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 бакалавр

«Тепловий і гідравлічний режими теплових мереж житлового мікрорайону у м. Харкові»

Виконав: студент 4 курсу, групи НФ-42
Цемох Дмитро Олегович
Спеціальність:
«Прикладна фізика та наноматеріали»
Керівник: к.т.н., доцент Алексахін О.О.
Рецензент: к.т.н., доцент Круглякова О.В.

Харків - 2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна

Факультет фізико-енергетичний

Кафедра теплофізики молекулярної фізики та енергоефективності

Рівень вищої освіти (освітньо-кваліфікаційний рівень) «бакалавр»

Напрям підготовки 6.040204 прикладна фізика

Спеціальність теплофізика і молекулярна фізика

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ **Ю.М. Мацевитий**

підпис ініціали, прізвище

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Цемоха Дмитра Олеговича

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Тепловий і гідравлічний режими теплових мереж житлового мікрорайону у м. Харкові

керівник роботи Алексахін Олександр Олексійович, доцент. к.т.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом по університету від "___"_____ 20 року № _____

2. Строк подання студентом роботи 15.06.2020

3. Перелік питань, які потрібно розробити

Обчислення складових сумарного опору теплопередачі для підземного прокладання трубопроводів системи теплопостачання мікрорайону. Оцінка втрат теплоти трубопроводами теплових мереж. Обчислення втрат тиску у теплопроводах мікрорайону

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Характеристика способів прокладання теплових мереж
2	Обчислення опору теплопередачі при прокладанні трубопроводів у непрохідних каналах
3	Обчислення втрат теплоти трубопроводами мережі опалення
4	Обчислення втрат теплоти трубопроводами мережі гарячого водопостачання
5	Обчислення втрат тиску у трубопроводах теплових мереж мікрорайону
6	Оформлення пояснювальної записки

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ _____

підпис ініціали, прізвище

Керівник роботи _____ _____

підпис ініціали, прізвище

Реферат

Цемох Дмитро Олегович «Тепловий і гідравлічний режими теплових мереж житлового мікрорайону у м. Харкові» (випускна робота «бакалавр»). – Харків: ХНУ імені В.Н. Каразіна, 2020. – 56 с.

Робота складається з вступу, трьох розділів, висновків; містить 7 рисунків, 13 таблиць, список використаних джерел з 14 найменувань.

Здійснено гідравлічний розрахунок трубопроводів існуючої системи теплопостачання житлового мікрорайону у м.Харків. Максимальні втрати тиску в мережі опалення 104 082 Па, в мережі гарячого водопостачання 10 542 Па. За проектними даними для окремих будівель обчислено теплові навантаження мікрорайону і витрати нагрівного теплоносія для теплопостачання мікрорайону. Обчислено втрати теплоти в мережі опалення, які дорівнюють 137,46 кВт, що менше ніж припустимі втрати за нормативами. Обчислено також втрати теплоти трубопроводом гарячого водопостачання, які становлять 27,17 кВт, що менше ніж припустимі втрати за нормативами.

Отримані результати можуть бути використані для порівняння варіантів ефективності заходів з енергомодернізації мікрорайону,наприклад для переходу до двотрубної системи теплопостачання

Ключові слова: централізоване теплопостачання, система опалення, система гарячого водопостачання, теплові мережі, гідравлічний розрахунок теплопроводів, втрати тиску, втрати теплоти, пластинчасті теплообмінні апарати, теплові пункти.

Abstract

Tsemokh Dmytro Olehovych "Thermal and hydraulic modes of thermal networks of a residential district in Kharkiv" (final work "bachelor")- Kharkiv: V.N. Karazin Kharkiv National University, 2020. –.

The work consists of an introduction, five sections, conclusions; contains 7 figures, 13 tables, list of used sources from 14 names.

The hydraulic calculation of the pipelines of the existing heat supply system of the residential district in Kharkiv was carried out. The maximum pressure loss in the heating network is 104 082 Pa, in the hot water supply network 10 542 Pa. According to the design data for individual buildings thermal district loads and costs of heating coolant for district heating are calculated. The heat losses in the heating network are estimated to be 137,46 kW, which is less than the allowable losses by the standards. The heat losses of the hot water pipeline, which is 27,17 kW, are also calculated, which is less than the allowable loss by the standards.

To compare the efficiency of the transition to the two-pipe system of district heating, hydraulic and thermal calculation of the thermal networks was carried out, for the new scheme of organization providing heat to the buildings. The surface area of heat transfer of hot water heaters for each residential district is calculated.

Key words: centralized heat supply, heating system, hot water supply system, thermal networks, hydraulic calculation of heat pipelines, pressure losses, heat losses, plate heat exchangers, heat points.

Зміст

Вступ 7

Розділ 1. Загальна характеристика системи централізованого теплопостачання міста.....9

1.1. Теплові мережі 16

Розділ 2. Гідравлічний розрахунок теплових мереж…….....22

2.1. Результати гідравлічного розрахунку розподільних мереж опалення мікрорайону…….....27

2.2. Результати гідравлічного розрахунку розподільних мереж гарячого водопостачання мікрорайону……...31

Розділ 3. Теплові розрахунки теплових мереж..... 33

3.1 Обчислення товщини теплової ізоляції на ділянках опалювальної мережі…….39

3.2 Методика обчислення теплових втрат трубопроводами теплових мереж….46

3.3 Обчислення теплових втрат зворотнім трубопроводом теплових мереж…..48

3.4. Результати визначення теплових втрат трубопроводами розподільних мереж гарячого водопостачання мікрорайону……52

Висновки 55

Список використаних джерел та літератури 56

ВСТУП

Характерною особливістю теплопостачання великих міст України є утворена в них за декілька десятиліть система централізованого теплопостачання. Централізації вироблення і розподілу теплової енергії сприяла дія ряду факторів, серед яких у першу чергу відзначають краще використання палива, більші можливості з боротьби з забрудненням довкілля, зменшення експлуатаційних витрат. Використання комбінованого вироблення теплової і електричної енергії дозволяє забезпечити на ТЕЦ коефіцієнт використання палива на рівні 85%. Але спорудження потужних ТЕЦ економічно виправдане при наявності великих централізованих споживачів. Необхідність прокладання теплових мереж великої довжини помітно знижує ефективність ТЕЦ і розміри їх використання.

Незважаючи на відомі недоліки централізованих систем теплопостачання і посилення тенденції до децентралізації, існуюча система функціонуватиме ще тривалий час.

Розв’язанню багатьох енергетичних проблем у галузях господарського механізму допомагає проведення активної енергозберігаючої політики. Цей напрям обумовлений, у першу чергу, економічними факторами. Підраховано, що капітальні вкладення на заходи з економії палива і енергії у споживаючих галузях приблизно у 2-3 рази менше, ніж капітальні вкладення, необхідні для вироблення еквівалентної кількості енергії.

Для зниження енерговитратності теплопостачання необхідно провести реновацію генеруючого обладнання ТЕЦ, підвищення ККД котелень, зменшення втрат теплоти в теплових мережах. Важливим резервом підвищення ефективності теплопостачання є зниження втрат теплоти у споживачів.

Основною структурною одиницею забудови великих і середніх міст є мікрорайон. Причому, чітко прослідкується тенденція до збільшення загальних розмірів та всіх показників мікрорайонів. За роки становлення і розвитку

систем централізованого теплопостачання інженерна інфраструктура мікрорайону стала одним з підрозділів складної, розгалуженої системи. Мінімізація теплового споживання у мікрорайонах передбачає зниження рівня витрат теплоти системами опалення і гарячого водопостачання, а також втрат теплоти при транспортуванні. Енергозбереження у системах опалення можна забезпечити при реалізації заходів містобудівного характеру (для споруд, що будуються); підвищенням термічного опору огороджувальних конструкцій; зменшенням інфільтрації повітря; застосуванням систем опалення з періодичним режимом роботи. Зниження втрат теплоти в системах гарячого водопостачання можливе шляхом зменшення необґрунтованих втрат води, впровадженням високоефективної теплоізоляції магістралей і стояків; забезпеченням надійної циркуляції гарячої води всередині будівель. Покращити ситуацію з теплопостачанням допоможе обладнання елементів системи засобами автоматизації.

1. Загальна характеристика системи централізованого теплопостачання міста

За останні десятиліття у містах України була утворена система централізованого теплопостачання. Основним джерелом теплоти у великих містах, є теплоелектроцентралі - електростанції, які використовують пару із парогенераторів для виробництва електроенергії. На них зазвичай базується реалізація комбінованого виробництва теплової і електричної енергій.

Завдання теплопостачання – це забезпечення потрібних комфортних умов у опалювальних приміщеннях. Рішення цієї задачі полягає у правильніій роботі джерела теплоти, а також зовнішніх та внутрішніх тепломереж,включаючи теплоізоляцію будівлі. Дефекти правильної роботи будь-якого з даних елементів, які експлуатуються та належать визначеним власниками, призводять до перевищених витрат енергетичних носіїв на теплоопалення та порушення самого температурного режиму в опалювальних об'єктах.

Задача системи опалення будь-якої будівлі це підтримка потрібної температури всередині приміщень, тоді , коли температура навколишнього середовища може доволі таки мати значні зміни, залежно від пори року і суттєво залежить від географічного розташування. Для того, щоб забезпечити заданий режим, потрібно компенсувати витрати теплоти, які виникають через різниці температур, за допомогою підведення теплової енергії із системи опалення, яку розраховують і проектують для найбільш холодного періоду року з визначеними параметрами навколишнього середовища: температура зовнішнього повітря - t3, (0°С) та швидкість вітру - wB, (м/с)

Котельні стали основними джерелами теплоти для середніх і малих міст. Теплопостачання великих міст є складною структурою ,так як мають великі ТЕЦ, а також котельні різної продуктивності. Дуже часто до структури теплопостачання міст входять котельні і ТЕЦ промислових підприємств.

Важливий елемент системи теплопостачання, який виконує зв’язок споживача теплової енергії з джерелом, є теплові мережі. За кількістю паралельно прокладених труб можуть розрізняти однотрубні, двотрубні (відкриті й закриті) та багатотрубні. Найдешевші однотрубні системи потрібні в тих випадках, коли середні годинні витрати мережної води для потреб опалення і вентиляції співпадають з середніми годинними витратами води для потреб гарячого водопостачання. Для умов існуючої забудови таке співвідношення витрат води частіше може бути як виняток. Тритрубні системи взагалі використовують у промислових системах теплопостачання з незмінними витратами води для технологічних потреб. Чотиритрубні системи мають великі витрати металу, тому застосовують лише в невеликих системах для спрощення абонентських вводів. Такі системи призначені для транспортування теплоносіїв різних параметрів та різного агрегатного стану. Двотрубні системи бувають закритими і відкритими.

Вони розрізняються технологією приготування води для місцевих систем гарячого водопостачання. Для відкритих систем воду для гарячого водопостачання черпають в основному з теплових мереж (рис1.1). Недолік цієї схеми – досить велика потужність всіх установок для водопідготовки, яким потрібно очищати всю воду, яка подається у систему водопостачання. Із-за цього схему використовують тільки при низьких показниках твердості природної води.. Для закритих систем гарячого водопостачання використовують водопровідну воду, яку нагрівають у теплообмінниках теплоносієм з теплових мереж (рис.1.2). Недолік закритої схеми — це потрібна необхідність використання різних водонагрівачів, а також обов’язкове прокладення так званої внутрішньої квартальної мережі трубопроводів.

Незважаючи на недоліки, у цій схемі присутні установки водопідготовки з невеликою потужністю, так як теплоносій не витрачається, а просто повністю повертається в котел тоді, коли споживач має отримувати з міського водопроводу гарячу воду питної якості. Також котли працюють під постійним

тиском, який не залежить від тиску самої системі гарячого водопостачання.

Завдяки цим перевагам закриті системи гарячого водопостачання сьогодні здобули широке використання.

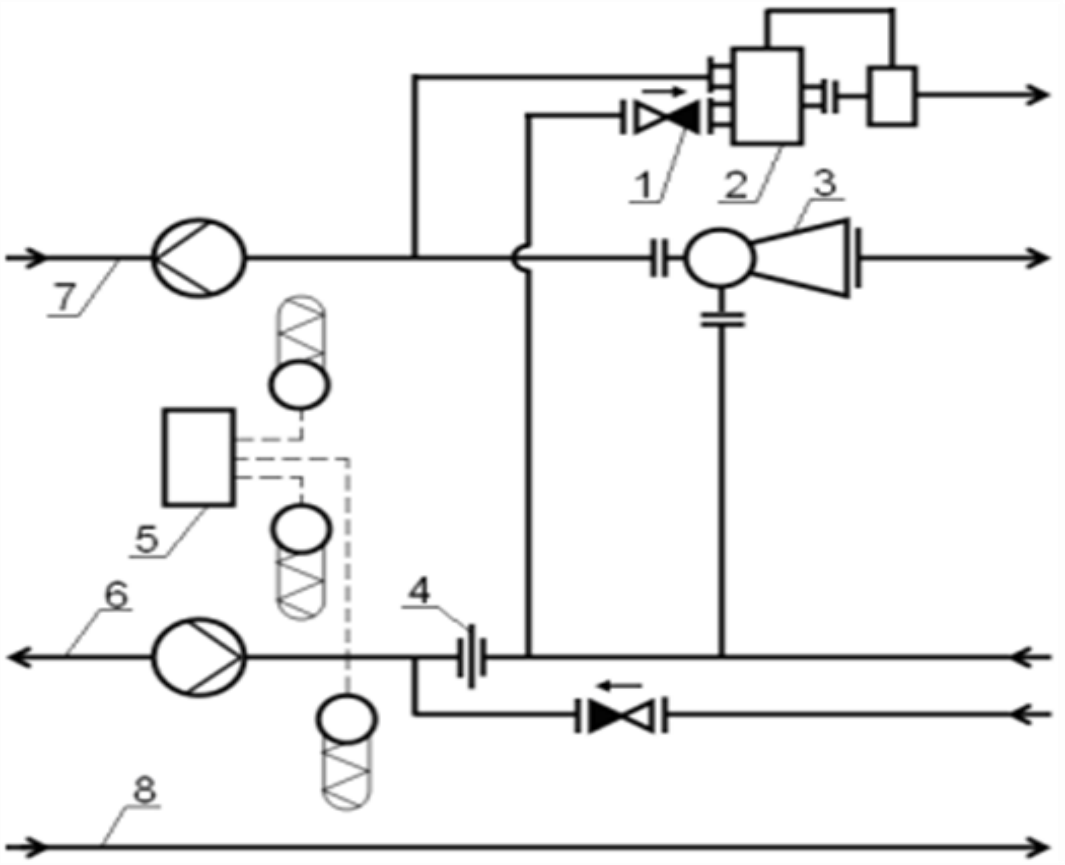


Рис. 1.1. – Під’єднання системи гарячого водопостачання при відкритій схемі теплозабезпечення:

1 – зворотній клапан; 2 – терморегулятор; 3 – елеватор; 4 – дрюсельна шайба; 5 – тепловий ,лічильник; 6, 7 – теплова мережа; 8 – водопровід холодної води

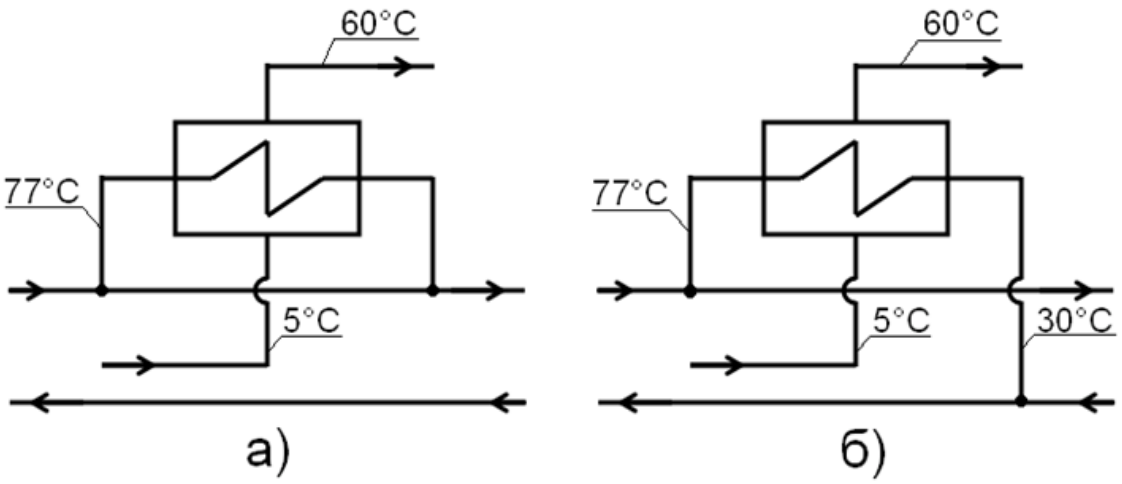


Рис. 1.2 – Одноступінчасті схеми під’єднання водопідігрівників до закритихтеплових мереж:

а – послідовна; б – перед включена (паралельна)

У структурі системи теплопостачання є магістральні та розподільні теплопроводи. Для магістральних теплопроводів характерні найбільш високі параметри теплоносія, ніж, наприклад, для систем приєднаних будівель. Зниження температури води у подавальних трубопроводах теплових мереж від її значення у магістральних трубопроводах до значення у розподільних мережах зумовил необхідність спорудження спеціальних теплових пунктів.

На даний час магістральні теплові мережі повинні бути важливим і надійним елементом у створенні теплових мереж. Ця надійність має зростати залежно від кількості споживачів, які можуть бути підключені до них, а також від діаметра трубопроводів. Схема магістральних теплових мереж має враховувати також роботу ТЕЦ і тих котелень ,що знаходяться в її тепловому районі, також має забезпечувати резервування джерел теплоти між собою.

Розподільні теплові мережі від центральних пунктів для умов мікрорайонної забудови, яка переважає у великих містах ,є чотиритрубними.

Надійність розподільних мереж визначається не лише схемою, але й способом прокладання. Загалом існують надземний і підземний способи прокладання.

Надземне прокладання здійснюється на естакадах або висотних опорах, на низьких опорах, по стінах зовні або усередині споруд. Підземне прокладання буває безканальним і в каналах.

Використання підземних мереж всередині забудови найкращим чином відповідає сучасному архітектурно-планувальному рішенню території мікрорайонів і дозволяє більш економічно вирішувати питання організації вводів до будинків, використовувати технічні підпілля споруд для прокладання мереж. При трасуванні мікрорайонних підземних мереж необхідно враховувати можливість максимального використання механізмів, наявність шляхів та під'їздів для них, а також черговість будівництва споруд. При канальних способах прокладання конструкція цього каналу повністю огороджує теплопровід від безпосереднього впливу ґрунту. Це дозволяє повністю розвантажити трубопровід від тиску маси ґрунту. Прокладання в каналах забезпечує вільне температурне переміщення трубопроводів в усіх напрямках, що дозволяє використовувати самокомпенсуючу здатність на усіх кутах повороту траси. При прокладанні теплопроводів у каналах зазвичай використовують непрохідні конструкції каналів, напівпрохідні і прохідні. Непрохідні канали використовують для мікрорайонних мереж.Напівпровідні канали застосовують для того, щоб були прокладки теплопроводів у межах міських проїздів з поліпшеним покриттям. У прохідних каналах трубопроводи прокладають на відповідальних ділянках теплових мереж і сумісно з іншими інженерними мережами.

Термічна ізоляція повинна бути достатньо міцною. Крім того, необхідно враховувати, що температурні подовження трубопроводу затримуються основою і перетворюються у внутрішні зусилля трубопроводу, що значно ускладнює визначення навантажень, які утворюються в трубопроводі.

Прогресивні способи безканальної прокладки з ізольованих трубопроводів підвищують ймовірність грунтовно знизити термічні втрати при транспортуванні теплоносія внаслідок вживання такого матеріалу як

пінополіуретан. Він має низький коефіцієнт теплопровідності. Йому це допомагає зменшити корозію трубопроводів завдяки його захисній оболонці з поліетилену. У конструкції теплопроводу розташовують кабелі сигналізації, які дозволяють запобігати змочуванню під час експлуатації і уникати аварійних пошкоджень трубопроводів через зовнішню корозію, і сприяти зменшенню термінів ліквідації аварії. Заглиблення теплових мереж від поверхні землі або шляхового покриття прийняте (не менше): до верху перекриття каналів – 0,5 м; до верху перекриття камер – 0,3 м; до верху оболонки безканальної прокладки – 0,7 м. Вибір способу прокладки мікрорайонних мереж здійснюють на основі аналізу промислових і народногосподарських показників різноманітних варіантів.

На вибір способи прокладання комунікацій, суттєво впливають такі містобудівельні фактори, як планувальні рішення, конфігурація та розміри території, а також кількість мешканців. За даними ряду досліджень застосування прокладок в тунелях можна розглядати для мікрорайонів на 15 тис. мешканців при густоті квартирного фонду від 3400 до 4000 м2 / га. Для мікрорайонів з кількістю мешканців близько 6 тис прокладки в тунелях призводить до значного зростання питомих вартісних показників, тому є економічно не вигідним. Для мікрорайонів з кількістю жителів 7-12 тис доцільним є комбінований метод: частково в тунелях, вибірково в грунті. Рекомендації мають загальний характер. У кожному окремому випадку необхідно обирати такий спосіб прокладки або знайти таку комбінацію багатьох способів, яка була б технічно придатним і економічно виправданим.

Особливістю сформованих систем централізованого теплопостачання є велика довжина внутрішньо мікрорайонних теплових мереж,що пов’язано з прийнятою закритою схемою приготування гарячої води для господарсько-побутових потреб. Наприклад, довжина магістральних теплових мереж у м. Харкові становить 403 км (у двотрубному обрахуванні), а розподільних мереж – 1120 км. Діаметри теплових магістралей знаходяться у діапазоні від 600 до

1200 мм, середній діаметр мікрорайонних мереж знаходиться у межах 130 мм.

Основний метод прокладки теплопроводів у м. Харкові – роздільний, підземний, у непрохідних каналах (рис.1.3); основний вид теплоізоляції– мінераловатнаізоляція.

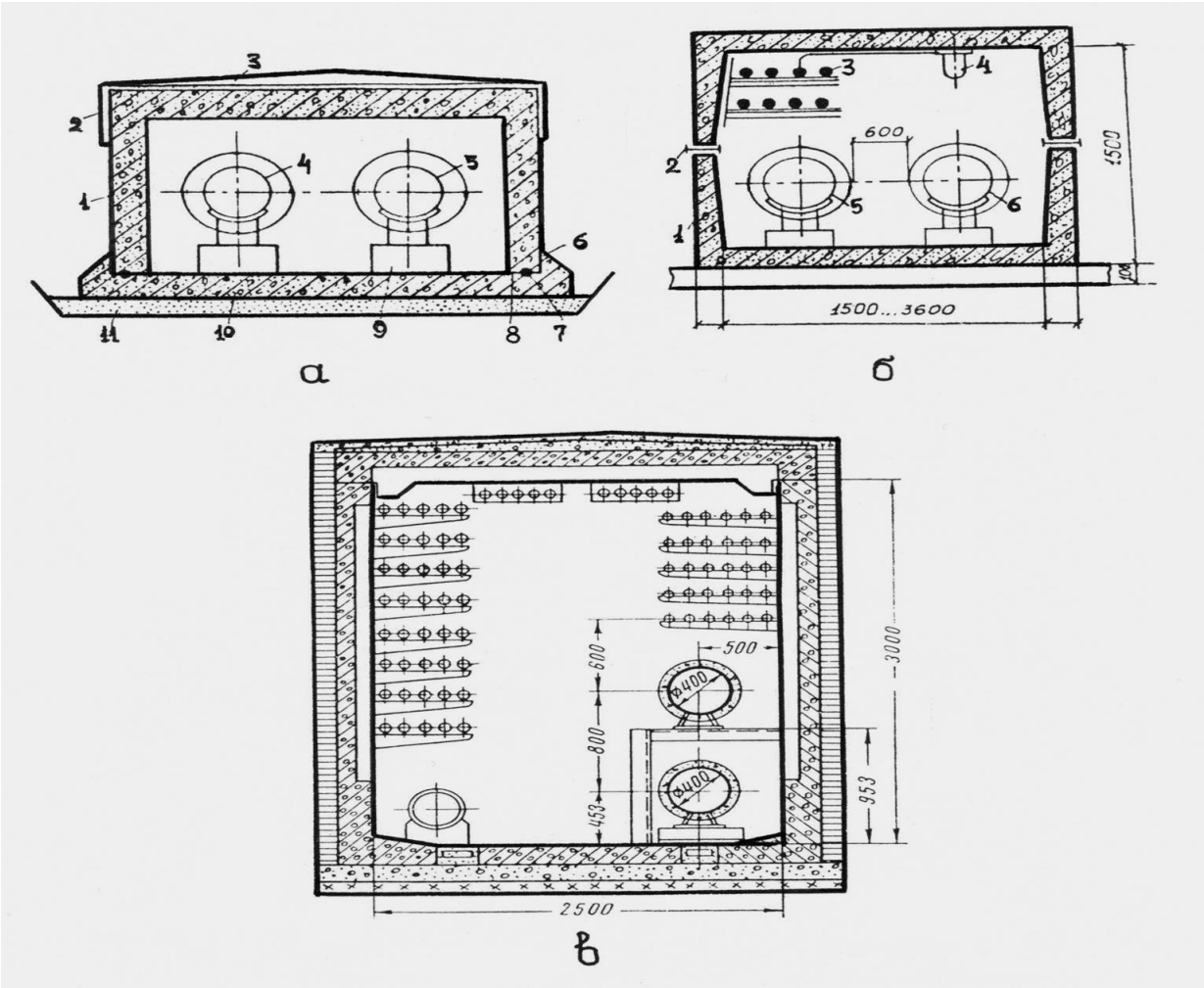


Рис.1.3. - Підземне прокладання теплопроводів: а – у невпрохідних каналах: 1 – залізобетонна секція, 2 – гідроізоляція, 3 – захисна стяжка з цементного розчину; 4, 5 – подавальний і зворотний трубопроводи; 6 – бетон; 7 пароніт; 8 – ізольна мастика; 9 – опорна подушка; 10 – плита; 11 – піщана підготовка або бетон марки 50; б – у напівпрохідних каналах: 1 – залізобетонний лотковий елемент; 2 – двотавр; 3 – низьковольтні кабелі; 4 – світильник; 5, 6 – подавальний і зворотний трубопроводи теплової мережі; в – прокладання

теплових мереж в загальному колекторі з іншими міськими інженерними системами.

1.1 Теплові мережі

Трубопровід - це система труб, об'єднаних разом за допомогою сполучних елементів, що застосовується для транспортування хімічних речовин та інших матеріалів.

Розглянемо класифікацію трубопроводів за такими характерними ознаками:

За функціональним призначенням трубопроводи поділяють на:

- усмоктувальні;

- нагнітальні.

З конструктивної точки зору трубопроводи поділяють на:

- прості;

- складні;

- короткі;

- довгі.

Простими називають трубопроводи, що не мають відгалужень і обслуговують тільки одну точку. Причому, діаметр труби, а також витрата рідини на всій довжині труби залишається незмінним.

Складні трубопроводи поділяються на тупикові, паралельні і кільцеві.

Тупикові складаються з магістрального (головного) трубопроводу, від якого в різні боки відходять відгалуження до споживачів.

Паралельні складаються з декількох паралельно прокладених трубопроводів, пов'язаних між собою перемичками з регулюючими засувками.

Кільцеві представляють собою замкнуту мережу труб, що забезпечує подачу води в будь-якому напрямку.

При аварії на будь-якій ділянці подача води споживачеві не припиняється.

Короткими називають трубопроводи, які мають значні втрати тиску у місцевих опорах в порівнянні з лінійними.

Довгими називають трубопроводи, у яких домінують втрати напору по довжині трубопроводу; місцевими втратами і швидкісним напором нехтують. По конструкції розпізнають радіальні (тупикові) і кругові термічні мережі. Головні - прості, недорогі і комфортні в експлуатації і пристосовуються природно до одного джерела теплопостачання. Недогляд такої схеми є закривання подачі теплоносія всім покупцям близько походження автоаварій на будь-якій ділянці. Ця проблема наполовину може бути вирішена встановленням додаткових перемичок. Кругові тепломережі (рис. 1.4, б) дорожче тупикові, і у них є переваги: вони забезпечують досконале збереження і безперебійність в подачі тепла всім споживачам. При нормальних умовах функціонування мереж кругові мережі функціонують як променеві, але при цьому засуви на кільцях суцільно закриті. Кругові мережі вживають виключно для тих споживачів, роз'єднання яких на короткий час безвідносно неможливо через науково-технічні міркування.

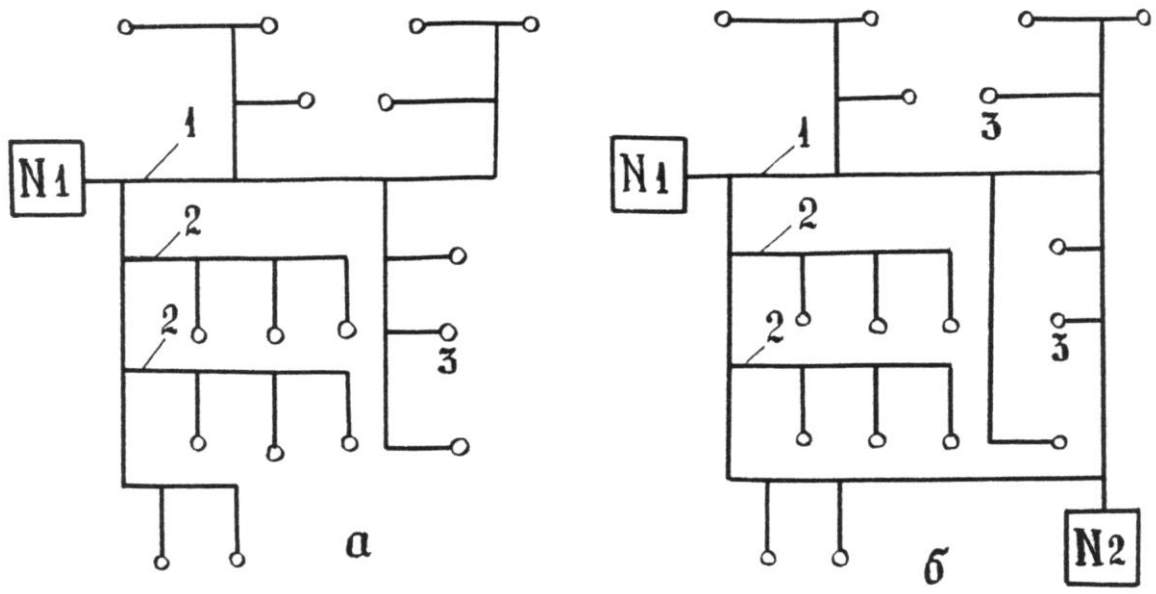


Рис. 1.4.- Схеми теплових мереж: а – тупикова; б – кільцева; N1, N2 – джерела теплопостачання; 1 – магістральні мережі; 2 – розподільчі мережі; 3 – відгалуження.

До основних елементів міських теплових мереж входять трубопроводи, компенсатори, рухомі й нерухомі опори і теплова ізоляція.

Термічну ізоляцію улаштовують з метою зниження втрат теплоти в навколишнє середовище. Конструкція термоізоляції може складатися з одного шару або з декількох. В останньому випадку, крім основного шару термоізоляції, виробленого з матеріалів з невисоким коефіцієнтом теплопровідності (мінеральна і скловата, азбест, пінополіуретан, пінополістирол), конструкція має також гідроізоляцію. Зразки термоізоляції труб представлені на рис. 1.5. Крім труб, обов'язково тепло ізолюють фланці і арматуру. У місцях, де потрібен ретельний огляд і можливість періодичного ремонту, ізоляцію дозволяється виготовляти з різноманітних змінних елементів.

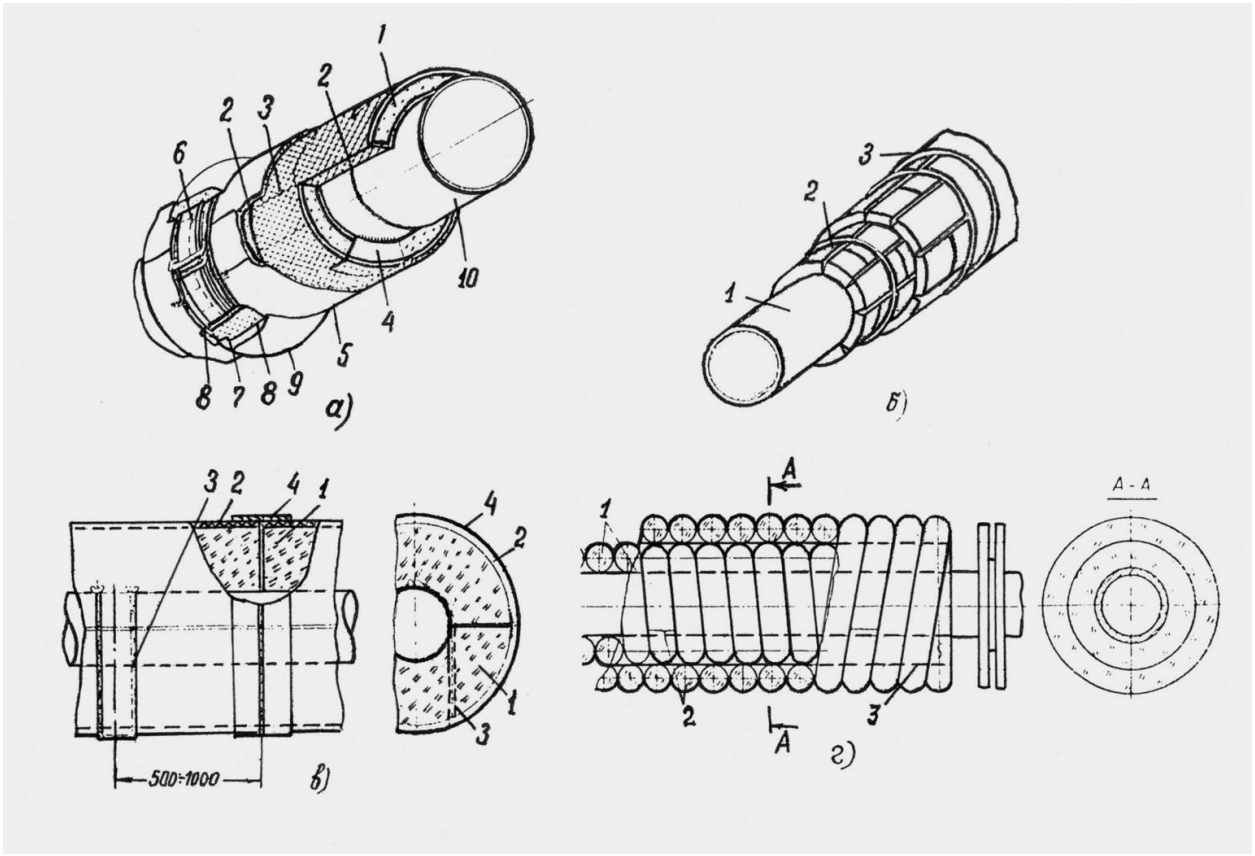


Рис. 1.5. - Приклади теплоізоляції труб: а – ізоляція мінераловатними шкаралупами: 1 – шкаралупи; 2 – стяжні кільця; 3 – зшивка стиків оболонок; 4 – сталева опора; 5 – захисне покриття з азбестоцементних шкаралуп; 6 – бандаж; 7 – сітка; 8 – кільце; 9 – азбестоцементна штукатурка; 10 – труба; б – двошарова сегментна теплоізоляція: 1 – труба, 2 – ізоляційні сегменти, 3 – азбестоцементна кірка, 4 – стяжні кільця; в – схема теплоізоляції трубопроводу при надземному прокладанні: 1 – основний теплоізоляційний шар, 2 – захисне покриття з азбестоцементних шкаралуп, 3 – підвіска, 4 – сталевий бандаж; г – ізоляція теплоізоляційними шнурами: 1 – шнур, 2 – зшивка, 3 – кільце.

Теплоізоляційні матеріали природно систематизують за такими ознаками, як: величина коефіцієнта теплопровідності, вид вихідної сировини, маса, механічні характеристики. Вихідна сировина для виготовлення теплоізоляційних матеріалів може бути неорганічною і органічною.

За величиною коефіцієнта теплопровідності матеріали і вироби можуть розподілятись на основні три класи: низької (до 0,08 Вт/м °С), середньої (0,08-0,115 Вт/м°С), підвищеної (0,115-0,175 Вт/м°С) теплопровідності. Загалом розрізняють матеріали особливо низької об'ємної маси (20-75 кг/м^3), низької (100-180 кг/м^3), середньої (200-350 кг/м^3) і щільні (до 600 кг/м^3). За жорсткістю матеріали в основному діляться на м'які, напівжорсткі, жорсткі, підвищеної жорсткості і тверді.

Хризотил-азбест хризолітовий є продуктом збагачення азбестових руд, які містили мінерал Хризоліт-азбест. Вживається він для виготовлення теплоізоляційних виробів і для засипки. Залежно від об'ємної маси показник теплопровідності змінюється в межах 0,095-0, 27 Вт/м°С. З азбесту виробляють азбестовий папір, картон, дроти. Мінеральну вату виробляють з силікатного розплаву гірських порід, металургійних шлаків або їх суміші. Ця вата характеризується температуростійкістю до 700 ° С і має коефіцієнт теплопровідності λ= 0, 046 Вт / м ° С (при температурі 25 ° С), λ= 0, 065 Вт / м ° С (при температурі 125 ° С). З мінеральної вати виробляють специфічні мати товщиною 60-120 мм, протяжністю 1000-3500 мм і завширшки 500-2500 мм. Мінераловатні мати характеризуються показником теплопровідності 0,045-0, 049 Вт / м ° С. З мінеральної вати з додаванням сполучних інгредієнтів виробляють різноманітні вироби: циліндри та напівциліндри товщиною 40, 50, 80 мм, плити, мінераловатний провід. Вироби з скловати використовують для термоізоляції трубопроводів, закритих будівель і споруд, обладнання. Показник теплопровідності виробів залежить від об'ємної маси, схеми приготування і інших моментів і змінюється у межах 0,047-0, 057 Вт / м ° С. З скловати як правило виробляють плити, мати, скло-волокно. Прошивні мати (табл.1. 1) виробляють прямокутної дива довжиною 500-3000, шириною 200-500 мм.

Таблиця 1.1 - Технічні характеристики прошивних матів

Показник	Категорія виробів	
	Вища	Перша
Об'ємна вага, кг/м^3, не більше	45	50
Теплопровідність при середній температурі 25-50°С, Вт/м °С	0,044	0,044
Вологість, %,не більше	3	5

Пінополірістирол є базовим небіологічним матеріалом, тому з нього виробляють плити протяжністю до 2000, шириною 500-1200, товщина 25, 33, 50, 100 мм. Пінополістирол марки ПСБ-С реалізований для ізоляції трубопроводів можливо публікуватися в варіанті шкаралуп протяжністю 1 м, повнота 40-50 мм і внутрішнім діаметром 65-385 мм. Вироби характеризуються коефіцієнтом теплопровідності 0, 038-0, 058 Вт / м ° С (при температурі 25 ° С), більшою вагою 50-400 кг / м3. Пінополіуретан отримують в результаті різних складних хімічних реакцій, що протікають при хаотичному змішуванні поліефірів і ізоціанатів у присутності різних каталізаторів, емульгаторів, піноутворюючих агентів. Для теплоізоляції застосовують пінополіуретани у формі плит, блоків, фасонних виробів, а також напилюванням суміші на поверхню. Вироби мають коефіцієнт теплопровідності 0,03-0,046 Вт/м°С.

Для обслуговування арматури, поставленої для трубопроводах, на теплотрасі засновують термічні камери. Габарити камери встановлюють вимірами діаметрів теплопроводів. Для розміщення незалежних компенсаторів лінійного подовження в каналах і при безканальній прокладці трубопроводів передбачають компенсаторні ніші.

Висновок: описано загальна характеристика системи централізованого теплопостачання міста та розглянуто різні види теплових мереж

2. Гідравлічний розрахунок теплових мереж

Гідромеханічний розрахунок здійснюють для знаходження діаметрів трубопроводів для ділянок теплових мереж при відомих витратах теплоносія і загальноприйнятих , припустимих питомих втратах тиску і з метою попередження стрибків тиску теплоносія для будь-якої ділянки. Для теплотраси в цілому при відомих витратах теплоносія і конструктивних параметрах мережі (довжина ділянок, діаметри трубопроводів, кількість запірної арматури і т. п.). Втрати тиску в горизонтальному трубопроводі обчислюють як суму витрат тиску заради подолання дії сил тертя поміж рідиною і стінами трубопроводів (ΔP_T) ,і витрат тиску в «місцевих опорах» (ΔP_M), до них зараховують повороти потоку (коліна), запірну арматуру, прохід трубопроводів з меншим поперечником до більшого і навпаки:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M. \qquad (1.1)$$

Втрати тиску пов’язані з подоланням сили тертя і залежать від довжини трубопроводу, його діаметра, режиму течії речовини (ламінарний або турбулентний), витрати речовини (швидкості), шорсткості стін внутрішній площині труби і визначаються за формулою

$$\Delta P_T = \lambda_T \times \frac{l}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \qquad (1.2)$$

де ρ - густина рідини.

Коефіцієнт гідравлічного тертя $\lambda_т$ обчислюють залежно від режиму руху, який визначають величиною критерія Рейнольдса, і абсолютної еквівалентної шорсткості стінок K_e. Для сталевих труб, які переважно використовують для теплопроводів, в діапазоні зміни кількості Рейнольдса $2300 < Re < Re_{пр}$,

розрахункова формула для коефіцієнта гідравлічного тертя має характер:

$$\lambda_T = 0{,}11\left(\frac{K_e}{d} + \frac{68}{Re}\right)^{0{,}25}, \qquad (1.3)$$

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

При $Re \geq Re_{пр}$ рух речовини в трубі не залежить від числа Рейнольдса, тому коефіцієнт гідравлічного тертя можна визначити за формулою:

$$\lambda_T = 0{,}11(K_e/d)^{0{,}25}, \qquad (1.4)$$

$$Re_{пр} = 568d/K_e.$$

Величину еквівалентної шорсткості для гідравлічних розрахунків трубопроводів теплових мереж приймають для водяних мереж K_e=0,5 мм, для паропроводів K_e=0,2 мм, для конденсатопроводів K_e=1,0 мм.

Формулу (1.2) можна записати дещо по іншому, при цьому вводячи питомі втрати тиску через тертя на довжині трубопроводу 1 м:

$$\Delta P_T = Rl; \qquad (1.2,a)$$

$$R = \frac{\lambda_T}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \qquad (1.5)$$

Величину питомих або лінійних втрат тиску можна також визначити через величину витрат речовини (G):

$$R = 0{,}8125\frac{\lambda_T G^2}{d^5 \rho}, \qquad (1.6)$$

$$G = \rho W \pi d^2/4, \qquad (1.7)$$

За формулами (1.2) – (1.7) збудовані номограми для гідравлічного розрахунку теплових мереж. На рис. 1.6 наведено Номограму для розрахунку металевих трубопроводів для водяних теплових мереж.

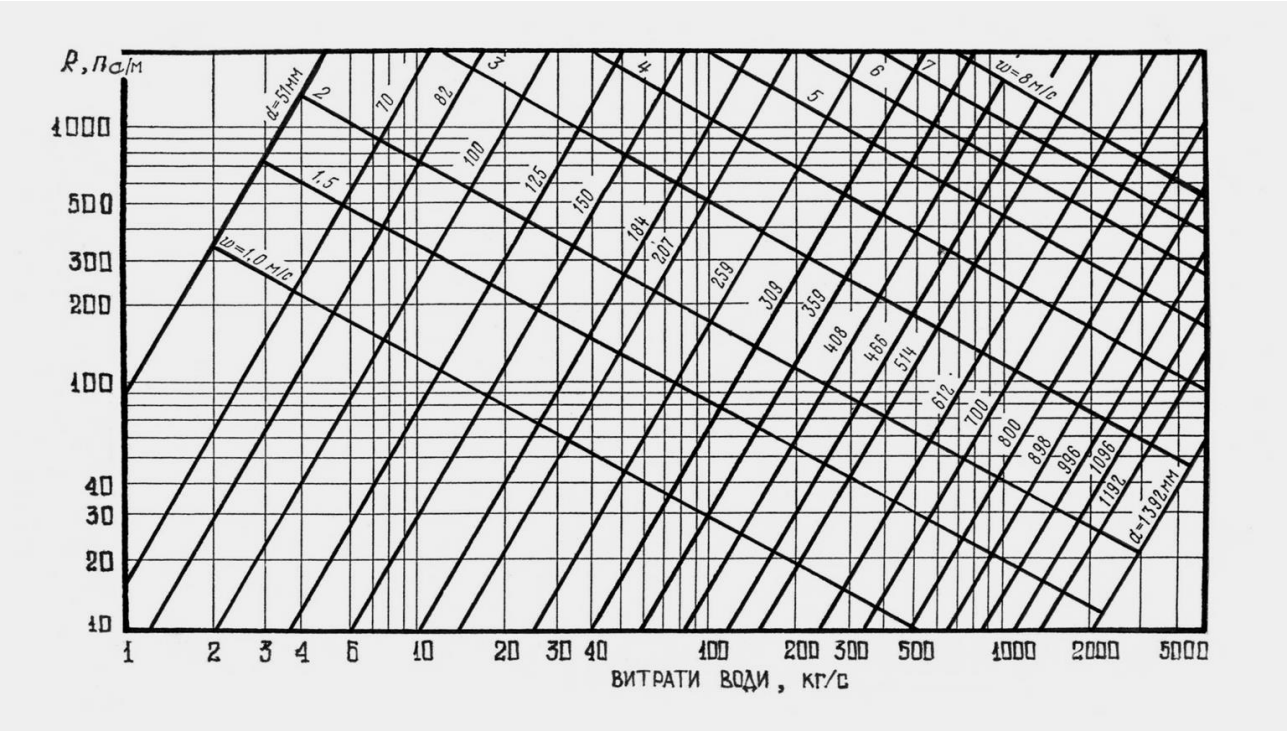


Рис. 1.6. – Номограма для розрахунку водяних теплопроводів ($K_e = 0{,}5$ мм)

При гідравлічних розрахунках водяних мереж питомі втрати тиску для ділянок магістральної траси від джерела теплоти до найвіддаленішого споживача становлять до 80 Рух / м, для відгалужень від магістралі – не більш 300 Па / м . Втрати тиску в місцевих опорах можна визначити за формулою (1.8), використовуючи значення коефіцієнтів автохтонних опорів, або за формулою (1. 9), використовуючи величину еквівалентної довжини (l_e) замість певних місцевих опорів. Властивість рівносильної довжини заради деяких варіантів місцевоопорних протидій приведені в додатках.

$$\Delta P_M = \Sigma \xi_м \frac{\rho W}{2}, \qquad (1.8)$$

де $\Sigma\xi_м$ - сума коефіцієнтів місцевих опорів на ділянці

$$\Delta P_м = Rl_e. \quad (1.9)$$

За відсутністю даних про види і кількість місцевих опорів на трубопроводі еквівалентну довжину визначають тоді приблизно за формулою

$$l_e = \alpha l, \quad (1.11)$$

де α - коефіцієнт, що враховує частину падіння тиску в місцевих опорах відносно падіння тиску через їх тертя (табл. 3.27).

На ділянках теплотраси місцеві опори можна врахувати, обчисливши величину α залежно від витрати води за формулою:

$$\alpha = 0{,}019\sqrt{G}, \quad (1.12)$$

Таблиця 3.27 – Коефіцієнт α для визначення сумарної еквівалентної довжини місцевих опорів

Типи конденсаторів	Умовний прохід труб $Д_у$, мм	*К*оефіцієнт α	
		Для паропроводів	Для водяних теплових
Транзитні магістралі			
Сальникові	До 1000	0,2	0,2
П – подібні з гнутими відводами	300	0,5	0,3

П – подібні з зварними відводами	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, яка необхідна для пересування води в теплових мережах, і витрати електроенергії для роботи насосів визначають за формулами:

$$N = \frac{GHg}{1000\eta_н}, \text{ кВт}; \tag{1.13}$$

$$N_e = N \times T, \text{ кВт} \times \text{год}, \tag{1.14}$$

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.

Мікрорайонні мережі мають низку спільних рис з централізованим теплопостачанням: розташування основного теплового пункту в центрі теплових навантажень, яке гарантує найменьшу довжину теплопроводів;

важлива багатопрофільність (наявність мережі відгалужень через генеральні гілки) підкладка трубопроводів виконана переважно в непрохідних каналах і за технологічними підпіллями будівель. Забезпечення теплом будівель розглянутих об’єктів виконується за допомогою чотирьохтрубної схеми (два трубопроводи для опалення, а інші два – для системи гарячого водопостачання)

2.1. Результати гідравлічного розрахунку розподільних мереж опалення мікрорайону

Схема теплових мереж мікрорайону показано на рис.2.1. Система теплопостачання мікрорайону утворена тритрубною мережею (подавальний і зворотний трубопроводи опалення і подавальний трубопровід системи гарячого водопостачання. Теплопроводи прокладено у непрохідних каналах. Теплові навантаження будівель і діаметри трубопроводів прийнято за проектом мікрорайону.

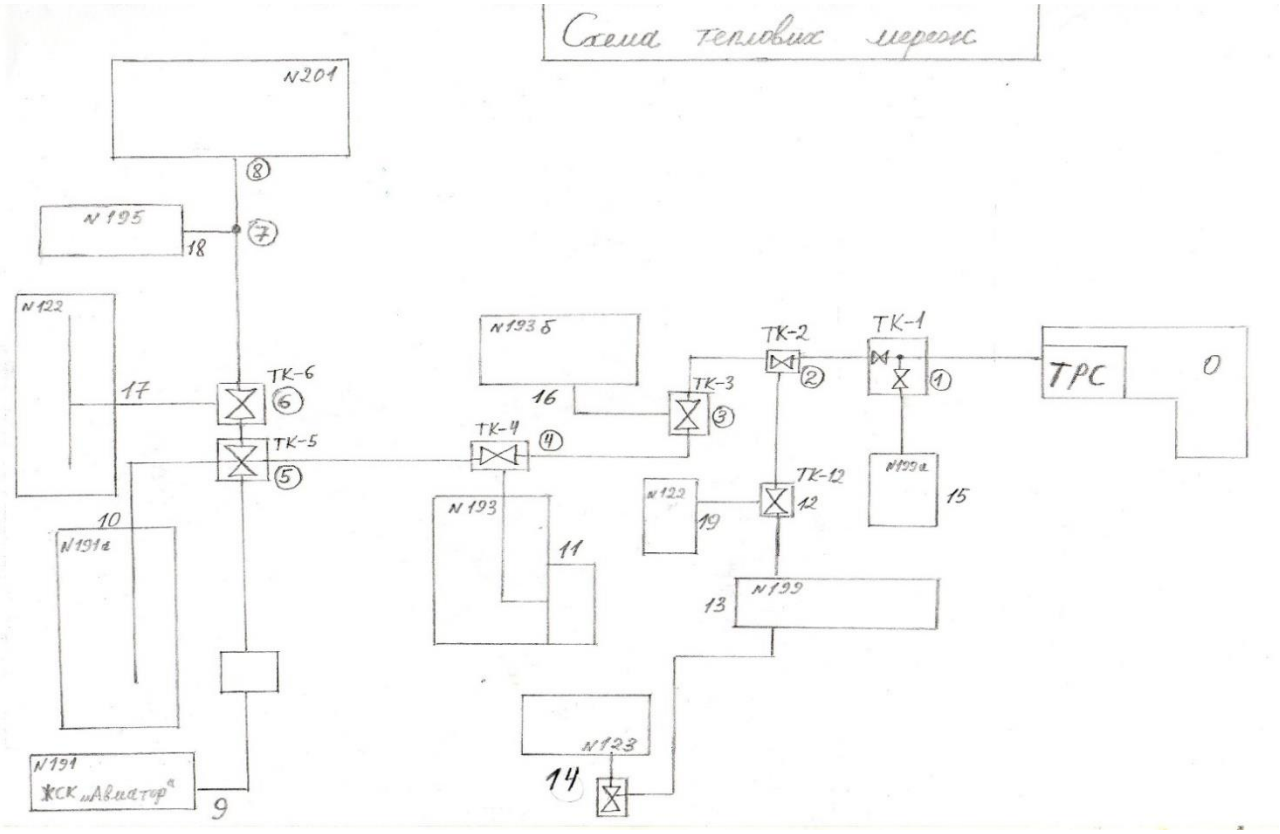


Рис. 2.1 - Схема теплопостачання житлового мікрорайону

Максимальні витрати теплоти для опалення і гарячого водопостачання будівель мікрорайону подано у табл.2.1.

Таблиця 2.1 – Теплові навантаження будівель мікрорайону

Номер будівлі за планом	Теплові навантаження , Гкал/год	
	Опалення $Q_{от}$	Гаряче водопостачання $Q_{гв}$
8	0.147	-
9	0.245	0.241
10	0.218	0.193
11	0.155	0.199
13	0.276	0.191
14	0.188	-
15	0.275	0.152
16	0.150	0.020
17	0.542	0.390
18	0.170	0.228
19	0.218	-

Для визначення діаметрів трубопроводів і витрат тиску в тепловій мережі виконують її гідравлічний розрахунок, для цього на схемі магістральні лінію розбивають на ділянки і відокремлюють гілки, нумерують ділянки в на визначають протяжність кожної ділянки. За розрахункову ділянку приймаю ть фрагмент мережі з незмінними витратами речовини.

Довжина кожної ділянки ℓ визначаємо на нашому плані допомогою

вимірювання її по самій схемі з урахуванням масштабу. Усі дані гідравлічного розрахунку теплової мережі зводять до таблиці.

Обчислення виконують у такій послідовності:

12) обчислюють теплові навантаження ділянок ($Q_{\text{уч}}$).

$$Q_{\text{уч}} = Q_{\text{гв}} * 1{,}16 \qquad (2.1)$$

2) визначають витрати теплоносія на ділянці за формулою:

$$G_{\text{уч}} = \frac{Q_{\text{уч}}}{C * \Delta t} \qquad (2.2)$$

де С = 4187 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} * \text{с}}$ – питома теплоємкість теплоносія , $\Delta t = t_1 - t_2 = 95 - 70 =$ 25℃ - різниця температур у подавальному і зворотному трубопроводах теплової мереж .

3) Питомі втрати тиску визначили за номограмою для гідравлічного розрахунку (рис.1.6) за величинами обчислених витрат мережної води і прийнятих за даними проекту значень діаметрів теплопроводів на ділянках мережі.

4) Втрати тиску на ділянці обчислили за формулою:

$$H = R * l_{\text{уч}} * (1 + K_{\text{м}}) \qquad (2.3)$$

де $l_{\text{уч}}$ – довжина ділянки; K_l – коефіцієнт, що враховує втрати тиску в місцевих опорах (K_l = 0.2 - для подавальних і циркуляційних розподільчих трубопроводів)

Результати гідравлічного трубопроводів системи опалення мікрорайону подано у табл.2.2.

Таблиця 2.2 . Результати гідравлічного розрахунку трубопроводу опалення

№ уч	*Довжина l (м)*	*Діаметр d(мм)*	*Теплове навантаження Q уч (МВт)*	*Витрати теплоносія G уч(кг/с)*	*Втрати тиску*	
					R, (Па/м)	*На ділянці*
0-1	12	159	2,92	27,9	240	3456
1-2	45	159	2,6	24,8	180	9720
2-3	39	108	1,85	16,9	600	28080
3-4	96	159	1,68	15,3	70	7812
4-5	40	159	1,5	14,3	60	2881
5-6	20	159	0,99	9,16	30	720
6-7	65	108	0,33	3,15	25	1950
7-8	10	108	0,17	1,58	5	60
1-15	28	108	0,32	3,06	20	672
2-12	120	108	0,572	7,27	120	17280
12-13	82	108	0,538	5,17	60	5904
13-14	73	89	0,218	2,1	30	2628
3-16	22	57	0,174	1,67	210	5544
4-11	13	89	0,18	1,72	20	312
5-9	133	108	0,54	5,15	60	9576
5-10	33	108	0,252	2,4	13	515
6-17	60	108	0,63	6,01	90	6480
7-18	10	108	0,20	1,53	5	60
12-19	24	108	0,25	2,43	15	432

2.2. Результати гідравлічного розрахунку розподільних мереж гарячого водопостачання мікрорайону

У результаті проведення гідравлічного розрахунку мережі гарячого водопостачання одержуємо відповідь на питання, трубопроводи яких діаметрів потрібно використати на кожній з ділянок і які при цьому будуть трати тиску.

Перш за все обираємо схему гарячого водопостачання, мережу розподіляємо на розрахункові ділянки. Обчислення проводимо у викладеному у попередньому розділі порядку.

Обчислення теплових навантаження ділянок ($Q_{\text{уч}}$) здійснюємо за допомогою формули 2.1.

Витрати гарячої води на ділянці визначаємо за формулою:

$$G_{\text{уч}} = \frac{Q_{\text{уч}}}{C * \Delta t} \qquad (2.4)$$

де С = 4187 $\frac{\text{Дж}}{\text{кг} * \text{с}}$ – питома теплоємкість води ; $\Delta t = t_{\text{г}} - t_{\text{х}} = 60 - 5 = 55℃$ - різниця температур гарячої і холодної води.

Питомі втрати тиску розраховували за номограмою визначено за допомогою номограми для гідравлічного розрахунку теплопроводів. Результати гідравлічного трубопроводів системи гарячого водопостачання мікрорайону подано у табл. 2.3.

Таблиця 2.3. Результати гідравлічного розрахунку розподільних мереж гарячого водопостачання мікрорайону

№ уч	*Довжина l (м)*	*Діаметр d(мм)*	*Теплове навантаження Q уч (МВт)*	*Витрати теплоносія G уч(кг/с)*	*Втрати тиску*	
					R, (Па/м)	*На ділянці*
0-1	15	159	1,863	8,1	18	259
1-2	45	159	1,687	7,33	15	810
2-3	39	108	1,467	6,38	85	3978
3-4	96	159	1,444	6,28	11,0	1267
4-5	40	159	1,214	5,28	9,0	432
5-6	20	159	0,71	3,09	8,0	192
6-7	65	108	0,26	1,13	5,0	390
7-8	10	108	0	0	0	60
1-15	28	108	0,176	0,76	5,0	168
2-12	120	108	0,22	0,96	5,0	720
12-13	82	108	0,22	0,96	5,0	492
13-14	73	89	0	0	0	0
3-16	22	57	0,0237	0,10	1,0	26
4-11	13	89	0,23	0,10	1,0	16
5-9	133	108	0,26	1,12	6,0	958
5-10	33	108	0,224	0,97	5,0	198
6-17	60	108	0,45	1,95	7,0	504
7-18	10	108	0,26	1,12	6,0	72
12-19	24	108	0	0	0	0

Висновок: здійснено гідравлічний розрахунок теплових мереж мікрорайону. Втрати тиску в трубопроводах системи опалення становить 104 082 Па. Втрати тиску в трубопроводах системи гарячого водопостачання становить 10 542 Па.

3. Теплові розрахунки теплових мереж

Ключовими завданнями розрахунків термоізоляції представляється встановлення термічного потоку і температур в ізоляційному покриві близько встановленої установки відособленості (відомі товщини і коефіцієнти теплопровідності шарів) сиріч знаходження товщини теплоізоляційного шару. В останньому випадку у властивості початкових наданих заради розрахунків утилізують знамениті (задані або допустимі) величину термічного потоку (втрат теплоти за допомогою ізоляцію) або властивість температури на зовнішній поверхні ізоляційної конструкції.

В умовах , коли температура на зовнішній поверхні ізоляції невідома , попередньо приймають з подальшим уточненням. Для об’єктів у приміщеннях у діапазоні 40-50 ° С , для об’єктів , розташованих на зовнішньому повітрі становить 10 ° С .

Максимально можливі значення товщини теплової ізоляції наведені у табл. 3.1

Таблиця 3.1. - Припустима товщина ізоляційного шару трубопроводів надземної прокладки і прокладки в непрохідних каналах

Надземна		Прокладка в непрохідних каналах		
Умовний діаметр,	Товщина, мм	Умовний діаметр, мм	Товщина для всіх трубопроводів, крім труб для	Товщина для трубопроводів гарячої води, мм
25	40	25	70	60
40	80	50	100	80
50	100	100	150	90

100	130	150	150	100
150	160	200	180	100
200	I80	250	180	100
300	200	300	190	100
400	210	350	200	100
500	220	400	200	110
600	230	500 та більше	200	120

Коли розраховують теплоізоляційні конструкції використовують величину питомого, який відносять к одиниці довжини самого теплопроводу теплового потоку

$$q_l = \frac{Q}{L},\ q_l = \frac{t - t_0}{R_l},\ \text{Вт/м}, \qquad (3.1)$$

де Q - є повним тепловим потоком, Вт; L - довжина трубопроводу, м; t - є температурою теплоносія; t_0 - температура оточуючого середовища; R_l - повний термічний опір цієї ізоляційної конструкції.

Взагалі повний термічний опір теплопроводу для надземної прокладки є сумою термічних опорів тепловіддачі. Тепловіддача від теплоносія аж 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 $R_l^{З}$:

$$R = R_{ВН} + R_{СТ} + R_l^{ІЗ} + R_l^{П} + R_l^{З}; \qquad (3.2)$$

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

$$R_l^{Із} = \frac{\ln(d_{із} / d_т)}{2\pi\lambda_{із}}; \quad R_l^{П} = \frac{\ln(d_п / d_{із})}{2\pi\lambda_п}, \tag{3.3}$$

$$R_l^{З} = \frac{1}{\alpha_З \pi d_п}. \tag{3.4}$$

де $\alpha_{вн}$ - коефіцієнт тепловіддачі від теплоносія до його стінок труби; $d_{вн}, d_т$ - внутрішній і зовнішній діаметри труби; $\lambda_{ст}$ - коефіцієнт теплопровідності матеріалу трубопроводу; $d_{із}$ - діаметр основного ізоляційного шару; $d_п$ - зовнішній діаметр покривного шару; $\lambda_{із}, \lambda_п$ - відповідно коефіцієнт теплопровідності основного ізоляційного та покривного шарів; $\alpha_з$ - коефіцієнт тепловіддачі від поверхні ізоляційної конструкції до оточуючого повітря (може бути прийнятим 20,9 Вт/м^2°С при ω=5 м/с; 30 Вт/м^2°С при ω =10 м/с; 35 Вт/м^2°С при ω=15 м/с; ω - швидкість вітру).

Повний термічний опір для безканальної двотрубної прокладки для подавального та зворотного трубопроводів становить :

$$R_{l_1} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_1}^{із} + R_{l_1}^{п} + R_{l_1}^{гр} + R_{l_1}^{дод}; \tag{3.5}$$

$$R_{l_2} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_2}^{із} + R_{l_2}^{п} + R_{l_2}^{гр} + R_{l_2}^{дод}, \tag{3.6}$$

де $R_l^{гр}$ - термічний опір ґрунту; $R_{l_1}^{дод}, R_{l_2}^{дод}$ - додатковий термічний опір впливу теплопроводів для подавального і зворотного трубопроводів.

При відстані від шару поверхні ґрунту до вісі трубопроводу $H / d_{із}$ >1.25. Значить термічний опір ґрунту визначають по формулі :

$$R_l^{гр} = [\ln(4H / d_{із})] / (2\pi\lambda_{гр}), \tag{3.7}$$

де $\lambda_{гр}$ - коефіцієнт теплопровідності ґрунту (див. додаток 9).

$$R_{l_1}^{дод} = \psi_1 R_0, \tag{3.8}$$

$$R_{l_2}^{дод} = \psi_2 R_0, \tag{3.9}$$

де R_0 - є фактором термічного опору , м°С/Вт; ψ_1, ψ_2 - коефіцієнти, які визначають додатковий термічний опір .

Для однакової глибини прокладки подавального і зворотного теплопроводів є величина R_0 , яка визначається за формулою:

$$R_0 = \left[1/\left(2\pi\lambda_{гр}\right)\right] \ln\sqrt{1+\left(2H/k\right)^2}, \tag{3.11}$$

де k - відстань між осями трубопроводів.

$$\psi_1 = \frac{\left(t_2 - t_{гр}\right)R_1 - \left(t_1 - t_{гр}\right)R_0}{\left(t_1 - t_{гр}\right)R_2 - \left(t_2 - t_{гр}\right)R_0}; \tag{3.12}$$

$$\psi_2 = \frac{\left(t_1 - t_{гр}\right)R_2 - \left(t_2 - t_{гр}\right)R_0}{\left(t_2 - t_{гр}\right)R_1 - \left(t_1 - t_{гр}\right)R_0}. \tag{3.13}$$

Тут R_1, R_2 - сумарний термічний опір (ізоляції і ґрунту) ; $t_{гр}$ - температура ґрунту на самій глибині знаходження осі трубопроводу (при підземних способах прокладки температура $t_{гр}$ - температура оточуючого середовища; температури ґрунту для деяких міст України наведені в табл. 3.2); t_1, t_2 - температура теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах.

Таблиця 3.2 - Середня температура ґрунту для деяких міст України

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

Для випадку двотрубної прокладки у непрохідному каналі є повний термічний опір, який визначається сумою:

- для подавального трубопроводу

$$R_{l_1} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_1}^{із} + R_{l_1}^{п} + R_{l_1}^{з} + R_{l_1}^{кан} + R_{l,гр}^{кан} + R_{l_1}^{дод}, \qquad (3.14)$$

- для зворотного трубопроводу

$$R_{l_2} = R_{вн} + R_{ст} + R_{l_2}^{із} + R_{l_2}^{п} + R_{l_2}^{з} + R_{l_2}^{кан} + R_{l,гр}^{кан} + R_{l_2}^{дод}, \qquad (3.15)$$

де $R_l^{кан}$ - термічний опір тепловіддачі від поверхні ізоляційної конструкції до повітря у каналі; $R_l^{кан}$ - термічний опір тепловіддачі від повітря у каналі до стінок каналу; $R_{l,гр}^{кан}$ - термічний опір ґрунту для канальних способах прокладки.

$$R_l^{кан} = 1/(\alpha_{кан}\pi d_e), \qquad (3.16)$$

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

$$R_{l,гр}^{кан} = [\ln(4H/d_e)]/(2\pi\lambda_{гр}), \qquad (3.17)$$

Можемо обчислити додатковий термічний опір, що враховує взаємовплив теплопроводів:

$$R_{l_1}^{\text{дод}} = \psi_1^{\text{кан}} R_0^{\text{кан}}; R_{l_2}^{\text{дод}} = \psi_2^{\text{кан}} R_0^{\text{кан}}, \quad (3.18)$$

де $R_0^{\text{кан}} = R_l^{\text{кан}} + R_{l,\text{гр}}^{\text{кан}}$ - фактор термічного опору взаємного впливу теплопроводів ,який є при двотрубному прокладанні у непрохідних каналах;

$$\psi_1^{\text{кан}} = \frac{(t_2 - t_{\text{гр}})R_1 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}{(t_1 - t_{\text{гр}})R_2 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}; \quad (3.19)$$

$$\psi_2^{\text{кан}} = \frac{(t_1 - t_{\text{гр}})R_2 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}{(t_2 - t_{\text{гр}})R_1 + (t_1 - t_2)R_0^{\text{кан}}}, \quad (3.20)$$

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

Встановлення товщини ізоляційного покриву при заданій величині термічного потоку за допомогою ізоляції представляється переважно поширеним випадком розрахунку теплоізоляції. Міра питомого термічного потоку може бути встановлена, поширюючись з технологічних угод або з нормативними втратами теплоти.

У додатку 10 приведені норми термічного потоку з відокремленою поверхнею теплопроводів водяних мереж у випадку безканальної прокладки і прокладання у непрохідних каналах.

Завдяки порівняно підвишену інтенсивність тепловіддачі через теплоносій до внутрішньої поверхні труби при технічних розрахунках в майже всіх варіантах величиною теплової протидії тепловіддачі усередині труби можна знехтувати увагою при обчисленні термічного потоку за формулою (3. 44). У тому ж дусі, за допомогою високого показника теплопровідності металевоїстіни труби в величині всього теплового потоку можливо не враховувати опір цієї стіни труби. Тоді питомий тепловий потік за допомогою шару теплової ізоляції обумовлюється формулою:

$$q_l = \frac{t - t_2}{\frac{1}{2\pi\lambda_{із}} \ln \frac{d_{із}}{d_т}}, \quad (3.21)$$

де t_2 - температура на зовнішній поверхні ізоляції.

Розв'язуючи рівняння (3.21), знаходимо невідомий діаметр ізоляції

$$\ln \frac{d_{із}}{d_т} = \frac{2\pi\lambda_{із}(t - t_2)}{q_l}; \; d_{із} = d_т \times \exp\left[\frac{2\pi\lambda_{із}(t - t_2)}{q_l}\right], \quad (3.22)$$

Розрахунок проводимо ітераційно у такій послідовності:

- попередньо приймаємо температуру t_2;

- задаємо коефіцієнт теплопровідності ізоляційного матеріалу, із формули (3.64) визначаємо діаметр ізоляції

;

- обчислюємо величину коефіцієнта тепловіддачі від зовнішньої поверхні ізоляції до оточуючого повітря ($\alpha_з$);

- уточнюємо величину температури ізоляції на зовнішній поверхні :

$$t_2^* = t_0 + \frac{q_l}{\alpha_з \pi d_{із}}, \quad (3.23)$$

- при розбіжності у значеннях t_2 і t_2^* більше 1°С, виконуємо наступну ітерацію при підстановці у формулу (3.64) температури t_2^* замість t_2.

3.1. Обчислення товщини теплової ізоляції на ділянках опалювальної мережі

Розрахунок проводимо за допомогою наступної формули:

$$d_{із} = d_т \times \exp\left[\frac{2\pi \times \lambda_{із} \times (t - t_2)}{q_l}\right] \quad (3.24)$$

де $d_т$ – діаметр трубопроводу ; $\lambda_{із}$ – коефіцієнт теплопровідності теплоізоляції (прийнято $\lambda_{із}$=0,065 Вт/м×℃) ; t – температура теплоносія у трубопроводі (для подавального трубопроводу прийнято $t = 150℃$) ; q_l – питомі теплові витрати через теплоізоляцію;

Питомі теплові витрати через теплоізоляцію розраховуємо за формулою:

$$q_l = q_{норм} \times \frac{(t-t_2)}{90-5} = \frac{Вт}{м} \quad (3.25)$$

де 90℃ - температура, яку ми прийняли, а 5℃ - температура середовища.

Приймаємо коефіцієнт тепловіддачі з поверхні труби до повітря у каналі :

$$\alpha_з = 11{,}6 \text{ Вт/м}^2℃$$

1) Для подавального трубопроводу:

$d_т = 0{,}159$ м :

$$q_l = 76 \times \frac{(150-20)}{90-5} = 116{,}2 \frac{Вт}{м}$$

$$d_{із} = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(150-90)}{116{,}2}\right] = 0{,}196 \text{ м}$$

$$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times d_{із}} = 20 + \frac{116{,}2}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}196} = 36{,}3℃$$

$$d_{із}{}' = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150 - 36{,}3)}{116{,}2}\right] \approx 0{,}24 \text{ м}$$

$$t_2{}' = 20 + \frac{116{,}2}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}24} = 33{,}3℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{36{,}3-33{,}3}{36{,}3} = 7{,}7\%$

$d_т = 0{,}108$ м :

$$q_l = 40 \times \frac{(150-20)}{90-5} = 61{,}17 \frac{Вт}{м}$$

$$d_{із} = 0{,}108 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(150-90)}{61{,}17}\right] = 0{,}161 \text{ м}$$

$$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times d_{із}} = 20 + \frac{61{,}17}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}161} = 30{,}43℃$$

$$d_{із}' = 0{,}108 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150 - 30{,}43)}{61{,}17}\right] \approx 0{,}24 \text{ м}$$

$$t_2' = 20 + \frac{61{,}17}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}24} = 27℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{30{,}43-27}{36{,}3} = 9{,}4\%$

$d_т = 0{,}089$ м :

$$q_l = 36 \times \frac{(150-20)}{90-5} = 55 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

$$d_{із} = 0{,}089 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150-90)}{55}\right] = 0{,}14 \text{ м}$$

$$t_2^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times d_{із}} = 20 + \frac{55}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}14} = 30{,}8℃$$

$$d_{із}' = 0{,}089 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150 - 30{,}8)}{55}\right] \approx 0{,}22 \text{ м}$$

$$t_2' = 20 + \frac{55}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}22} = 26{,}9℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{30{,}8-26{,}9}{36{,}3} = 10{,}7\%$

$d_т = 0{,}057$ м :

$$q_l = 29 \times \frac{(150-20)}{90-5} = 45 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$$

$$d_{із} = 0{,}057 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150-90)}{45}\right] = 0{,}15 \text{ м}$$

$$t_2^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times d_{із}} = 20 + \frac{45}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}15} = 45{,}8℃$$

$$d_{із}' = 0{,}057 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150 - 45{,}8)}{45}\right] \approx 0{,}15 \text{ м}$$

$$t_2' = 20 + \frac{45}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}15} = 45{,}8℃$$

Розбіжність по $t_2 = 0\%$

2) Для зворотного трубопровіду:

$\mathrm{d_т} = 0{,}159$ м :

Приймаємо $t_2 = 70℃$

$q_l = 76 \times \frac{(150-20)}{70-5} = 152\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{із}} = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2\times 3{,}14\times 0{,}065\times(150-70)}{152}\right] = 0{,}2\text{м}$

$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{із}}} = 20 + \frac{152}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}2} = 40{,}9℃$

$\mathrm{d_{із}}' = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150-40{,}9)}{152}\right] \approx 0{,}21$ м

$t_2' = 20 + \frac{152}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}21} = 39{,}9℃$

Розбіжність по $t_2 = \frac{40{,}9-39{,}9}{40{,}9} = 2{,}4\%$

$\mathrm{d_т} = 0{,}108$ м :

$q_l = 40 \times \frac{(150-20)}{70-5} = 80\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{із}} = 0{,}108 \times \exp\left[\frac{2\times 3{,}14\times 0{,}065\times(150-70)}{80}\right] = 0{,}16\text{м}$

$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{із}}} = 20 + \frac{80}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}16} = 33{,}7℃$

$\mathrm{d_{із}}' = 0{,}108 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150-33{,}7)}{80}\right] \approx 0{,}2$ м

$t_2' = 20 + \frac{80}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}2} = 40℃$

Розбіжність по $t_2 = \frac{40-33{,}7}{40{,}9} = 15{,}4\%$

$\mathrm{d_т} = 0{,}089$ м :

$q_l = 36 \times \frac{(150-20)}{70-5} = 72\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{із}} = 0{,}089 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(150-70)}{72}\right] = 0{,}14\text{м}$

$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{із}}} = 20 + \frac{72}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}14} = 34{,}12℃$

$\mathrm{d_{із}}' = 0{,}089 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150 - 34{,}12)}{72}\right] \approx 0{,}17\ \text{м}$

$t_2' = 20 + \frac{72}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}17} = 31{,}63℃$

Розбіжність по $t_2 = \frac{34{,}12-31{,}63}{40{,}9} = 6{,}1\%$

$\mathrm{d_т} = 0{,}057$ м :

$q_l = 29 \times \frac{(150-20)}{70-5} = 58\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{із}} = 0{,}057 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(150-70)}{58}\right] = 0{,}1\text{м}$

$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{із}}} = 20 + \frac{58}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}1} = 35{,}92℃$

$\mathrm{d_{із}}' = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (150 - 40{,}9)}{152}\right] \approx 0{,}13\ \text{м}$

$t_2' = 20 + \frac{58}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}13} = 32{,}25℃$

Розбіжність по $t_2 = \frac{35{,}92-32{,}25}{40{,}9} = 9\%$

3) Для гарячого водопостачання теплопроводу:

$\mathrm{d_т} = 0{,}159$ м :

Приймаємо $t = 60℃;\ t_2 = 30℃;\ t_{\text{окр}} = 20℃$

$q_l = 76 \times \frac{(60-20)}{90-5} = 35{,}76\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{із}} = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(60-30)}{35{,}76}\right] = 0{,}222\text{м}$

$$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{iз}}} = 20 + \frac{35{,}76}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}222} = 24{,}38℃$$

$$\mathrm{d_{iз}}' = 0{,}159 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (60 - 24{,}38)}{35{,}76}\right] \approx 0{,}239 \text{ м}$$

$$t_2' = 20 + \frac{35{,}76}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}239} = 24{,}11℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{24{,}11-24{,}38}{24{,}38}$ = -1,1%

$\mathrm{d_т} = 0{,}108$ м :

$q_l = 40 \times \frac{(60-20)}{90-5} = 18{,}82 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{iз}} = 0{,}108 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(60-30)}{18{,}82}\right] = 0{,}207$ м

$$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{iз}}} = 20 + \frac{18{,}82}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}207} = 22{,}5℃$$

$$\mathrm{d_{iз}}' = 0{,}108 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (60 - 22{,}5)}{18{,}82}\right] \approx 0{,}243 \text{ м}$$

$$t_2' = 20 + \frac{18{,}82}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}243} = 22{,}13℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{22{,}5-22{,}13}{22{,}5}$ = 1,6%

$\mathrm{d_т} = 0{,}089$ м :

$q_l = 36 \times \frac{(60-20)}{90-5} = 16{,}94 \ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{iз}} = 0{,}089 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(60-30)}{16{,}94}\right] = 0{,}183$ м

$$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{iз}}} = 20 + \frac{16{,}94}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}183} = 22{,}54℃$$

$$\mathrm{d_{iз}}' = 0{,}089 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (60 - 22{,}54)}{16{,}94}\right] \approx 0{,}22 \text{ м}$$

$$t_2{}' = 20 + \frac{16{,}94}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}22} = 22{,}11℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{22{,}54-22{,}11}{22{,}54} = 1{,}9\%$

$\mathrm{d_т} = 0{,}057$ м :

$q_l = 29 \times \frac{(60-20)}{90-5} = 13{,}64\ \frac{\text{Вт}}{\text{м}}$

$\mathrm{d_{із}} = 0{,}057 \times \exp\left[\frac{2\times3{,}14\times0{,}065\times(60-30)}{13{,}64}\right] = 0{,}14$ м

$$t_2{}^* = t_з + \frac{q_l}{d_з \times \pi \times \mathrm{d_{із}}} = 20 + \frac{13{,}64}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}14} = 22{,}67℃$$

$$\mathrm{d_{із}}{}' = 0{,}057 \times \exp\left[\frac{2 \times 3{,}14 \times 0{,}065 \times (60 - 22{,}67)}{13{,}64}\right] \approx 0{,}172 \text{ м}$$

$$t_2{}' = 20 + \frac{13{,}64}{11{,}6 \times 3{,}14 \times 0{,}172} = 22{,}17℃$$

Розбіжність по $t_2 = \frac{22{,}67-22{,}17}{22{,}67} = 2{,}2\ \%$

Подавальний трубопровід

$d_т$, мм	159	108	89	57
$\delta_{із}$, мм	70	70	70	50

Зворотній трубопровід

$d_т$, мм	159	108	89	57
$\delta_{із}$, мм	60	50	50	40

Гарячого водопостачання трубопровід

$d_т$, мм	159	108	89	57
$\delta_{із}$, мм	40	70	70	60

$\delta_{із}$ – прийнята товщина ізоляції (округлено до стандартів)

3.2 Методика обчислення теплових втрат трубопроводами теплових мереж

Теплові втрати трубопроводами мережі теплопостачання мікрорайону визначено при умові, що лінійні втрати теплоти в оточуюче середовище знаходяться на рівні нормативних значень. Витрати теплоти трубопроводами можемо визначати за допомогою використання достатньо невеликої розрахункової методики. За температуру оточуючого середовища прийнято температуру грунту на глибині вісі теплопроводів (5℃). Втрати теплоти через конструктивні елементи теплової мережі враховано коефіцієнтом 1.15. Для таких умов теплові втрати на ділянці трубопроводу можна обчислити за формулою:

$$Q_{уч} = q_н * \left(\frac{t_1 - t_{окр}}{\Delta t_н}\right) * l_д * k_1, \quad (3.24)$$

де $q_д$ - питомі (лінійні) втрати теплоти на ділянці, Вт/м; t_1 – температура на вході ділянки; $t_{окр}$ – температура навколишнього середовища; $l_д$ – довжина ділянки; k_1- коефіцієнт для обліку теплових втрат через конструктивні елементи теплової мережі; $\Delta t_н$ – різниця температур теплоносія і оточуючого середовища, для яких визначено величину нормативних втрат.

Витрати теплоносія на ділянках мережі прийнято за результатами гідравлічного розрахунку теплових мереж (табл2.2, 2.3). Температуру середовища на виході кожної ділянки обчислено через температуру на вході ділянки з урахуванням теплових втрат на ділянці ($Q_{уч}$) за формулою

$$t_{вих} = t_{вх} - \frac{Q_{уч}}{C * G_{уч}} \quad (3.25)$$

де $t_{вх}$ - температура середовища на вході розрахункової ділянки; С – питома теплоємність середовища; $G_{уч}$ - витрати середовища на ділянці

Таблиця 3.3 - Результати розрахунку теплових втрат подавальним трубопроводом

№ уч	*Довжина l(м)*	*Діаметр d (мм)*	*Щільність теплового потоку* $q^{п}_{нор}$ $(\frac{Вт}{м})$	*Втрати теплоти Q уч(Вт)*	*Температура °С*		*Витрати теплоносія G уч(кг/с)*
					На вході	*На виході*	
0-1	12	159	76	1110	95	94,99	27,9
1-2	45	159	76	4164	94,99	94,95	24,8
2-3	39	108	63	2992	94,95	94,90	16,9
3-4	96	159	76	8884	94,90	94,76	15,3
4-5	40	159	76	3701	94,76	94,7	14,3
5-6	20	159	76	1850	94,7	94,65	9,16
6-7	65	108	63	4986	94,65	94,27	3,15
7-8	10	108	63	767	94,27	94,15	1,58
1-15	28	108	63	2148	94,99	94,82	3,06
2-12	120	108	63	9205	94,95	94,65	7,27
12-13	82	108	63	6290	94,65	90,83	5,17
13-14	73	89	57	5066	90,83	90,25	2,1
3-16	22	57	46	1232	94,9	94,72	1,67
4-11	13	89	57	902	94,76	93,51	1,72
5-9	133	108	63	10203	94,7	94,23	5,15
5-10	33	108	63	2531	94,7	94,45	2,4
6-17	60	108	63	4603	94,65	94,47	6,01
7-18	10	108	63	661	94,27	94,15	1,53
12-19	24	108	63	1841	94,65	94,47	2,43

Обчислене значення температури середовища на виході ділянки у подальшому прийняте як значення на вході до наступної за ходом води розрахункової ділянки. Температуру мережної води на вході до мережі (на виході з центрального теплового пункту) прийнято рівною 95℃.

Результати визначення теплових втрат подавальними трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону подано у табл. 3.3.

3.3. Обчислення теплових втрат зворотнім трубопроводом теплових мереж

Визначення втрат теплоти зворотними трубопроводами мережі опалення мікрорайону здійснено за розрахунковою методикою, викладеною у попередньому підрозділі. Обчислення починають з найвідданішої від центрального теплового пункту на гілці мережі будівлі. Температуру мережної води на виході з системи опалення будівель прийнято рівною $t = 70℃$. Теплові втрати на ділянці зворотного трубопроводу обчислюємо за за формулою:

$$Q_{уч}^{обр} = q_{уч}^{обр} * \mathrm{l_{уч}} * \mathrm{k_1}, \quad (3.26)$$

де $q_{уч}^{обр}$ - питомі тепловтрати на ділянці зворотного теплопроводу, Вт/м; t_1 – температура на вході 70℃, а $t_{окр}$ – температура окружаючого довкілля 5℃;$\mathrm{l_д}$ – довжина ділянки; $\mathrm{k_1}$- коефіцієнт для обліку теплових втрат через конструктивні елементи теплової мережі , становить (1,15)

Питомі втрати визначено за величиною нормативних лінійних втрат $q_{норм}$ за формулою:

$$q_{уч}^{обр} = q_{норм} * \frac{t_{вх} - t_{окр}}{\Delta t_{норм}^{обр}}, \quad (3.27)$$

де $t_{вх}$ - температура мережної води на вході до ділянки; $t_{окр}$ - температура оточуючого середовища; $\Delta t_{норм}^{обр} = 50 - 5 = 45℃$ – різниця температур теплоносія і оточуючого середовища, для яких визначено величину нормативних втрат.

Значення нормативних теплових втрат трубопроводами наведені у табл.3.4.

Таблиця 3.4.- Нормативні теплові втрати ($q_{норм}$) зворотнім трубопроводом

Діаметр	57	76	89	108	133	159	219
Питома тепловтрата $q_{норм}$	29	34	36	40	44,5	49	59

Охолодження мережної води у межах розрахункової ділянки обчислено за формулою :

$$t_{вих} = t_{вх} - \frac{Q_{уч}^{обр}}{C * G_{уч}}, \quad (3.28)$$

де С = 4187 $\frac{Дж}{кг*с}$ – питома теплоємність води; $G_{уч}$- витрата води на ділянці

Відмінність визначення теплового стану зворотного трубопроводу в порівнянні з подавальним полягає у наступному. У точці приєднання відгалуження до основного трубопроводу відбувається змішування потоків мережної води з різними температурами. Температуру мережної води на виході ділянки з врахуванням змішування потоків води в магістральному трубопроводі та з відгалужень визначено за формулою

$$t'_{вих} = \frac{t_{вих} * G_{уч} + t_{отв} * G_{отв}}{G_{уч} + G_{отв}}, \quad (3.29)$$

де $t_{вих}, G_{уч}$ – відповідно, температура і витрати води у трубопроводі основного напрямку; $t_{отв}, G_{отв}$ - температура і витрати води у трубопроводі відгалуження.

У подальшому, температура на виході ділянки з врахуванням можливого зміщення приймається як вхідна для наступного по ходу руху води в зворотному трубопроводі ділянки і т.д. Якщо відгалуження складається з декількох ділянок, тоді розрахунок ми починаємо від найвіддаленішої точки на відгалуженні до точки відгалуження.

Результати визначення теплових втрат зворотними трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону подано у табл. 3.5.

Таблиця 3.5 Результати розрахунку теплових втрат зворотним трубопроводом

№ уч	*Довжина* l *(м)*	*Діаметр* d*(мм)*	*Питомі теплові втрати* $q_{\text{уч}}^{\text{обр}}(\frac{\text{Вт}}{\text{м}})$	*Теплові втрати теплоносія* Q уч *(Вт)*	*Температура* ℃		*Температура води з врахуванням зміщування*	*Витрати теплоносія* G уч*(кг/с)*
					На вході	*На виході*		
8-7	10	108	58	667	70	69,90	69,94	1,58
18-7	10	108	58	667	69,90	69,89		1,53
17-6	60	108	58	4002	69,89	69,73	69,83	6,01
7-6	65	108	58	4336	69,73	69,40		3,15
6-5	20	159	71	1633	69,40	69,35	69,22	9,16
10-5	3	108	58	2201	69,35	69,13		2,4
9-5	133	108	58	8871	69,13	68,71	69,2	5,15
5-4	40	159	71	3266	68,71	68,65	68,7	1,43
11-4	13	89	52	777	68,65	68,54		1,72
4-3	96	159	71	7838	68,54	68,41	68,4	15,3
16-3	22	57	42	1063	68,41	68,25		1,67
3-2	39	108	40	2601	68,25	68,21	-	16,9
14-13	73	89	52	4365	68,21	67,71	-	2,1
13-12	82	108	58	5469	67,71	67,45	67,62	5,17
19-12	24	108	58	1601	67,45	67,37		2,43
12-2	120	108	58	8004	67,37	67,10	-	7,27
2-1	45	159	71	6124	67,10	67,04	67,09	24,8
15-1	28	108	58	1868	67,04	66,89		3,06
1-0	12	159	71	980	66,89	66,88	-	27,9

3.4. Результати визначення теплових втрат трубопроводами розподільних мереж гарячого водопостачання мікрорайону

Теплові втрати на ділянці трубопроводу системи гарячого водопостачання обчислюємо за формулою:

$$Q_{\text{гв}} = q_{\text{гв}} * \text{l}_{\text{уч}} * \text{k}_1, \quad (3.3)$$

де $\text{q}_{\text{гв}}$ - питомі тепловтрати на ділянці гарячого теплопроводу, Вт/м; $\text{l}_{\text{д}}$ – довжина ділянки; k_1- коефіцієнт для обліку теплових втрат через конструктивні елементи теплової мережі (прийнято рівним 1,15)

Питомі втрати визначено за величиною нормативних лінійних втрат $\text{q}_{\text{норм}}$ за формулою:

$$q_{уч} = \text{q}_{\text{норм}} * \frac{t_{вх} - t_{окр}}{\Delta \text{t}_н}, \quad (3.4)$$

де $\text{t}_{\text{вх}}$ - температура мережевої води на вході до ділянки; $\text{t}_{\text{окр}}$ - температура оточуючого середовища ,яка становить 5 ℃;

Температуру гарячої води на виході з ділянки обчислено за формулою:

$$t_{вих} = t_{вх} - \frac{Q_{уч}}{C * G_{уч}}$$

де $\text{t}_{\text{вх}}$ - температура води на вході до ділянки.

Витрати теплоносія : $$G_{уч} = \frac{Q_{УЧ}}{C * \Delta t}$$

Таблиця 4. Результати розрахунку теплових втрат гарячого водопостачання

№ уч	*Довжина l (м)*	*Діаметр d(мм)*	*Питомі втрати* $q_{уч}(\frac{Вт}{м})$	*Втрати тепла теплоносія Q уч (Вт)*	*Температура* ℃		*Витрати теплоносія G уч(кг/с)*
					На вході	*На виході*	
0-1	12	159	32	442	60	59,98	8,1
1-2	45	159	31,7	1641	59,98	59,93	7,33
2-3	39	108	25,9	1162	59,93	59,89	6,38
3-4	96	159	31,64	3493	59,89	59,75	6,28
4-5	40	159	31,56	1452	59,75	59,68	5,28
5-6	20	159	31,52	725	59,68	59,62	3,09
6-7	65	108	25,7	1921	59,62	59,21	1,13
7-8	10	108	25,5	293	59,21	-	0
1-15	28	108	25,9	834	59,99	59,71	0,76
2-12	120	108	25,75	3554	59,93	59,05	0,96
12-13	82	108	25,44	2399	59,05	58,45	0,96
13-14	73	89	22,64	1901	58,45	-	0
3-16	22	57	18,7	473	59,89	58,76	0,10
4-11	13	89	23,2	347	59,75	58,92	0,10
5-9	133	108	25,73	3935	59,68	58,84	1,12
5-10	33	108	25,7	975	59,68	59,44	0,97
6-17	60	108	25,7	975	59,62	59,5	1,95
7-18	10	108	25,5	293	59,21	59,14	1,12
12-19	24	108	25,4	701	59,05	-	0

Результати визначення теплових втрат трубопроводами гарячого водопостачання опалювальної мережі мікрорайону подано у табл. 4.

У мікрорайоні прийнято централізоване гаряче водопостачання. Приготування гарячої води відбувається у встановлених на центральному тепловому пункті теплообмінних апаратах підігріванням холодної водопровідної води до температури 60 ℃. Мікрорайонну мережу трубопроводів гарячої води утворено подавальними трубопроводами. Циркуляція гарячої води не передбачена. Трубопроводи прокладено підземно, у непрохідних каналах.

Висновки:

1) Здійснено розрахунок товщини шару теплової ізоляції для трубопроводів системи опалення і гарячого водопостачання.
2) Обчислено втрати теплоти теплопроводами.
   Теплові втрати подавальними трубопроводами системи опалення дорівнюють : 73,13 кВт , зворотними трубопроводами системи опалення дорівнюють : 66,33 кВт ,трубопроводами системи гарячого водопостачання дорівнюють : 27,17 кВт. Загальні втрати теплоти трубопроводами системи теплопостачання мікрорайону дорівнюють : 26 788,63 кВт

Загальні висновки

1) Проведено енергоаудит житлового мікрорайону у м. Харків.
2) Обчислено загальні витрати теплоти на опалення і гаряче водопостачання будівель мікрорайону.
3) Здійснено гідравлічний розрахунок теплових мереж мікрорайону. Втрати тиску в трубопроводах системи опалення становить 104 082 Па. Втрати тиску в трубопроводах системи гарячого водопостачання становить 10 542 Па.
4) Здійснено розрахунок товщини шару теплової ізоляції для трубопроводів системи опалення і гарячого водопостачання. Обчислено втрати теплоти теплопроводами.

   Теплові втрати подавальними трубопроводами системи опалення дорівнюють : 73,13 кВт , зворотними трубопроводами системи опалення дорівнюють : 66,33 кВт, трубопроводами системи гарячого водопостачання дорівнюють : 27,17 кВт

   Загальні втрати теплоти трубопроводами системи теплопостачання мікрорайону дорівнюють : 26 788,63 кВт

Список використаних джерел

1. Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов. М.: Энергия, 1979, - 360с.

2. Повышение эффективности работы теплових пунктов. / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков/. М.: Стройиздат, 1990. – 185с.

3. Алексахін О.О., Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання. / О.О. Алексахін; -Х, ХНАМГ, 2010. - 138 с.

4. Теплоснабжение [Текст]: Учебник / под общ. ред. А.А. Ионина. – М.: Стойиздат, 1973. – 396 с.

5. Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха [Текст]: справ. пособие / Л.Д. Богуславский, В.И. Ливчак, В.П. Титов и др., Л.Д. Богуславского. – М.: Стройиздат, 1990. – 624 с.

6.Тепловая изоляции. Справочник строителя / Под ред.Г.Ф.Кузнецова.-М.:Стройиздат, 1982.-336 с.

7. Повышение эффективности работы тепловых пунктов / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.

8. Тарадай А.М. Основы разработки пластинчатых теплообменников для систем теплоснабжения / А.М. Тарадай. –Харьков : Основа, 1998. – 192 с.

9. Визначення теплового навантаження будівель та вибір системи теплопостачання: навч. посіб. /В.В.Дубровська, В.І. Шкляр – К.: НТУУ «КПІ», 2011. – 116 с.

10. Негрич В.В., Дем'янчук Я.М., Прунько І.Б. Енергетичні установки. Розрахунок теплопостачання району міста: Курсове проектування. – Івано-Франківськ: Факел, 2009.

11. Павлов И.И., Федоров М.Н. Котельные установки и тепловые сети, – М.: Стройиздат, 1986.

12. Павлов Й.Й., Федоров М.Н. Котельные установки й тепловые сети, – М.: Стройиздат, 1977.

13. Немцев З.Ф., Арсеньев Г.В. Теплоэнергетические установки н теплоснабжение: Учебное пособие для вузов. – М.: энергоиздат, 1982.

14. Бромлей М.Ф., Щеглов В.П. Проектирование отопления й вентиляции производственных зданий, – М.: Издательство литературы по строительству, 1965.