуючі формулу

$$l_e = \alpha l, \quad (4.11)$$

де α - коефіцієнт, завдяки якому можна враховати частку падіння тиску в відносно падіння тиску виникаючого через тертя у місцевих опорах (Таблиця 3.1).

Місцеві опори на ділянках теплотраси можна врахувати, обчисливши величину α залежно від витрати води за формулою

$$\alpha = 0{,}019\sqrt{G}, \quad (4.12)$$

Таблиця 4.1

Коефіцієнт α потрібний для визначення сумарної еквівалентної довжини для місцевих опорів[6]

Типи конденсаторів	Умовний прохід труб $Д_у$, мм	Коефіцієнт α	
		Для паропроводів	Для водяних теплових мереж і
Транзитні магістралі			
Сальникові	До 1000	0,2	0,2

Продовження таблиці 4.1

П – подібні з гнутими відводами	300	0,5	0,3
П – подібні з зварними	200-300	0,7	0,5
	400-500	0,9	0,7
Розгалужені теплові мережі			
Сальникові	До 400	0,4	0,3
	450-1000	0,5	0,4
П – подібні з гнутими відводами	До 150	0,5	0,3
	175-200	0,6	0,4
	250-300	0,8	0,6
П – подібні з зварними відводами	175-200	0,8	0,6
	300-350	1	0,8
	400-500	1	0,9
	600-1000	1,2	1

Потужність насосів, необхідну для пересування води в теплових мережах, і витрати електроенергії для роботи насосів визначають за формулами

$$N = \frac{GHg}{1000\eta_н}, \text{ кВт}; \tag{4.13}$$

$$N_e = N \times T, \text{ кВт} \times \text{год}, \tag{4.14}$$

де G - витрати води, кг/с; H - потрібний напір води на виході з насоса, м. вод.ст.; $\eta_н$ - ККД насоса; T - тривалість роботи насоса, год.

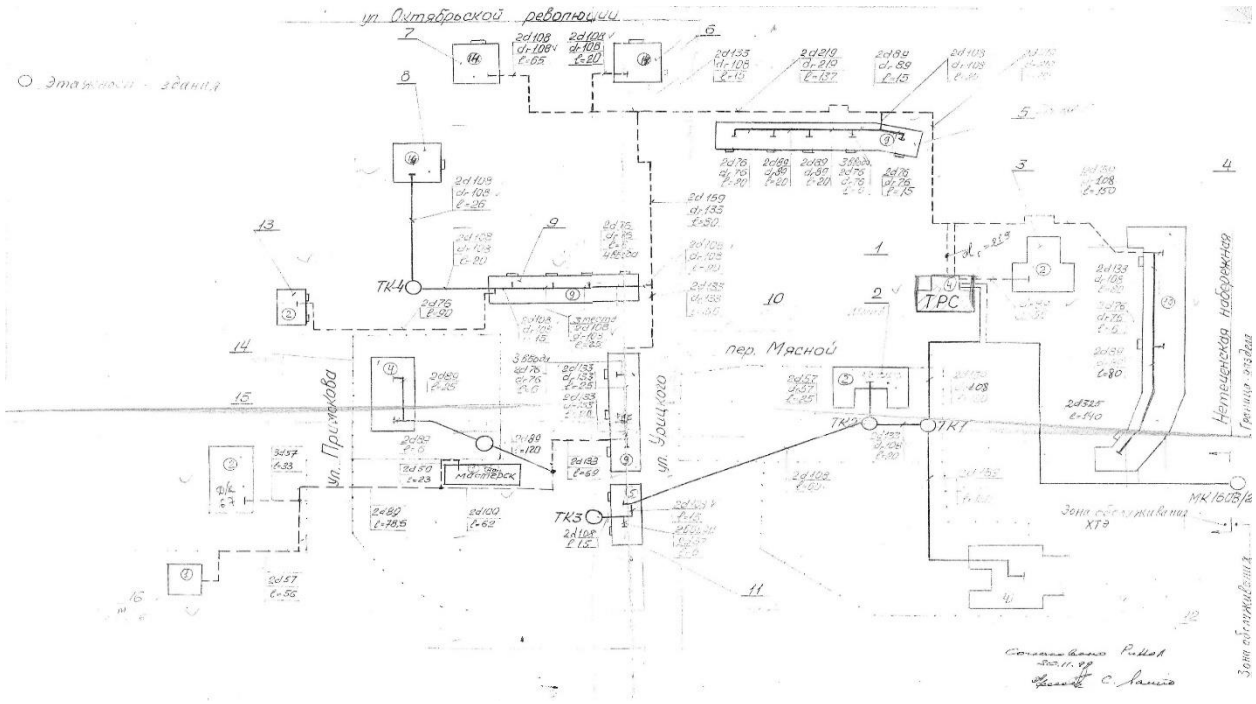


Схема 4.1 – Район в якому проводилися дослідження

4.2. Результати гідравлічного розрахунку для чотирьохтрубної системи теплопостачання

Сформована у великих містах України система централізованого теплопостачання характеризується чотиритрубною районною мережею та наявністю центральної теплової станції (ТЕЦ) з системою водяного опалення (ТЕЦ) для приготування гарячої води для побутових потреб населення. околиці. Завдяки встановленню індивідуального теплового пункту (ІТП) можна забезпечити перехід мікрорайону на двотрубну систему опалення, завдяки чому підігрів води буде виконуватися для окремої будівлі.

Перехід на двотрубну систему центрального опалення можна здійснити різними способами. У даній роботі розглядаються два способи переходу: залишити існуючу мережу для теплопостачання для переносу великих витрат води, яка повинна забезпечити повне покритя потреб в теплі для опалення будинку та гарячого водопостачання; реконструктувати мережу для того щоб збільшити діаметр теплопровода для того щоб транспортувати більшу кількості теплоносіїв. Перша схема працює на тому щоб втрати тиску були більшими.

Друга схема потребує додаткових але необхідних капіталовкладеннь для того щоб можна було робити демонтаж мережі яка сьогодні використовується та прокладку нової мережі. Потрібний варіант треба використовувати дивлячись на термін служби теплових мереж та їх стан (рівень зношеністі трубопроводів, теплоізоляції), тиску якиї виробляється магістральною водою на піджоді в мікрорайон, можливість фінансових вкладів для реконструкції окрім цього існують інші фактори які потрібно враховувати.

Для двотрубної схеми мережі теплопостачання розрахунки були виконані в наступній послідовності. Для навантаження опалення яке являється спільним з гарячім водопостачанням були виявлені втрати теплоносія, а коли ми знаходели діаметр для якого було використано максимальне навантаження для будинків для їх гарячого водопостачання, в момент розрахунку умовних втрат електричної води через мікрорайонну мережу – середньодобові, розраховано при тому щ обуло урахованно коефіцієнт що не є вода. Після цього, при необхідності ьули зробленні розрахунки для обчислення нових значеннь для діаметрів головної гілки також під час цих розрахунків було урахуванно відгалуженя котрі приєднанні до будівель. При визначенні гідравлічних характеристик було використино значення середнього діаметра.

Результати для гідравлічного розрахунку для трубопроводів системи теплопостачання представленно у табл. (4.2) та (4.3) відповідно.

Таблиця 4.2 – Результати гидравлічних розрахунків системи опалення

(4-х трубна система)

№	1 м	d, мм	G, кг/с	Q, МВт	питома R, Па/м	На ділянці Нуч, Па
Головна система (1 – 14)						
1 – 2	25	219	53.73	5.624	160	4800
2 – 3	40	219	29.45	3.084	50	2400
3 – 4	137	219	20.76	2.174	22	3617
4 – 6	50	159	15.55	1.628	60	3600
6 – 10	35	133	4.86	0.518	17	714
10 – 11	69	133	0.55	0.058	5	414
11 - 13	173	89	0.42	0.044	10	2076
Відгалуження системи (1 – 14)						
3 – 3’	30	108	8.69	0.91	240	
4 – 5	35	108	5.21	0.546	60	
6 – 7	40	108	10.6	1.11	220	
7 – 8	46	108	4.97	0.52	60	
7 – 9	90	76	0.48	0.05	17	
2 – 14	150	219	24.26	2.54	30	

Продовження табл. 4.2

11 – 12	120	89	0.13	0.014	5	
Головна система (1 – 19)						
1 – 16	70	159	33.38	3.5	300	
16 – 18	80	133	3.01	0.315	8	
18 – 19	97	108	2.3	0.24	15	
Відгалуження системи (1 – 18)						
16 – 17	90	159	30.37	3.18	250	
18 – 18'	35	159	0.716	0.075	120	

Таблиця 4.3 – Результати гидравлічних розрахунків системи гарячого водопостачання (4-х трубна система)

№	l м	d, мм	G, кг/с	Q, МВт	питома R, Па/м	На ділянці Нуч, Па
Головна система (1 – 14)						
1 – 2	25	219	21.1	4.86	30	900
2 – 3	40	219	21.1	4.86	30	1440
3 – 4	137	219	17.75	4.09	25	4110
4 – 6	50	133	5.16	1.188	25	1500
6 – 10	35	133	1.68	0.388	4	168

Продовження табл. 4.3

10 – 11	69	76	0.035	0.008	1.0	83
11 - 13	173	76	0.035	0.008	1.0	208
Відгалуження системи (1 – 14)						
3 – 3’	30	108	3.34	0.77	20	720
4 – 5	35	133	12.6	2.9	100	4200
6 – 7	40	108	3.47	1.11	40	1920
7 – 8	46	108	1.91	0.44	15	828
7 – 9	90	—	—	—	—	—
2 – 14	150	—	—	—	—	—
11 – 12	120	—	—	—	—	—
Головна система (1 – 19)						
1 – 16	70	133	12.6	2.903	105	8820
16 – 18	80	108	0.013	0.029	1.0	96
18 – 19	97	—	—	—	—	—
Відгалуження системи (1 – 18)						
16 – 17	90	133	12.6	2.9	120	12960
18 – 18’	35	57	0.013	0.0029	1.0	42

4.3. Результати гідравлічних обчислень для двотрубної системи теплопостачання

Гідравлічні обчислення трубопроводами подано у табл..4.4 – 4.5.

Таблиця 4.4

Результати гідравлічного розрахунку двотрубної системи теплопостачання

(при умові незмінності питомих втрат тиску)

№	l м	d, мм	Q, МВт	G, кг/с	питома R, Па/м	На ділянці Нуч, Па
Головна система (1 – 14)						
1 – 2	25	325	10.48	100.1	30	900
2 – 3	40	325	7.94	75.83	27	1296
3 – 4	137	325	6.26	59.8	25	4110
4 – 6	50	219	2.816	26.89	30	1800
6 – 10	35	159	0.906	8.65	24	1008
10 – 11	69	76	0.066	0.63	3	248
11 - 13	173	76	0.052	0.5	3	623
Відгалуження системи (1 – 14)						
3 – 3’	30	159	1.68	16.04	50	__
4 – 5	35	133	3.446	32.91	45	__

Продовження табл.4.4

6 – 7	40	189	1.91	18.24	30	__
7 – 8	46	159	0.96	9.17	30	__
7 – 9	90	76	0.05	0.48	10	__
2 – 14	150	219	2.54	24.28	35	__
11 – 12	120	89	0.014	0.13	10	__
Головна система (1 – 19)						
1 – 16	70	273	6.403	61.2	60	__
16 – 18	80	108	0.318	3.04	10	__
18 – 19	97	108	0.24	2.29	5	__
Відгалуження системи (1 – 18)						
16 – 17	90	273	6.08	58.06	40	__
18 – 18’	35	57	0.013	0.0029	10	42

Таблиця 4.5

№	l м	d, мм	Q, МВт	G, кг/с	питома R, Па/м	На ділянці Нуч, Па
Головна система (1 – 14)						
1 – 2	25	325	10.48	100.1	30	900
2 – 3	40	325	7.94	75.83	27	1296

Продовження табл.4.5

3 – 4	137	325	6.26	59.8	25	4110
4 – 6	50	219	2.816	26.89	30	1800
6 – 10	35	159	0.906	8.65	24	1008
10 – 11	69	76	0.066	0.63	3	248
11 - 13	173	76	0.052	0.5	3	623
Відгалуження системи (1 – 14)						
3 – 3’	30	159	1.68	16.04	50	__
4 – 5	35	133	3.446	32.91	45	__
Головна система (1 – 19)						
1 – 16	70	273	6.403	61.2	60	__
16 – 18	80	108	0.318	3.04	10	__
18 – 19	97	108	0.24	2.29	5	__
Відгалуження системи (1 – 18)						
16 – 17	90	273	6.08	58.06	40	__
18 – 18’	35	57	0.013	0.0029	10	42

РОЗДІЛ 5

ОБЧИСЛЕННЯ ВТРАТ ТЕПЛОТИ ТРУБОПРОВОДАМИ

5.1. Тепловий розрахунок для мікрорайону

Головною метою теплового розрахунку для теплових мереж є визначення теплового потоку в ізоляційному шарі та температуру, для існуючої конструкції ізоляції або розрахунок товщини для теплоізоляційного шару. Як вихідні дані для розрахунків в нашій роботі використовували відомі (задані або припустимі) величину теплового потоку (втрат теплоти через ізоляцію) також використовували значення температури на поверхні яка знаходиться зовні ізоляційної конструкції[12].

На практиці ми встановили максимальний рівень товщини для ізоляційного шару, для якої вагове навантаження, не перевищує припустиме (Таблиця5.1).

Таблиця 5.1

Припустима товщина для ізоляційного шару надземної прокладки та також прокладки в непрохідних каналах[2]

Надземна прокладка		Прокладка в непрохідних каналах		
Умовний діаметр, мм	Товщина, мм	Умовний діаметр, мм	Товщина для всіх трубопроводів, крім труб для транспортування	Товщина для трубопроводів гарячої води, мм
25	40	25	70	60

Допустимі втрати теплоти трубопроводами теплових мереж у непрохідних каналах і при безканальному прокладанні подано у таблиці 5.2

Таблиця 5.2

Норми теплових витрат ізольованими теплопроводами [2]

Зовнішній діаметр труб, мм	Питомий тепловий потік Вт/м				
	З поверхні зворотної труби при $t_{ср}=50^0C$	З поверхні подавальної труби	Сумарний при сумісній прокладці	З поверхні подавальної труби	Сумарний при сумісній прокладці
		При температурі подавальної труби, ^0C $t_{max}=95$, $t_{min}=40$, $t_{ср}=65^0C$		При температурі подавальної труби, ^0C $t_{max}=150$, $t_{min}=70$, $t_{ср}=90^0C$	
32	23	29	51	37	60
57	29	36	65	46	75

Продовження табл.5.2

76	34	41	75	52	86
89	36	44	80	57	93
108	40	49	89	63	103
159	49	60	109	76	124
219	59	72	131	92	151
273	70	84	154	104	174
325	79	94	173	116	195
377	88	-	-	124	212
426	95	-	-	141	236
478	106	-	-	153	260
529	117	-	-	165	282
630	133	-	-	188	321
720	145	-	-	211	356
820	164	-	-	233	397

При розрахунках теплоізоляційних конструкцій прийнято користуватись величиною питомого, віднесеного до одиниці довжини теплопроводу теплового потоку[10 - 12],

$$q_1 = \frac{Q}{L},\ q_1 = \frac{t - t_0}{R_1},\ \text{Вт/м}, \qquad (5.1)$$

де Q - тепловий потік (повний), Вт; t_0 - температура оточуючого середовища;

|t - температура теплоносія; L - довжина трубопроводу, м; t_0 - температура оточуючого середовища; R_l - повний термічний опір ізоляційної конструкції.

Повний термічний опір теплопроводу котрий прокладенний надземлею є сумою термічних опорів до внутрішньої стінки трубопроводу $R_{ВН}$, матеріалу труби $R_{СТ}$ основного ізоляційного шару $R_l^{ІЗ}$, покривного шару $R_l^{П}$, тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляційної конструкції в оточуюче повітря R_l^3:

$$|R = R_{ВН} + R_{СТ} + R_l^{ІЗ} + R_l^{П} + R_l^3; \qquad (5.2)$$

$$R_{ВН} = \frac{1}{\alpha_{вн}\pi d_{вн}}; \qquad R_{СТ} = \frac{\ln(d_т / d_{вн})}{2\pi\lambda_{ст}}; \qquad (5.3)$$

$$R_l^{ІЗ} = \frac{\ln(d_{із} / d_т)}{2\pi\lambda_{із}}; \qquad R_l^{П} = \frac{\ln(d_п / d_{із})}{2\pi\lambda_п}, \qquad (5.4)$$

$$R_l^3 = \frac{1}{\alpha_3\pi d_п}. \qquad (5.5)$$

Де $\alpha_{ВН}$ - коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до стінок труби. Використовані $d_{ВН}, d_т$ - внутрішній діаметр та зовнішнії. $\lambda_{СТ}$ позначається коефіцієнт теплопровідності матеріалу. $d_{із}, d_П$ - зовнішній діаметр покривного шару та внутріннії для ізоляційного; $\lambda_{із}, \lambda_П$ - коефіцієнт теплопровідності для основного ізоляційного та для покривного шарів; α_3 - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляційної конструкції до оточуючого повітря (може бути прийнятим 20,88 Вт/м^2°С при ω=5 м/с; 29 Вт/м^2°С при ω=10 м/с; 34,8 Вт/м^2°С при ω=15 м/с; ω - швидкість вітру).

Повний термічний опір при безканальній прокладці двотрубній для подавального та зворотного трубопроводів становить відповідно[2,12],

$$R_{l_1} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_1}^{із} + R_{l_1}^{п} + R_{l_1}^{гр} + R_{l_1}^{дод}; \quad (5.6)$$

$$R_{l_2} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_2}^{із} + R_{l_2}^{п} + R_{l_2}^{гр} + R_{l_2}^{дод}, \quad (5.7)$$

де $R_l^{гр}$ - термічний опір ґрунту; $R_{l_1}^{дод}, R_{l_2}^{дод}$ - додатковий термічний опір взаємного впливу теплопроводів відповідно для подавального і зворотного трубопроводів (при однотрубному прокладанні $R_l^{дод} = 0$).

Якщо відстань від поверхні ґрунту до вісі трубопроводу $H/d_{із}$ >1.25, термічний опір ґрунту визначають за формулою

$$R_l^{гр} = [\ln(4H/d_{із})]/(2\pi\lambda_{гр}), \quad (5.8)$$

де $\lambda_{гр}$ - коефіцієнт теплопровідності ґрунту .

$$R_{l_1}^{дод} = \psi_1 R_0, \quad (5.9)$$

$$R_{l_2}^{дод} = \psi_2 R_0, \quad (5.10)$$

де R_0 - фактор термічного опору взаємного впливу теплопроводів при двотрубній прокладці, м°С/Вт; ψ_1, ψ_2 - коефіцієнти, що визначають додатковий термічний опір відповідно для подавального і зворотного трубопроводів.

При однаковій глибині прокладки подавального і зворотного теплопроводів величину R_0 можна визначати за формулою

$$R_0 = \left[1/\left(2\pi\lambda_{гр}\right)\right]\ln\sqrt{1+\left(2H/k\right)^2}, \qquad (5.11)$$

де k - відстань між осями трубопроводів.

$$\psi_1 = \frac{\left(t_2 - t_{гр}\right)R_1 - \left(t_1 - t_{гр}\right)R_0}{\left(t_1 - t_{гр}\right)R_2 - \left(t_2 - t_{гр}\right)R_0}; \qquad (5.12)$$

$$\psi_2 = \frac{\left(t_1 - t_{гр}\right)R_2 - \left(t_2 - t_{гр}\right)R_0}{\left(t_2 - t_{гр}\right)R_1 - \left(t_1 - t_{гр}\right)R_0}. \qquad (5.13)$$

Тут R_1, R_2 це є сумарний термічний опір який визначається для подавального теплопроводу та зворотного теплопроводу; $t_{гр}$ позначається температура ґрунту на глибині де знаходиться осі трубопроводу; t_1, t_2 - температура теплоносія в подавальному трубопроводі та зворотному.

Таблиця 5.3

Місто	Зимня		Літня		Середньорічна	
	Глибина грунта, м					
	0,8	1,6	0,8	1,6	0,8	1,6
Київ	1	2,7	17,3	15,1	8,5	8,5

Одеса	3,2	5,5	23	19,6	12,7	12,5
Харків	1,5	2,7	17,1	15,7	8,8	8,9

Якщо стався випадок коли двотрубна прокладка розташовується в непрохідному каналі тоді повний термічний опір визначається сумою

- для подавального трубопроводу

$$R_{l_1} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_1}^{із} + R_{l_1}^{п} + R_{l_1}^{з} + R_{l_1}^{кан} + R_{l,гр}^{кан} + R_{l_1}^{дод}, \qquad (5.14)$$

- для зворотного трубопроводу

$$R_{l_2} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_2}^{із} + R_{l_2}^{п} + R_{l_2}^{з} + R_{l_2}^{кан} + R_{l,гр}^{кан} + R_{l_2}^{дод}, \qquad (5.15)$$

де $R_l^з$ - термічний опір тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляційної конструкції до повітря в каналі (обчислюють за формулою (5.5) при $\alpha_з = 8{,}12$ Вт/м^2 °С)[2]; $R_l^{кан}$ - термічний опір тепловіддачі від повітря в каналі до стінок каналу; $R_{l,гр}^{кан}$ - термічний опір ґрунту при канальних способах прокладки.

$$R_l^{кан} = 1/(\alpha_{кан}\pi d_e), \qquad (5.16)$$

де $d_e = P/\pi$ - діаметр, еквівалентний внутрішньому периметру (P) каналу; $\alpha_{кан}$ - коефіцієнт тепловіддачі від повітря в каналі до його внутрішньої поверхні.

$$R_{l,гр}^{кан} = [\ln(4H/d_e)]/(2\pi\lambda_{гр}), \qquad (5.17)$$

Термічний опір що є додатковим, та враховує взаємовплив теплопроводів, обчислюють за формулами[2]

$$R_{l_1}^{\text{дод}} = \psi_1^{\text{кан}} R_0^{\text{кан}}; R_{l_2}^{\text{дод}} = \psi_2^{\text{кан}} R_0^{\text{кан}}, \qquad (5.18)$$

де $R_0^{\text{кан}} = R_l^{\text{кан}} + R_{l,\text{гр}}^{\text{кан}}$ - фактор термічного опору;

$$\psi_1^{\text{кан}} = \frac{(t_2 - t_{\text{гр}})R_1 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}{(t_1 - t_{\text{гр}})R_2 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}; \qquad (5.19)$$

$$\psi_2^{\text{кан}} = \frac{(t_1 - t_{\text{гр}})R_2 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}{(t_2 - t_{\text{гр}})R_1 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}, \qquad (5.20)$$

$$R_1 = R_{l_1}^{\text{із}} + R_{l_1}^{\text{з}}; \; R_2 = R_{l_2}^{\text{із}} + R_{l_2}^{\text{з}}. \qquad (5.21)$$

Визначення товщини шару котрий являється ізоляційним при величині теплового потоку що вже була задана через ізоляцію на сьогодні є найбільш розповсюдженим випадком для теплоізоляційних розрахунків.

Завдяки відносно високої інтенсивності для тепловіддачі яка проходить від теплоносія і доходе до внутрішньої поверхні труби при інженерних розрахунках у більшості випадках величина термічного опору всередині труби $R_{\text{вн}}$ при обчисленні теплового потоку ми можимо не враховувати коли робимо розрахунки за формулою (4.1). Щось подібне можна сказати якщо, через високий коефіцієнт теплопровідності стінки труби що зроблена з металу можна не враховувати опір стінки труби $R_{\text{ст}}$. Якщо враховувати усі ці припущення які повязанні з питомим тепловим потоком визначаються

формулою[26]

$$q_l = \frac{t - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_{із}} \ln \frac{d_{із}}{d_т}}, \qquad (5.22)$$

де t_2 - є температура поверхні ізоляції з зовнішної сторони.

За формулою що наведенна нижче можна розрахувати діаметр:

$$\ln \frac{d_{із}}{d_т} = \frac{2\pi\lambda_{із}(t - t_2)}{q_l}; \; d_{із} = d_т \times \exp\left[\frac{2\pi\lambda_{із}(t - t_2)}{q_l}\right], \qquad (5.23)$$

Так як, величина t_2, зазвичай, не відома, розрахунок проводится ітераційно завдяки наступній послідовності:

- перш за все приймають температуру t_2;

- завдяки формулі (5.23) визначають діаметр ізоляції;

- обчислюють величину коефіцієнта тепловіддачі (α_3);

- уточнюють величину температури ізоляції за формулою

$$t_2^* = t_0 + \frac{q_l}{\alpha_3 \pi d_{із}}, \qquad (5.24)$$

- якщо в значеннях t_2 і t_2^* ми маємо розбіжність більше 1°С, то виконують наступну ітерацію як що підставити у формулу (5.23) температуру t_2^* замість t_2.

Якщо як вихідні дані до проектування теплової ізоляції задана температура ізоляції на поверхні t_2, діаметр ізоляції визначають з рівності[26]

$$\frac{1}{2\pi\lambda_{із}}\ln\frac{d_{із}}{d_т}=\frac{(t-t_2)}{\alpha_з(t_2-t_з)d_{із}}. \qquad (5.25)$$

5.2. Результати при обчислені чотирьохтрубної системи теплопостачання

Таблиця5.4

Тепловтрати трубопроводами системи опалення (подавальний трубопровід)

С.О	$R_l^{із}$	$R_l^{н}$	$R_l^{кан}$	$R_l^{гр.кан}$	R_{l1}	$\sum R_l$	q_I
d = 57	3,747	0,153	0,067	0,2388	0,1397	4,3455	21,24
d = 76	3,208	0,142	0,067	0,2388	0,137	3,7928	24,34
d = 89	3,669	0,101	0,0525	0,2123	0,1224	4,1572	22,2
d = 108	3,306	0,096	0,0525	0,2123	0,1211	3,7879	24,37
d = 133	2,936	0,091	0,0525	0,2123	0,1193	3,4111	27,06
d = 159	2,626	0,085	0,0525	0,2123	0,1175	3,0933	29,84
d = 219	2,418	0,068	0,0399	0,1832	0,1002	2,8093	32,86

Таблиця 5.5

Тепловтрати трубопроводами системи опалення (зворотний трубопровід)

С.О	$R_l^{із}$	$R_l^{н}$	$R_l^{кан}$	$R_l^{гр.кан}$	R_{l2}	$\sum R_l$	q_I
d = 57	3,747	0,153	0,067	0,2388	0,6695	4,8753	9,7
С.О	$R_l^{із}$	$R_l^{н}$	$R_l^{кан}$	$R_l^{гр.кан}$	R_{l2}	$\sum R_l$	q_I
d = 76	3,208	0,142	0,067	0,2388	0,6826	4,3384	10,9
d = 89	3,669	0,101	0,0525	0,2123	0,5727	4,6075	10,27
d = 108	3,306	0,096	0,0525	0,2123	0,5792	4,246	11,14
d = 133	2,936	0,091	0,0525	0,2123	0,5877	3,8795	12,19
d = 159	2,626	0,085	0,0525	0,2123	0,5968	3,5726	13,24
d = 219	2,418	0,068	0,0399	0,1832	0,4968	3,2059	14,75

Таблиця 5.6

Тепловтрати трубопроводами системи гарячого водопостачання (подавальний трубопровід)

С.Г.В	$R_l^{із}$	$R_l^{н}$	$R_l^{кан}$	$R_l^{гр.кан}$	R_{l1}	$\sum R_l$	q_I
d = 76	2,8186	0,166	0,067	0,2388	0,1844	3,4748	12,66
d = 89	2,751	0,143	0,0525	0,2123	0,1612	3,32	13,25
d = 108	2,44	0,136	0,0525	0,2123	0,1597	3,0005	14,66
d = 133	2,283	0,118	0,0525	0,2123	0,1586	2,8244	15,58
d = 159	2,026	0,109	0,0525	0,2123	0,1567	2,5565	17,21
d = 219	1,614	0,094	0,0399	0,1832	0,1313	2,0624	21,33

Таблиця 5.7

Результати розрахунку тепловтрат трубопроводом (зворотнім)

№	l, мм	d, м	G, кг/с	q, обр таб	q	Qвт, Вт	G, кг/с	τ, кг/с	τ, вх	τ, вых	τ' отх
1⟶2	25	219	53.73	59	84.84	16879.3	__	__	69.71	69.64	__
2⟶3	40	219	29.45	59	85.01	16913.2	24.26		69.84	69.71	
3⟶4	137	219	20.76	59	85.3	16965.6	8.69		70.04	69.84	
4⟶6	50	159	15.55	49	71.05	14135.4	5.21		70.25	70.04	
6⟶10	35	133	4.95	44.5	65.15	12961.2	10.6		70.88	70.25	
10⟶11	69	133	0.55	44.5	67.4	5351.54	44	80	73.2	70.88	
11⟶13	173	89	0.42	36	31.8	11937	0.13		80	73.2	
3⟶3'	30	108	8.69	40	66.7	2300	__	__	80	80	__

Продовження табл. 5.7

4⟶5	35	108	5.21	40	66.7	2684.68	__	__	80	80	__
6⟶7	40	108	10.6	40	66.7	3068.2	__	__	80	80	__
7⟶8	46	108	4.97	40	66.7	3528.43			80	80	
7⟶9	90	76	0.48	34	56.7	5865	__	__	80	77	__
2⟶14	150	219	24.26	59	98.3	16962.5	__	__	80	80	__
11⟶12	120	89	0.13	36	60	8280	__	__	64.8	64.8	__
1⟶16	70	159	33.38	49	81.7	6574.2	__	__	64.8	64.8	
16⟶18	80	133	3.01	44.5	74.2	6823.3	30.37	__	64.8	64.2	__
18⟶19	97	108	2.3	40	66.7	7436.7	0.716	80	80	80	
16⟶17	90	159	30.37	49	81.7	8455.95	__	__	80	80	__
18⟶18’	35	159	0.716	49	81.7	3288.43	__	__	80	80	__
						∑=17041 0.63					

Таблиця 5.8

Результати розрахунку тепловтрат системи гарячого водопостачання

№	l, мм	d, м	G, кг/с	q, обр таб	q	Qвт, Вт	t, вх	t, вых
1⟶2	25	219	21.1	59	71.98	1696.25	60	59.9
2⟶3	40	219	21.1	59	71.98	2714	59.9	59.9
3⟶4	137	219	17.78	59	71.98	9295.45	59.9	59.9
4⟶6	50	133	5.16	44.5	54.29	2558.75	59.9	59.9
6⟶10	35	133	1.68	44.5	54.04	1791.125	59.9	59.65
10⟶11	69	76	0.035	34	27.4	2697.9	59.65	41.23

Продовження табл. 5.8

11⟶13	173	76	0.035	34	31.8	6764.3	41.23	41.2
3⟶3’	30	108	3.34	40	48.8	1380	59.9	59.9
4⟶5	35	108	5.21	40	66.7	2684.68	59.9	59.9
6⟶7	40	108	10.6	40	66.7	3068.2	59.9	59.9
7⟶8	46	108	4.97	40	66.7	3528.43	59.9	59.9
7⟶9	—	—	—	—	—	—	—	—
2⟶14	—	—	—	—	—	—	—	—
11⟶12	—	—	—	—	—	—	—	—
1⟶16	70	159	33.38	49	81.7	6574.2	64.8	64.8
16⟶18	80	133	3.01	44.5	74.2	6823.3	64.8	64.2
18⟶19	97	108	2.3	40	66.7	7436.7	80	80
16⟶17	90	159	30.37	49	81.7	8455.95	80	80
18⟶18’	35	159	0.716	49	81.7	3288.43	80	80
						∑=70757.665		

Повні втрати теплоти в жилому районі ∑Q = 70757.665 + 170410.631 = 241168.296 Вт.

Висновки

1. Для наукової схеми теплопостачання житлового мікрорайону у м.Харків обчислено витрати теплоносія площу теплообміну централізовані установки гарячого водопостачання (347.07 м^2) і втрат теплоти трубопроводами опалення (Вт) і гарячого водопостачання (296881 Вт);
2. Проаналізовано варіанти переходу з чотиритрубної до двотрубної схеми теплопостачання мікрорайону. Для кожного з варіантів обчислено втрати теплоти у теплових мережах і витрати електроенергії насосами;
3. При переході до двотрубної схеми при збереженні існуючої мережі опалення;
4. При переході до двотрубної схеми при умові R = const втрати теплоти зменшуються у 25% витрати електроенергії зростають у 70% разів;
5. Обчислено площі теплопередачі водопідігрівників гарячого водопостачання для встановлення на індивідуальних теплових пунктах будівель. Сумарна площа теплообмінників становить 257 м^2;
6. Для визначення зміни площі теплопередачі підігрівників за показниками забудові при переході до двотрубної схеми теплопостачання запропоновано формулу, яка забезпечує точність, необхідну для попередніх станів проектування.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети / Е.Я. Соколов. –М.: Энергия, 1975. –376с.
2. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с.
3. Зингер Н.М. Оценка теплопотерь в системах горячего водоснабжения микрорайонов / Н.М. Зингер, А.Л. Бурд // Теплоэнергетика, 1977. - № 12. – С. 53-55.
4. Теплотехнический справочник : / Под общ. ред. В.Н.Юренева, П.Д. Лебедева. Т.2. М.: Знергия, 1976. - 896 с.
5. Алексеев М. И., Дмитриев В. Д. и др.Городские инженерные сети и коллекторы :. – Л.: Стройиздат, 1990. – 384
6. Справочник по гидравлике / под общ. ред. В.А. Большакова. – К.: Вища школа, 1984. – 368 с.
7. Алексахін О.О. Приклади й розрахунки з теплопостачання та опалення. / О.О.Алексахін, О.М.Герасимова.- Харків: ХДАМГ, 2002. - 206 с.
8. Інженерне обладнання населених місць : підручник /М.О.Шульга,І.Л.Деркач,О.О.Алексахін; - Харків,ХНАМГ,2007 -259 с.
9. Будівельна кліматологія: ДСТУ –НБВ.1.1-27:2010: чинний від 01.11.2011.: Мінрегіонбуд, Київ. 2011. – 123с
10. Шульга М. О.Теплогазопостачання і вентиляція: навч. посібник:/М.О.Шульга, О.О.Алексахін, Д.О.Шушляков; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім..О.М.Бекетова – Х: ХНУМГ, 2014. – 191с.
11. Якубчик П. П. Справочник по инженерному оборудованию жилых и общественных зданий:/П. П. Якубчик, А. Е. Татура, Н. А. Черников, О. А. Продоус, В. С. Дикаревский – К.: Будивельник, 1989. – 360 с.
12. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем / Н.М. Зингер. – М.: Энергоиздат, 1986. – 320 с.

13. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. – Харків. «Видавництво САГА», 2006. –484с.
14. Опалення, вентиляція та кондиціонування: ДБН В.2.5-67:2013: чинний від 01.10.2013: – К.:Мінрегіонбуд та ЖКГ України, 2013. – 167 с/
15. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – Стройиздат, 1990. – 185 с.
16. Методические указания по тепловым и гидравлическим расчетам пластинчатых теплообменников (водонагревателей), применяемых в системах теплоснабжения –К.: 1998. –49 с.
17. Алексахин А.А. Оценка энергосберегающего потенциала функционирующих жилых зданий / Алексахин А.А., Бобловский А.В. // Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. –2012. –№1. –С. 10–14.
18. Савйовский В.В. Ремонт и реконструкция гражданских зданий / В.В. Савйовский, О.Н. Болотских. – Харьков: Ватерпас, 1999. – 288 с.
19. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений / В.А.Маляренко, А.Ф. Редько, Ю.И. Чайка, В.Б. Поволочко. – Х.: Рубикон, 2001. – 280 с
20. Справочник проектировщика. Внутренние санитарно-технические устройства/ Под ред. И.Г. Староверова М.: Строиздат, 1976. – 426с.
21. Отопление и вентиляция жилых и гражданских зданий. Проектирование. Справочник/ Г.В. Русланов, М.Я. Розкин, Э.Л. Ямпольский. К.: Будівельник, 1983. – 272с.
22. Тарадай А.М. Основы разработки пластинчатых теплообменников для систем теплоснабжения / А.М. Тарадай; –Харьков: Основа, 1998. –192 с.
23. Козин В. Е. Теплоснабжение / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
24. Методические указания по определению тепловых потерь в водяных тепловых сетях. РД 34.09.255–97 [Текст] – М.: 1998. – 56 с.

25. Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарські потреби в Україні [Текст]: керівний технічний матеріал 204 України, 244-94, 195. – 636 с.
26. Тепловая изоляция / под ред. Г.Ф. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1995. – 421 с.
27. Алексахин А. А., Деркач И. Л., Мирошниченко Б. В. Расчет изменения температуры теплоносителя по длине обратного трубопровода тепловых сетей // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. Вып 76. – К.: Техника, 2007. – с. 226-232
28. Алексахін О.О. Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання. Харків, ХНАМГ, 2010.– 138 с.
29. Концепция оценки технического состояния городских инженерных систем и электрического транспорта г. Харькова / Л.Н. Шутенко, М.С. Золотов, Н.А. Шульга, В.А. Ткачев, В.Ф. Далека // Коммунальное хозяйство городов: науч.-техн. сб. – К.: Техніка, 2007. – Вып. 37. – с.131-134.
30. Андреев С.Ю., Голованов А.П., Репин А.П. Энергосбережение в коммунальной теплоэнергетике [Текст]. / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, №3, 2007, с. 62-68.
31. Алексахин А.А. Расчет теплопотерь подающими трубопроводами разветвленных тепловых сетей / А.А.Алексахин, С.В.Ена, Е.П. Гордиенко // Інтегровані технології та енергозбереження. – 2016. – № 1. – С. 45-50
32. Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов / Е.П. Шубин; - М.: Энергия, 1979. – 360 с.
33. Алексахин А.А., С.В. Ена, Е.П. Гордиенко Влияние места локализации повышенных теплопотерь на подающем трубопроводе теплосети на средние по длине значения / А.А. Алексахин, С.В. Ена, Е.П. Гордиенко // Інтегровані техноло гііІ та енергозбере ження, №3, 2017, Харків, с 51-56.

34. Зингер Н.М. Пластинчатые теплообменники в системах теплоснабжения: / Н.М. Зингер, А.М. Тарадай, Л.С. Бармина; –М.: Энергоиздат, 1995 –256 с.
35. Повышение эффективности работы систем горячего водоснабжения / Н.Н. Чистяков, М.М. Грудзинский, В.И. Ливчак и др. –М.: Стройиздат, 1988. –314 с.
36. Теплообменники пластинчатые. Методы тепловых и гидравлических расчетов : Руководящий технический материал, РТМ 26-01-36-70, 1979. – 256 с.
37. Пластинчатые теплообменники в промышленности: учеб. Пособие / Л.Л. Товажнянский, П.А. Капустенко, Г.Л. Хавин и др.: под общ. ред. Л.Л. Товажнянского; национальный технический университет «Харьковский политехнический институт». – Харьков: НТУ «ХПИ», 2004. – 232 с.
38. Алексахін О.О. Обчислення втрат теплоти у мікрорайонних теплових мережах/ О.О. Алексахін // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб.-К. «Техніка»,2014.-Вип.114, с.82-84.
39. Алексахін О.О. Втрати тиску у мікрорайонних теплових мережах / О.О. Алексахін, О.В.Бобловський // Комунальне господарство міст: наук.-техн. зб.-К. «Техніка»,2014.-Вип.114, с.85-87.
40. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: справ. пособие / Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П. Титов и др.: Под общ. ред. Л.Д. Богуславского. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.