МІНІСТЕРСТВО ОСІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Харківський національний університет імені В.Н.Каразіна
(повне найменування вищого навчального закладу)

ННІ Комп'ютерної фізики та енергетики
(повне найменування інституту, назва факультету (відділення))

Теплофізики, молекулярної фізики та енергоефективності
(повна назва кафедри (предметної, циклової комісії))

Пояснювальна записка
до дипломної роботи
за освітньо-професійним рівнем «магістр»

«Теплові режими розгалужених теплових мереж»

Виконав студент ІІ курсу, групи НФ-62
Жарий К.О.
(прізвище та ініціали)

Спеціальність:
105 Прикладна фізика та наноматеріали

Керівник к.т.н. Алексахін О.О.
Рецензент к.т.н. Василенко О.В.

Харків – 2020 року

Додаток 18

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 і наноматеріали

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Юрій МАЦЕВИТИЙ

"____" _____20___року

З А В Д А Н Н Я

НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ (ПРОЕКТ)

Жарий Кирило Олегович

(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи Теплові режими розгалужених теплових мереж

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

затверджені наказом по університету від "___"_____20__року №___

2. Строк подання студентом роботи_____

3. Перелік питань, які потрібно розробити)

Аналіз способів прокладки теплових мереж. Визначення діаметрів трубопроводів і втрат тиску на ділянках теплової мережі. Порівняння втрат теплоти трубопроводами для різних варіантів виконання мережі централізованого опалення групи будівель. Оцінка теплового стану теплопроводів мікрорайону у м. Харкові.

4. План роботи

№ з/п	Назви етапів роботи
1	Гідравлічний розрахунок теплових мереж для варіантів ідеалізованих груп будівель і житлового мікрорайону у м. Харкові
2	Обчислення втрат теплоти трубопроводами теплових мереж для ідеалізованих груп будівель і житлового мікрорайону у м. Харкові
3	Аналіз впливу зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на теплові втрати при прокладці трубопроводів у непрохідних каналах.
4	Розробка основних положень методики проектування розгалуженої теплової мережі з мінімальними втратами теплоти
5	Оформлення пояснювальної записки

5. Дата видачі завдання_____

Студент _____ Кирило ЖАРИЙ

Керівник роботи _____ Олександр АЛЕКСАХІН
підпис
ініціали, прізвище

РЕФЕРАТ

Жарий Кирило Олегович “Теплові режими розгалужених теплових мереж”.

Кваліфікаційна робота магістра з прикладної фізики.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури. Загальний обсяг роботи складає 53 сторінок, із них основного тексту 40 сторінок, 11 рисунків за текстом, 10 таблиць, 36 формул, список використаної літератури із 13 найменувань.

В даній роботі були проведені гідравлічні розрахунки теплових мереж для варіантів ідеалізованих груп будівель і житлового мікрорайону м. Харкові. Проаналізовані зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на теплові втрати при прокладці трубопроводів у непрохідних каналах. Також були проведені розрахунки тепловтрат опалювальних реальних мереж. Отримані результати можуть бути використані на стадії проектування мікрорайонних мереж опалення і при реконструкції існуючих систем. На схемах теплопостачання ідеалізованих груп будівель проаналізовано вплив закону зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на величину втрат теплоти при транспортуванні теплоносіїв. На схемах теплопостачання ідеалізованих груп будівель проаналізовано вплив закону зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на величину втрат теплоти при транспортуванні теплоносіїв.

Використання отриманих висновків при реконструкції теплових мереж 522-1 мікрорайону м. Харкова дозволить зменшити витрати теплоти теплопроводами на 7,4%, що в свою чергу забезпечить сезонне зменшення витрат на 214 ГДж, що у вартісному еквіваленті становить 322 тисячі гривень.

Ключеві слова: теплові мережі, теплопостачання, теплоносій, ідеалізовані групи будівель, розгалужена тепломережа.

РЕФЕРАТ

Жарий Кирилл Олегович "Тепловые режимы разветвленных тепловых сетей".
Квалификационная работа магистра прикладной физики.

Работа состоит из введения, четырех глав, заключения, списка использованной литературы. Общий объем работы составляет 53 страниц, из них основного текста 40 страниц, 11 рисунков по тексту, 10 таблиц, 36 формул, список использованной литературы из 13 наименований.
В данной работе были проведены гидравлические расчеты тепловых сетей для вариантов идеализированных групп зданий и жилого микрорайона г.. Харькове.

Проанализированы изменения расхода теплоносителя по длине теплопровода на тепловые потери при прокладке трубопроводов в непроходных каналах. Также были проведены расчеты теплопотерь отопительных реальных сетей. Полученные результаты могут быть использованы на стадии проектирования микрорайонных сетей отопления и при реконструкции существующих систем. На схемах теплоснабжения идеализированных групп зданий проанализировано влияние закона изменения расхода теплоносителя по длине теплопровода на величину потерь теплоты при транспортировке теплоносителей.
На схемах теплоснабжения идеализированных групп зданий проанализировано влияние закона изменения расхода теплоносителя по длине теплопровода на величину потерь теплоты при транспортировке теплоносителей. Использование полученных выводов при реконструкции тепловых сетей 522-1 микрорайона г.. Харькова позволит уменьшить расходы теплоты теплопроводами на 7,4%, что в свою очередь обеспечит сезонное уменьшение расходов на 214 ГДж, что в стоимостном выражении составляет 322 000 гривен.

Ключевые слова: тепловые сети, теплоснабжение, теплоноситель, идеализированные группы зданий, разветвленная теплосеть**.**

ABSTRACT

Zhary Kyrylo Olehovych “Thermal regimes of branched thermal networks”. Qualifying work of the master in applied physics.

The work consists of an introduction, four chapters, conclusions, list of references. The total volume of the work is 53 pages, including 40 pages of the main text, 11 figures by text, 10 tables, 36 formulas, a list of references from 13 items.

In this work, hydraulic calculations of heating networks for variants of idealized groups of buildings and a residential district of Kharkiv were performed. Changes of heat carrier costs along the length of the heat pipeline for heat losses during the laying of pipelines in impassable channels are analyzed. Heat losses of real heating networks were also calculated. The obtained results can be used at the stage of designing district heating networks and in the reconstruction of existing systems. The heat supply schemes of idealized groups of buildings analyze the influence of the law of change of heat carrier consumption along the length of the heat pipeline on the amount of heat loss during heat carrier transportation. The heat supply schemes of idealized groups of buildings analyze the influence of the law of change of heat carrier consumption along the length of the heat pipeline on the amount of heat loss during heat carrier transportation.

The use of the findings in the reconstruction of heating networks 522-1 district of Kharkiv will reduce heat consumption by heating pipes by 7.4%, which in turn will provide a seasonal reduction in costs by 214 GJ, which is equivalent to 322 thousand hryvnias.

Key words: heat networks, heat supply, heat carrier, idealized groups of buildings, branched heat network.

Зміст

Вступ.....8

Розділ 1. Способи прокладання теплових мереж.....13

Розділ 2. Характеристика системи теплопостачання мікрорайону.....17

2.1. Характеристика мережі опалення мікрорайону.....17

2.2. Гідравлічний розрахунок теплових мереж.....27

2.3. Методика обчислення охолодження води у трубопроводах теплових мереж 32

Розділ 3. Результати обчислення теплових втрат опалювальної мережі 38

3.1. Теплові втрати трубопроводами опалювальної мережі для ідеалізованих схем теплопостачання групи будівель……..38

3.2. Результати обчислення втрат теплоти трубопроводами теплових мереж для вихідного варіанту виконання теплових мереж 522-1 микрорайону м. Харкова 46

3.3. Результати обчислення втрат теплоти трубопроводами теплових мереж для варіантів реконструкції теплових мереж……..48

3.4. Обчислення техніко-економічного показників.....51

Висновки 52

Список використаних джерел 53

Вступ

- **Предмет досліджень** – закони теплопереносу й гідродинаміки, що мають місце у трубопроводах розгалужених теплових мереж.
- **Об'єкт досліджень** – система централізованого теплопостачання 522-1 мікрорайону м. Харкова .
- **Наукова новизна роботи** – отримано результати, щодо впливу характеру зміни витрат мережної води по довжині гілок опалювальної мережі на теплові втрати теплопроводами.
- **Актуальність** теми дослідження обумовлена необхідністю впровадження заходів з енергозбереження у комунальній теплоенергетиці та житлово-комунальному господарстві.
- **Практична значимість** – отримані результати можуть бути використані на стадії проектування мікрорайонних мереж опалення і при реконструкції існуючих систем.

Житлово-комунальний комплекс України посідає третє місце (після металургійної та хімічної промисловості) за обсягами використання енергоносіїв і перше – за споживання теплової енергії.

Частка України у світовому енергоспоживанні складає приблизно 2%, тоді як її населення не перевищує 1% населення землі. Така велика енергоємність виробництва пояснюється двома основними причинами: незбалансованою структурою енергоспоживання і нераціональним використанням енергії у всіх галузях економіки. За наведеними у даними вартість всіх паливно-енергетичних ресурсів, використаних в Україні у 1995 р. склала близько 25% об’єму валового внутрішнього продукту. У той час, як, наприклад у Франції, цей показник не перевищує 3%. У 1996 р. витрати на паливо у декілька разів перевищили витрати державного бюджету на

фінансування соціальної сфери, науки і культури разом узятих. Основні проблеми енергетичного сектора України наступні:

- високий рівень енергоємності, як у цілому, так і по галузям;
- значна залежність від імпортного газу, нафти, ядерного палива;
- низька ефективність використання енергії.

Більша частина втрат теплової енергії приходиться на стадію споживання. За існуючими оцінками втрати теплоти при виробництві і транспортуванні становлять величину порядку 15%, а втрати у кінцевого споживача –50% [1].

Впровадження заходів із енергозбереження є актуальною задачею для житлово-комунального сектору господарства і будівельної галузі.

Система теплопостачання міста є складним технологічним та соціально-економічним комплексом, що забезпечує життєздатність великої кількості користувачів теплової енергії, що використовується для забезпечення в приміщеннях параметрів комфортних для внутрішнього повітря, підготовки гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб та для підтримки технологічних процесів на промислових підприємствах підприємств. Як міру оцінки здатності функціонування систем теплопостачання розглядають такі складові: якість, надійність, енергоефективність, екологічність [2].

Якість і надійність теплопостачання показують достатність теплової енергії з певними параметрами і безперервність забезпечення теплотою з ціллю підтримання належних умов або технологічних процесів, а екологічність – безпеку для здоров’я громадян, процесів виробництва і передачі теплової енергії.

Енергоефективність теплопостачання повністю залежить від сукупності всіх заходів, спрямованих на належну організацію міста та здійснення процесу теплопостачання, і вибирається оптимальним співвідношенням витрат матеріалів на виробництво тепла та оптимальним економічним впливом. Тому

маємо, що основною метою комплексного покращення ефективності теплозабезпечення району чи міста є організація в оптимальний спосіб справді якісного і надійного теплопостачання споживачів при мінімальних затратах тепла тепловими мережами.

Оптимізація теплопостачання в умовах централізованого теплопостачання, розподілу і транспортування теплової енергії передбачає організацію найвигідніших складових режимів роботи системи теплопостачання: джерел теплоти, систем використання теплоти у споживачів, теплових мереж.

Теплоелектроцентралі (ТЕЦ) – є основним джерелом теплоти у великих містах, на яких реалізується комбіноване вироблення теплової та електричної енергії. Теплофікація забезпечує 40% теплоти, що споживається у промисловості а також комунальному господарстві для потреб опалення і гарячого водопостачання [3].

Сучасні системи централізованого теплопостачання (СЦТ) є складним інженерним комплексом з джерел теплової енергії (основних і пікових), пов'язаних між собою тепловими мережами різного призначення і споживачів тепла, які мають характерні гідравлічні і теплові режими із заданими параметрами теплоносія. Величина і характер параметрів їх зміни визначаються технічними можливостями основних структурних елементів систем теплопостачання (теплових мереж і споживачів, джерел), економічною доцільністю і, в чималому ступені, напрацьованим досвідом створення та експлуатації таких систем.

Останнім часом підвищення ефективності комбінованого виробництва теплової енергії та систем теплопостачання на її основі приділяється посилена увага. Багатьма організаціями та авторами розроблені різні пропозиції щодо можливих напрямків зміни структурних схем таких систем. При цьому мова йде не про застосування нового обладнання, а саме про розробку

нетрадиційних схем систем теплопостачання, в яких переваги в найбільшій мірі використовуються комбінованого виробництва теплової енергії.

Однією з таких пропозицій є перехід на централізовану подачу від ТЕЦ тепла тільки на гаряче водопостачання з його відпусканням споживачам за однотрубною схемою. При цьому навантаження опалення забезпечується розташованими безпосередньо в районах теплоспоживання піковими джерелами з різним складом виробничим обладнанням і тепловими мережами відповідними. Подача тепла і води від ТЕЦ до двотрубних районних теплових мереж здійснюється у вигляді їх підживлення для компенсації безпосереднього розбиття на гаряче водопостачання в районних мережах, по відкритій схемі здійснюваного.

Використання такої схеми СЦТ дозволяє підвищити ефективність комбінованого виробництва тепла за рахунок зниження температури відведення тепла від теплофікаційних відборів турбін та їх річного завантаження за умови стабільності з відпуску тепла.

Однак системи з подібною структурою теплопостачання очевидно можуть застосовуватися при новому будівництві, а також при реорганізації схеми теплопостачання також заміської КЕС або нової ТЕЦ з подачею тепла в існуючі теплові мережі районів, у яких в якості джерел тепла використовуються міські котельні. Використання розглянутої системи вимагає спеціальної організації, яка характеризується, значним навантаженням гарячого водопостачання та будівництвом теплових мереж для теплоспоживання в районах.

Пропонована схема не може бути використана для сформованих систем теплопостачання міст на базі великих ТЕЦ виходячи з практичної неможливості переносу навантаження гарячого водопостачання на одне з джерел. При використанні відкритих схем гарячого водопостачання слід враховувати необхідність створення відповідної підготовки теплопроводу великої продуктивності і наявності вихідної води певної якості.

Котельні є основним джерелом вироблення теплоти для малих і середніх міст. Однак, теплопостачання великих міст характеризується дуже складною структурою з наявністю і крупних ТЕЦ і котелень різної продуктивності. В залежності від величини теплового навантаження котельні класифікують у відповідності площі території міст: мікрорайонів, районів, будинків.

Структура системи централізованого теплопостачання

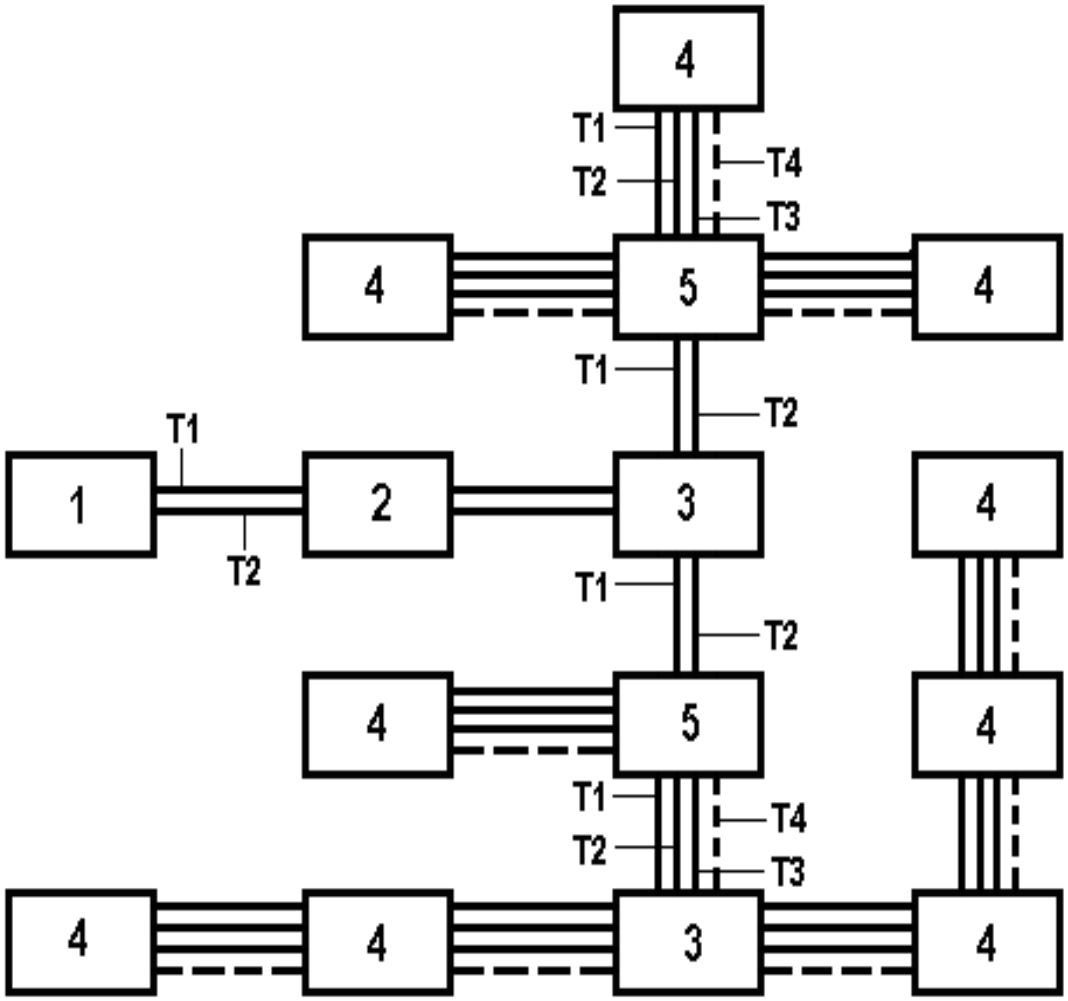


Рис. 1.1 Принципова схема теплопостачання тепла

1 – джерело; 2 – насосне обладнання; 3 – теплова камера; 4 – будівлі (споживачі теплової енергії: система опалення, система гарячого водопостачання, система вентиляції та кондиціювання повітря); 5 – ЦТП (центральний тепловий пункт); Т1 – подавальний теплоносія; Т2 – зворотний теплопровід теплоносія; Т3 – подавальний теплопровід гарячої води; Т4 – зворотний теплопровід гарячої води.

РОЗДІЛ 1. СПОСОБИ ПРОКЛАДАННЯ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

Важливим елементом систем теплопостачання, які здійсняють зв'язок споживача з тепловим джерелом енергії – є тепло-мережі. Реалізують цей зв'язок паралельно розташованими теплопроводами, які розділяють на: однотрубні, багато-трубні, двотрубні (закриті й відкриті). Доступні по ціні є – однотрубні системи, доцільні тільки в випадках, якщо середньо-годинні витрати теплоносія для потреб опалення і вентиляції сходяться із середньо-годинними витратами теплоносія для потреб гарячого водопостачання води, буває як виняток. Тритрубні системи – як правило застосовують у промислових цілях теплопостачання з незмінними витратами теплоносія для певних технологічних потреб. Чотири-трубні системы рідко використовуються через великі тепловтрати через металеві конструкції, тож застосовують їх в невеликих системах з метою полегшення теплопостачання через неможливість використання інших варіантів. Такі системи призначені для транспортування теплоносія із різними параметрами або різними агрегатними станами [3,4].

Розрізняють такі структури системи постачання тепла споживачеві за типами: розподільні, а також магістральні. Для магістральних теплопроводів використовуються строгі параметри теплоносія, водночас це робиться для систем сполучених будівель. Існують надземні і підземні способи прокладання. Надземне прокладання здійснюється на висотних опорах або естакадах, на низьких опорах, по стінах зовні чи в середині споруди. Підземне прокладання може бути безканальним і в закритих каналах [5] (Рис.1.1.)

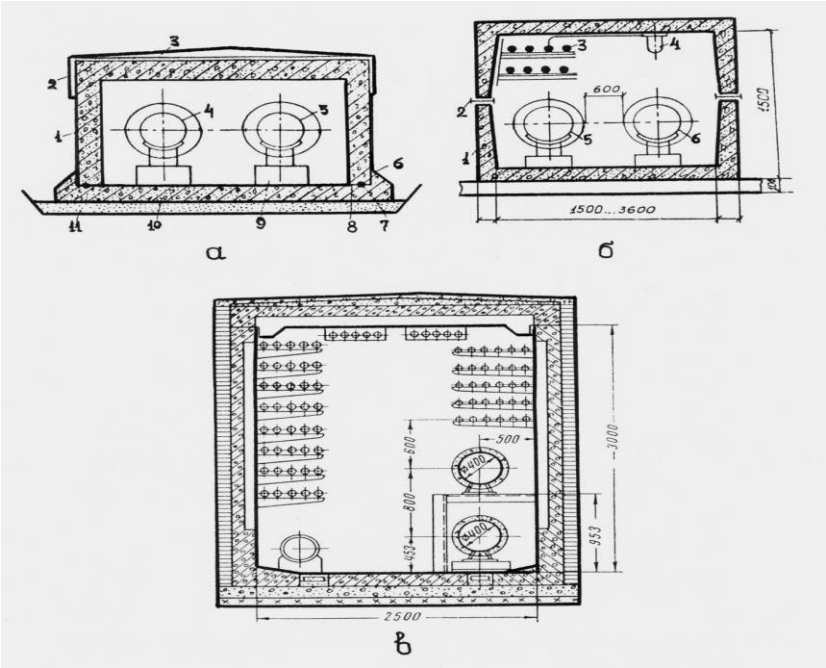


Рис.1.1. Підземне прокладання теплопроводів а – у непрохідних каналах: 1 – залізобетонна секція, 2 – гідроізоляція, 3 – захисна стяжка з цементного розчину; 4, 5 – подавальний і зворотний трубопроводи; 6 – бетон; 7 –пароніт; 8 – ізольована мастика; 9 – опорна подушка; 10 – плита; 11 – піщана підготовка 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.

Вибір підземних мереж всередині забудови найкращим чином підходить економічно і раціонально вирішувати питання організації підводів до будинків збудованих мікрорайонів і дозволяє використовувати технічні підвали споруд для прокладання тепломереж [6,2]. При трасуванні і прокладанні мікрорайонних підземних мереж необхідно враховувати здатність максимального використання механізмів, наявність під'їздів та шляхів до них, а також черговість будівництва споруд. Канальний спосіб прокладання огороджує теплопровід від безпосереднього впливу зовнішніх факторів і забезпечує можливість компенсації температурних подовжень, при зміні теплових режимів.

Основними типами прокладання теплових мереж є: прохідні канали, непрохідні і напівпрохідні конструкції. Непрохідні канали використовуються для мікрорайонних мереж. Напівпрохідні канали використовують для прокладання у міських районах. У прохідних каналах трубопроводи прокладають на важливих і відповідальних ділянках мереж, а також сумісно з іншими комунальними мережами.

Існує також безканальне прокладання теплових мереж, яке широко розповсюджене в нашій країні завдяки дешевизні, обумовленій легкістю при монтуванні та обслуговувані, недоліком є великі втрати при пошкодженні ізоляційного шару. Шар ізоляції має бути достатньо теплоізольованим і мати зовнішній гідроізоляційний шар для супротиву природній волозі та механічнім пошкодженням. Крім того потрібно враховувати, що температурні градієнти трубопроводу гальмуються ґрунтом і перетворюються у внутрішні напруження, що значно ускладнює розрахунки навантажень, які потім виникають у трубопроводі.

Заглиблення теплових мереж від шляхового покриття або (не менше): до верху перекриття каналів – 0,5 м; до верху перекриття камер – 0,3 м; до верху оболонки безканальної прокладки – 0,7 м. Спосіб прокладання мікрорайонних підземних мереж обирається на підставі співставлення

показників різних техніко-економічних варіантів.

У розглянутому у роботі мікрорайоні, за даними КП «Харківські теплові мережі», прийнято чотиритрубну систему теплопостачання, теплові мережі прокладено у непрохідних каналах.

Розділ 2. Характеристика системи теплопостачання мікрорайону

2.1 Характеристика мережі опалення мікрорайону

Практика експлуатації систем теплопостачання показує, що крупні розгалужені системи не можна надійно експлуатувати без створення проміжних ступенів управління між джерелами теплоти і абонентами. Такими ступенями управління є групові теплові підстанції, на яких відбувається приготування води для потреб гарячого водопостачання, розподіл теплоносія за видами навантажень, регулювання гідравлічних і теплових режимів у мікрорайонних теплових мережах, облік споживання теплоти [7].

Розвиток системи централізованого теплопостачання відбувається у напрямку створення теплових підстанцій великої одиничної потужності. Приблизно 70% навантаження житлово-комунального сектора м. Харкова обслуговують 120 теплових підстанцій тепловою потужністю по 10-70 МВт.

Структура системи теплопостачання від ТЕЦ і великих котелень характеризується наявністю центральних (мікрорайонних, квартальних) і індивідуальних теплових пунктів. На центральних теплових пунктах встановлюють водопідігрівні установки гарячого водопостачання, обладнання для приєднання мікрорайонної опалювальної мережі (теплообмінний апарат або підмішуючий насос), засоби автоматизації, контрольно-вимірювальні прилади. Для приготування гарячої води переважно застосовують двоступінчасті схеми приєднання теплообмінних апаратів. Це пов’ язано з бажанням додаткового використання теплоти, яку містить теплоносій зворотного трубопроводу опалювальної мережі. Такий підхід забезпечує зниження загальних витрат гріючого теплоносія через тепловий пункт і веде до зменшення металоємності теплових мереж і витрат електроенергії для приводу насосів.

Для більш точного регулювання відпуску теплоти на опалення у кожному будинку влаштовують індивідуальний тепловий пункт, на якому

встановлюють обладнання, що забезпечує необхідні параметри теплоносія на вході в опалювальний комплекс будинку, та облік спожитої теплоти.

Тепловим пунктом називають комплекс інженерного обладнання, який зв'язує теплові мережі із споживачами теплоти і призначений для приймання, приготування, розподілу, регулювання та обліку теплоносія [7].

Теплові пункти бувають індивідуальні (ІТП) і центральні (ЦТП). ІТП влаштовують безпосередньо в будівлі, де розміщені споживачі теплоти (системи опалення, гарячого водопостачання, вентиляції та кондиціювання повітря). ЦТП розміщують в окремій будівлі для обслуговування групи будинків (мікрорайон, квартал). За характером роботи центральні теплові пункти можна поділити на такі групи [8]:

1) для підготовки води з температурою не нижче 55°С для системи гарячого водопостачання;

2) для підготовки теплоносія з температурою 95-105°С для системи опалення;

3) для підготовки води і теплоносія і для системи гарячого водопостачання і для системи опалення.

Приєднання місцевих водяних систем опалення здійснюють за залежними або незалежною схемами. При залежних схемах гідравлічний режим теплоносія в місцевій системі визначається гідравлічним режимом теплоносія в тепловій мережі.

Зниження температури на вводі в систему опалення при залежному приєднанні забезпечується змішуванням потоків води з подавального трубопроводу теплової мережі та із зворотного трубопроводу системи опалення. У схемах центральних теплових пунктів застосовують змішувальні насоси, які встановлюють на перемичку між подавальним і зворотнім трубопроводами системи опалення. Незалежне приєднання реалізується за допомогою теплообмінного апарату, в якому відбувається нагрів теплоносія

для місцевої системи опалення до необхідної температури теплоносієм з теплової мережі. Потрібні параметри гідравлічного режиму (тиск, витрати) в місцевій системі забезпечуються спеціальними насосами [7].

У закритих системах теплопостачання трубопроводи гарячого водопостачання приєднують до теплових мереж за допомогою теплообмінних апаратів. У таких апаратах завдяки теплопередачі від гріючого теплоносія відбувається нагрівання холодної води. Приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання здійснюється за одноступінчастою або двоступінчастими схемами. Вибір схеми приєднання водопідігрівників гарячого водопостачання визначається співвідношенням величини максимальних теплових потоків на гаряче водопостачання і опалення:

$$\beta = \frac{Q_{h,max}}{Q_{o,max}}, \qquad (2.1.1)$$

Двуступінчаті схеми впроваджують для використання при приготуванні гарячої води теплоти, що міститься в теплоносії зворотних трубопроводів системи опалення. Таке більш повне використання теплоти в місцевих системах забезпечує зниження потрібних витрат теплоносія і, отже, зменшення металоємкості зовнішніх теплових мереж [3].

При співвідношенні навантажень $0.3 < \beta < 0.6$ рекомендована [7,8] до застосування двоступінчата послідовна схема. При такому приєднанні до теплових мереж в теплообмінному апараті першого ступеня водопідігрівної установки холодна вода теплоносієм зі зворотного трубопроводу системи опалення підігрівається до температури 25-35^{o}C. Для догрівання цієї води до потрібної за нормативними матеріалами температури 55-60^{o}C використовується теплообмінний апарат другого ступеня. Гріючим середовищем на цьому ступені є теплоносій з подавального трубопроводу

теплових мереж. Охолоджена внаслідок теплопередачі сітьова вода надходить до системи опалення.

При значеннях $0.6 < \beta < 1.2$ [7,8] більш економічною є двоступінчаста змішана схема. На відміну від попередньої, при такій схемі підігрівання холодної води на першому ступені відбувається водою із зворотного трубопроводу системи опалення, змішаною з сітьовою водою, охолодженою на другому ступені водопідігрівної установки. Робота теплообмінників першого ступеня здійснюється, як правило, без регулювання і його теплове навантаження визначається витратою холодної води, а також витратою і початковою температурою гріючої води. Теплову продуктивність другого ступеня регулюють за допомогою автоматичних регуляторів, які забезпечують температуру гарячої води на виході з водопідігрівної установки на потрібному рівні.

Для забезпечення роботи системи гарячого водопостачання на тепловому пункті встановлюють теплообмінні апарати, циркуляційні та підвищуючи насоси, засоби автоматики, контрольно-вимірювальні прилади, арматуру, вентилі, пробкові крани.

Для автоматичного підтримання параметрів температури гарячої води на виході з водопідігрівної установки на встановленому рівніі температури теплоносія для системи опалення в схемах теплових пунктів (рис. 3.38) передбачене встановлення регуляторів температури, тиску і витрат.

Засоби автоматизації теплового пункту також забезпечують постійний тиск у зворотному трубопроводі опалювальної системи за допомогою регулятора тиску і підтримують на незмінному рівні витрату сітьової води для системи опалення за допомогою регулятора витрат.

Для обліку холодної води, що витрачається на потреби гарячого водопостачання, на тепловому пункті встановлюють лічильник холодної води, діаметр умовного проходу лічильника вибирають виходячи з

середньогодинних витрат води, які не повинні перевищувати експлуатаційні для даної марки пристрою.

Для обліку споживання теплової енергії на теплових пунктах встановлюють лічильники теплової енергії.

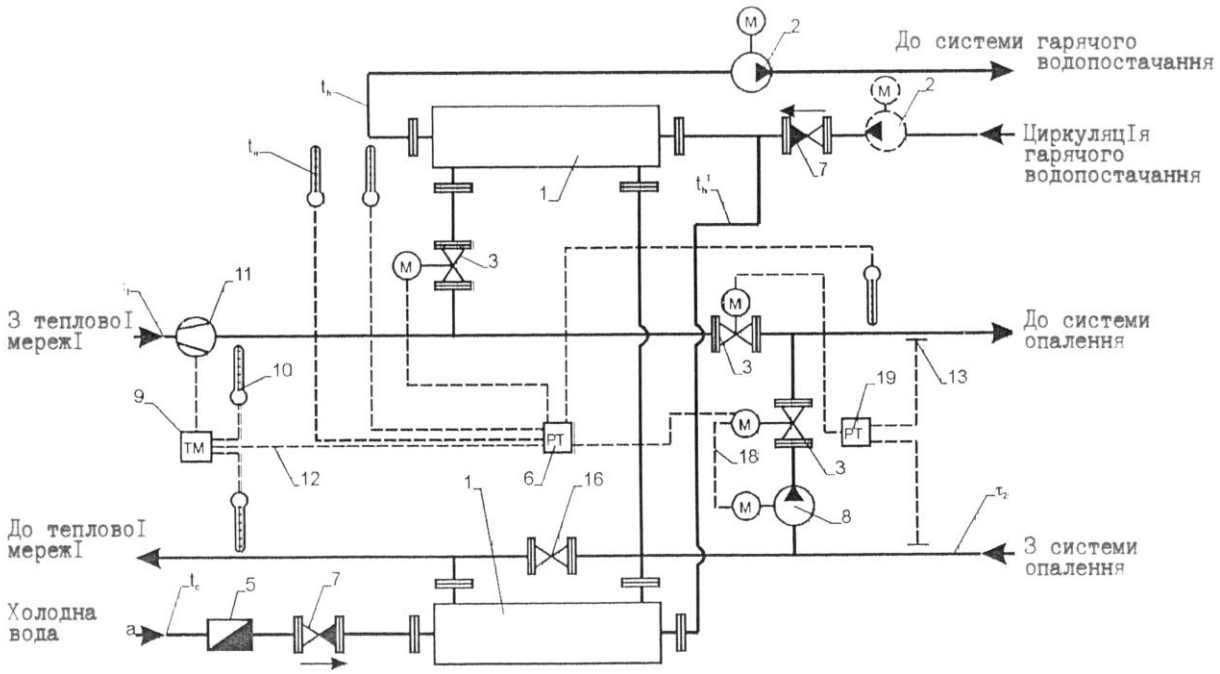


Рис. 2.1.1 Принципова схема центрального теплового пункту з двоступінчастим приєднанням водопідігрівників гарячого водопостачання (ГВ):

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.

Теплові навантаження споживачів не залишаються постійними. Витрати теплоти на опалення, вентиляцію та кондиціювання повітря залежать від кліматичних умов: температури зовнішнього повітря, напрямку і швидкості вітру, вологості повітря та інших параметрів [9]. Навантаження гарячого водопостачання залежить від ступеня благоустрою будинку і має змінний добовий графік, а річний графік в певній мірі залежить від пори року. Літні навантаження, як правило, нижче зимових внаслідок більш високої температури водопровідної води і менших втрат теплопроводів. Теплові потоки для житлових районів міст та інших населених пунктів визначаються згідно.

Забудову 522-1 мікрорайону Салтівського житлового масиву у м. Харкові здійснено 9-ти, 12-ти та 16-типоверховими житловими будинками. Розподіл житлового фонду за будівлями з різною кількістю поверхів подано у таблиці 2.1.1. Там же наведені значення необхідного напору води на вводі до системи водопостачання будинків. Середня кількість поверхів житлових будівель забудови становить $\bar{a} = 12$. Коефіцієнт нерівномірності забудови мікрорайону дорівнює $K_з = a_д/\bar{a}$ =16/12=1,33.

Таблиця 2.1.1

Характеристика забудови мікрорайону

Показник	Значення для будівлі з кількістю поверхів		
	9	12	16
Кількість квартир у будинках з означеною кількістю поверхів (сумарна для мікрорайону)	432	3696	320
Напір води на вводі до будівель, $H_{вв}$, м вод.ст.	31	40	51

На території житлової групи три школи, два дитячих комбінати, заклади торгівлі. Витрати теплоти для потреб опалення і вентиляції громадських споруд становлять приблизно 24% від витрат теплоти на такі ж потреби для житлових будівель мікрорайону в цілому. Подача теплової енергії для мікрорайону здійснюється від опалювальної котельні двотрубною водяною тепловою мережею. Теплові навантаження будівель прийнято за даними КП «Харківські теплові мережі». Максимальні витрати теплоти для мікрорайону подано у табл. 3.4.2. Для керування процесами теплопостачання у мікрорайоні передбачено теплорозподільну станцію (ТРС). Нагрівання води для системи гарячого водопостачання відбувається у встановлених на ТРС пластинчастих теплообмінних апаратах. Відповідно до величини співвідношення теплових навантажень опалення і гарячого водопостачання ($Q_{h,max}/Q_{o,max}$ =0,78) для приєднання підігрівників води для господарсько-побутових потреб прийнято двоступінчасту змішану схему. Теплові мережі від теплорозподільної станції до споживачів тритрубні (подавальний і зворотний трубопроводи системи опалення і подавальний трубопровід централізованого гарячого водопостачання). Прокладку теплопроводів

здійснено переважно у непрохідних 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 канальних способах прокладання конструкція каналу огороджує теплопровід від безпосереднього впливу ґрунту і 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 кутах повороту траси.

Схему теплових мереж мікрорайону подано на рисунку 2.1.2. Система розподільних теплопроводів має дві основні гілки з приблизно однаковим сумарним тепловим навантаженнями приєднаних до гілок будівель. Характеристику теплових мереж подано у таблиці 2.1.2.

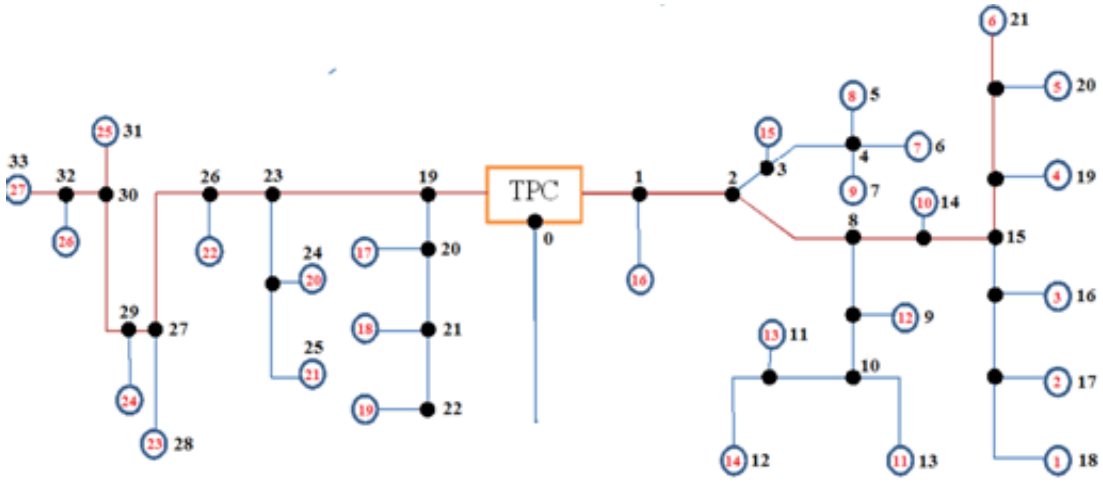


Рис. 2.1.2 Схема теплових мереж мікрорайону

Таблиця 2.1.2

Характеристики системи теплопостачання 522-1 мікрорайону

Показник	гілка (0-1-21)	гілка (0-19-33)	мікрорайон в цілому
Максимальні витрати теплоти для опалення, МВт	9,9	8,1	18,0
Максимальні витрати теплоти для потреб гарячого водопостачання, МВт	7,2	6,8	14,0
Довжина теплопроводів основного напрямку , м	608	521	1129
Довжина теплопроводів відгалужень , м	627	386	1013
матеріальна характеристика трубопроводів - основного напрямку, $м^2$ - відгалужень, $м^2$	101 88,7	104 99.7	205 188,4

Для ділянок розподільних теплопроводів проведено тепловий і гідравлічний розрахунки. Довжину і діаметр розрахункових ділянок прийнято за даними КП «Харківські теплові мережі». Питомі втрати тиску через тертя при русі речовин на ділянці мережі $R_д$ визначено за допомогою спеціальних номограм для гідравлічного розрахунку теплопроводів водяних теплових мереж і трубопроводів гарячого водопостачання.

За розпланування мікрорайону, який розглядався у даній роботі він має основну гілку. Розрахункову схему теплових мереж мікрорайону подано на Рисунку 2.1.3

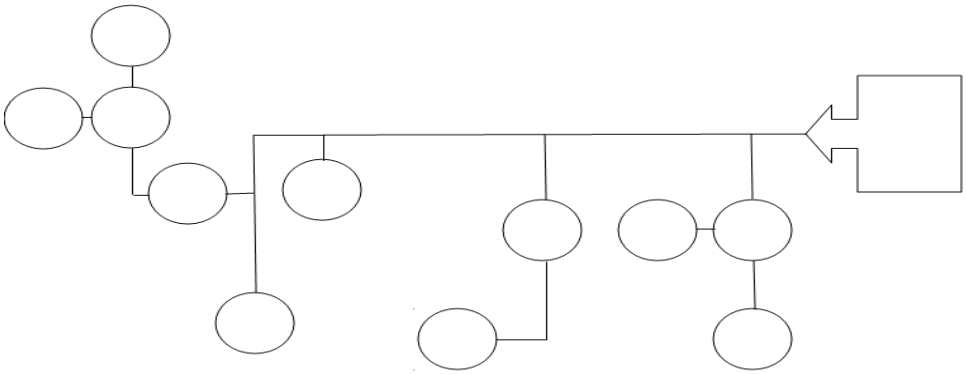


Рис.2.1.3 Розрахункова схема гілки опалювальної мережі мікрорайону

2.2. Гідравлічный розрахунок теплових мереж

Гідравлічний розрахунок виконують з метою визначення діаметрів трубопроводів на окремих ділянках мереж при відомих витратах теплоносія і прийнятих чи припустимих питомих втратах тиску або з метою встановлення перепадів тиску теплоносія на кожній ділянці і на теплотрасі в цілому при відомих витратах теплоносія та конструктивних параметрах теплової мережі (довжина ділянок, діаметри трубопроводів, кількість та номенклатура запірної арматури тощо).

Втрати тиску в горизонтальному трубопроводі визначаються як сума втрат тиску на подолання сил тертя між рідиною і стінками трубопроводів (ΔP_T) і втрат тиску в так званих "місцевих опорах" (ΔP_M), до яких відносять повороти потоку (коліна), запірну арматуру, перехід трубопроводів з меншого діаметра на більший або навпаки тощо:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M. \qquad (2.2.1)$$

Втрати тиску, пов'язані з подоланням сил тертя, залежать від довжини трубопроводу l, його діаметру d, режиму руху речовини (ламінарний чи турбулентний), витрати речовини (швидкості W), шорсткості стінок внутрішньої поверхні труби і визначаються за формулою:

$$\Delta P_T = \lambda_T \times \frac{l}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \qquad (2.2.2)$$

де ρ - густина рідини.

Коефіцієнт гідравлічного тертя λ_T залежить від режиму руху, що визначається величиною критерію Рейнольдса і абсолютної еквівалентної шорсткості стінокK_e. Для сталевих труб, які переважно використовують для теплопроводів, в діапазоні зміни числа Рейнольдса $2300<Re<Re_{пр}$[10].

$$\lambda_T = 0{,}11\left(\frac{K_e}{d} + \frac{68}{Re}()^{0{,}25}\right), \quad (2.2.3)$$

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

При $Re \geq Re_{np}$ рух речовини в трубі не залежить від числа Рейнольдса.

$$\lambda_T = 0{,}11(K_e/d)^{0{,}25}, \quad (2.2.4)$$

$$Re_{np} = 568d/K_e.$$

Величину еквівалентної шорсткості при гідравлічних розрахунках 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. [3]

Формулу (2.2.4) можна записати дещо інакше, вводячи питомі втрати тиску через тертя на довжині трубопроводу 1 м:

$$\Delta P_T = Rl; \quad (2.2.5)$$

$$R = \frac{\lambda_T}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \quad (2.2.6)$$

Величину питомих або, як їх ще називають, лінійних втрат тиску можна також визначити через величину витрат речовини (G) [10]:

$$R = 0{,}8125\frac{\lambda_T G^2}{d^5\rho}, \quad (2.2.7)$$

$$G = \rho W\pi d^2/4, \quad (2.2.8)$$

За формулами (2.2.3) - (2.2.6) побудовані номограми для гідравлічного розрахунку теплових мереж. На рис. 2.2.1 наведена номограма для розрахунків сталевих трубопроводів для водяних теплових мереж. При гідравлічних розрахунках водяних мереж питомі втрати тиску через тертя приймають для ділянок магістралі від джерела теплоти до найвіддаленішого споживача - до 80 Па/м, для відгалужень від магістралі - не більше 300 Па/м.

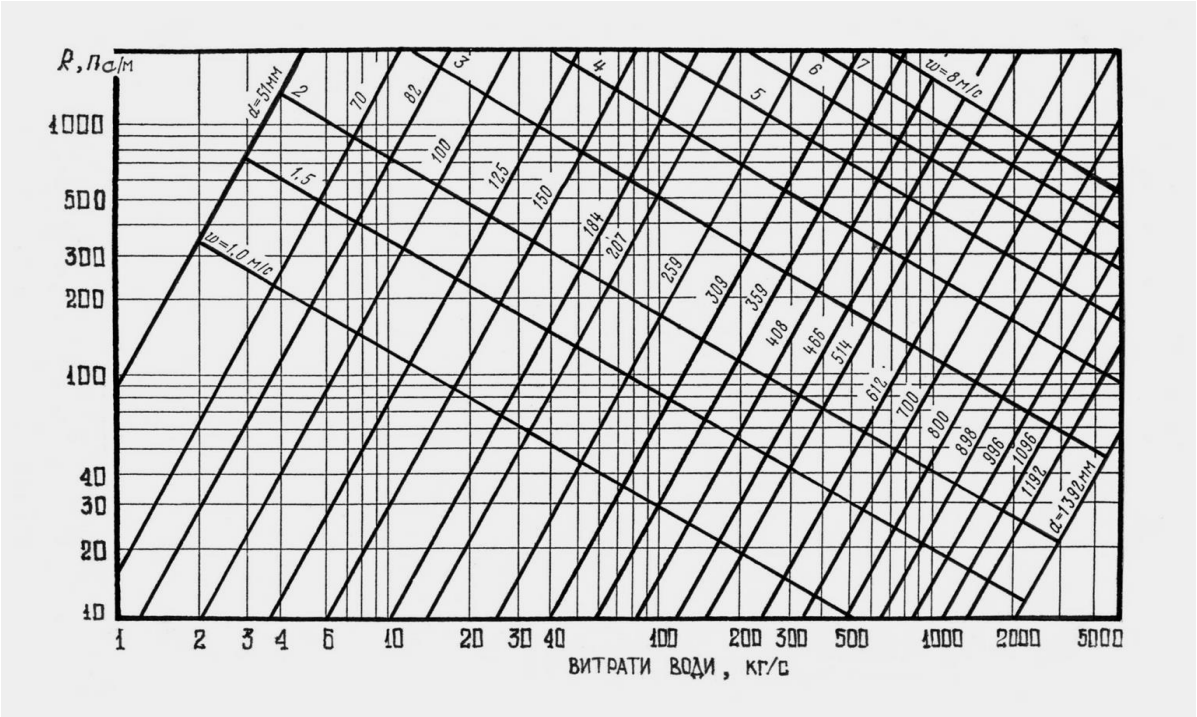


Рис. 2.2.1. Номограма для розрахунку водяних теплопроводів ($K_e = 0{,}5$мм)

Втрати тиску в місцевих опорах можна визначити або за формулою (2.2.4), використовуючи значення коефіцієнтів місцевих опорів, або за формулою (2.2.5), використовуючи величину еквівалентної довжини (l_e) для відповідних місцевих опорів [10].

$$\Delta P_M = \sum \xi_м \frac{\rho W}{2}, \tag{2.2.9}$$

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

$$\Delta P_м = R l_e. \tag{2.2.10}$$

За відсутністю даних про види і кількість місцевих опорів на трубопроводі еквівалентну довжину можна визначити орієнтовно за формулою

$$l_e = \alpha l, \tag{2.2.11}$$

де α - коефіцієнт, що враховує частку падіння тиску в місцевих опорах відносно падіння тиску через тертя.

Місцеві опори на ділянках теплотраси можна врахувати, обчисливши величину α залежно від витрати води за формулою [8]

$$\alpha = 0{,}019\sqrt{G}, \qquad (2.2.12)$$

Таблиця 2.2.1 - Коефіцієнт α для визначення сумарної еквівалентної довжини місцевих опорів [3].

Таблиця 2.2.1

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
П – подібні з гнутими відводами	300	0,5	0,3
П – подібні зі	200-300	0,7	0,5
	400-500	0,9	0,7
Розгалуджені теплові мережі			
Сальникові	До 400	0,4	0,3
	450-1000	0,5	0,4
П – подібні з гнутими	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

$$N = \frac{GHg}{1000\eta_{\text{н}}}, \text{кВт}; \quad (2.2.13)$$

$$N_{\text{е}} = N \times T, \text{кВт} \times \text{год}, \quad (2.2.14)$$

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

2.3. Методика обчислення охолодження води у трубопроводах теплових мереж

Теплові втрати трубопроводу на ділянці обчислюємо за формулою

$$Q_д = q_д * l_д * k_1, \quad (2.3.1)$$

де $q_д$ - питомі (лінійні) втрати теплоти на ділянці, Вт/м; $l_д$ – довжина ділянки; k_1 - коефіцієнт для обліку теплових втрат конструктивними елементами теплової мережі.

Питомі втрати через ізоляцію можна обчислити за наведеною в [11] методикою при відомих характеристиках теплової ізоляції (теплофізичні властивості матеріалу ізоляції, товщина шару). У даній роботі обчислення здійснено за величиною нормативних лінійних втрат $q_{норм}$ за формулою [12]

$$q_д = q_{норм}(t_{вх} - t_{окр})/\Delta t_н, \quad (2.3.2)$$

де $t_{вх}$ - температура теплоносія на вході до ділянки; $t_{окр}$ - температура оточуючого середовища для розглянутого способу прокладки теплопроводів;$\Delta t_н$ – різниця температур теплоносія і оточуючого середовища, для яких визначено величину нормативних втрат.

При підземних способах прокладки за температуру оточуючого середовища приймають температуру грунту на глибині вісі теплопроводу.

Норми теплових витрат ізольованими теплопроводами водяних теплових мереж у непрохідних каналах і при безканальному прокладанні при середньорічній температурі ґрунту на глибині прокладання $+5^0$С[4]

Температуру мережної води на виході з розрахункової ділянки обчислено за формулою

$$t_{вих}=t_{вх}-\frac{Q_д}{C*G_д}, \quad (2.3.3)$$

Де С- питома теплоємність теплоносія; $G_д$ - витрати теплоносія на ділянці.

Витрати мережної води на ділянці визначено за величиною теплового навантаження ділянки, яке для трубопроводів системи опалення дорівнює сумі опалювальних навантажень будівель, що приєднані до ділянки. У даній роботі теплові навантаження будівель прийняті за даними КП «Харківські теплові мережі».

Обчислення розподілу температури мережної води вздовж подавального трубопроводу проведено, починаючи з центрального теплового пункту (ЦТП) мікрорайону. Температуру води на виході з ЦТП прийнято рівною 95 ℃. Значення температури води на виході розглянутої розрахункової ділянки прийнято як вхідну для наступної за ходом води ділянки. Витрати мережної води для опалення будівель обчислено з урахуванням її у трубопроводах мікрорайонної мережі. Тому що зміна температури води по довжині теплопроводу і витрати взаємопов’язані, обчислення здійснено ітераційно з попереднім завданням витрат на ділянках та подальшим їж уточненням. Для забезпечення достатньої для інженерних розрахунків точності необхідно 2-3 ітерації.

Охолодження мережної води у системі опалення будівлі визначено з урахуванням можливого утеплення будівлі, ефективність якого враховано коефіцієнтом

$$\mu=\frac{Q_{он}}{Q_о}, \quad (2.3.4)$$

де $Q_о$, $Q_{он}$ - витрати теплоти на опалення будівлі до її утеплення та після.

Приєднання місцевих водяних систем опалення до теплових мереж здійснюють за залежними (рис 5.1.1) і незалежною (рис.5.1.2) схемою. приєднання за допомогою теплообмінних апаратів. Приєднання водяних

систем до парових мереж виконують за незалежною схемою зі встановленням теплообмінника, у якому воду для місцевих систем нагрівають парою з теплових мереж

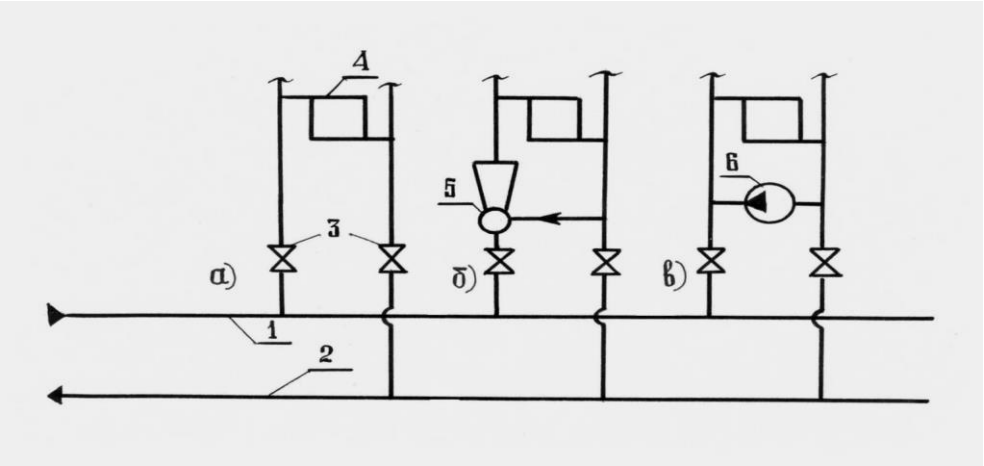


Рис. 2.3.1 Залежне приєднання систем опалення до теплових мереж: а – без зниження температури на вводі; б – зі зниженням температури сітьової води за допомогою водоструминного елеватора; в – зі зниженням температури за допомогою підмішуючого насоса; 1, 2 – подавальний й зворотний трубопроводи теплової мережі; 3 – засувка; 4 – опалювальний прилад; 5 – елеватор; 6 – підмішуючий насос.

Залежне приєднання, тобто таке, при якому гідравлічний режим місцевої системи визначається гідравлічним режимом теплоносія у теплових мережах, може бути зі зниженням температури теплоносія на вводах або без зниження температури. Другий варіант приєднання, який ще називають безпосереднім (рис. 2.3.1а), застосовують для систем опалення промислових споруд, спортзалів, басейнів, торгівельних приміщень, будівель громадського харчування об’ємом 500 м^3 і більше. Як правило, для приєднання систем водяного опалення використовують схеми зі зниженням температури. Зниження температури можна забезпечити змішуванням потоків теплоносія із подавального трубопроводу теплових мереж та із зворотного трубопроводу місцевої системи опалення або за допомогою водоструминного елеватора (рис. 2.3.1б), або за допомогою насосів (2.3.1в). Змішувальні насоси

використовують при недостатньому напорі води для роботи елеватора або при втратах тиску у місцевій системі більше 0,15Мпа.

У роботі прийнято, що систему опалення будівель приєднано до мікрорайонних теплових мереж за найбільш універсальною, незалежною схемою, тобто за допомогою теплообмінного апарату. Необхідний температурний режим забезпечує теплообмінний апарат. Необхідний гідравлічний режим забезпечується циркуляційним насосом.

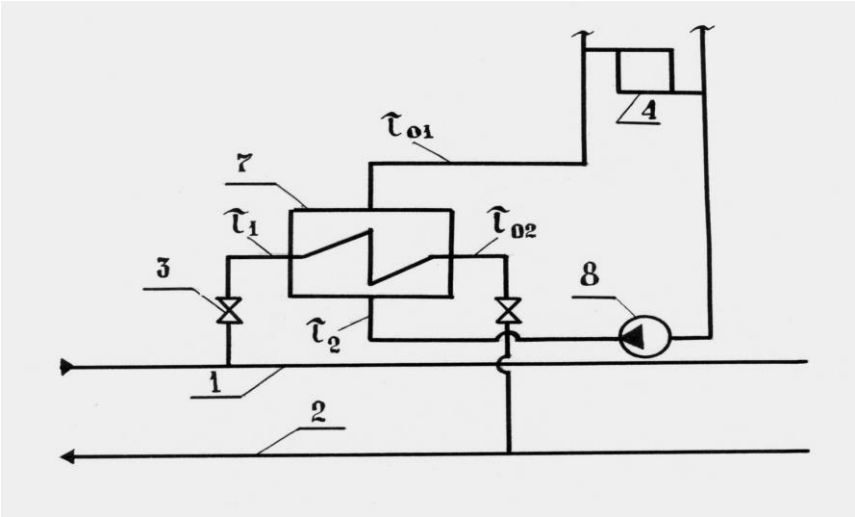


Рис. 2.3.2 Незалежне приєднання систем опалення до теплових мереж:
4 – опалювальний прилад; 8 – циркуляційний насос опалення;
інші позначення див. на рис. 2.3.1.

Тепловий режим системи опалення неутепленої будівлі характеризується рівняннями

$$Q_o = Q_{o.p.} * \overline{Q_o} = Q_{o.p.} \frac{t_{вн} - t_з}{t_{вн} - t_{р.о.}} = K_o * \Delta t_{пр} * F_o \,, \qquad (2.3.5)$$

де $Q_o -$ витрати теплоти на опалення при довільній температурі зовнішнього повітря ($t_з$); $Q_{o.p.} -$ витрати теплоти на опалення при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря ($t_{р.о.}$); $t_{вн} -$ температура внутрішнього повітря у приміщеннях; $\Delta t_{пр} -$ різниця середньої температури мережної води в опалювальному приладі і повітря у

приміщенні; $K_o -$ коефіцієнт теплопередачі опалювального приладу; F_o −площа поверхні теплопередачі опалювального приладу.

Тепловий режим системи опалення утепленої будівлі характеризується рівняннями (індекс «н» у позначеннях величин характеризує параметри роботи системи опалення утепленої будівлі)

$$Q_{он} = \mu Q_{о.р.} * \overline{Q_o} = \mu Q_{о.р.} \frac{t_{вн} - t_з}{t_{вн} - t_{р.о.}} = K_{он} * \Delta t_{пр.н} * F_o \ , \qquad (2.3.6)$$

Розв'язуючи рівняння (3),(4), отримуємо функціональну залежність між значеннями температури мережної води на виході з системи опалення утепленої будівлі і характеристиками режиму роботи системи опалення неутепленої будівлі

$$\tau_{2н} = (\tau_2 + \overline{Q_o} \frac{\theta_p}{2} - t_{вн}) \mu^{0,8} - \mu \overline{Q_o} \frac{\theta_p}{2} + t_{вн}, \qquad (2.3.7)$$

де $\theta_p = \tau_3^p - \tau_2^p$; τ_3^p - температура мережної води на вході до системи опалення у розрахунковому режимі; τ_2^p- температура мережної води на виході з опалювального приладу у розрахунковому режимі.

Співвідношення (5.1.7) отримано при наступних умовах:

температура води у подавальному трубопроводі теплових мереж однакова для обох варіантів;

витрати води через систему опалення будівлі до утеплення і після утеплення незмінні ($G_{со} = G_{сон}$).

Витрати нагрівної води з теплових мереж через теплообмінний апарат незалежної схеми приєднання визначено при умові, що її температура на виході з апарату дорівнює:

$$\tau_{4н} = \tau_{2н} + 10℃ \qquad (2.3.8)$$

Рівняння теплового балансу для теплообмінника має вигляд

$$G_{сн}*C(\tau_{1н} - \tau_{4н}) = G_{сон}*C(\tau_{3н} - \tau_{2н}), \quad (2.3.9)$$

де $G_{сн}$ - витрати мережної води з теплових мереж; $\tau_{1н}$ – температура мережної води у подавальному трубопроводі.

Після перетворень отримуємо рівняння для обчислення відносних витрат мережної води для опалення утепленої будівлі.

$$\beta = \frac{G_{сн}}{G_c} = \frac{\mu\overline{Q_o}[\tau_1^p - (\tau_2^p + 10)]}{\tau_{1н} - (\tau_{2н} + 10)}, \quad (2.3.10)$$

де G_c - витрати нагрівної води з теплових мереж для опалення не утепленої будівлі; τ_1^p, τ_2^p – температура мережної води у подавальному й зворотному трубопроводі теплових мереж при розрахунковій температурі зовнішнього повітря у даній місцевості.

При аналізові теплового стану зворотного трубопроводу опалювальної мережі розрахунки починаємо з найвіддаленішої від ЦТП ділянки. Температуру на вході до вказаної ділянки прийнято рівною температурі мережної води на виході з відповідної будівлі. Охолодження води на ділянці визначено за рівнянням (2.3.5) з підстановкою значень питомих втрат для зворотного трубопроводу. Температуру у кінці ділянки обчислено з урахуванням змішування потоків води на даній ділянці ($G_д$) і з відгалужень на ділянці ($G_{від}$) за формулою

$$t''_{вих} = \frac{t_{вих}*G_д + \sum_{i=1}^{n}(t_{від}*G_{від})}{G_д + \sum_{i=1}^{n} G_{від}}, \quad (2.3.11)$$

де $t_{від}$- температура води на вході до ділянки з відгалуження: n- число відгалужень на ділянці.

Розділ 3. Результати обчислення теплових втрат опалювальної мережі

3.1. Теплові втрати трубопроводами опалювальної мережі для ідеалізованих схем теплопостачання групи будівель

Розглянуто ідеалізовані групи будівель з однаковою кількістю об'єктів і однаковими максимальними витратами теплоти на опалення окремої споруди. Схеми теплопостачання будівель наведені у табл.3.1.1. На рис.3.1.1 наведено закони зміни витрат теплоносія по довжині гілки для кожної з розглянутих схем. Обчислення втрат теплоти проведено для розрахункової температури зовнішнього повітря для опалення, яка для кліматичних умов м. Харкова становить -23℃ [13].При виконанні обчислень за варіантами для тієї самої схеми теплопостачання витрати теплоти для опалення окремої будівлі при вказанихкліматичних умовахбуло прийнято 0,25, 0,5 і 1МВт.

Втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі визначено для умов прокладки у непрохідних каналах [6,11]. Аналіз теплового стану трубопроводів опалювальної мережі здійснено з використанням викладеної у роботі [5] методики. При відомих питомих теплових втратах q трубопроводом даного діаметра втрати теплоти на ділянці мережі довжиною l_i можна обчислити за формулою

$$Q_i = q \cdot l_i \frac{t_{\text{вх}} - t_{\text{от}}}{\Delta t}\text{k} \qquad (3.1.1)$$

де $t_{\text{вх}}$ – температура теплоносія на вході до ділянки; $t_{\text{от}}$ – температура оточуючого середовища Δt – різниця температур теплоносія та оточуючого середовища, при якій отримано питомі втрати теплоти через ізоляцію q; k – коефіцієнт для обліку втрат теплоти конструктивними елементами теплової мережі.

За температурою теплоносія на вході до розрахункової ділянки та його охолодженням у межах ділянки з теплового балансу визначають температуру на виході ділянки, яка для наступної за ходом руху теплоносія ділянки є вхідною температурою і т.д. до найвіддаленішої на гілці подавальної лінії будівлі. При визначенні теплових втрат трубопроводами зворотної лінії опалювальної мережі обчислення розпочинають з найвіддаленішої будівлі. Температуру у кінці розрахункової ділянки визначають з урахуванням втрат теплоти і змішування потоку теплоносія у трубопроводі головної гілки й потоку теплоносія з відгалуження від головної гілки.

Питомі теплові втрати через теплову ізоляцію трубопроводів прийнято на рівні нормативних значень [6]. Втрати теплоти конструктивними елементами мереж враховано коефіцієнтом k =1,15 [6].Температура грунту на

глибині вісі теплопроводу становить 5 ℃ [13]. Температура води у подавальному трубопроводі на выході з ЦТП до мікрорайонної мережі дорівнює $105^{o}C$, на входідо системи опалення неутеплених будівель $95^{o}C$, на виході з системи опалення неутеплених будівель $70\ ^{o}C$. Діаметри трубопроводів на ділянках мережі визначено за номограмою для гідравлічного розрахунку водяних теплових мереж за величиною теплового навантаження ділянок при умові, що середні питомі втрати тиску на подолання тертя при русі мережної води знаходяться у межах $40 \leq R_{ср} \leq 50$Па/м. Характеристики опалювальної мережі наведені у таблиці 3.1.1. прийняті такі позначення: $l_{г}$ – довжина розрахункової ділянки гілки(1-Т); $Q_{гр}$ – максимальне опалювальне навантаження групи будівель; $d_{ср}$ – середній діаметр трубопроводів гілки (1-Т); $M_{гр}$ – матеріальна характеристика мережі в цілому (з урахуванням відгалужень); $M_{від}$ – матеріальна характеристика відгалужень.

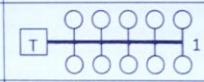
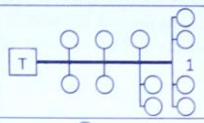
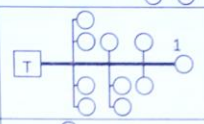
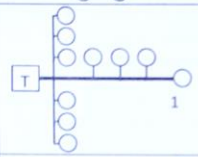
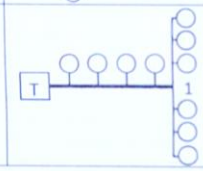
Оцінки впливу величини теплового навантаження житлових груп на теплові втрати трубопроводами мережі проведено у роботі [12]. На теплові втрати теплопроводами впливають також величина витрат теплоносія і характер їх зміни по довжині трубопроводу, які визначаються конфігурацією мережі. Величина витрат теплоносія обумовлює повну теплоємність потоку речовини, його теплоакумулюючу здатність й інтенсивність охолодження теплоносія.

Метою роботи є оцінка впливу гідравлічних характеристик гілок опалювальної мережі на величину втрат теплоти при транспортуванні теплоносія трубопроводами розподільної мережі до будівель.

Розглянуто ідеалізовані групи будівель з однаковою кількістю об’єктів і однаковими максимальними витратами теплоти на опалення окремої споруди. Обчислення втрат теплоти проведено для розрахункової температури зовнішнього повітря для опалення, яка для кліматичних умов м. Харкова становить -23℃ [13]. При виконанні обчислень за варіантами для тієї самої схеми теплопостачання витрати теплоти для опалення окремої будівлі при вказаних кліматичних умовах було прийнято 0,25, 0,5 і 1МВт.

Таблиця. 3.1.1.

Характеристики виконання опалювальної мережі груп будівель

№ з/п	Розрахункова схема	$L_т$, м	$Q_{гр}$, МВт	$d_{ср}$, м	$R_{ср}$, Па/м	$M_{гр}$, м^2	$M_{від}/M_{гр}$	$\bar{G}$
1		151	2,5	0,173	40	260	0,088	0,6
			5,0	0,209	48	346	0,088	
			10	0,277	50	456	0,088	
2		180	2,5	0,189	40	322	0,156	0,75
			5,0	0,227	42,5	386	0,152	
			10	0,284	50	490	0,164	
3		180	2,5					0,5
			5,0	0,159	46,25	284	0,195	
			10	0,234	46,3	412	0,184	
4		180	2,5	0,136	40	326	0,166	0,4
			5,0	0,174	40	372	0,16	
			10	0,23	41	496	0,165	
5		180	2,5	0,177	43,6	366	0,128	0,8
			5,0	0,238	47,5	510	0,114	
			10	0,309	41,3	634	0,123	

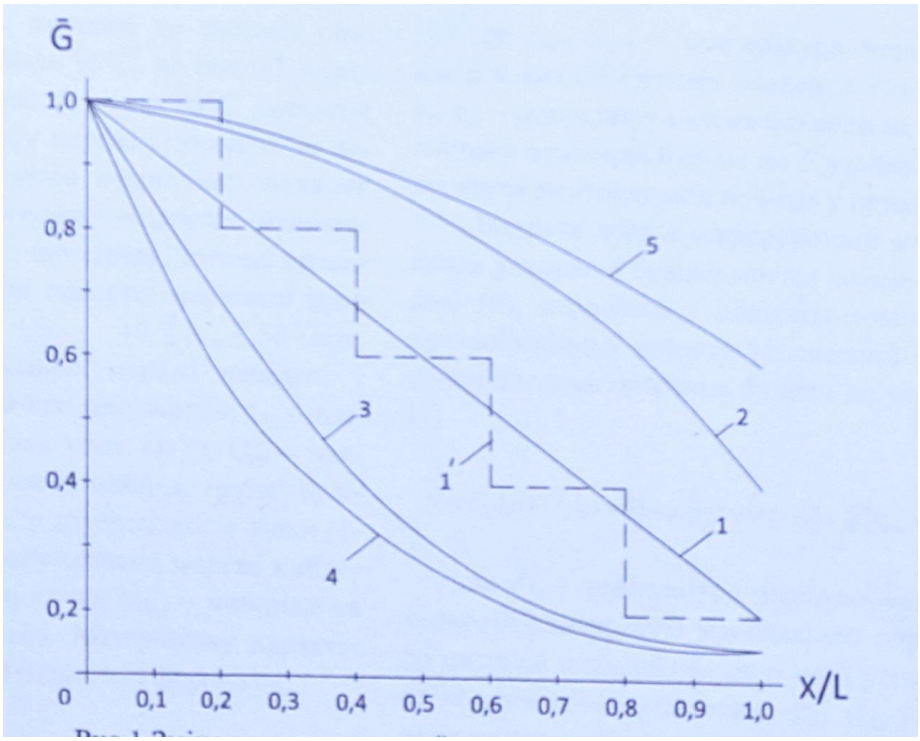


Рис.3.1.1 Зміна витрат мережної води по довжині гілки (1-Т)

1′ – фактичні витрати теплоносія для розрахункової схеми 1; 1,2,3,4,5 – апроксимація фактичних витрат теплоносія для відповідних схем

Втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі визначено для умов прокладки у непрохідних каналах [6]. Аналіз теплового стану трубопроводів опалювальної мережі здійснено з використанням викладеної у роботі [6] методики. При відомих питомих теплових втратах q трубопроводом даного діаметра втрати теплоти на ділянці мережі довжиною l_i можна обчислити за формулою

$$Q_i = q \cdot l_i \frac{t_{\text{вх}} - t_{\text{от}}}{\Delta t} \text{ k}, \qquad (3.1.1)$$

де $t_{\text{вх}}$ – температура теплоносія на вході до ділянки; $t_{\text{от}}$ – температура оточуючого середовища Δt – різниця температур теплоносія та оточуючого середовища, при якій отримано питомі втрати теплоти через ізоляцію q; k – коефіцієнт для обліку втрат теплоти конструктивними елементами теплової мережі.

За величину питомих теплових втрат у формулі (3.1.1) можна приймати або припустимі (нормативні), або фактичні значення, отримані при теплових випробуваннях мереж. За температурою теплоносія на вході до розрахункової ділянки та його охолодженням у межах ділянки з теплового балансу визначають температуру на виході ділянки, яка для наступної за ходом руху теплоносія ділянки є вхідною температурою і т. д. до найвіддаленішої нагілці подавальної лінії будівлі. При визначенні теплових втрат трубопроводами зворотної лінії опалювальної мережі обчислення розпочинають з найвіддаленішої будівлі. Температуру у кінці розрахункової ділянки визначають з урахуванням втрат теплоти і змішування потоку теплоносія у трубопроводі головної гілки й потоку теплоносія з відгалуження від головної гілки.

Питомі теплові втрати через теплову ізоляцію трубопроводів прийнято на рівні нормативних значень [6]. Втрати теплоти конструктивними елементами мереж враховано коефіцієнтом k =1,15 [6]. Температура грунту на глибині вісі теплопроводу становить 5 ℃ [13]. Температура води у подавальному трубопроводі на выході з ЦТП до мікрорайонної мережі дорівнює $105^{o}C$, на вході до системи опалення неутеплених будівель $95^{o}C$, на виході з системи опалення неутеплених будівель 70 ^{o}C . Діаметри трубопроводів на ділянках мережі визначено за номограмою для гідравлічного розрахунку водяних теплових мереж за величиною теплового навантаження ділянок при умові, що середні питомі втрати тиску на подолання тертя при русі мережної води знаходяться у межах $40 \leq R_{\text{ср}} \leq 50$Па/м. Характеристики опалювальної мережі наведені у табл.1. У табл.1 прийняті такі позначення: $l_{\text{г}}$ – довжина розрахункової ділянки гілки (1-Т); $Q_{\text{гр}}$ –максимальне опалювальне навантаження групи будівель; $d_{\text{ср}}$ – середній діаметр трубопроводів гілки (1-

Т); $М_{гр}$ – матеріальна характеристика мережі в цілому (з урахуванням відгалужень); $М_{від}$ – матеріальна характеристика відгалужень. Матеріальну характеристику теплопроводів обчислено за формулою

$$М = \sum_{i=1}^{n}(l_i d_i) \quad (3.1.2)$$

Ефектиність застосування енергозберігаючих заходів для споруди оцінено величиною відношення витрат теплоти на опалення утепленої будівлі $Q_{о.р.н.}$ до витрат теплоти для опалення будівлі до її утеплення $Q_{о.р.}$ Значення теплових навантажень прийнято при розрахунковій для опалення температурі зовнішнього повітря для даної місцевості

$$\mu = \frac{Q_{о.р.н.}}{Q_{о.р.}}. \quad (3.1.3)$$

Зменшення подачі теплової енергії для опалення приміщень утеплених споруд доцільно здійснювати зниженням температури мережної води в опалювальних приладах системи опалення. Визначення показників роботи опалювального комплексу будівлі після утеплення здійснено при умовах, що систему опалення приєднано за незалежною схемою, за допомогою теплообмінного апарату [8]; температура теплоносія на вводі до утепленої будівлі така сама як на вводі до неутепленої будівлі і визначається температурним графіком теплової мережі і охолодженням теплоносія при його транспортуванні територією мікрорайону; гідравлічний режим системи опалення будівлі до утеплення й після однаковий. Температуру мережної води на вході та виході системи опалення утепленої будівлі обчислено за запропонованими у роботі [3] формулами

$$\tau_{з.н} = [0{,}5(\tau_з + \tau_2) - t_{вн}] \cdot \mu^{0,8} + \mu(\tau_з - \tau_2) + t_{вн},, \quad (3.1.4)$$

$$\tau_{2.н} = \tau_{з.н} - \mu(\tau_з - \tau_2), \quad (3.1.5)$$

де $\tau_{з.н}$, $\tau_{2.н}$ – температура мережної води на вході й виході системи опалення утепленої будівлі; $\tau_з, \tau_2$ – температура мережної води на вході й виході системи опалення будівлі до її утеплення; $t_{вн}$ – температура внутрішнього повітря у приміщенні

Витрати води з мікрорайонної мережі для опалення утепленої будівлі можна визначити за формулою (6), отриманої з рівняння теплового балансу теплообмінного апарату незалежної схеми приєднання системи опалення будівлі до теплових мереж [4]

$$\beta = G_{\text{с}}(\mu) / G_{\text{с}}(\mu = 1) = \mu[\tau_{1\text{с}}^{\text{р}} - (\tau_2^{\text{р}} + \Delta\tau)] / [\tau_{1,\text{сн}}^{\text{р}} - (\tau_{2\text{н}}^{\text{р}} + \Delta\tau)], \quad (3.1.6)$$

де τ_{1c}^{p} –температура мережної води при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на вводі до системи опалення будівлі до її утеплення; $\tau_{1,сн}^{p}$– те ж саме після утеплення; , $\tau_2^{\text{р}}$, $\tau_{2\text{н}}^{\text{р}}$ – температура води на виході опалювального приладу будівлі при розрахунковій температурі зовнішнього повітря до її утеплення та після утеплення відповідно; $\Delta\tau$ – перевищення температури нагрівної води на виході з теплообмінного апарату порівняно з температурою води, що нагрівається, на виході з теплообмінника.

При обчисленнях значення перевищення температури $\Delta\tau$ для опалювального теплообмінника прийнято рівним 10℃. Значення коефіцієнта μ для окремої будівлі прийнято 0,6, що відповідає зменшенню витрат на опалення житлових будинків, введених в експлуатацію у минулому сторіччі, при впровадженні для них енергозберігаючих заходів, що забезпечать відповідність опору теплопередачі огороджувальних конструкцій сучасним вимогам. Температура мережної води на вході до системи опалення утепленої споруди така ж сама як для неутепленої і відповідає температурному графіку теплових мереж. Температура мережної води на виході системи опалення утепленої будівлі для таких умов дорівнює 53,36 ℃, після теплообмінного апарату на вході до зворотного трубопроводу розподільної теплової мережі 63,36℃.

Для кожної схеми теплопостачання обчислено витрати мережної води для опалення і втрати теплоти трубопроводами опалювальної мережі для вихідного варіанту (до утеплення будівель). У подальшому з цими значеннями порівнювали зміну показників роботи мереж при утепленні будівель. Розглянуто варіанти утеплення всіх будівель забудови (коефіцієнт ефективності застосування енергозберігаючих заходів, обчислений для групи будівель в цілому дорівнює $\mu_{\text{гр}}$= 0,6) і утеплення окремих споруд. В останньому випадку загальний коефіцієнт $\mu_{\text{гр}}$ для варіантів було прийнято рівним 0,92; 0,84; 0,76 і 0,68, що відповідало утепленню відповідно двох, чотирьох шести і восьми будівель з тих, що утворюють забудову. У кожному випадку для утеплення було обрано найвіддаленіші від ЦТП споруди, що згідно з висновками роботи [12] забезпечує максимальний ефект зменшення втрат теплоти трубопроводами мережі. Результати обчислень у вигляді залежності відносних втрат теплоти трубопроводами розподільної теплової мережі від коефіцієнта $\mu_{\text{гр}}$ подано на рис.2. Як показав аналіз результатів обчислень, для всіх розглянутих конфігурацій мережі зміна відносних втрат теплоти теплопроводами практично не залежить від величини опалювального навантаження групи будівель. Вплив утеплення будівель на зміну теплового стану подавального трубопроводу опалювальної мережі незначний.

Відмінність теплових втрат для варіантів утеплення всіх споруд забудови ($\mu_{гр}$=0,6) та вихідних варіантів ($\mu_{гр}$=1) для розглянутих конфігурацій мереж не перевищує 0,5%. Зменшення теплових втрат для подавального трубопроводу обумовлене зміною витрат мережної води при утепленні будівель. Зменшення теплових втрат зворотними трубопроводами мережі при утепленні будівель обумовлене насамперед більш низькими температурами мережної води на виході теплообмінника системи опалення. На тепловий стан зворотних трубопроводів розподільної мережі помітно впливає також і закон зміни витрат мережної води по довжині теплопроводу. Для врахування особливостей розподілу витрат теплоносія використана величина відносних середніх витрат

$$\overline{G_{ср}} = G_{ср}/G_{вх}, \qquad (3.1.7)$$

де $G_{вх}$ – витрати мережної води на вході до гілки (максимальні на гілці витрати води)

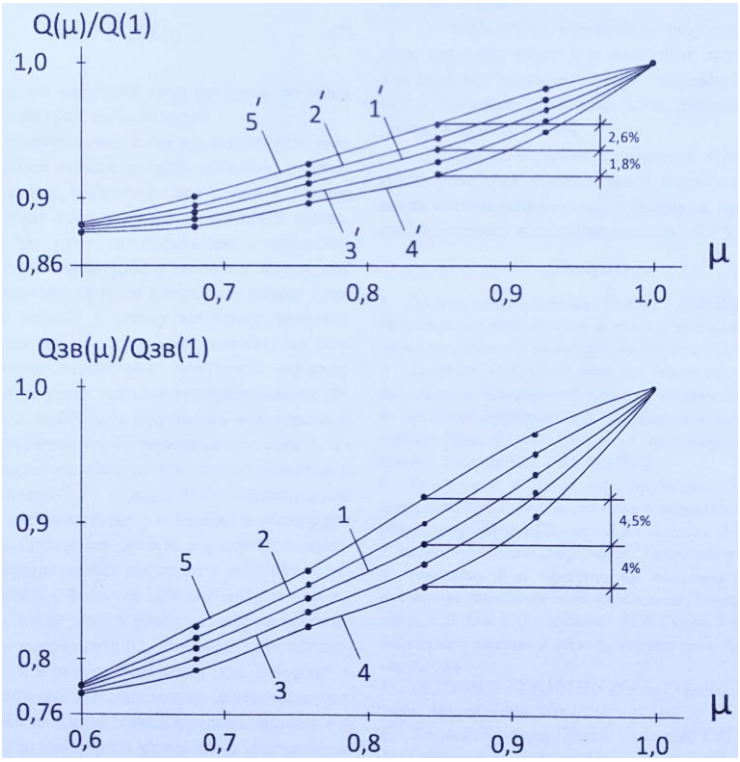


Рис.3.1.2. - Залежність зміни втрат теплоти трубопроводами опалювальної мережі від коефіцієнта ефективності утеплення групи будівель

$1', 1$ – розрахункова схема 1;$2', 2$ – схема 2; $3', 3$ – схема 3; $4', 4$ – схема 4; $5', 5$ – розрахункова схема 5; 1…5 – зворотний трубопровід розподільної опалювальної мережі; $1'$ … $5'$ – опалювальна мережа в цілому

Для розглянутих варіантів виконання теплових мереж найбільші середні витрати теплоносія характерні для схеми 5, найменші - для схеми 4. Більша величина витрат води обумовлює менше її охолодження під час руху трубопроводом і підвищені втрати теплоти. Конфігурація теплових мереж для схеми 4 обумовлює суттєве зменшення витрат води на ділянках мережі і меншу величину теплових втрат. При значеннях $\mu_{\text{гр}}$=0,6 для розглянутих конфігурацій мереж характерна практично однакова величина зміни втрат теплоти трубопроводами. Як видно з рис.2, найбільша відмінність між втратами теплоти зворотними трубопроводами для схем 5,4 і 1, яка дорівнює приблизно 4%, спостерігається в інтервалі значень $0{,}75 \le \mu_{\text{гр}} \le 0{,}92$. Максимальна відмінність теплових втрат для мережі в цілому для того ж самого інтервалу значень $\mu_{\text{гр}}$ дорівнює приблизно 2%. Узагальнення результатів обчислень дозволило отримати формулу для визначення відносних втрат теплоти трубопроводами мереж залежно від величини коефіцієнта $\mu_{\text{гр}}$, який враховує ефективність заходів з енергозбереження для забудови в цілому, і відносних середніх витрат мережної води у межах ділянок головної гілки в інтервалі значень $0{,}4 \le \overline{G_{\text{ср}}}. \le 0{,}8$. Теплові втрати визначено з урахуванням втрат трубопроводами відгалужень. Для зворотних трубопроводів для діапазону значень $0{,}7 \le \mu_{\text{гр}} \le 0{,}9$ формула має вигляд.

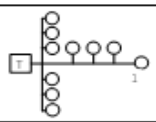
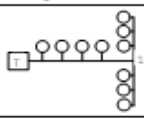
$$\frac{Q_{\text{зв}}(\mu_{\text{гр}})}{Q_{\text{зв}}(1)} = \frac{1}{1+(0{,}39+0{,}63\overline{G_{ср}})(1-\mu_{\text{гр}})}, \qquad (3.1.8)$$

Для оцінок зміни теплового стану розподільної мережі в цілому (зворотні трубопроводи + подавальні) для інтервалу значень $0{,}7 \le \mu_{\text{гр}} \le 0{,}9$ формула має виглядів

$$\frac{Q_{\text{м}}(\mu_{\text{гр}})}{Q_{\text{м}}(1)} = \frac{1}{1+(0{,}17+0{,}25\overline{G_{\text{ср}}})(1-\mu_{\text{гр}})}. \qquad (3.1.9)$$

Таблиця 3.1.2

Порівняння результатів обчислень втрат теплоти трубопроводами головної гілки опалювальної мережі

Розрахункова схема	$Q_{\text{с}}$, МВт	Гілка (1-Т)			$\frac{M_{\text{зв}}}{M_{\text{гл}}}$	Втрати теплоти, кВт		
		$M_{\text{гл}}$, м²	R, Па/м	$d_{ср}$, м		П	З	М
	10	187	35	0,2	0,1	120,5	113	233,5
	10	278	45	0,3	0,1	160	151	311

Примітки: П- Подавальний трубопровід; З- Зворотний трубопровід; М- Мережа в цілому

3.2. Результати обчислення втрат теплоти трубопроводами теплових мереж для вихідного варіанту виконання теплових мереж 522-1 мікрорайону м. Харкова

Таблиця 3.2.1

Початковій варіант теплових мереж мікрорайону 522-1

Початковий варіант (подавальний трубопровід)							
Ділянка №	Довжина відрізка(м)	$q_{таб}$	$q_д$	$Q_д$	G	Температура	
						$t_{вх}$	$t_{вих}$
0-19	50	117	137,6	7915	78,8	105	104,97
19-23	74	92	108,2	9208	53	104,97	104,92
23-26	92	92	108,1	11443	32,4	104,92	104,83
26-27	92	92	112	11850	30,2	104,83	104,73
27-29	98	76	89,1	10050	22,5	104,73	104,62
29-30	49	76	89	5019	14,58	104,62	104,53
30-32	46	76	89	4708	11,3	104,53	104,43
32-33	20	76	88,9	2044	3,47	104,43	104,28
19-20	25	76	89,4	2569	25,82	104,97	104,94
20-21	132	76	89,4	13565	19,9	104,94	104,77
21-22	20	69,5	81,5	1876	6,97	104,77	104,7
23-24	137	69,5	81,7	12871	20,63	104,92	104,77
24-25	32	63	73,9	2721	13,15	104,77	104,72
27-28	64	57	66,8	4922	7,67	104,73	104,57
30-31	20	63	73,8	1697	3,58	104,57	104,45
Загальні втрати подавального трубопроводу становлять – 102460 Вт.							

Таблиця 3.2.2

Початковий варіант зворотній трубопровід

Початковий варіант (зворотний трубопровід)										
Ділянка №	Довжина (м)	$q_{таб}$	$q_д$	$Q_д$	G	$G_{зм}$	Температура			
							$t_{зм}$	**$t_{вх}$**	**$t_{вих}$**	**$t_{вих'}$**
0-19	50	79	113,4	6520	78,83	-	-	69,6	69,5	-
19-23	74	59	76,25	6489	53,01	25,82	69,39	69,7	69,7	69,6
23-26	92	59	64,9	8980	32,38	20,63	69,85	69,7	69,6	69,7
26-27	92	59	85	8992	30,19	2,19	70	69,8	69,7	69,7
27-29	98	49	70,65	7963	22,52	7,67	69,93	69,9	69,8	69,8
29-30	49	49	70,67	3982,6	14,58	7,94	70	69,9	69,8	69,9
30-32	46	49	70,74	3742	11,27	3,31	70	69,9	69,9	69,9
32-33	20	49	70,8	1628	3,47	7,8	70	70	69,9	69,9
19-20	25	49	70,65	2031	25,82	-	-	69,8	69,4	-
20-21	132	49	70,75	10740	19,99	5,83	70	69,9	69,8	69,88
21-22	20	44,5	64,3	1478	6,97	13,02	70	70	69,9	69,9
23-24	137	44,5	64,2	10123	20,63	-	-	69,9	69,9	-
24-25	32	40	57,77	2126	13,15	7,48	70	70	69,9	69,9
27-28	64	36	52	2153	7,67	-	-	70	69,9	-
30-31	20	40	57,77	1328,9	3,58	-	-	70	69,9	-
Загальні втрати зворотного теплопроводу становлять – 78276,5 Вт.										

Загальні втрати теплоти для вихідного варіанту становлять 180736,5 Вт.

3.3 Результати обчислення втрат теплоти трубопроводами теплових мереж для варіантів реконструкції теплових мереж

Таблиця 3.3.1

Перший варіант реконструкції теплопроводу

Перший варіант (подавальний трубопровід)							
Ділянка №	Довжина відрізка(м)	$q_{таб}$	$q_д$	$Q_д$	G	Температура	
						$t_{вх}$	$t_{вих}$
0-19	50	117	137,6	7915	78,8	105	104,97
19-23	74	92	108,2	9209	53	104,97	104,92
23-26	92	92	108,1	11437	32,4	104,92	104,83
26-27	92	76	112	11420	30,2	104,83	104,73
27-29	98	76	89,1	10050	22,5	104,73	104,62
29-30	49	76	89	5015	14,58	104,62	104,53
30-31	20	76	88,9	2045	3,58	104,57	104,45
19-20	25	76	88,8	2552	25,82	104,97	104,94
20-21	132	76	89,4	13565	19,9	104,94	104,77
21-22	20	69,5	81,6	1878	6,97	104,77	104,7
22-34	75	76	89,3	7701	20,63	104,92	104,77
34-28	190	63	73,9	16161	13,15	104,77	104,72
34-25	10	69,5	81,65	4922	7,67	104,73	104,57
25-24	35	63	73,63	4708	11,3	104,53	104,43
30-32	46	63	73,7	2044	3,47	104,43	104,28
32-33	20	63	73,7	2044	3,47	104,43	104,28

Тепловтрати подавальним трубопроводом гілки 0-33 становлять 105896 Вт.

Таблиця 3.3.2

Другий варіант реконструкції теплопроводу

Другий варіант (подавальний трубопровід)							
Ділянка №	Довжина (м)		$q_д$	$Q_д$	G	Температура	
						$t_{вх}$	$t_{вих}$
0-19	50	117	137,6	7915	78,83		
19-20	25	92	108	3111	46,37	104,97	104,95
20-21	132	76	89	13565	19,99	104,95	104,78
21-22	20	69,5	81	1876	6,97	104,78	104,71
20-20*	20	69,5	82	1880	26,38	104,95	104,93
20*-24	50	69,5	82	4700	20,56	104,93	104,87
24-25	32	63	74	2724	13,15	104,87	104,82
19-23	74	84	98	8407	32,38	104,97	104,9
23-26	92	92	108,15	11443	32,38	104,92	104,83
26-27	92	92	112	11850	30,19	104,83	104,73
27-28	64	57	66,87	4922	7,67	104,73	104,57
27-29	98	76	89,17	10050	22,52	104,73	104,62
29-30	49	76	89	5019	14,58	104,62	104,53
30-31	20	63	73,8	1697	3,58	104,57	104,45
30-32	46	76	89	4708	11,27	104,53	104,43
32-33	20	76	88,9	2044	3,47	104,43	104,28
Загальні втрати подавального трубопроводу становлять – 95910 Вт.							

Таблиця 3.3.3

Другий варіант реконструкції теплопроводу

Другий варіант (зворотний трубопровід)										
Ділянка №	Довжина (м)	$q_{таб}$	$q_д$	$Q_д$	G	$G_{зм}$	Температура			
							$t_{зм}$	$t_{вх}$	$t_{вих}$	$t_{вих'}$
19-0	50	79	113	6538	78,83	-	-	69,77	69,75	-
20-19	25	59	85	2450	46,37	-	-	69,97	69,95	-
21-20	132	49	70,7	10739	19,99	-	-	69,97	69,84	-
22-21	20	44	64,3	1478	6,97	13,02	70	70	69,94	69,97
20*-20	20	44	64,2	1476	26,38	19,99	69,84	69,93	69,91	69,87
24-20*	50	44	64,2	3695	20,56	5,82	70	69,97	69,92	69,93
25-24	32	40	57,8	2126	13,15	7,41	70	70	69,96	69,97
23-19	74	54	77,7	4198	32,38	46,37	-	69,73	69,69	69,77
26-23	92	59	64,9	8980	32,38	20,63	69,85	69,73	69,66	69,73
27-26	92	59	85	8992	30,19	2,19	70	69,82	69,72	69,73
28-27	64	36	52	2153	7,67	-	-	70	69,9	69,97
29-27	98	49	70,65	7963	22,53	7,67	69,9	69,8	63,7	69,82
30-29	49	49	70,67	3982	14,58	7,94	70	69,9	69,83	69,88
31-30	20	40	57,77	1329	3,58	-	-	70	69,91	-
32-30	46	49	70,74	3742	11,27	3,31	70	69,96	69,88	69,9
33-32	20	49	70,8	1628	3,47	7,8	70	70	69,88	69,96
Загальні втрати зворотного трубопроводу становлять – 71468 Вт.										

Загальні втрати мікрорайону після реконструкційних робі становлять 167379 Вт.

3.4. Обчислення техніко-економічного показника

1) Втрати тепла в теплових мережах за опалювальний період для вихідного варіанту системи теплопостачання

   $Q_1 = (Q_{заг1} * n0)/10\text{^}9 = 2967$ ГДж/сез.

   n_0 – час роботи опалювальної системи (191*24*3600)

   $Q_{заг1}$– 180736,5 Вт.

2) Втрати тепла в теплових мережах за опалювальний період для варіанту реконстркційних робіт систем теплопостачання

   $Q_2 = (Q_{заг2} * n0)/10\text{^}9 = 2753$ ГДж/сез.

   $Q_{заг2}$– 167379 Вт.

3) Економія теплоти

   Е = ($Q_{заг1} - Q_{заг2}$) = 214 ГДж/сез.

4) Вартість збереженого тепла за сезон

   Е* = γ * Е = 321856грн/сез.

   γ - тариф за 1 ГДж (1504грн)

Висновки

В даній роботі були проведені гідравлічні розрахунки теплових мереж для варіантів ідеалізованих груп будівель і житлового мікрорайону м. Харкові. Проаналізовані зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на теплові втрати при прокладці трубопроводів у непрохідних каналах. Також були проведені розрахунки тепловтрат опалювальних реальних мереж. Отримані результати можуть бути використані на стадії проектування мікрорайонних мереж опалення і при реконструкції існуючих систем. На схемах теплопостачання ідеалізованих груп будівель проаналізовано вплив закону зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на величину втрат теплоти при транспортуванні теплоносіїв. На схемах теплопостачання ідеалізованих груп будівель проаналізовано вплив закону зміни витрат теплоносія по довжині теплопроводу на величину втрат теплоти при транспортуванні теплоносіїв.

Використання отриманих висновків при реконструкції теплових мереж 522-1 мікрорайону м. Харкова дозволить зменшити витрати теплоти теплопроводами на 7,4%, що в свою чергу забезпечить сезонне зменшення витрат на 214 ГДж, що у вартісному еквіваленті становить 322 тисячі гривень.

Список використаних джерел

1. Маляренко В.А. Основи теплофізики будівель та енергозбереження. – Харків. «Видавництво САГА», 2006. –484с.
2. Шубин Е.П. Основные вопросы проектирования систем теплоснабжения городов / Е.П. Шубин; - М.: Энергия, 1979. – 360 с.
3. Козин В. Е. Теплоснабжение [Текст] / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
4. М.О.Шульга, І.Л. Деркач, О.О.Алексахін. Інженерне обладнання населених місць: Підручник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 259 с.
5. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей./ Под ред. А.А.Николаева/. - М.: Стройиздат, 1965. - 359 с.
6. Тепловая изоляция / под ред. Г.Ф. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1995. – 421 с.
7. Повышение эффективности работы тепловых пунктов [Текст] / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.
8. Зингер Н.М. Гидравлические и тепловые режимы теплофикационных систем [Текст] / Н.М. Зингер. – М.: Энергоиздат, 1986. – 320 с.
9. Техническая теплофизика ограждающих конструкций зданий и сооружений [Текст] / В.А.Маляренко, А.Ф. Редько, Ю.И. Чайка, В.Б. Поволочко. – Х.: Рубикон, 2001. – 280 с.
10. Справочник по гидравлике/ Под ред. Б.А.Большакова. - К.: Вища школа, 1984. - 343 с.
11. Алексахін О.О. Аналіз теплових втрат трубопроводами розгалуженої опалювальної мережі з урахуванням можливого зниження розрахункового опалювального навантаження будівель / Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит, – 2013. – № 8(114).
12. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / под ред. А.А. Николаева. – М.: Стройиздат, 1965. – 359 с.
13. Будівельна кліматологія: ДСТУ –НБВ.1.1-27:2010