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

ФІЗИКО-ЕНЕРГЕТИЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
(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»

«Аналіз зміни теплових втрат трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону при утепленні будівель»

Виконав студент 2 курсу, групи НФ-62
Фещенко Р.С.
(прізвище та ініціали)

Спеціальність
105 Прикладна фізика та наноматеріали
Освітня програма : Прикладна фізика енергетичних систем.
Керівник Алексахін О.О.
Консультант _____
(ступінь, прізвище та ініціали)
Рецензент _____
(ступінь, прізвище та ініціали)

Харків - 2018 року

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ ТА АБРЕВІАТУР

Кне – кілограм нафтового еквіваленту; ТЕЦ – теплоелектроцентраль; ЦТП – центральний тепловий пункт; ГВ – гаряче водопостачання; КП – комунальне підприємство.

РЕФЕРАТ

Дипломна робота має назву «Аналіз зміни теплових втрат трубопроводами опалювальної мережі мікрорайону при утепленні будівель». Роботу виконав студент VI курсу групи НФ-62 Фещенко Р. С.

Виконана робота за обсягом займає 76 сторінок, з них 69 сторінок основна частина, яка має 5 розділів; 9 таблиць, 29 ілюстрацій та 25 використаних джерел.

Дана дипломна робота присвячена розрахункам теплових мереж з метою визначення найраціональнішого варіанту утеплення будівель гілок теплової мережі із чотирьох можливих випадків.

Впровадження заходів із енергозбереження є актуальною задачею для житлово-комунального сектору господарства будівельної галузі адже інженерні системи і їх елементи; місцеве та центральне теплопостачання, водопостачання та опалення частково або вже і зовсім непридатні для максимально ефективного функціонування.

В результаті проведення досліджень і розрахунків було показано і пояснено чому саме утеплення крайніх будівель на кожній з гілок є максимально правильним і економічно вигідним рішенням.

***Ключові слова*:** енергоносії, енергозбереження, теплозабезпечення, теплопостачання, теплові мережі, теплоелектроцентраль (ТЕЦ), мікрорайон, котельня, трубопровід, тепловий пункт, споживачі тепла.

ABSTRACT

The master thesis is titled "Analysis of the heat loss changes by the heating district network pipelines in the insulation of buildings". The work was performed by the student of the VI course of the group NF-62 Feshchenko R.S.

The work done on the volume takes 76 pages (the main part consists of 69 pages); which includes 5 sections, 9 tables, 29 illustrations and 25 sources.

This thesis is devoted to calculations of heating networks in order to determine the most rational version of thermal insulation of building branches of the thermal network from four possible cases.

Implementation of energy saving measures is an urgent task for the housing and communal sector of the construction industry economy, because engineering systems and their elements; local and district heating, water supply; heating are partially or completely unsuitable for the most effective functioning.

As a result of studies and calculations, it was shown and explained why the insulation of extreme buildings on each of the branches is the most correct and cost-effective solution.

Key words: energy resources, energy saving, heat providing, heat supply, heat networks, thermal power station, district heating, boiler room, pipeline, heat point, heat consumers.

ЗМІСТ

ВСТУП.....6
РОЗДІЛ 1. КОМУНАЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ.....8
1.1 Структура системи централізованого теплопостачання міста....8
1.2 Котельні та їх види.....12
РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ 15
2.1 Призначення і основне обладнання ЦТП 15
2.2 Способи прокладання теплових мереж 22
2.3 Теплові навантаження будівель мікрорайону.....26
2.4 Характеристика гілок мережі опалення мікрорайону.....31
РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ УТЕПЛЕННІ БУДІВЕЛЬ.....34
3.1 Утеплення огороджувальних конструкцій будівель – основний резерв енергозбереження в житлово-комунальному секторі 34
3.2 Технологія утеплення фасадів 40
РОЗДІЛ 4. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ 47
РОЗДІЛ 5. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ 54
5.1 Методика обчислення охолодження води у трубопроводах теплових мереж 54
5.2 Аналіз результатів.....62
ВИСНОВКИ.....74
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....75

ВСТУП

- **Предмет досліджень** – закони теплопереносу й гідродинаміки, що мають місце у трубопроводах розгалуджених теплових мереж.
- **Об'єкт досліджень** – система централізованого теплопостачання мікрорайону.
- **Наукова новизна роботи** – вперше отримано результати, щодо впливу параметрів гілок опалювальної мережі й місця розташування утеплених будівель на втрати тепла теплопроводами.
- **Актуальність** теми дослідження обумовлена необхідністю впровадження заходів із енергозбереження у комунальній теплоенергетиці та житлово-комунальному господарстві.

Житлово-комунальний комплекс України посідає третє місце (після металургійної та хімічної промисловості) за обсягами використання енергоносіїв і перше – за споживання теплової енергії. Так, у період з 1997 по 2000 р.р. річне споживання природного газу підприємствами житлово-комунального господарства склало 9,6 – 12,3 млрд. м³, зокрема підприємствами комунальної енергетики – 8,0-9,2 млрд. м³, а електроенергії – близько 10 млрд. кВт·год. Це становить 10-12 та 5-6% від загальнодержавного споживання газу та електроенергії. За цей же період виробництво теплової енергії підприємствами комунальної теплоенергетики скоротилось на 25% і тепер складає близько 70 млн. Гкал в рік.

Споживаючи на душу населення паливно-енергетичних ресурсів 4600 кг нафтового еквіваленту (кне), Україна одержує на душу населення всього 2500 дол. США ВВП. Тоді як у Франції, схожі на Україну за територією і чисельністю населення, ці показники становлять відповідно 3845 кне і 21113 дол. США. Енергоємність ВВП України складає 1740 кне/1000 дол. США, що майже в 10 разів перевищує рівень Франції (182 кне/1000 дол. США). Споживання паливно-енергетичних ресурсів на одиницю виробленого ВВП в

Україні у даний час у 2,5-9,5 разів перевищує аналогічні показники розвинутих країн.

Впровадження заходів із енергозбереження є актуальною задачею для житлово-комунального сектору господарства будівельної галузі. Умовно заходи з енергозбереження в системах опалення, вентиляції і кондиціювання можна розділити на такі групи:

- Організація приладового обліку теплової енергії;
- Об'ємно-планувальні, будівельно-конструктивні заходи з енергозбереження;
- Технічні заходи енергозбереження: вдосконалення інженерних систем і їх елементів, місцевого та центрального теплопостачання, водопостачання, опалення, гарячого водопостачання (ГВП), вентиляції, кондиціонування;
- Енергозбереження шляхом утилізації природної теплоти і холоду, використання вторинних енергоресурсів, зменшення теплових втрат.

Практичне втілення усіх вищезгаданих напрямків енергозбереження в житлово-комунальному господарстві потребує використання цілого ряду завдань, пов’язаних з розрахунком і оптимізацією теплових та вологісних режимів функціонування об’єктів систем енергопостачання. Це можливо тільки при широкому використанні розглянутих вище положень технічної теплофізики на всіх етапах теплового проектування і теплофізичного розрахунку систем виробництва та споживання теплової енергії.

РОЗДІЛ 1. КОМУНАЛЬНА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА ТА ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ

1.1 Структура системи централізованого теплопостачання міста

Система теплопостачання міста є об'ємним складним технологічним і соціально економічним комплексом, який забезпечує життєздатність великої кількості користувачів тепловою енергією, що використовується для забезпечення у приміщеннях параметрів комфортних для внутрішнього повітря, приготування гарячої води для санітарно-гігієнічних потреб і для підтримання технологічних процесів на промислових підприємствах. Мірою оцінки здатності функціонування системи теплопостачання вважають чотири складових: енергоефективність, вартість послуг, надійність та екологія теплопостачання. Енергоефективність теплозабезпечення повністю напряму залежить від сукупності всіх заходів, що проводяться в місті, спрямованих на забезпечення правильної організації та реалізації процесу теплопостачання і обирається оптимальним співвідношенням показів матеріальних витрат на вироблення теплової енергії та оптимального в результаті її використання економічного ефекту.

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.

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 і найменшому негативному впливові на навколишнє середовище.

Оптимізація теплопостачання в умовах централізованого вироблення, транспортування і розподілу теплової енергії передбачає собою організацію

найвигідніших режимів роботи складових системи теплопостачання: теплових мереж , джерел теплоти, систем використання теплоти у споживачів.

Основним джерелом теплоти у великих містах є теплоелектроцентралі (ТЕЦ), на яких реалізується комбіноване вироблення електричної і теплової енергії. Теплофікація забезпечує 40% теплоти, що споживається у комунальному господарстві і промисловості для потреб опалення і гарячого водопостачання.

Сучасні СЦТ (системи централізованого теплопостачання) являють собою складний інженерний комплекс з джерел теплової енергії (основних і пікових) і споживачів тепла, пов'язаних між собою тепловими мережами різного призначення і балансової належності, мають характерні теплові і гідравлічні режими з заданими параметрами теплоносія. Величина параметрів і характер їх зміни визначаються технічними можливостями основних структурних елементів систем теплопостачання (джерел, теплових мереж і споживачів), 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 пильна увага. Багатьма авторами і організаціями розроблені різні пропозиції щодо можливих напрямків зміни структурних схем таких систем. При цьому мова йде не про застосування нового обладнання, яким є наприклад використання для теплофікації парогазових циклів, що саме по собі дозволяє підвищити економічність теплопостачання, а саме про розробку нетрадиційних схем систем теплопостачання в цілому, в яких переваги комбінованого виробництва теплової енергії використовуються в найбільшій мірі.

Однією з таких пропозицій, суть якої полягає в переході на централізовану подачу від ТЕЦ тепла тільки на гаряче водопостачання з його відпусткою в райони теплоспоживання по однотрубної схемою. При цьому навантаження опалення забезпечується розташованими безпосередньо в

районах теплоспоживання піковими джерелами з різним складом теплогенеруючого обладнання і відповідними тепловими мережами. Подача води і тепла від ТЕЦ в двотрубні районні теплові мережі здійснюється у вигляді їх підживлення для компенсації безпосереднього водорозбору на гаряче водопостачання в районних мережах, здійснюваного по відкритій схемі.

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

Однак системи теплопостачання з подібною структурою очевидно можуть застосовуватися при повністю новому будівництві, а також при реорганізації схеми теплопостачання передбачається використання або заміської КЕС (конденсаційна електростанція) або нової ТЕЦ з подачею тепла в існуючі районні теплові мережі, у яких в якості джерел тепла використовуються міські квартальні котельні. Тобто використання розглянутої пропозиції вимагає спеціальної організації системи, яка характеризується концентрацією, значним навантаженням гарячого водопостачання та будівництвом теплових мереж для її передачі в райони теплоспоживання.

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

Котельні є основним джерелом вироблення теплоти для середніх і малих міст. Однак, теплопостачання великих міст характеризується дуже складною структурою з наявністю і крупних ТЕЦ і котелень різної

продуктивності. Досить часто до структури теплопостачання міст входять котельні і ТЕЦ промислових підприємств, які разом із забезпеченням технологічних циклів даних підприємств відпускають теплоту житловим і громадським будинкам. Промислові котельні так само як і комунальні котельні, промислові ТЕЦ, побутові установки різної теплової продуктивності відносять до, так званої, малої енергетики. В залежності від величини теплового навантаження комунальні котельні класифікують у відповідності до структурних одиниць території міст: будинкові, групові, мікрорайонні,



районні (див. Рис. 1.1.).

Рис. 1.1 Планування теплових мереж

1.2 Котельні та їх види

Будинкові котельні мають приблизну теплову потужність до 2 МВт і відпускають теплоту системам теплоспоживання до окремої будівлі. Такі котельні розміщують, частіше за все, в межах будинку, який вони обслуговують. [1]

Групові котельні здійснюють теплопостачання якоїсь групи будинків із загальною кількістю населення до 3000 чоловік і сумарною витратою теплоти 2 ÷ 9 МВт. [1]

Мікрорайонні котельні забезпечують теплотою громадські й житлові будівлі мікрорайону з чисельністю 6-20 тис. чоловік і сумарною витратою теплоти 10-70 МВт [1]. У господарстві України загальна кількість опалювальних котелень зі встановленою потужністю більше 20 МВт становить 1750 одиниць.

Районні котельні можуть забезпечувати теплотою житловий район (або невелике місто) з кількістю населення 25-80 тис. чоловік і тепловим навантаженням 50-300 МВт [1].

Близькість комунальних котелень до будь-якого житла потребує високих, перш за все екологічних, вимог до виду спалюваного палива. Тому для них, як правило, основним паливом є природний газ і резервним – мазут.

Обширність району обслуговування джерелом теплоти, а отже і ступінь централізації теплопостачання визначається при урахуванні багатьох, часто полярних, факторів. Так, з одного боку, розширення району обслуговування, а отже і продуктивність джерела теплоти, призводить до зниження питомих капітальних витрат на побудову джерела. З одного боку, це веде до певного збільшення капіталовкладень в теплові мережі. Окрім того, при виборі кількості джерел теплоти і місць їх розташування слід враховувати архітектурні і санітарно-гігієнічні вимоги. При цьому важливим фактором являється вид палива. Чим менші обсяги вироблення теплоти джерелом теплопостачання і чим ближче розташована житлова зона, тим більш високі

вимоги до якості палива. При урахуванні цих факторів для домових, групових і мікрорайонних котелень використання газу має певну перевагу. Використання вугілля в таких випадках, крім явних проблем з наявністю в продуктах згорання палива шкідливих речовин, також викликає проблему з доставкою і зберіганням палива, а ще з видаленням шлаків.

Визначення теплоносія для системи теплопостачання обирається потрібним рівнем температур у системах теплоспоживання. Гаряча вода в якості теплоносія використовується при температурі не більше 200ºС. Такий рівень обмеження температур пов'язаний з тим, що значення температури кипіння і тиску взаємопов'язані і підвищення температури рідини (води) повинне супроводжуватися підвищенням тиску, що призводить до збільшення товщини трубопроводів, а отже, і капіталовкладень для побудови теплових мереж. [1]

Насичену водяну пару використовують, частіше за все, в діапазоні значень тиску 0,1÷4 МПа і відповідно температур 100-250ºС. Значно вищий температурний рівень може бути забезпечений при використанні перегрітої пари. Однак, водяна пара з високою температурою перегріву за властивостями своїми наближається до газів, і отже, через невисокі значення питомої теплоємності стає мало придатною для транспортування теплоти на значні відстані. Частіше за все до теплових мереж подають слабко перегріту пару. Ступінь перегрітості вибирають таким, щоб при зниженні температури пари при транспортуванні із-за втрат теплоти споживач отримував би пару або насиченою з незначною вологістю, або з незначним перегрівом. [1]

Парові системи поширені в основному на промислових підприємствах, а водяні системи використовують для теплопостачання житлово-комунального господарства. Основні переваги водяних теплових систем при порівнянні з системами паровими такі: не потребується встановлення громіздких і капіталоємних систем для збирання і транспортування конденсату від споживачів, можливість використання якісного регулювання відпуску теплоти

у широкому діапазоні зміни показів значень температури теплоносія; значно менші енергетичні втрати при транспортуванні; більша можлива відстань проходження від джерела до споживача теплоти (20÷30 км). Основні переваги парових систем у порівнянні з системами водяними: універсальність пари (можливість забезпечення як опалювального навантаження в житлово-комунальному господарстві, так і технологічних потреб промислових підприємств); можливість роботи систем з різними варіантами: використання теплоти як на парі, так і на воді, температура якої зростає у пароводяних теплообмінних апаратах; у безперервно працюючих паропроводах дякуючи підтриманню високих температур і невисокої вологості в теплоізоляційних системах менш інтенсивно протікає зовнішня корозія трубопроводів.[1]

РОЗДІЛ 2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ РАЙОНУ

2.1 Призначення і основне обладнання ЦТП

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

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:

- для підготовки води з температурою не нижче 55°С для системи гарячого водопостачання;
- для підготовки теплоносія з температурою 95-105°С для системи опалення;
- для підготовки води і теплоносія і для системи гарячого водопостачання і для системи опалення.

Приєднання місцевих водяних систем опалення здійснюють за залежними (див. Рис. 2.1.) або незалежною схемами. При залежних схемах гідравлічний режим теплоносія в місцевій системі визначається гідравлічним режимом теплоносія в тепловій мережі. Схему (див. Рис. 2.1.) а без зниження температури на вводі застосовують для систем опалення промислових будівель, пралень, спортзалів, басейнів, торговельних приміщень об'ємом понад 500 м3, а також для житлових, громадських будівель, якщо розрахункова температура в подавальному трубопроводі не перевищує 105°С.

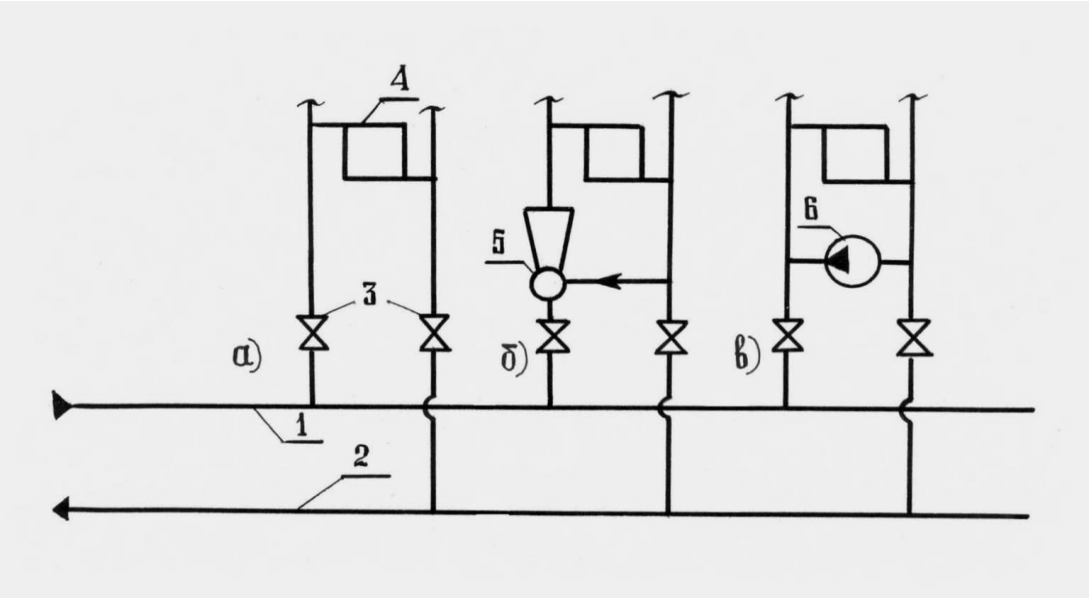


Рис. 2.1. Залежне приєднання систем опалення до теплових мереж:
а – без зниження температури на вводі; б – зі зниженням температури мережевої води за допомогою водоструминного елеватора;
в – зі зниженням температури за допомогою підмішуючого насоса;
1, 2 – подавальний й зворотний трубопроводи теплової мережі;
3 – засувка; 4 – опалювальний прилад; 5 – елеватор; 6 – підмішуючий насос.

Зниження температури на вводі в систему опалення забезпечується змішуванням потоків води з подавального трубопроводу теплової мережі та із зворотного трубопроводу системи опалення. При втратах тиску в місцевій системі до 0,15 МПа застосовується залежна схема з водоструминним елеватором (див. Рис. 2.1.,б). Одним з недоліків водоструминних елеваторів є низький гідравлічний коефіцієнт корисної дії, що позначається на величині втрат тиску теплоносія. При недостатньому для роботи елеватора напорі в тепловій мережі або при втратах тиску в місцевій системі більше 0,15 МПа застосовують змішувальні насоси, які встановлюють на перемичку між подавальним і зворотнім трубопроводами системи опалення (див. Рис. 2.1., в).

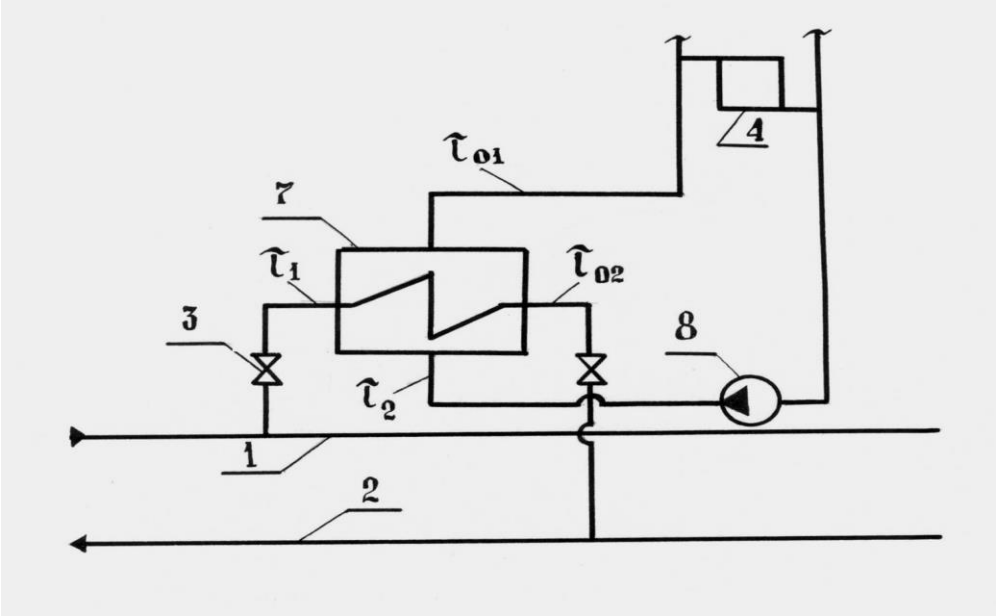


Рис. 2.2. Незалежне приєднання систем опалення до теплових мереж:
4 – опалювальний прилад; 8 – циркуляційний насос опалення;
інші позначення див. на Рис. 2.1.

Незалежне приєднання (див. Рис. 2.2) 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.

При відкритих системах теплопостачання місцеві системи гарячого водопостачання до теплових мереж приєднують безпосередньо.

У закритих системах теплопостачання трубопроводи гарячого водопостачання приєднують до теплових мереж за допомогою теплообмінних апаратів пароводяних при парових мережах і водоводяних при водяних мережах. У таких апаратах завдяки теплопередачі від гріючого теплоносія відбувається нагрівання холодної води. Теплообмінники встановлюють або в індивідуальному тепловому пункті, через який відбувається відпуск нагрітої

води в систему окремої будівлі, або в груповому (центральному) тепловому пункті, від якого по мережі трубопроводів здійснюється відпуск нагрітої води в системи декількох будинків.

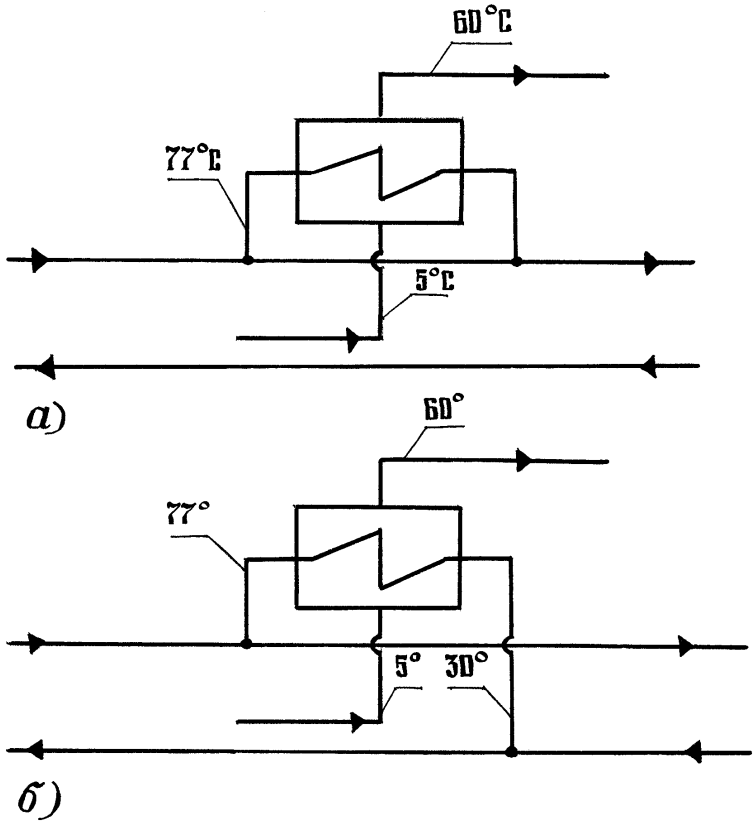


Рис. 2.1.3 - Одноступінчасті схеми приєднання водопідігрівників до закритих теплових мереж: а - паралельна; б – перед включена

Вибір схеми приєднання водопідігрівників гарячого водопостачання визначається співвідношенням величини максимальних теплових потоків на гаряче водопостачання і опалення:

$$\beta = \frac{Q_{h,max}}{Q_{o,max}}, \qquad (2.1.)$$

Одноступінчасті схеми приєднання наведені на Рис. 2.3. Паралельну схему рекомендують застосовувати, якщо витрата теплоти на гаряче водопостачання значно перевищує витрату теплоти на опалення $\beta > 1.2$.

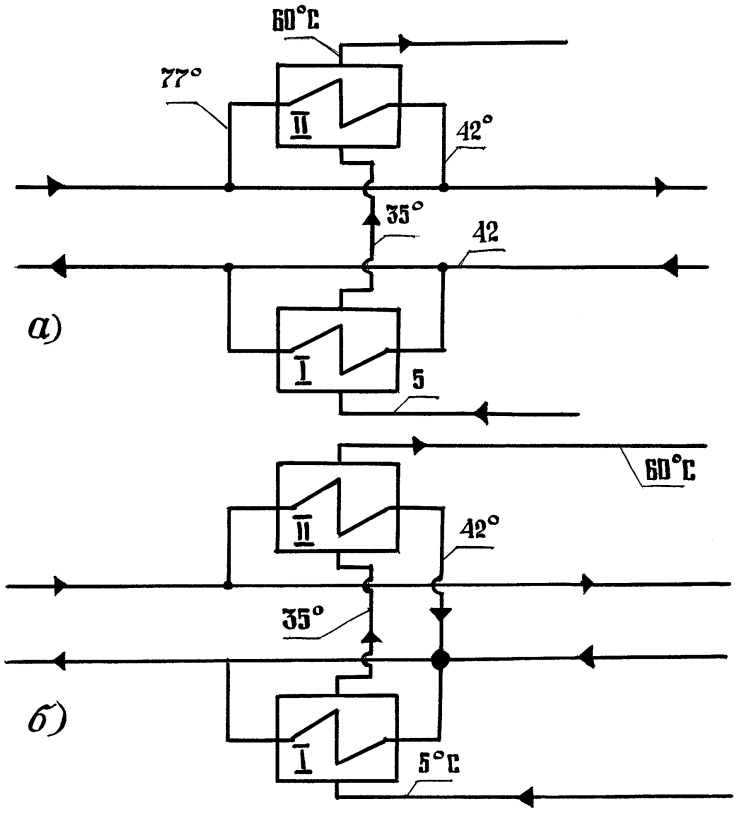


Рис. 2.4. Двоступінчасті схеми приєднання водопідігрівників до закритих теплових мереж: а- послідовна; б- змішана

У тих випадках, коли навантаження на систему гарячого водопостачання незначне у порівнянні з тепловим навантаженням системи опалення ($\beta < 0{,}1$), застосовують передвключену систему приєднання.

Двуступінчаті схеми (див. Рис.2.4.) 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. У розглянутому у роботі житловому мікрорайоні прийнята двоступінчаста схема приєднання теплообмінних апаратів гарячого водопостачання до теплових мереж.

При співвідношенні навантажень $0.3 < \beta < 0.6$ рекомендована 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 $0.6 < \beta < 1.2$ 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 мережевою 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.

У тих випадках, коли тиск водопровідної води на вході в мікрорайоні недостатній, для забезпечення надійного водопостачання в схемах теплового пункту передбачають встановлення підвищуючих насосів. Такі насоси, як правило, обслуговують одночасно системи і холодного, і гарячого водопостачання. Улаштування спільної установки скорочує кількість встановлених насосів і спрощує їх експлуатацію та управління. Підвищуюча установка складається з групи насосів, які встановлюють за паралельною або послідовною схемою. У підвищуючих установках більш економічне послідовне з'єднання насосів, тому що дозволяє, змінюючи кількість працюючих насосів, у широкому діапазоні змінювати загальний напір установки. Перевагою послідовної схеми є можливість встановлення малошумних низьконапірних насосів і введення до спільної роботи будь-якої кількості насосів з встановлених у групі.

Для автоматичного підтримання температури гарячої води на виході з водопідігрівної установки на встановленому рівні в схемах теплових пунктів (див. Рис. 2.5.) передбачене встановлення регуляторів температури. Такі регулятори бувають гідравлічними і електронними. Забезпечення необхідної температури гарячої води здійснюється зміною витрати гріючої води через теплообмінні апарати водопідігрівної установки.

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.

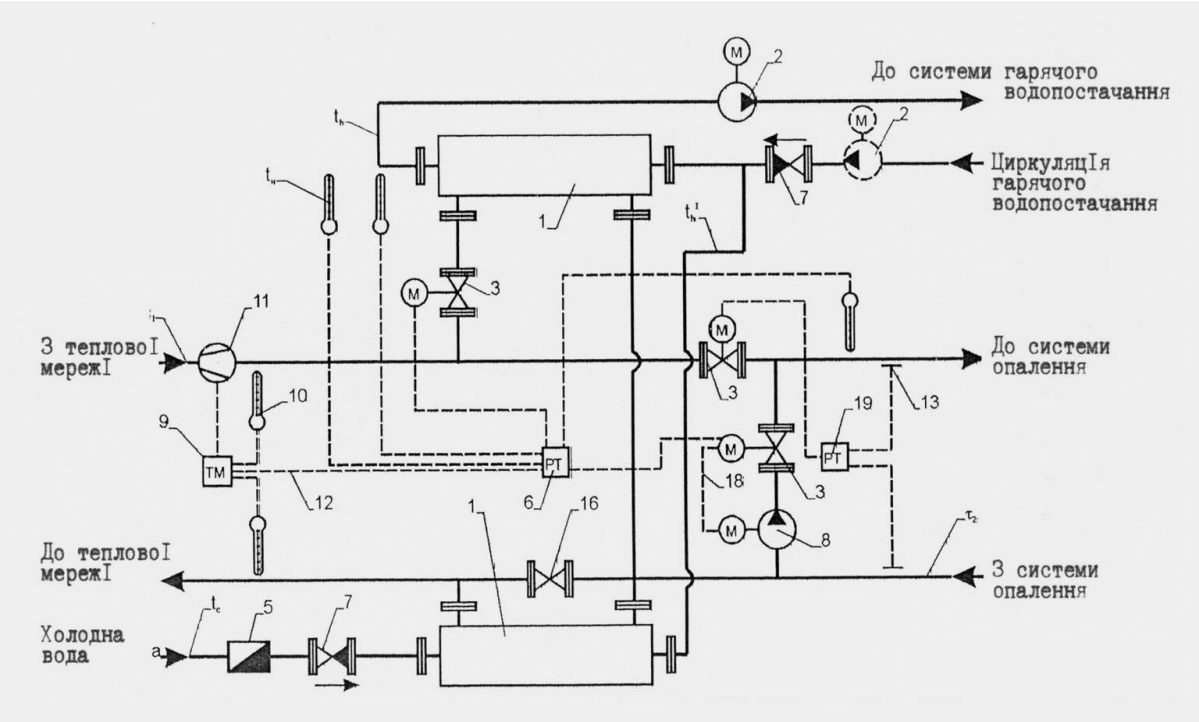


Рис. 2.5. Принципова схема центрального теплового пункту з двоступінчастим приєднанням водопідігрівників гарячого водопостачання (ГВ):
1 – підігрівник ГВ; 2 – циркуляційний насос ГВ; 3 – регулюючий клапан з електроприводом; 4 – регулятор перепаду тиску; 5 – водомір холодної води; 6 – регулятор споживання 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.

2.2 Способи прокладання теплових мереж

Важливим елементом системи теплопостачання, що здійснює зв’язок

споживача теплової енергії з її джерелом – є теплові мережі. За кількістю паралельно розташованих труб, які реалізують цей зв’язок, розділяють однотрубні, багатотрубні, двотрубні (відкриті й закриті). Найдешевші – однотрубні системи, вони доцільні тільки в тих випадках, коли середньогодинні витрати мережевої води для потреб опалення і вентиляції зходяться із середньогодинними витратами води для потреб гарячого водопостачання. При умовах забудови, що склалися, таке співвідношення витрат води частіше за все буває як виняток. Тритрубні системи застосовують у промислових конструкціях теплопостачання з незмінними витратами води для певних технологічних потреб. Чотиритрубні системи через великі витрати на металеві конструкції застосовують лише в невеликих системах з метою полегшення абонентських вводів. Такі системи призначені для транспортування теплоносіїв із різними параметрами або різними агрегатними станами. Двотрубні системи бувають відкритими і закритими. Розрізняються вони технологією підготування води для певних місцевих систем гарячого водопостачання. Для відкритих систем воду для гарячого водопостачання беруть напряму із теплових мереж. У закритих системах для гарячого водопостачання використовують воду із водопроводів, яку нагрівають у теплообмінних апаратах теплоносієм із теплових мереж.

У структурі системи теплопостачання розрізняють розподільні та магістральні теплопроводи. Для магістральних теплопроводів приміняються більш високі параметри теплоносія, аніж це робиться для систем приєднаних будівель. Необхідність зниження температури води у подавальних трубопроводах теплових мереж від магістральних до розподільних мереж призвело до необхідності спорудження спеціальних теплових пунктів.

Надійність розподільних мереж, як і багатьох інших, визначається не тільки схемою прокладання, а і способом. Існують надземні і підземні способи прокладання. Надземне прокладання здійснюється на висотних опорах або естакадах, на низьких опорах, по стінах зовні чи всередині

споруди. Підземне прокладання може бути безканальним і в каналах (див. Рис. 2.6.).

Вибір підземних мереж всередині забудови найкращим чином підходить сучасному архітектурно-планувальному рішенню всієї території мікрорайонів і дозволяє більш економічно і раціонально вирішувати питання організації підводів до будинків, використовувати технічні підвали споруд для прокладання мереж. При прокладанні і трасуванні мікрорайонних підземних мереж необхідно враховувати здатність максимального використання механізмів, наявність під'їздів та шляхів до них, а також черговість будівництва споруд. При виборі канального способу прокладання конструкція каналу огороджує теплопровід від безпосереднього впливу води та ґрунту і дозволяє практично повністю розвантажити трубопровід від тиску маси ґрунту. Прокладання в каналах забезпечує вільне температурне переміщення теплоносіїв у трубопроводах в усіх напрямках, що дозволяє повністю використовувати самокомпенсуючу здатність на кутах повороту теплотраси.

При прокладанні теплопроводів у каналах використовують прохідні, непрохідні і напівпровідні конструкції каналів. Непрохідні канали використовують для мікрорайонних мереж. Напівпровідні канали використовують для прокладання теплопроводів у районах міських проїздів з покращеним покриттям. У прохідних каналах трубопроводи прокладають на важливих і відповідальних ділянках теплових мереж, а також сумісно з іншими інженерними мережами.

Існує також безканальне прокладання теплових мереж, яке широко розповсюджене. У такому випадку шар теплової ізоляції повинен бути достатньо міцним і мати зовнішній гідроізоляційний шар. 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 поверхні

землі 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. 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.

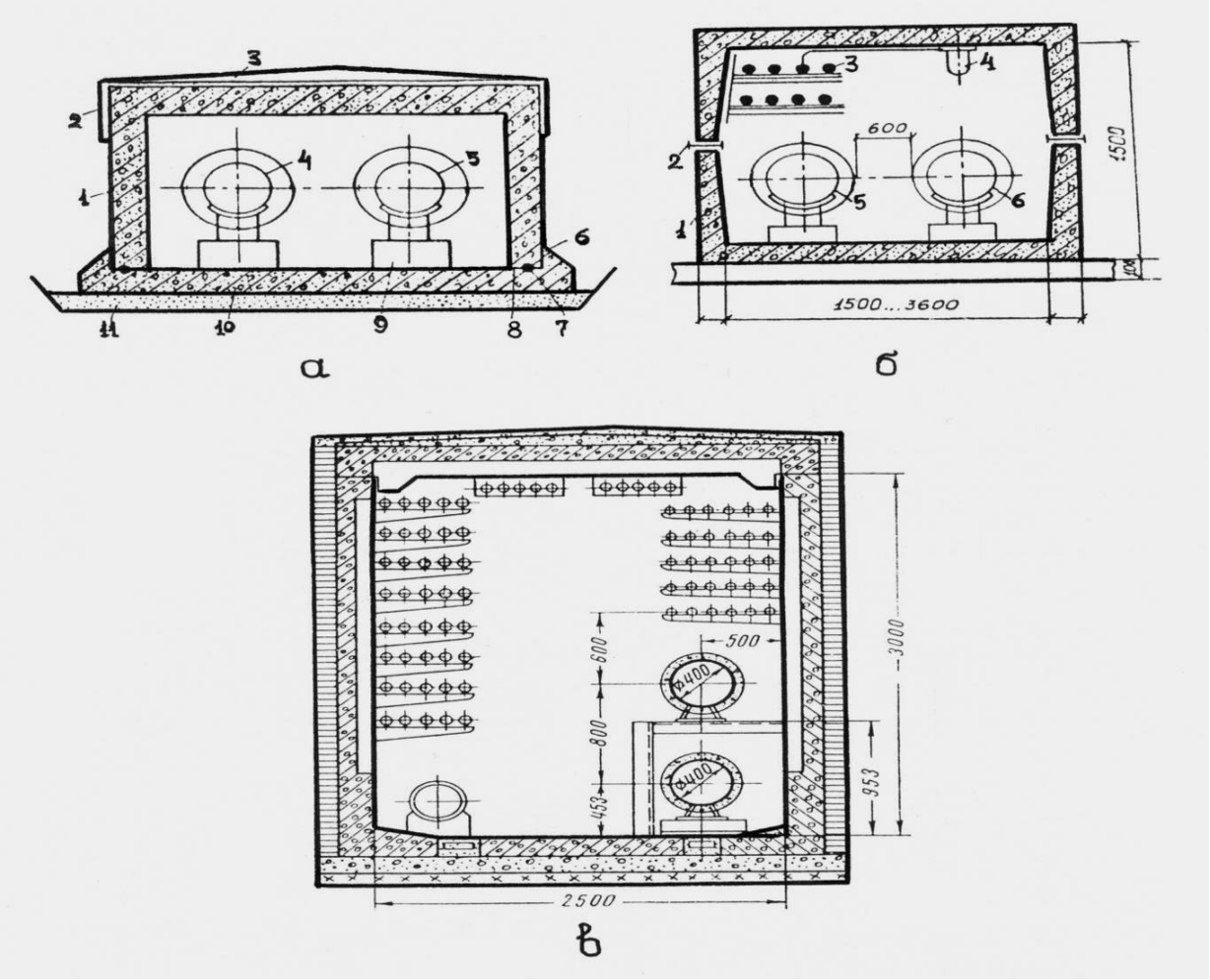


Рис. 2.6. Підземне прокладання теплопроводів: а – у непрохідних каналах: 1 – залізобетонна секція, 2 – гідроізоляція, 3 – захисна стяжка з цементного розчину; 4, 5 – подавальний і зворотний трубопроводи; 6 – бетон; 7 – пароніт; 8 – ізольна мастика; 9 – опорна подушка; 10 – плита; 11 – піщана

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.

2.3 Теплові навантаження будівель мікрорайону

Споживачами тепла від систем централізованого теплопостачання в містах зазвичай є будівлі комунального призначення – житлові і громадські будівлі, школи, лікарні, а в ряді випадків і окремі промислові підприємства, додані в міську забудову. Великі промислові райони завжди доцільно відокремлювати на самостійні системи. Зазвичай від водяних мереж тепло подається головним чином на санітарно-технічні потреби – опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Крім побутового гарячого водопостачання в ряді випадків є технологічне, наприклад для цілей промивання.

Проектування будь-яких теплових мереж повинно починатися з вивчення споживачів тепла. Сюди відносяться: визначення розрахункової витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання, виявлення графіка споживання тепла по годинах доби і порами року, а також меж допустимих відхилень від розрахункових умов. На підставі розрахункових витрат тепла визначаються діаметри трубопроводів, параметри обладнання та приладів контролю і автоматики; на підставі графіка споживання – режим регулювання, технологічні та скелетні схеми автоматизації, необхідність резервування і місцеві резервні джерела тепла. Виявлення графіка споживання тепла і меж можливих відхилень від нього особливо важливо для нетипових відповідальних споживачів, якими в містах зазвичай є лікарні, універмаги, готелі, теплиці та ін. Визначення ступеня можливих відхилень від

розрахункових умов має велике значення, наприклад, для будівель з малою тепловою стійкістю, для цехів з точним підтриманням температур повітря, теплиць тощо.

Як відомо, на відміну від мереж електричних, де електростанції працюють на загальні мережі і енергосистеми і, як правило, мають резерв потужності, теплові мережі споруджуються до цих пір від кожної ТЕЦ самостійними. ТЕЦ при розрахунковій температурі зовнішнього повітря (для опалення) резерву в теплової потужності не мають. У багатьох випадках вважається допустимою перевантаження ТЕЦ на 10-15%. Вельми часто теплова потужність ТЕЦ визначається при повній максимальній продуктивності всіх встановлених котлів на робочому паливі, в той час як фактично в дні проходження теплового максимуму ТЕЦ змушені працювати на резервному паливі, наприклад на вугіллі або мазуті замість газу.

Такі умови проектування і роботи пред'являють досить суворі вимоги до визначення капіталовкладень і прогнозування перспективних теплових навантажень в тепловому районі кожної ТЕЦ. Правильне визначення перспективних теплових навантажень і вибір терміну завантаження джерела тепла і теплової магістралі мають визначальне значення при виборі потужності ТЕЦ або районної котельні та пропускної здатності теплової магістралі.

Заниження навантажень може призвести до затримки в теплопостачанні і, отже, спорудження міських об'єктів, велике завищення - до часткового омертвіння капіталовкладень, до погіршення питомих витрат палива відносно проектних. Прикладів неточного визначення навантажень чимало. Визначення теплових навантажень при проектуванні систем централізованого теплопостачання має здійснюватися для кожного будинку і об'єкта за розробленим проектом або за укрупненими характеристикам. Такий спосіб, зрозуміло, є найбільш точним, проте, як правило, не може бути дотриманий при розробці схеми теплопостачання скількох-небудь великих міст або їх

районів. Це пояснюється багатьма обставинами. Перш за все, цей спосіб вимагає детального обстеження всієї існуючої забудови міста, на що зазвичай немає ні часу, ні достатніх сил. Якщо дані по житловому фонду міської ради та відомств зазвичай є, то відомості по будівлям громадським, особливо відомчим, є лише часткові. Існуючі будівлі нерідко піддаються реконструкції: в житлових обладнуються системи опалення та гарячого водопостачання, в громадських - системи гарячого водопостачання та припливної вентиляції. Багато міських кварталів піддаються істотній реконструкції – на місці дрібних будівель в один-три поверхи виникають багатоповерхові.

Проектні навантаження нових і реконструйованих промислових підприємств вже давно викликають до себе недовіру, так як значно відрізняються від дійсних. Це явище, що завдає великої шкоди виробничим показникам ТЕЦ, по суті не можна пояснити тільки бажанням проектних організацій визначити теплові навантаження «з запасом» і в переважній більшості випадків пояснюється тим, що запроектовані установки припливної вентиляції або не змонтовані взагалі, або не можуть працювати через дефекти в проектах і недоробок в монтажі або, нарешті, не організована їх правильна експлуатація.

За сучасними архітектурно-планувальним поглядом кожен міський район повинен бути практично замкнутим містобудівним елементом, що має свій суспільно-торговий центр і конгломерат громадських будівель в кожному зі своїх мікрорайонів. Це як ніби дає можливість визначити номенклатуру громадських і адміністративних будівель, ставлення їх площ і обсягів до житлової площі і обсягу житлових будинків і, таким чином, в кінцевому рахунку отримати теплове споживання всього комунального фонду міського району.

Розроблені норми не можуть бути єдиними для різних міст, так як будуть залежати щонайменше від наступних факторів: розрахункових кліматичних умов; співвідношення обсягів громадських і житлових будівель і

номенклатури громадських будівель; співвідношення обсягів житлових будинків старої і нової (збірного будівництва і ін.) споруди; наявності промислових об'єктів в даному мікрорайоні. У зв'язку з цим методика розробки таких укрупнених питомих норм повинна враховувати ряд обставин. Питомі норми повинні розроблятися для кожного міста по етапах його розвитку. Співвідношення обсягів житлових і громадських будівель приймається по етапах з урахуванням повного забезпечення жителів всіма видами послуг на перспективу. У великих містах повинні розроблятися окремі норми для центральних районів, де зазвичай зосереджуються найбільші громадські будівлі; це повинно враховуватися як співвідношенням обсягів, так і підвищенням питомих показників громадських будівель.

Питомі норми повинні розроблятися окремо для районів старої і нової забудови, при змішаній забудові потрібно орієнтуватися на показники нової забудови. Як відомо, у зв'язку зі збірним житловим будівництвом теплові характеристики будівель значно зросли. Загальновідомими причинами тут є: підвищене заскління, спарені палітурки вікон, мала ширина споруджуваних будинків. У цих умовах навіть розрахункові питомі теплові втрати будівель зростають на 40-50%, а фактично ще більше через продувності стиків, дверних і віконних прорізів, перезволоження матеріалу стін і даху тощо. Всі ці несприятливі фактори спостерігаються і в громадських будівлях, в них особливо великий відсоток скління. Таким чином, нормативна теплова характеристика старої забудови при інших рівних умовах буде трохи менше, ніж для мікрорайонів нового будівництва. У питомі норми на перспективу повинні входити гаряче водопостачання всіх житлових і громадських будівель, припливна вентиляція для будівель громадських. Теплове споживання промислових підприємств повинно враховуватися окремо і в норми міських районів не входити.

Таблиця 2.1

Теплові навантаження будівель і конструктивна характеристика

№ будівлі за схемою	Призначення	Кількість поверхів	Теплове навантаження, МВт	
			Опалення	Гаряча вода
I	Ж.Б.	9	0,443	0,52
II	Ж.Б.	9	0,886	1,05
III	Ж.Б.	9	0,443	0,52
IV	Ж.Б.	9	0,443	0,52
V	Ж.Б.	9	0,448	0,52
VI	Ж.Б.	9	0,586	0,77
VII	Ж.Б.	9	0,514	0,65
VIII	Ж.Б.	9	0,514	0,65
IX	Ж.Б.	9	0,579	0,76
X	Басейн	3	0,95	0,87
XI	Школа	3	1,327	0,33
XII	Ж.Б.	9	0,89	1,05
XIII	Ж.Б.	9	0,886	1,05
XIV	Ж.Б.	9	0,443	0,52

З огляду на велику значимість правильного прогнозування теплових навантажень для всіх показників схем, теплопостачання міст – потужності джерела тепла, схеми і діаметрів теплових магістралей, дислокації контрольно-розподільних пунктів – необхідні великі роботи щодо методів визначення теплових навантажень. Перш за все при цьому слід врахувати, що теплове навантаження міста, району, мережі є величина ймовірна.

2.4 Характеристика гілок мережі опалення мікрорайону

При реконструкції теплових мереж одним з основних етапів проектування є правильне визначення теплових навантажень з урахуванням знову приєднаних або від'єднаних від системи централізованого теплопостачання споживачів. При цьому визначаються навантаження в розрахунковому режимі, при якому сума витрат теплоти усіма споживачами системи досягає максимального значення. За рахунок відпуску теплоти з системи теплопостачання задовольняються наступні види теплоспоживання мікрорайону:

- сезонні теплові навантаження;
- цілорічні теплові навантаження.

Теплові навантаження споживачів не залишаються постійними. Витрати теплоти на опалення, вентиляцію та кондиціювання повітря залежать в основному від кліматичних умов: температури зовнішнього повітря, напрямку і швидкості вітру, вологості повітря та ін. Опалення та вентиляція є зимовими тепловими навантаженнями, для кондиціонування повітря в літній період потрібно штучний холод. Навантаження гарячого водопостачання залежить від ступеня благоустрою будинку і має змінний добовий графік, а річний графік в певній мірі залежить від часу 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 СНіП 2.04.07-86. Теплові мережі.

За розпланування мікрорайону, який розглядався у даній роботі він має три гілки з відгалудженнями. Серед розташованих будинків є як житлові , так і школа, і басейн. Розрахункову схему теплових мереж мікрорайону подано на Рис. 2.7.

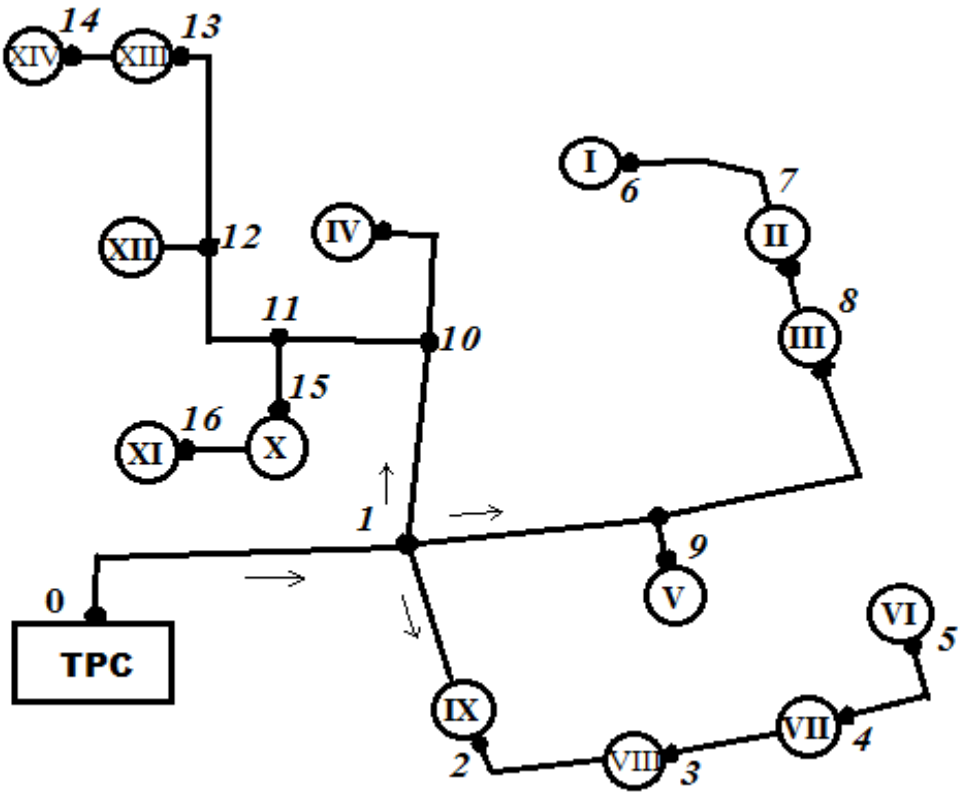


Рис.2.7. Розрахункова схема теплових мереж мікрорайону

На схемі показано розподіл мережі на розрахункові ділянки (за розрахункову ділянку обрано фрагмент мережі з незмінним діаметром). Довжини і діаметри ділянок прийнято за даними КП «Харківські теплові мережі». Теплові навантаження кожної з ділянок обчислено як суму навантажень будівель. Характеристика мережі опалення представлена в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2

Характеристика мережі опалення

№ ділянки	Теплове навантаження, Вт	Довжина, м	Діаметр, мм
Напрямок 1-5			

1-2	2193000	64	159
2-3	1614000	64	159
3-4	1100000	65	133
4-5	586000	56	108
∑	**5493000**	**249**	
Напрямок 1-6			
6-7	514000	62	114
7-8	1400000	114	159
8-9	1843000	244	159
9-1	2290000	60	159
∑	**6047000**	**480**	
Напрямок 1-14			
14-13	443000	28	89
13-12	1329000	192	159
12-11	2219000	50	159
11-10	4496000	50	219
10-1	4940000	50	219
11-15	2277000	74	159
15-16	1327000	62	159
10-17	443000	80	89
∑	**17474000**	**586**	
0-1	9423000	35	273

РОЗДІЛ 3. ОЦІНКА ПОТЕНЦІАЛУ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖЕННЯ ПРИ УТЕПЛЕННІ БУДІВЕЛЬ

3.1 Утеплення огороджувальних конструкцій будівель – основний резерв енергозбереження в житлово-комунальному секторі

На підставі даних про основні конструктивні характеристики ряду типових житлових будинків і сучасних нормативних вимог по опору теплопередачі зовнішніх огороджувальних конструкцій розрахунковим шляхом визначено можливі рівні зниження витрат теплоти системами опалення цих будівель.

Основні втрати тепла в будинках відбуваються через:

- стіни, що мають низький термічний опір;
- дах (зазвичай з м'якими плоскими покрівлями і низьким термічним опором);
- вікна та балконні двері, які в силу фізичного зносу мають нещільності, що сприяють фільтрації повітря, та й сама конструкція вікон не відповідає сучасним вимогам;
- фундаменти, в яких відсутня теплоізоляція;
- вхідні двері, що вимагають їх повсюдної заміни;
- зовнішні виступаючі конструкції - балкони, козирки і т.п., які сприяють передачі тепла в навколишнє середовище.

За існуючими оцінками втрати теплоти при виробленні й транспортуванні дорівнюють приблизно 7…15%, а втрати у споживача – 30…50%. При експлуатації типового багатоквартирного житлового будинку через стіни втрачається до 40% теплоти, через вікна – 18%, перекриття підвалу – 10%, горища – 18%, вентиляцію – 14% [2]. Величиною, що лімітує втрати теплоти огороджувальними конструкціями будівель, є нормативний опір теплопередачі, який у певний період визначається державою. Зміну нормативного опору теплопередачі для І кліматичної зони України

(кліматична зона розташування м. Харкова [3]) по роках ілюструють дані, наведені у табл.3.1. З наведених даних видно, що будівлі, збудовані до початку поточного сторіччя, не відповідають сучасним вимогам.

Таблиця 3.1

Нормативний опір теплопередачі для огороджувальних конструкцій житлових будівель.

Назва огороджувальної конструкції	Нормативні значення опору теплопередачі R, м² ºС/Вт; (I кліматична зона)				
	Норматив СРСР (1971)	Норматив СРСР (1976)	Норматив України (1996)	Норматив України (2006)	Норматив України (2013)
Зовнішні стіни	0,91	1,1	2,2	2,8	3,3
Покрівля*	1,23	1,3	2,5	3,3	4,95
Підлога**	1,23	1,3	2,3	2,8	3,75
Вікна	0,16	0,18	0,5	0,6	0,75

* горищні покриття та покриття неопалювальних горищ

** покриття над проїздами та неопалювальними підвалами

Світовий досвід свідчить про можливість підвищення теплозахисту будинків шляхом утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій з використанням сучасних теплоефективних матеріалів і прогресивних технологій. З цією метою в Україні в 1996 році були введені нові підвищені нормативи опору теплопередачі огороджувальних конструкцій, як для нового будівництва, так і для реконструкції будівель. Найбільший резерв в зниженні тепловтрат в будівлях пов'язаний, перш за все, з підвищенням термічного опору зовнішніх стін будівель. Відповідно до нових нормативів, опір теплопередачі зовнішніх стін будівель знаходиться в межах 1,7-2,2 м2- ° С /

Вт, що в 1,5-2 рази вище термічного опору зовнішніх стін існуючих будівель. Принципових технічних рішень може бути два: або збільшувати відповідно товщину стін в 1,5-2,0 рази з традиційно застосовуваних матеріалів (цегла, легкобетонні панелі) або утеплювати будинок з застосуванням сучасних матеріалів утеплювачів систем, не збільшуючи, а в деяких випадках - зменшуючи товщину стін. Друге рішення, як показує практика, є більш економічно вигідним.

Утеплення будівель за допомогою утеплювальних систем мають переваги в двох аспектах:

- економічний аспект - зниження енерговитрат на опалення приміщень приблизно на 30%;
- соціальний аспект - підвищення теплового комфорту приміщень.

При збільшенні термічного опору стін після утеплення поліпшується комфорт усередині приміщень, що обігріваються без підвищення температури повітря, так як при цьому підвищується радіаційна температура (під радіаційною температурою розуміють середньозважену температуру всіх поверхонь приміщення). І, навпаки, в будівлях з низьким рівнем теплоізоляції зовнішніх стін і вікон радіаційна температура знижена. Тому, для збереження теплової комфортності доводиться надмірно підвищувати температуру повітря в приміщенні, що призводить до підвищеного споживання теплової енергії. При підвищенні радіаційної температури приміщення на один градус, в результаті утеплення зовнішніх стін, можна досягти того ж рівня теплового комфорту, що при збільшенні температури повітря в приміщеннях приблизно на два градуси.

Важливе значення має правильний вибір способу теплоізоляції стін - всередині приміщень або зовні будівель. Для досягнення максимального ефекту при утепленні будинків необхідно провести оцінку можливої ізоляції стін і інших елементів будівель (даху, підвалу, вікон і дверей і т. д.)

Спосіб теплоізоляції стін всередині приміщень переважно використовується для старих будинків, де фасад повинен бути збережений у первісному вигляді або для будинків, які використовуються постійно. Перевагами такого способу є відносно низькі витрати, так як на виробництво робіт всередині приміщення не потрібні будівельні ліси. До недоліків слід віднести низьку теплову інерцію стін.

При способі внутрішньої теплоізоляції тепловтрати зовнішньої частини стіни в 6 разів вище, ніж при зовнішньому способі ізоляції. Крім того, погіршуються умови експлуатації несучих стін, в яких можуть виникнути тріщини і деформації. В конструкціях стін буде утворюватися "точка роси", що може призвести до значних пошкоджень, пов'язаних з конденсацією вологи. Необхідно також переносити радіатори і труби, замінювати електропроводку. Перелік недоліків при проведенні робіт зсередини приміщень показує, що цей спосіб не слід використовувати, якщо є інші можливості, і, перш за все, можливість зовнішньої теплоізоляції стін.

Для забезпечення сучасних теплотехнічних вимог стосовно до огороджувальних конструкцій здебільшого функціонуючих будівель термічний опір конструктивних елементів має бути збільшено в порівнянні з діючими на момент їх спорудження нормами від 1,5 до 3 разів залежно від виду огорожі. При існуючих технологіях будівництва будівель , виготовлення огороджувальних конструкцій та інженерних систем втрати теплоти через зовнішні стіни можна знизити в 2,5 рази , скління - 1,5 рази , інші - в 2 рази , дозволить зменшити споживання теплоти будівельним сектором економіки більш , ніж на 20 %. І хоча за оцінками період окупності витрат на утеплення житлових будинків при ціні $ 80 за тону умовного палива досить великий (близько 11,7 років) , улаштування додаткової теплоізоляції на існуючих будівельних конструкціях залишається основним заходом зниження енерговитрат для знаходяться в експлуатації будинків. Зі зростанням цін на

первинні енергоносії, в першу чергу на газ, термін окупності вже найближчим часом може скоротитися до 3-5 років.

Метою досліджень данного розділу є аналіз впливу теплотехнічних характеристик зовнішніх огороджувальних конструкцій типових житлових будівель на рівень теплоспоживання.

У житлових будинках витрата теплоти на нагрів інфільтраційного повітря здійснюється, як правило, за допомогою опалювальних приладів. Витрата теплоти на систему опалення будівель записують у вигляді суми тепловтрат через огороджувальні конструкції і витрати теплоти на нагрів інфільтраційного повітря (Q_B).

$$Q_B = \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{R_i} F_i \Delta t_i + Q_B, \qquad (3.1)$$

де R, F - опір теплопередачі і площа певного зовнішнього огородження, відповідно;

Δt - різниця температур внутрішнього і зовнішнього повітря для приміщення, обмеженого що розглядаються огорожею; і - номер огорожі.

Записуючи рівняння для значень теплових витрат до (Q_{01}) і після проведення заходів з енергозбереження (Q_{02}) отримуємо вираз для величини зниження опалювального навантаження

$$\frac{Q_{01} - Q_{02}}{Q_{01}} = \frac{(Q_{B1} - Q_{B2}) + (\sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_i^{"}} \Delta t_i^{"}) - (\sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_i^{"}} \Delta t_i^{"})}{Q_{B1} + (\sum_{i=1}^{n} \frac{F_i}{R_i^{"}} \Delta t_i^{"})}, \qquad (3.2)$$

де R'i, R" і - опір теплопередачі розглянутого огорожі до і після утеплення, відповідно; t ', t" - різниці температур повітря для розглянутих випадків.

Оскільки в структурі тепловтрат будівель тепловий потік через зовнішні стіни має максимальну величину, рівняння зручно записати у вигляді:

$$\frac{Q_{01}-Q_{02}}{Q_{01}}=\frac{\frac{(Q_{B1}-Q_{B2})}{F_1}+(\sum_{i=1}^{n}\frac{F_i}{R_i^{"}}\Delta t_i^{"})-(\sum_{i=1}^{n}\frac{F_i}{R_i^{"}}\Delta t_i^{"})}{\frac{Q_{B1}}{F_1}+(\sum_{i=1}^{n}\frac{F_i}{R_i^{"}}\Delta t_i^{"})}, \quad (3.3)$$

Величину $f_i=\frac{F_i}{F_1}$ (F1 - площа зовнішніх стін будівлі) можна розглядати як безрозмірну конструктивну характеристику будівлі. Часто для оцінки якісного рівня об'ємно-планувальних рішень використовують величину відносно загальної площі поверхні зовнішніх огороджувальних конструкцій до опалювального об'єму будівлі.

При розрахунках за формулою до уваги прийняті теплові потоки через зовнішні стіни, скління, горищні перекриття і перекриття над технічним підпіллям. Значення температури внутрішнього повітря для початкового варіанту прийняті по, для розрахунку тепловтрат після утеплення. Температура повітря в технічному підпіллі обчислюється по формулі:

$$t_{\text{п}}=\frac{17{,}5F_{\text{пер}}+(\sum\frac{F_{\text{п.пі}}}{R_{\text{пі}}}+1{,}08\frac{F_{\text{н.п.}}}{R_H}+0.278cG)t_{\text{НБ}}+\text{К}_{\text{т}}(1-\eta)(F_{\text{п}}t_{\text{п}}+F_0t_0+F_{\text{г.в}}t_{\text{г.в}}+F_{\text{тр}}t_{\text{тр}})}{(\sum\frac{F_{\text{п.пі}}}{R_{\text{пі}}}+1{,}08\frac{F_{\text{н.п.}}}{R_H}+0.278cG)t_{\text{НБ}}+\text{К}_{\text{т}}(1-\eta)(F_{\text{п}}t_{\text{п}}+F_0t_0+F_{\text{г.в}}t_{\text{г.в}}+F_{\text{тр}}t_{\text{тр}})}, \quad (3.4)$$

де 17,5 - допустиме значення питомого теплового потоку через перекриття над підпіллям , Вт / м ²; $F_{пер}$ - площа перекриття над підпіллям , м ²; $F_{n.ni}$ - площа і -й умовної зони статі техподполья з включенням площі стін , заглиблених в землю , м ²; $R_{n.ni}$ - опір теплопередачі і -й умовної зони статі підпілля ; 1,08 - коефіцієнт , що враховує надбавку на орієнтацію по сторонах світу ; $F_{н.п.}$ - площа зовнішньої стіни техподполья , що знаходиться вище рівня землі , м ²; $R_н$ - опір теплопередачі зовнішньої стіни техпідпілля ; G - масова витрата зовнішнього повітря , відповідний розрахунковому повітрообміну в техпідпіллі , кг / год ; с - питома теплоємність повітря , кДж / КГК ; $К_m$ - коефіцієнт теплопередачі нейтралізованих труб; η - коефіцієнт ефективності теплоізоляції трубопроводів відповідно в подавальних і зворотних лініях; t_n, t_0, $t_{г.в.}$, $t_{тр}$ - температура води відповідно в подавальних і зворотних лініях

опалення , гарячого водопостачання та транзитних лініях; $t_{НБ}$ - розрахункова температура зовнішнього повітря для системи опалення.

При обчисленнях прийнято, що транзитні трубопроводи в техпідвалів відсутні ($F_{тр}$ =0). Температура повітря на горищі становить величину 5 ºС. У розрахунках прийнято $K_т$ =14,6 Вт/ м²К; η – 0,6; $R_{п.1}$ - 2,15 м²К/Вт; $R_{п.2}$=4,3; $R_{п.3}$=8,6; $R_{п.4}$=14,2.

При визначенні температури повітря в технічному підпіллі утепленого будинку величина питомої потоку через підвальне перекриття скоригована з урахуванням збільшення його термічного опору.

Значного зниження теплопостачання будівель можна домогтися вдосконаленням систем вентиляції, оскільки витрата теплоти на підігрів вентиляційного повітря в сучасній квартирі близькі з втратами теплоти через зовнішні огородження. За даними потенціал теплопостачання при використанні природно-механічної вентиляції коливається в межах 10-15% (з утилізацією теплоти близько 20-25%) від загальних витрат теплоти на нагрівання повітря.

3.2 Технологія утеплення фасадів

Утеплення фасадів (зовнішня теплоізоляція будівель) - найважливіший елемент в істотній економії коштів на опалення житлового та нежитлового фонду, - це енергетична незалежність і економічна безпека України від країн, що володіють необмеженими природними енергоресурсами, - це довговічність архітектурних конструкція будівель, - це естетична краса наших населених пунктів.

Утеплення фасадів здатне допомогти в заощадженні коштів, так як воно заощаджує до 60% тепла. У холодну пору року утеплення запобігає охолодженню стін до температури точки роси і випадання конденсату на внутрішніх поверхнях. Зовнішня теплоізоляція дозволяє в повній мірі

реалізувати здатність стін підтримувати необхідний клімат всередині приміщення.

Згідно з дослідженнями, при експлуатації традиційного багатоповерхового житлового будинку:

- через стіни втрачається до 40% тепла;
- через вікна – 18%;
- підвал – 10%;
- дах – 18%;
- вентиляцію – 14%.

За розрахунками фахівців, витрати на проведення теплової модернізації будівель окупаються за 5-10 років.

Переваги зовнішнього утеплення стін:

- стіни захищені від температурних коливань;
- захищає стіну від змінного замерзання і відтікання і інших атмосферних впливів, завдяки чому виключається промерзання стін;
- стіна захищена від атмосферних опадів;
- вирівнює температурні коливання основного масиву стіни;
- зрушує точку роси в зовнішній теплоізоляційний шар;
- створює сприятливий режим роботи стіни за умовами її паро проникності;
- формує більш сприятливий мікроклімат приміщення;
- дозволяє в ряді випадків покращити оформлення фасадів реконструюються або ремонтуються будівлі;
- не зменшує площу приміщення.

Також перевагою зовнішньої теплоізоляції є зростання теплоакумулюючої здатності масивної частини стіни, що сприяє економії теплових ресурсів.

Системи утеплення фасадів можна розділити в залежності від технології утеплення на наступні типи:

- вентильовані фасади;
- легкі штукатурні системи утеплення;
- важкі штукатурні системи утеплення;
- фасадні системи з колодязною кладкою і тришарові системи.

Вентильована система утеплення фасадів – це система, що дозволяє в жарку пору року видалити з фасаду зайву вологу, завдяки руху повітря всередині фасадної системи утеплення, а в холодну пору року – утримати всередині приміщення тепло, завдяки повітряному прошарку між стінами фасаду і фасадними панелями. Зазначена система утеплення фасадів досить популярна серед корпоративних замовників – власників офісів, будинків: крім того, що вона дозволяє ефективно утеплити фасад , вентильована система надає будівлі гарний зовнішній вигляд. Вентильована система утеплення фасаду схожа на колодцеву кладку з повітряним зазором. Різниця лише в тому, що замість зовнішньої стіни використовуються різноманітні облицювальні матеріали (плити, листові фасадні та інші матеріали), а тепло ізолюючий матеріал кріпиться до стіни за допомогою несучого каркаса і анкерної системи кріплення.

Легкі штукатурні системи утеплення фасадів – плита утеплювача закріплюється на стіні за допомогою клею і дюбелів, а потім покривається тонким штукатурним шаром. У той же час, незважаючи на простоту, реальна економія на утепленні досить відчутна, завдяки тому, що до тепло ізолюючого матеріалу в таких фасадних системах пред’являються найвищі вимоги.

Крім того, монтаж плит і утеплення фасадів при утепленні подібною системою зможуть пронести тільки фахівці високої кваліфікації. Оскільки штукатурку потрібно наносити міцним і рівномірним шаром по всій поверхні фасаду.

Система важкого штукатурного утеплення фасадів на відміну від легкої штукатурної системи утеплення фасадів включає в себе більш серйозні кріплення утеплювача, а також істотно більший шар утеплення для утеплення стін. Так, наприклад, плита утеплювача в важких штукатурних системах утеплення традиційно кріпиться за допомогою арматурної сітки, анкерів (грибків). А товщина шарів після утеплення фасаду будинку або будинку може досягти 50 мм.

Важкі штукатурні системи утеплення фасадів застосовують у тому випадку, якщо конструкція і несучі стіни будинку дозволяють здійснити подібне утеплення, адже після утеплення фасадів таким способом на стіни будівлі збільшується навантаження.

У важкій фасадній системі металева несуча сітка захищає фінішний шар від лінійних теплових деформацій. Вимоги до утеплювача важкої системи утеплення фасадів пред'являються не менш високі, ніж до утеплення легкої системи утеплення фасадів.

З одного боку, такі системи дорожче, адже використовується більше використовуючого матеріалу. З іншого боку, при використанні важких систем утеплення відпадає необхідність в залученні робітників високої кваліфікації – немає необхідності вирівнювати фасадну поверхню, а, отже, виконавці можуть бути менш кваліфіковані.

Ще одна система утеплення фасадів – так звана тришарова. У так званих тришарових системах утеплення фасадів сам утеплювач розташовується всередині огороджувальних конструкцій. До першого шару відносять внутрішню несучу стіну: її товщина визначається лише вимогами міцності. Другий шар зазначеної системи утеплення фасадів – це утеплювач, товщина якого залежить від теплофізичних вимог. Третій шар – лицьова. Як правило, він захищає теплоізоляцію від зовнішніх впливів.

Утеплення балкона і лоджії зсередини підвищує теплоізоляцію будинку або квартири. Провівши цю операцію, ми можемо істотно знизити енерговитрати на обігрів вашого житла і зробити його більш комфортним.

Перш за все потрібно здійснити скління балкона. Найкраще для вирішення цього завдання використовувати якісні склопакети. Адже від якості поставлених склопакетів буде залежати наскільки добре буде утеплений балкон.

Далі, необхідно оцінити проблеми, з якими неминуче доведеться зіткнутися, і врахувати їх. Утеплення балкона зсередини включає в себе обшивку стін, стелі та підлоги спеціальними матеріалами. При цьому потрібно розуміти, що площа приміщення стане трохи менше. Також слід враховувати ймовірність виникнення конденсату. Конструкція утеплювача балкона складається з:

- зовнішнього огородження;
- матеріал для утеплення;
- внутрішнє приміщення.

Формування конденсату відбувається наступним чином. Повітря виходячи назовні, проходить через матеріал, що утеплює. В процесі чого, волога, яка міститься в ньому, залишається на поверхні огорожі зовні, утворюючи конденсат. В результаті утеплювач промокає і перестає виконувати свої функції.

Теплі пари також переходять в рідкий стан, коли стикаються з огорожею, температура якого низька. Пил, що осів на вологу створює безліч проблем таких, як виникнення цвілі або процес гниття деяких елементів балкону, зроблених з органічного матеріалу. Тому перш ніж починати роботу потрібно точно дізнатися як правильно утеплюють балкон. Для того щоб уникнути формування конденсату зовні огорожі необхідно здійснити монтаж спеціальної конструкції - гідробар'єру. Його установка містить такі операції:

- монтаж плит утеплювача;
- установку пароізоляції;
- оздоблювальні роботи.

Гідробар'єр дозволяє в подальшому використовувати для утеплення всередині приміщення матеріали, які не переносять вологу. У цьому полягає його основна перевага. Для ізоляції необхідно використовувати поліетилен або фольгу.

Рівняння для значень теплових витрат до (Q_{01}) і після проведення заходів з енергозбереження (Q_{02}) отримуємо вираз для величини зниження опалювального навантаження:

$$\frac{Q_{01}Q_{02}}{Q_{01}} = \frac{\frac{1}{R_{ст.н}}\Delta t_{ст.н}+\frac{f_{ок}}{R_{ок.н}}\Delta t_{ок.н}+\frac{f_{пер}}{R_{пер.н}}\Delta t_{пер.н}+\frac{f_{пот}}{R_{пот.н}}\Delta t_{пот.н}-(\frac{1}{R_{ст}}\Delta t_{ст}+\frac{f_{ок}}{R_{ок}}\Delta t_{ок}+\frac{f_{пер}}{R_{пер}}\Delta t_{пер}+\frac{f_{пот}}{R_{пот}}\Delta t_{пот})}{Q_{в}+\frac{1}{R_{ст}}\Delta t_{ст}+\frac{f_{ок}}{R_{ок}}\Delta t_{ок}+\frac{f_{пер}}{R_{пер}}\Delta t_{пер}+\frac{f_{пот}}{R_{пот}}\Delta t_{пот}};$$

(3.5)

$$Q_{\text{в}} = 0{,}337 \cdot V \cdot (t_{\text{вн}} - t_{\text{нар}}); \quad (3.6)$$

Таблиця 3.2

Зменшення витрат теплоти для опалення будівель

Тип будинку	**1976 рік**	**1996 рік**	**2006 рік**	**2013 рік**
5 поверхів				
5 пов. 4 секції	-7,6%	-28,3%	-33%	-35,8%
5 пов. 6 секцій	-7,4%	-27,9%	-32,6%	-35,4%
5 пов. 8 секцій	-7,08%	-29,5%	-34,2%	-36,7%
5 пов. 10 секцій	-7,5%	-29%	-33,7%	-36,5%
5 пов. 18 секцій	-7,36%	-28,3%	-32,9%	-35,6%
9 поверхів				

9 пов. 1 секції	-9,18%	-33,6%	-38,8%	-41,7%
9 пов. 2 секції	-6,13%	-32,5%	-37,5%	-40,3%
9 пов. 3 секції	-5,83%	-32,3%	-37,2%	-39,9%
9 пов. 4 секції	-8,6%	-30%	-34,9%	-36,6%
9 пов. 6 секцій	-5,6%	-32,1%	-36,7%	-39,4%
9 пов. 7 секцій	-8%	-30,2%	-35%	-37,8%
9 пов. 14 секцій	-7,86%	-30,1%	-34,9%	-37,6%
12 поверхів				
12 пов. 3 секції	-8,2%	-30,8%	-35,7%	-38,5%
12 пов. 4 секції	-8,1%	-30,7%	-34,4%	-38,3%
12 пов. 7 секцій	-7,98%	-30,5%	-35,2%	-38%
16 поверхів				
16 пов. 1 секція	-7,58%	-27,9%	-32,4%	-33%
16 пов. 2 секції	-7,56%	-27%	-32,3%	-34,8%
16 пов. 3 секції	-7,56%	-27%	-32,3%	-34,8%

РОЗДІЛ 4. ГІДРАВЛІЧНИЙ 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:

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

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:

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

де ρ - густина рідини.

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

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

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

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

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

$Re_{пр} = 568d/K_e$.

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.

Формулу (4.2) можна записати дещо інакше, вводячи питомі втрати тиску через тертя на довжині трубопроводу 1 м:

$$\Delta P_T = Rl; \qquad (4.2,а)$$

$$R = \frac{\lambda_T}{d} \times \frac{\rho W^2}{2}, \qquad (4.5)$$

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

$$R = 0{,}8125\,\frac{\lambda_T G^2}{d^5 \rho}, \qquad (4.6)$$

$$G = \rho W \pi d^2/4, \qquad (4.7)$$

За формулами (4.3) - (4.5) побудовані номограми для гідравлічного розрахунку теплових мереж. На рис. 4.1 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.

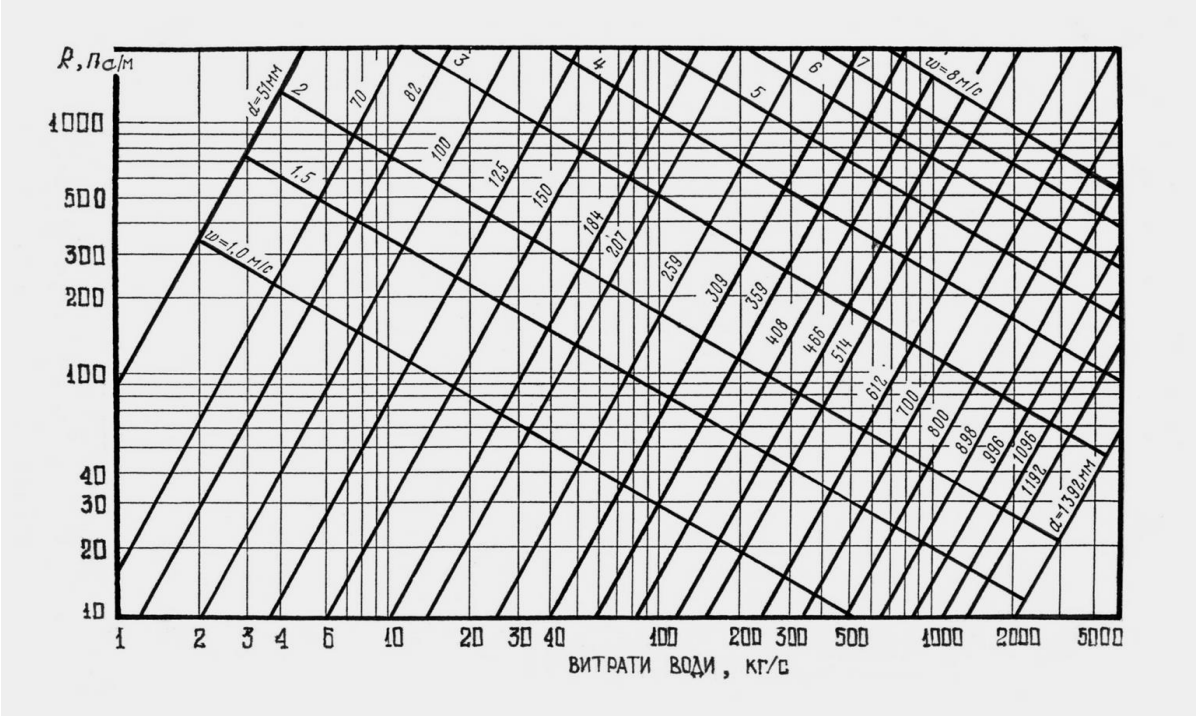


Рис. 4.1. Номограма для розрахунку водяних теплопроводів ($K_e = 0{,}5$ мм)

Втрати тиску в місцевих опорах можна визначити або за формулою (4.8), використовуючи значення коефіцієнтів місцевих опорів, або за формулою (4.9), використовуючи величину еквівалентної довжини (l_e) для відповідних місцевих опорів.

$$\Delta P_M = \Sigma \xi_м \frac{\rho W}{2}, \qquad (4.8)$$

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

$$\Delta P_м = Rl_e. \quad (4.9)$$

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

$$l_e = \alpha l, \quad (4.10)$$

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

$$\alpha = 0{,}019\sqrt{G}, \quad (4.11)$$

Таблиця 4.1

Коефіцієнт α для визначення сумарної еквівалентної довжини місцевих опорів

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

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

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

$$N = \frac{GHg}{1000\eta_н}, \text{ кВт}; \quad (4.12)$$

$$N_e = N \times T, \text{ кВт} \times \text{год}, \quad (4.13)$$

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.

Гідравлічний розрахунок трубопроводів опалювальної мережі проведено з використанням номограми. Результати обчислень для вихідного (проектного) варіанта системи теплопостачання мікрорайону наведені у таблиці 4.2.

Таблиця 4.2

Результати гідравлічного розрахунку трубопроводу опалювальної мережі.

№ ділянки	Теплове навантаження, Вт	Довжина, м	Діаметр, мм	Втрати води, кг/с	Втрати тиску	
					Питомі, Па/м	На ділянці, Па
Напрямок 1-5						
1-2	2193000	64	159	20,95	120	9216
2-3	1614000	64	159	15,42	70	5376
3-4	1100000	65	133	10,5	150	11700
4-5	586000	56	108	5,6	73	4906
Напрямок 1-6						
6-7	514000	62	114	3,5	20	1488
7-8	1400000	114	159	13,37	45	6156
8-9	184300	244	159	17,61	80	23424
9-1	2290000	60	159	21,87	125	9000
Напрямок 1-14						
14-13	443000	28	89	4,23	100	3360
13-12	1329000	192	159	12,7	35	8064
12-11	2219000	50	159	21,2	110	6600
11-10	4496000	50	219	42,95	90	5400
10-1	4940000	50	219	47,2	93	5580
11-15	2277000	74	159	21,75	120	10656
15-16	1327000	62	159	12,68	35	2604
10-17	443000	80	89	4,23	100	9600
1-0	9423000	35	273	90	115	4830

Таблиця 4.3

Результати розрахунків трубопроводу, коли крайні будинки кожної гілки утеплені з коефіцієнтом μ=0,6.

№ ділянки	Теплове навантаження, Вт	Довжина, м	Діаметр, мм	Втрати води, кг/с	Втрати тиску	
					Питомі, Па/м	На ділянці, Па
Напрямок 1-5						
1-2	2193000	64	159	21,04	122	9369
2-3	1614000	64	159	15,57	58	3713
3-4	1100000	65	133	10,68	80	6240
4-5	586000	56	108	3,46	28	1882
Напрямок 1-6						
6-7	514000	62	114	1,3	14	1041
7-8	1400000	114	159	14,1	40	5472
8-9	184300	244	159	18,42	70	20496
9-1	2290000	60	159	22,35	110	7920
Напрямок 1-14						
14-13	443000	28	89	1,55	14	470
13-12	1329000	192	159	13,03	37	8525
12-11	2219000	50	159	21,35	100	6000
11-10	4496000	50	219	43,19	68	4080
10-1	4940000	50	219	43,39	69	4140
11-15	2277000	74	159	21,84	105	9324
15-16	1327000	62	159	12,78	40	2976
10-17	443000	80	89	4,31	103	9888
1-0	9423000	35	273	86,78	111	4662

РОЗДІЛ 5. ТЕПЛОВИЙ РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ

5.1 Методика обчислення охолодження води у трубопроводах теплових мереж

Теплові втрати на ділянці трубопроводу обчислюємо за формулою

$$Q_д = q_д * l_д * k_1, \quad (5.1)$$

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 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

$$q_д = q_{норм}(t_{вх} - t_{окр})/\Delta t_н, \quad (5.2)$$

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. Значення нормативних втрат теплоти при прокладці у непрохідних каналах подано у табл.5.1.

Таблиця 5.1

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].

Зовнішній діаметр труб, мм	Питомий тепловий потік Вт/м				
	З поверхні зворотної труби при $t_{ср}=50^0$С	З поверхні подавальної труби	Сумарний при сумісній прокладці	З поверхні подавальної труби	Сумарний при сумісній прокладці
		При температурі подавальної труби, ^{0}С $t_{max}=95$, $t_{min}=40$, $t_{ср}=65^0$С		При температурі подавальної труби, ^{0}С $t_{max}=150$, $t_{min}=70$, $t_{ср}=90^0$С	
32	23	29	51	37	60
57	29	36	65	46	75
76	34	41	75	52	86
89	36	44	80	57	93
108	40	49	89	63	103
159	49	60	109	76	124
219	59	72	131	92	151
273	70	84	154	104	174
325	79	94	173	116	195
377	88	-	-	124	212
426	95	-	-	141	236
478	106	-	-	153	260
529	117	-	-	165	282
630	133	-	-	188	321
720	145	-	-	211	356
820	164	-	-	233	397

Температуру мережевої води на виході з розрахункової ділянки обчислено за формулою

$$t_{вих}=t_{вх}-\frac{Q_д}{C*G_д}, \quad (5.3)$$

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

$$\mu = \frac{Q_{он}}{Q_o}, \tag{5.4}$$

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

Приєднання місцевих водяних систем опалення до теплових мереж здійснюють за залежними (див. Рис 5.1) і незалежною (див. Рис. 5.2) 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.

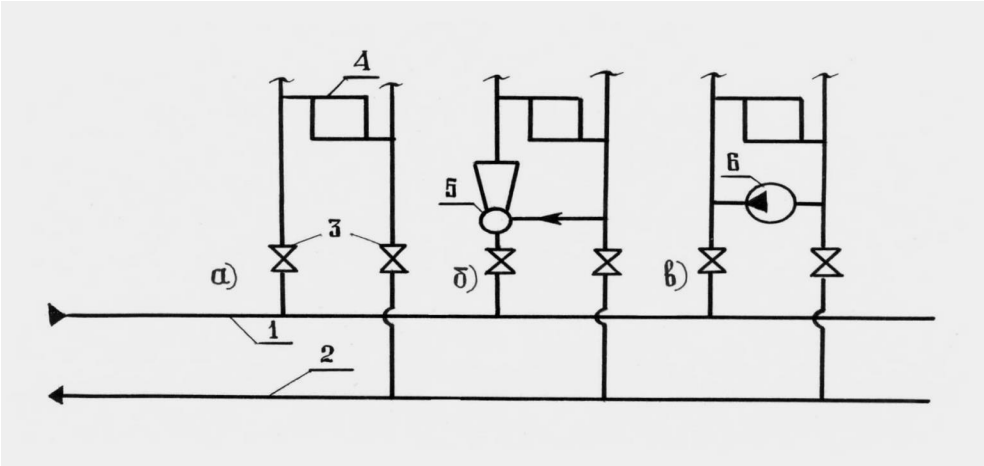


Рис.5.1. Залежне приєднання систем опалення до теплових мереж: а – без зниження температури на вводі; б – зі зниженням температури сітьової води за допомогою водоструминного елеватора; в – зі зниженням температури за допомогою підмішуючого насоса; 1, 2 – подавальний й зворотний трубопроводи теплової 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 (див. Рис. 5.1,а), 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 (див. Рис. 5.1,б), або за допомогою насосів (див. Рис. 5.1,в).

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.

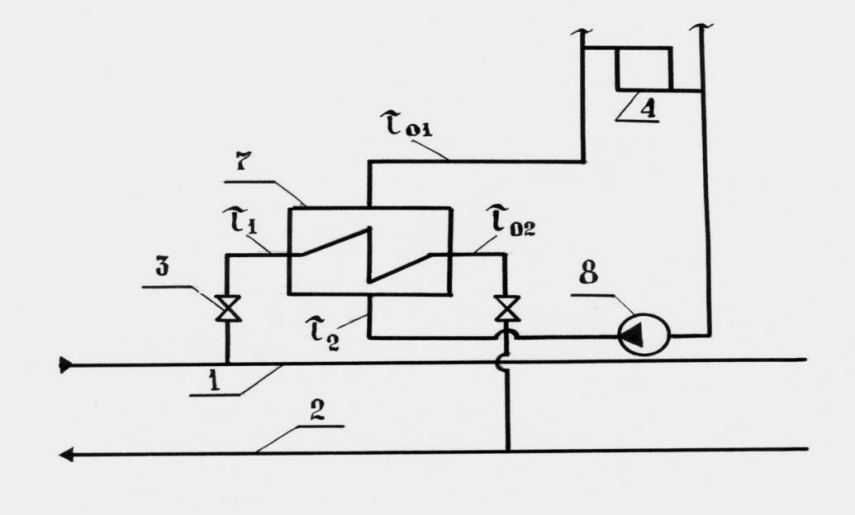


Рис. 5.2. Незалежне приєднання систем опалення до теплових мереж:
4 – опалювальний прилад; 8 – циркуляційний насос опалення;
інші позначення див. Рис. 5.1.

Тепловий режим системи опалення неутепленої будівлі характеризується рівняннями

$$Q_o = Q_{o.p.} * \overline{Q_o} = Q_{o.p.} \frac{t_{вн} - t_з}{t_{вн} - t_{р.о.}} = K_o * \Delta t_{пр} * F_o \,, \qquad (5.5)$$

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)

$$Q_{он} = \mu Q_{о.р.} * \overline{Q_o} = \mu Q_{о.р.} \frac{t_{вн} - t_з}{t_{вн} - t_{р.о.}} = K_{он} * \Delta t_{пр.н} * F_o \ , \qquad (5.6)$$

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

$$\tau_{2н} = (\tau_2 + \overline{Q_o}\frac{\theta_p}{2} - t_{вн})\mu^{0,8} - \mu\overline{Q_o}\frac{\theta_p}{2} + t_{вн}, \qquad (5.7)$$

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 (5.7) 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:

$$\tau_{4н} = \tau_{2н} + 10℃ \qquad (5.8)$$

Рівняння теплового балансу для теплообмінника має вигляд

$$G_{сн}*C(\tau_{1н} - \tau_{4н}) = G_{сон}*C(\tau_{3н} - \tau_{2н}), \quad (5.9)$$

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.

$$\beta = \frac{G_{сн}}{G_c} = \frac{\mu\overline{Q_o}[\tau_1^p - (\tau_2^p + 10)]}{\tau_{1н} - (\tau_{2н} + 10)}, \quad (5.10)$$

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 (5.3) 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

$$t''_{вих} = \frac{t_{вих}*G_д + \sum_{i=1}^{n}(t_{від}*G_{від})}{G_д + \sum_{i=1}^{n} G_{від}}, \quad (5.11)$$

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

5.2 Аналіз результатів

На графіках показано і порівняно залежності зміни температури у подавальних і зворотніх трубопроводах в залежності від довжини гілки. Представлено отримані графіки для різних варіантів утеплення:

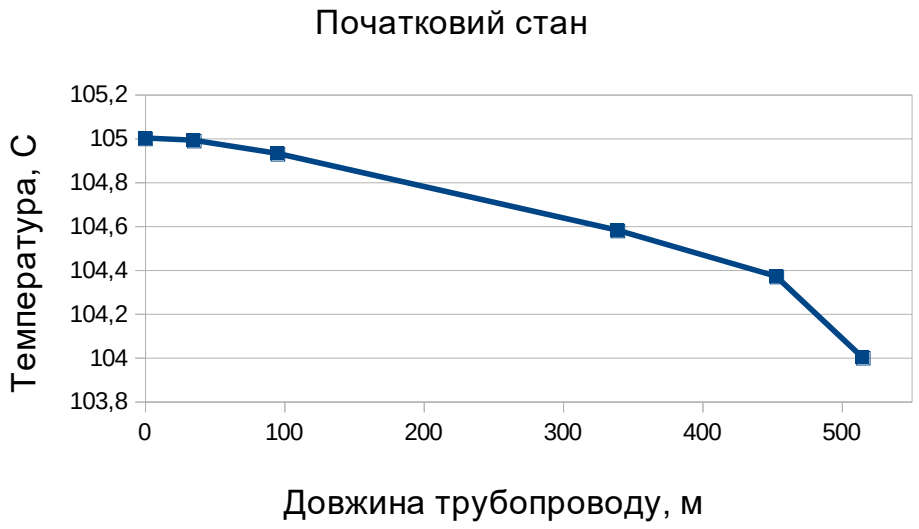


Рис. 5.3.Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-6 на початковому етапові.

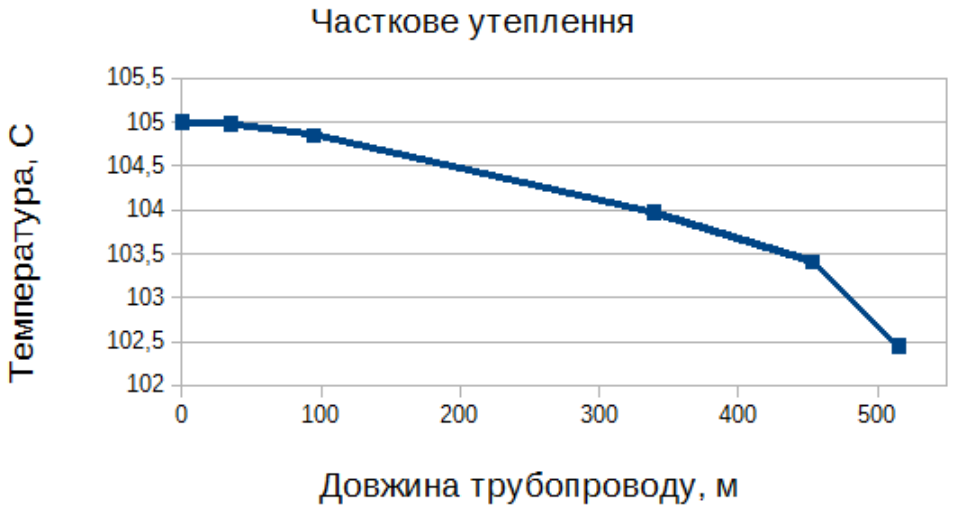


Рис. 5.4. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-6 при її частковому утепленні (утеплені три крайні будинки на гілці).

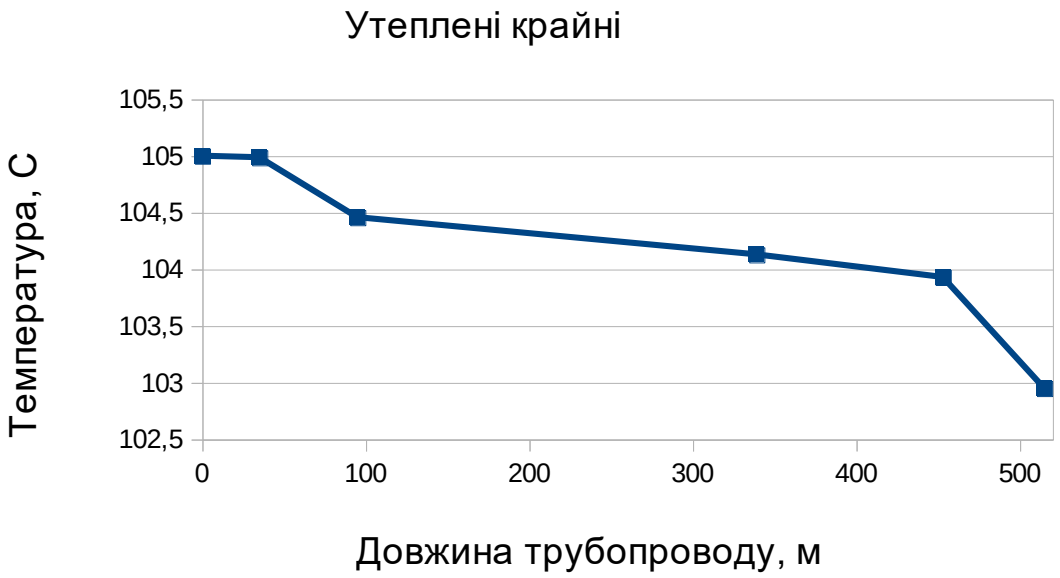


Рис. 5.5. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на ділянці 1-6 при утепленні крайніх будинків на кожній гілці мікрорайону.

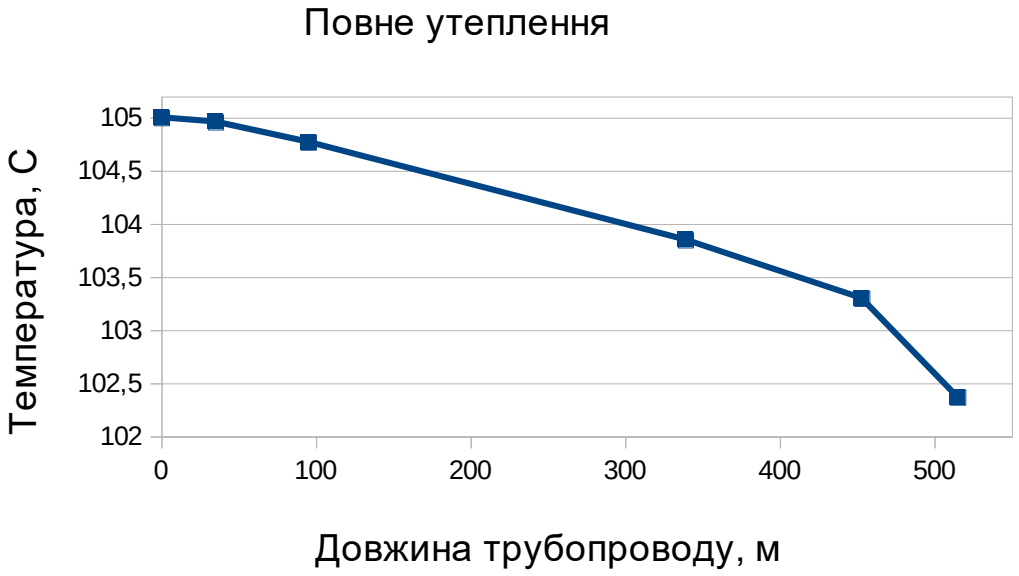


Рис.5.6. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-6 при повному утепленні будівель мікрорайону.

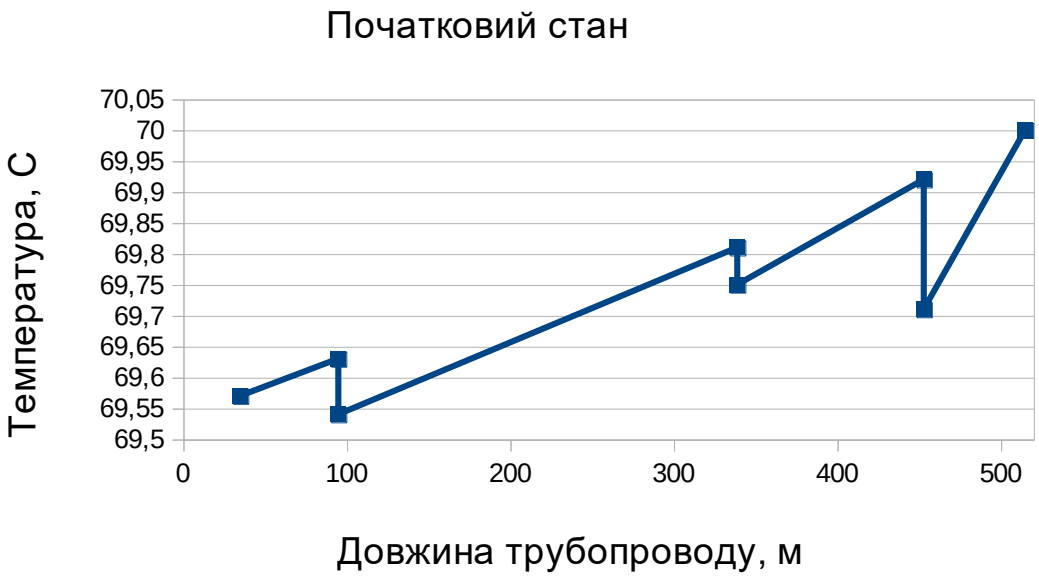


Рис. 5.7. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-6 на початковому етапові.



Рис. 5.8. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-6 при частковому утепленні (утеплені три крайні будівлі на гілці).

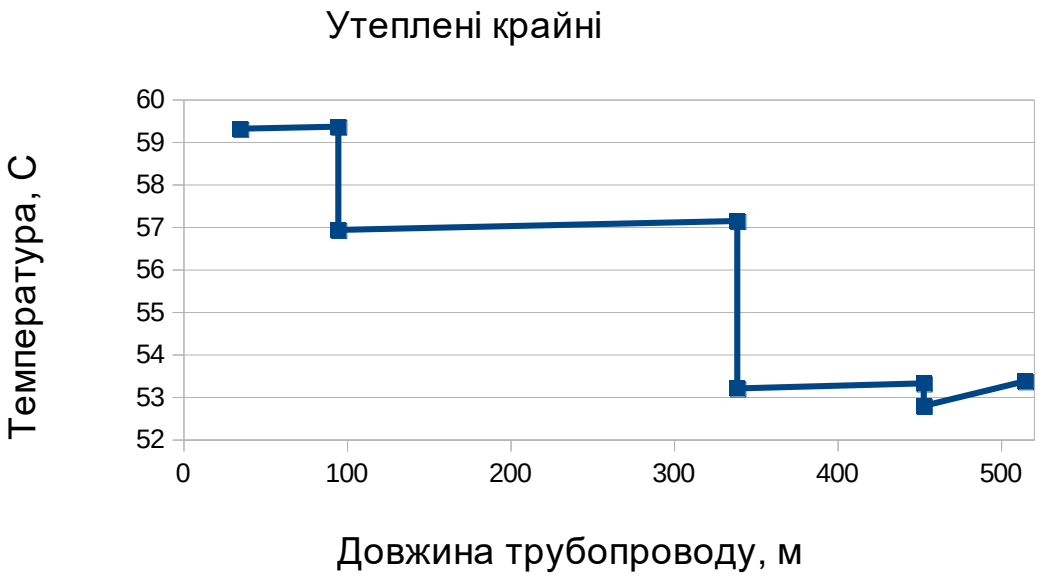


Рис. 5.9. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-6 при утепленні крайніх будівель на кожній гілці.

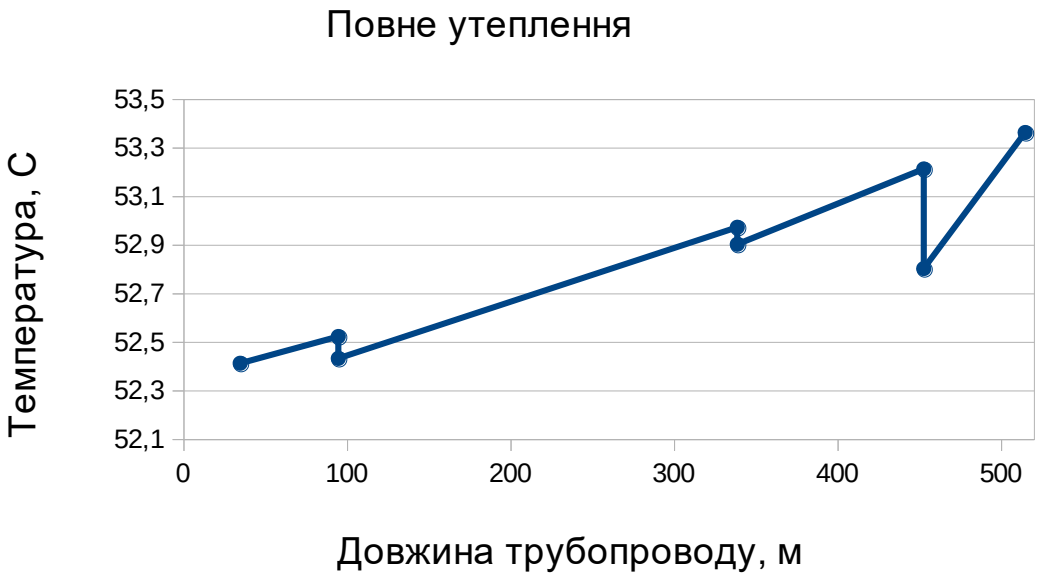


Рис. 5.10. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-6 при повному утепленні мікрорайону.

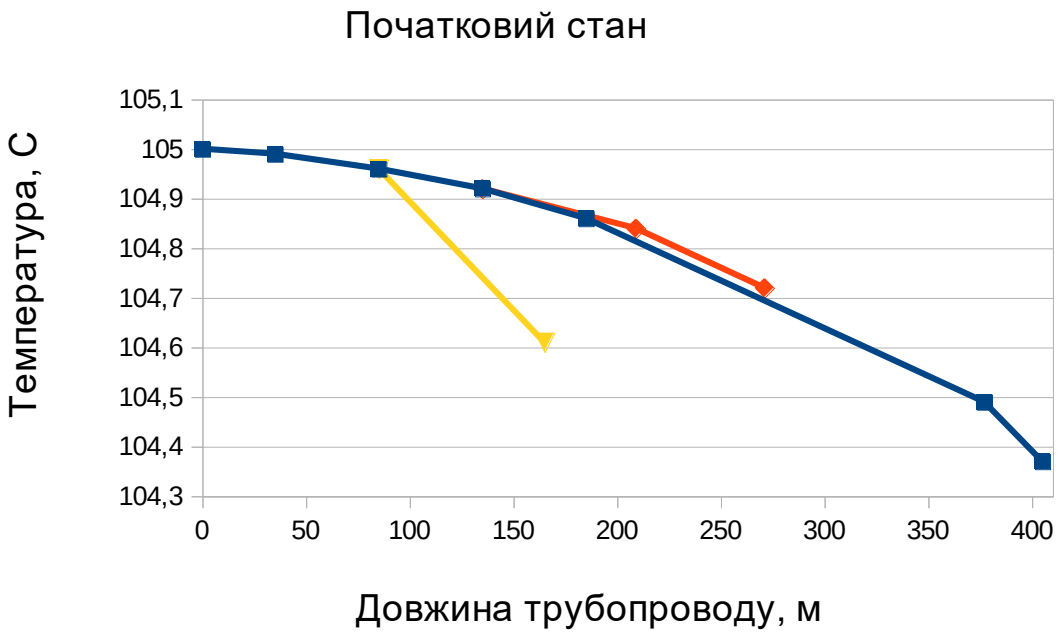


Рис. 5.11. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-14 на початковому етапові

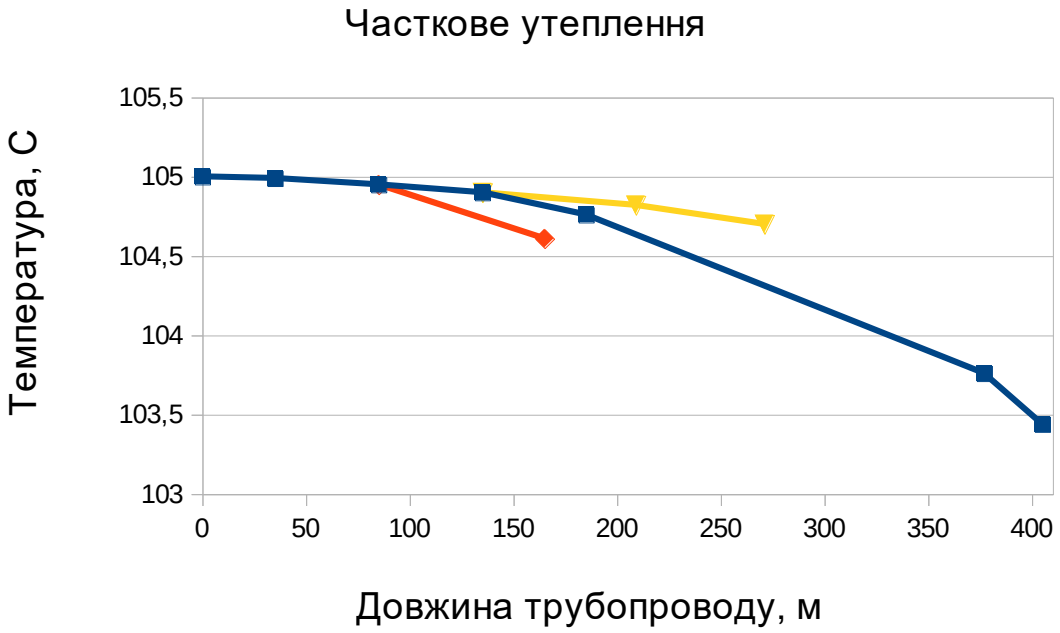


Рис. 5.12. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-14 при утепленні трьох крайніх будинків на гілці.

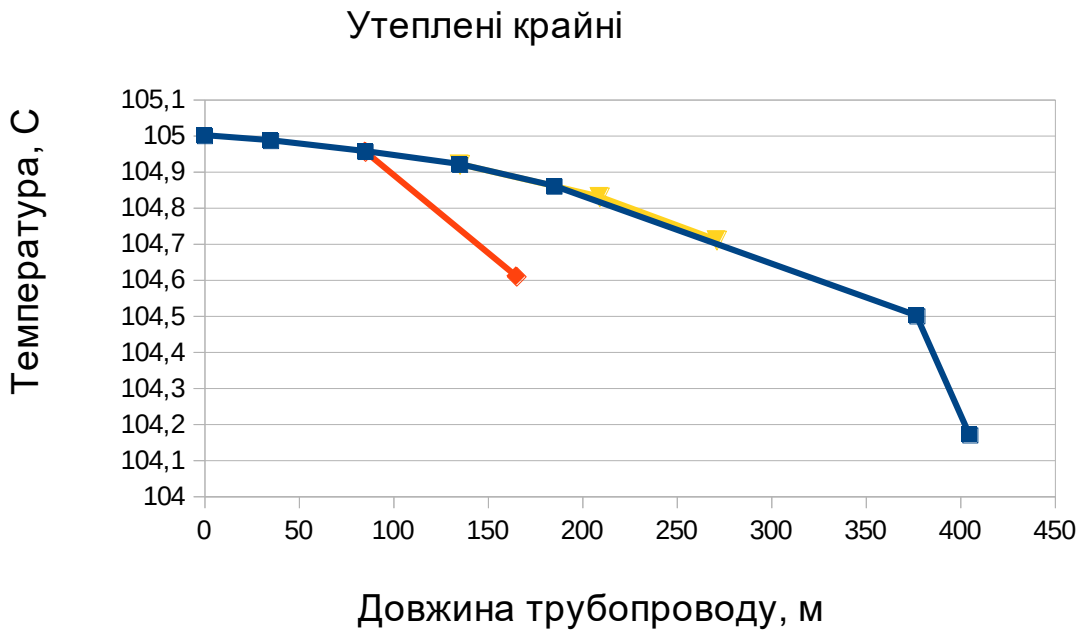


Рис. 5.13. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-14 при утепленні крайніх будівель на кожній з гілок.

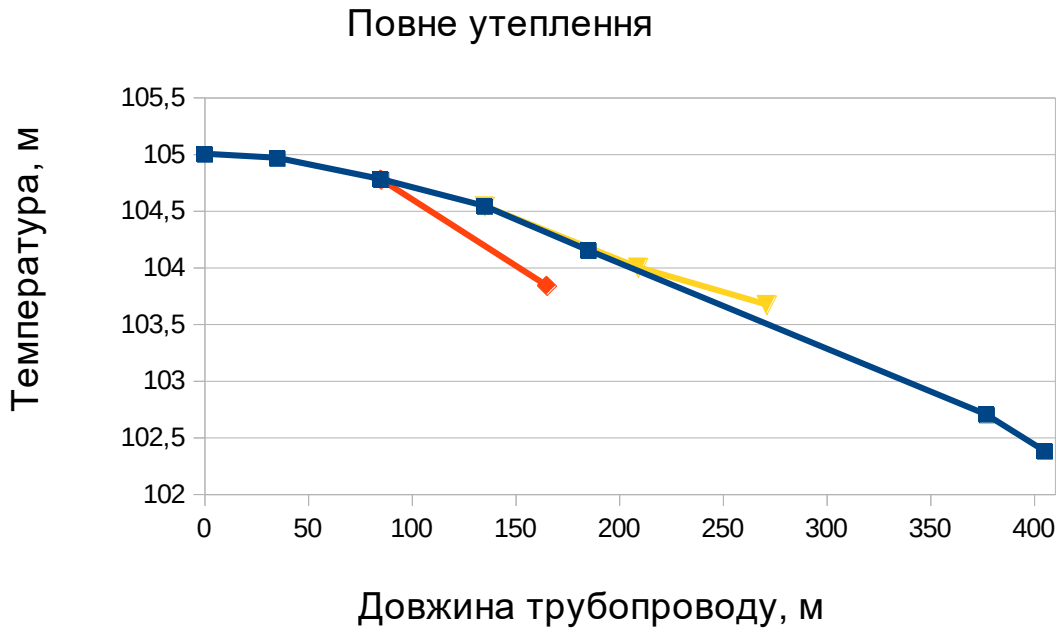


Рис. 5.14. Залежність зміни температури по довжині ділянки у подавальному трубопроводі на гілці 1-14 при повному утепленні будівель мікрорайону.

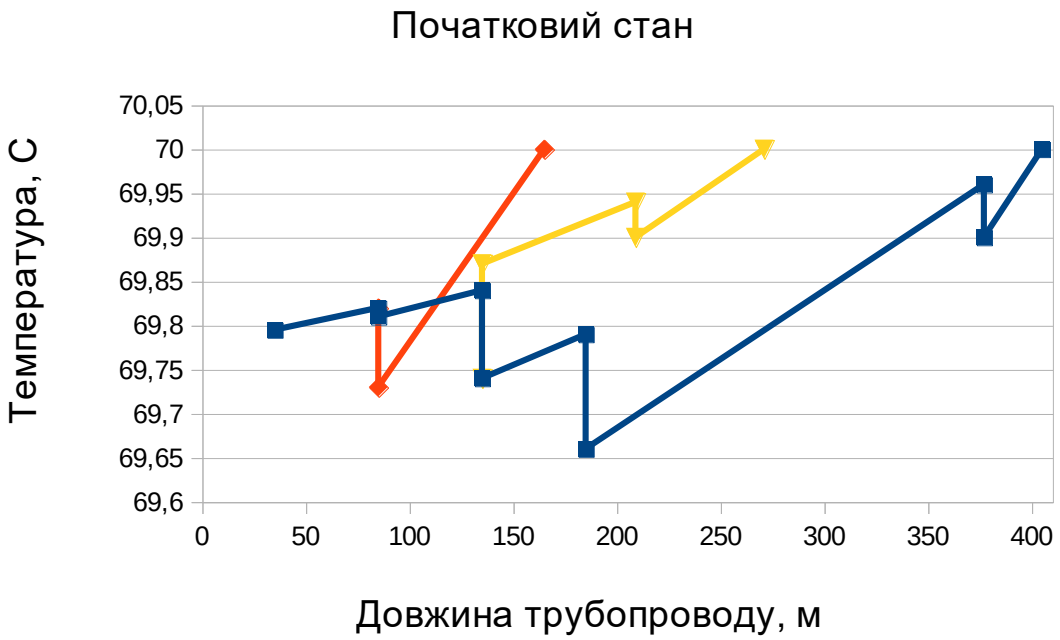


Рис. 5.15. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-14 на початковому етапові

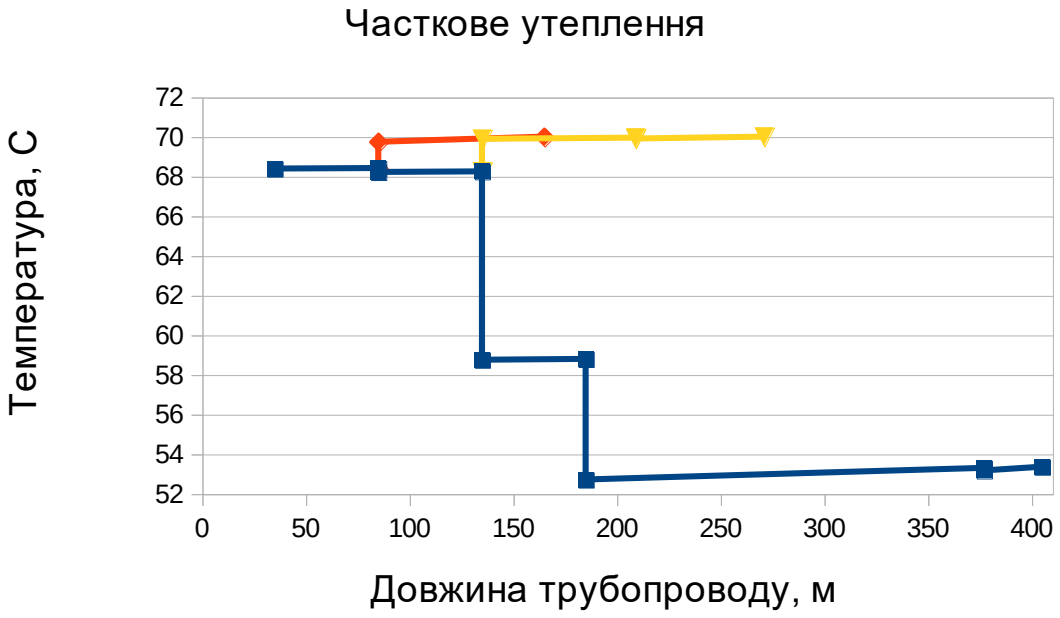


Рис. 5.16. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-14 при утепленні трьох крайніх будівель.

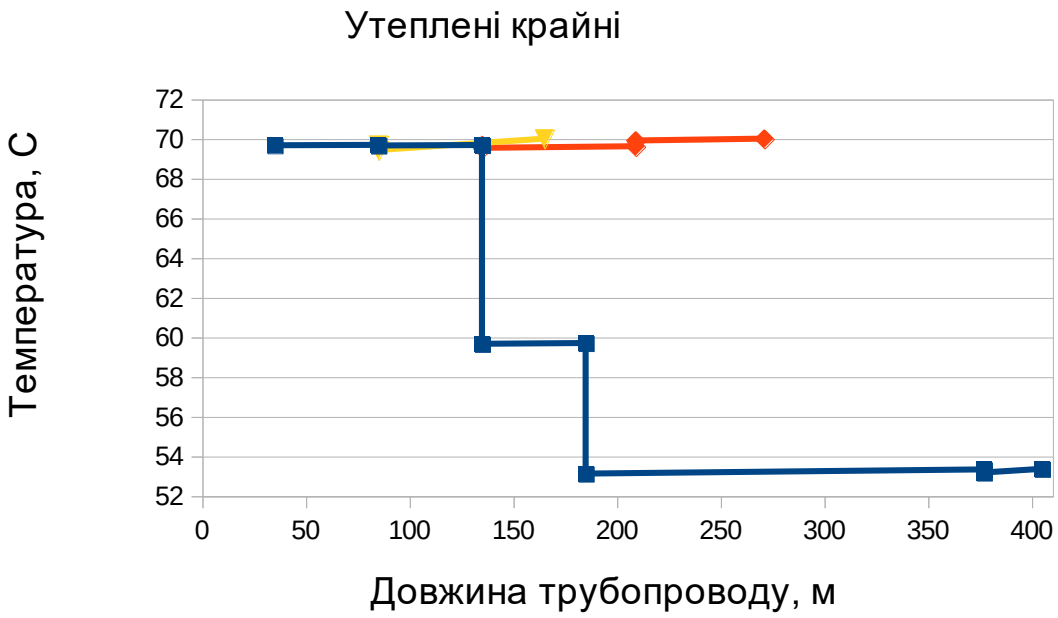


Рис. 5.17. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-14 при утепленні крайніх будівель на кожній з гілок.

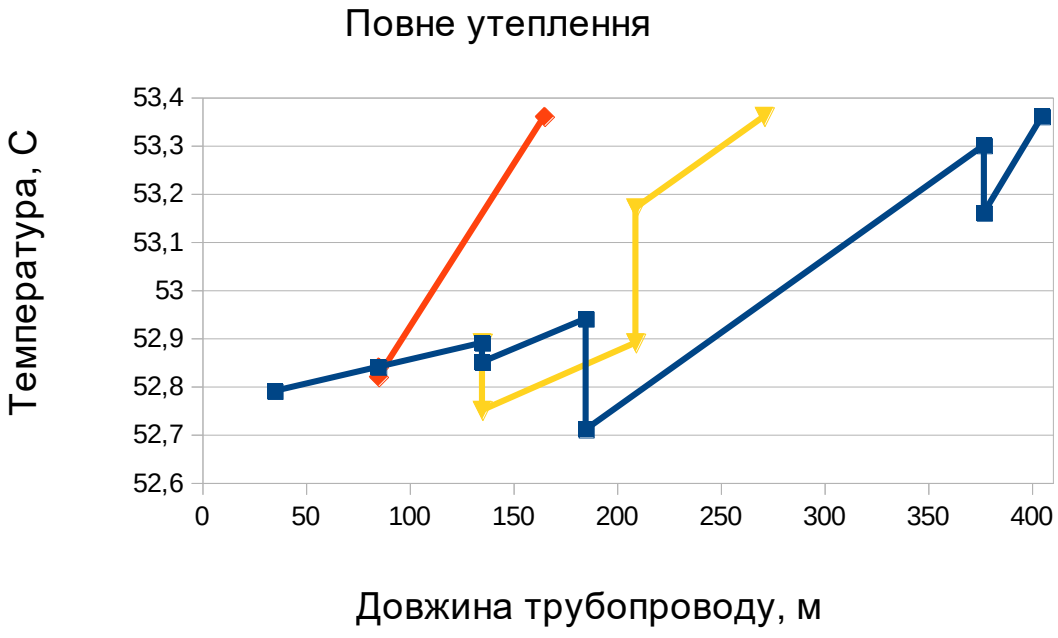


Рис. 5.18. Залежність зміни температури по довжині ділянки у зворотному трубопроводі на гілці 1-14 при повному утепленні будівель мікрорайону.

По діаграмі бачимо різницю у теплових втратах утеплених і не

утеплених гілок мікрорайону.

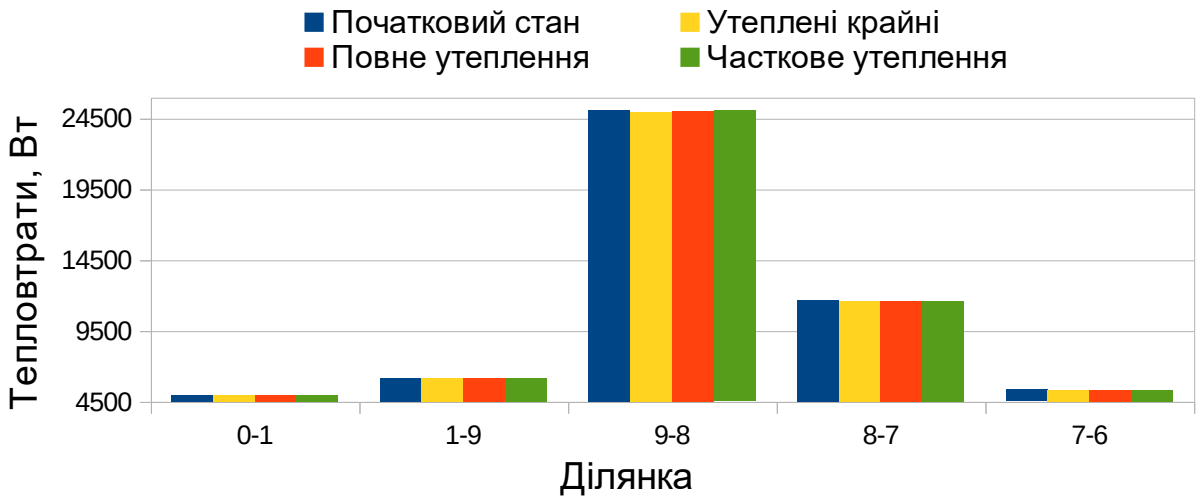


Рис. 5.19. Теплові втрати подавального трубопроводу на ділянках гілки 1-6.

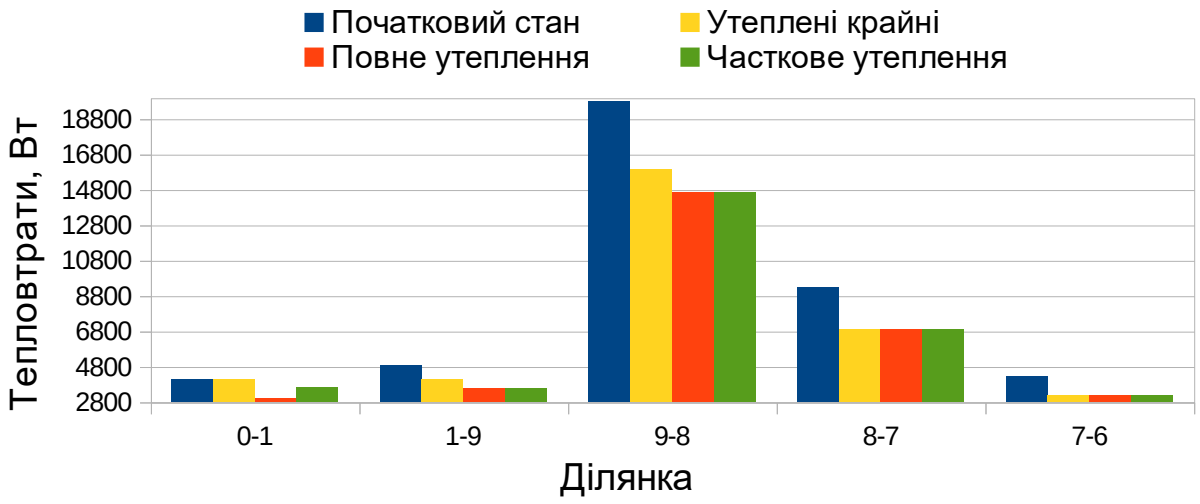


Рис. 5.20. Теплові втрати зворотного трубопроводу на ділянках гілки 1-6.

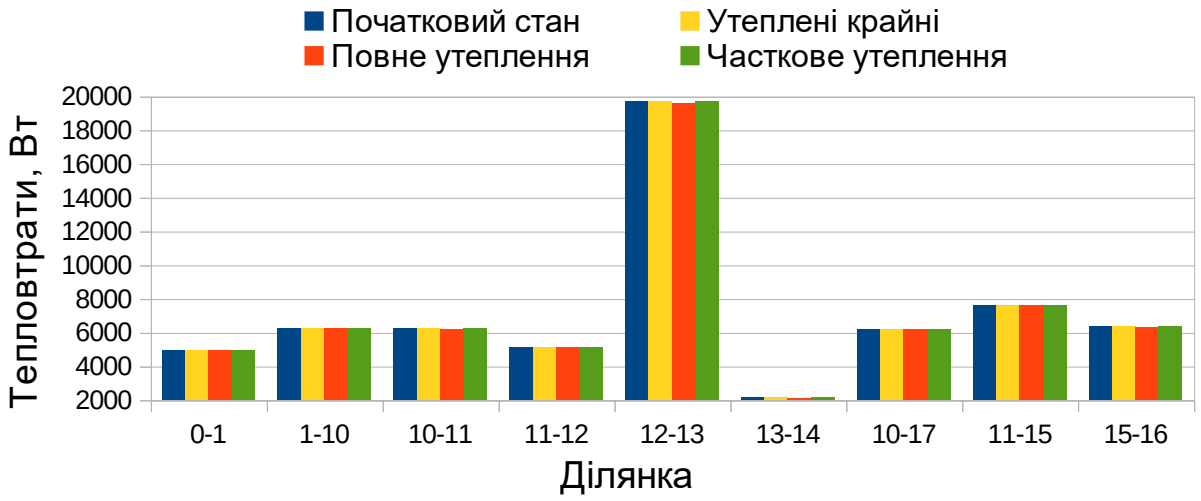


Рис. 5.21. Теплові втрати подавального трубопроводу на ділянках гілки 1-14.

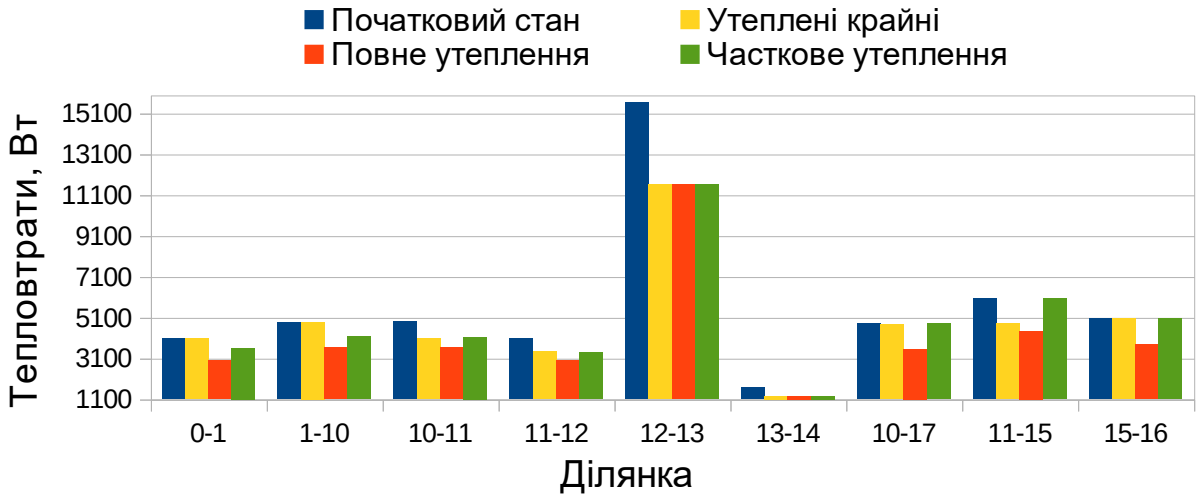


Рис. 5.22. Теплові втрати зворотного трубопроводу на ділянках гілки 1-14.

У Таблиці 5.2 показано чисельне порівняння між порахованими у роботі тепловтратами при різних варіантах утеплення з початковим станом.

Таблиця 5.2

Порівняння тепловтрат трубопроводів при різних варіантах утеплення х початковим.

Тепловтрати			
	Подавальний трубопровід	Зворотній трубопровід	Загальні

Назва варіанта	Вт	Зміна у порівнянні з вихідним варіантом, %	Вт	Зміна у порівнянні з вихідним варіантом, %	Вт	Зміна у порівнянні з вихідним варіантом, %
Початковий	137222	0	108437	0	245659	0
Частково утеплена гілка 1-6	137076,5	0,106	98544,6	9,12	235621,1	4,086
Частково утеплена гілка 1-14	137180,5	0,03	101868	6,058	239048,5	2,7
Утеплені крайні будинки на кожній гілці	136697	0,38	94360	12,98	231057	5,94
Повністю утеплений мікрорайон	136345	0,64	80091	26,14	216436	11,9

Економічна частина порахована наступним чином:

- Вартість утеплення 9-поверхової 4-секційної будівлі з параметрами: висота – 30м, довжина – 80м, ширина – 12м.
- Площа поверхні стін будівлі: $F_{ст}=(12+80)30\times2-F_{вікон}=5520-551=4969м^2$; $F_{вікон}=1,5м\times1,7м\times6шт\times4секц\times9пов=551м^2$.
- Вартість утеплення стін: $З_1= F_{ст}\times430\frac{грн}{м^2}=4969\times430=2,14млн.грн.$
- Вартість заміни одного вікна ≈ 2000-2500грн.

- Вартість заміни всіх вікон: $З_2$=216×2000=432000грн.
- $З_{\sum}$=2,14+0,432+0,214=2,78млн.грн – утеплити один будинок.

Усього 14 будівель: 2,78×14=38,92млн.грн необхідно для утеплення всього мікрорайону.

Перед початком розрахунків була умова, що кошти із міського бюджету не будуть виділені в повній мірі для утеплення всього мікрорайону відразу. Тому при розрахунках потрібно вкластись у суму 10 мільйонів гривень. Після проведених розрахунків стало зрозуміло, що для утеплення трьох будівель потрібно близько 8.5 мільйонів гривень.

Враховуючи тривалість опалювального періоду, тарифи на електроенергію і теплову енергію, витрати тепла на опалювання, а також витрати електроенергії на прокачування теплоносія – в кінцевому результаті маємо такі показники: у порівнянні з початковим станом не утепленого мікрорайону з утепленими крайніми будинками на кожній гілці, будемо мати економію у розмірі 3 301 305грн за один рік експлуатації утеплених будівель.

ВИСНОВКИ

- Розглянуто варіанти утеплення окремих будівель житлового мікрорайону у м. Харкові;
- Проведено гідравлічний і тепловий розрахунки опалювальної мережі мікрорайону для вихідного варіанту і варіантів утеплення;
- При утепленні всіх будівель мікрорайону втрати теплоти на опалення можуть бути зменшені на 40%, втрати теплоти трубопроводами мережі на 12%, витрати мережної води на 32%;
- Показано, що при поетапному утепленні мікрорайону варіант утеплення найвіддаленіших на кожній з гілок мережі будівель є найбільш доцільним.
- Пораховано і показано, що при витратах у 8,5млн.грн на утеплення крайніх будівель на кожній з гілок за період опалювального сезону, матимемо економію близько 3,3млн.грн за рік.
- Вперше отримано результати, щодо впливу параметрів гілок опалювальної мережі й місця розташування утеплених будівель на втрати тепла теплопроводами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. М.О.Шульга, І.Л. Деркач, О.О.Алексахін. Інженерне обладнання населених місць: Підручник. – Харків: ХНАМГ, 2007. – 259 с.
2. 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.
3. Будівельна кліматологія: ДСТУ –НБВ.1.1-27:2010: чинний від 01.11.2011. [Текст]: Мінрегіонбуд, Київ. 2011. – 123с.
4. Тепловая изоляция [Текст] / под ред. Г.Ф. Кузнецова. – М.: Стройиздат, 1995. – 421 с.
5. Козин В. Е. Теплоснабжение [Текст] / В.Е. Козин, Т.А. Левина, А.П. Марков. – М.: Высш. школа, 1980. – 408 с.
6. Повышение эффективности работы тепловых пунктов [Текст] / Н.М. Зингер, В.Г. Бестолченко, А.А. Жидков. – М.: Стройиздат, 1990. – 185 с.
7. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей./ Под ред. А.А.Николаева/. - М.: Стройиздат, 1965. - 359 с.
8. Тепловая изоляция. Справочник строителя./ Под ред. Г,Ф.Кузнецова/. - М.: Стройиздат, 1985. - 421 с.
9. Справочник по гидравлике/ Под ред. Б.А.Большакова. - К.: Вища школа, 1984. - 343 с.
10. Алексеев М.И., Дмитриев В.Д. и др. Городские инженерные сети и коллекторы. – Л.: Стройиздат, 1990. – 384 с.
11. Бережнов І.О., Шульга М.О. Улаштування і експлуатація теплових і газових мереж.- К.: НМК ВО , 1992. – 124 с.
12. Дмитриев М. И., Городские инженерные сети. – М.: Стройиздат, 1988.
13. Шульга М. О., Бережнов І.О.Енергопостачання міст. – К.: І СДО, 1993. - 228 с.

14. Пешехонов Н.И., Проектирование теплоснабжения. – К.: Вища школа. Головне вид-во, 1982. - 328 с.
15. Ботук В.О., Федоров Н.Ф. Канализационные сети. – М.: Стройиздат, 1974.
16. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. – М.: Стройиздат, 1982.
17. Ионин А.А. Теплоснабжение. – М.: Стройиздат, 1973. 251с.
18. Ионин А.А. Газоснабжение. – М.: Стройиздат, 1989.
19. Кузнецов В.С. Электроснабжение и электроосвещение городов. – Минск: Вышейшая школа, 1989.
20. Таги-Заде Ф.Г. Энергоснабжение городов. – М.: Стройиздат, 1980. – 277 с.
21. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/ И.В. Беляйкина, В. П. Витальев, Н. К. Громов и др.; Под ред. Н. К. Громова, Е.П. Шубина. – М.: Энергоатомиздат, 1988. – 376 с.
22. Шульга М.О., Алексахін О.О. Теплопостачання та гаряче водопостачання. Навч. посібник. – Харків: ХНАМГ, 2004. – 229 с.
23. Туркин В.П., Туркин П.В., Тыщенко Ю.Д Автоматическое управление отоплением жилых зданий. - М.: Стройиздат, 1987.
24. Водяные тепловые сети: Справочное пособие по проектированию/ Под ред. Н.К. Громова. М.: Энергоатомиздат, 1988.
25. Wollerstand J.District heating substations: performance, operating and design. - Department of Heat and Power Engineering Lund Institute of Technology, Sweden, 1997.