

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

КАФЕДРА ЕЛЕКТРИЧНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ ТА КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМ

Кваліфікаційна робота
перший бакалаврський
(рівень вищої освіти)

на тему Реконструкція системи теплопостачання центральної
частини Вознесенівського району м. Запоріжжя

Виконав: студент V курсу,
групи ТЕ-18-1бз
спеціальності 144 «Теплоенергетика»
(і назва спеціальності)

освітньої програми

«Теплоенергетика»
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації

(код і назва спеціалізації)

С.М. Балакіна
(ініціали та прізвище)

Керівник ст. викладач С.Є. Чижов

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Рецензент к.т.н., доц. Осаул О.І.

(посада, вчене звання, науковий ступінь, підпис, ініціали та прізвище)

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Кафедра електричної інженерії та кіберфізичних систем
Рівень вищої освіти перший бакалаврський
Спеціальність 144 «Теплоенергетика»
(код та назва)
Освітня програма Теплоенергетика
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
« 22 » 05 / 20 23 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Балакіной Світлані Михайлівні

(прізвище, ім'я, по батькові)

Тема роботи (проекту) Реконструкція системи теплопостачання
центральної частини Вознесенівського району м. Запоріжжя

керівник роботи ст. викладач Чижов Сергій Євгенович
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 29 » грудня 2022 року № 1894-с

- 1 Строк подання студентом роботи 20.05.2023 р.
- 2 Вихідні дані до роботи розрахункова температура повітря зимового періоду – -22 °С; початкова температура води зимового періоду – +5 °С; теплові мережі: внутрішньоквартальні – чотирьохтрубні, зовнішні - двотрубні.
- 3 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Загальні технічні рішення. Розрахунок теплоспоживання на опалення і гаряче водопостачання. Розрахунок внутрішньоквартальних теплових мереж. Розрахунок і вибір устаткування теплового пункту. Автоматизація теплового пункту.
- 4 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Загальний обсяг графічного матеріалу за темою проекту 8 листів креслень формату А1

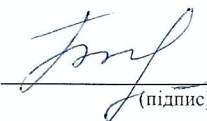
5 Консультанти розділів роботи


Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Перший розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	15.03.2023	05.04.2023
Другий розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	06.04.2023	09.05.2023
Другий розділ	ст. викладач Чижов С.Є.	10.05.2023	15.05.2023

6 Дата видачі завдання 15.03.2023 р.


КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент  С.М. Балакіна
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  С.Є. Чижов
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  С.Є. Чижов
(підпис) (ініціали та прізвище)

РЕФЕРАТ

Розрахунково-пояснювальна записка до кваліфікаційної роботи на тему «Реконструкція системи теплопостачання центральної частини Вознесенівського району м. Запоріжжя» містить 83 сторінки, 5 рисунків, 16 таблиць, 36 джерел посилань.

РЕКОНСТРУКЦІЯ, ТЕПЛОВА СХЕМА, КОТЕЛЬНА, ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ, ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ, РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ НАВАНТАЖЕНЬ, РОЗРАХУНОК ГІДРАВЛІЧНИЙ, КОТЛОАГРЕГАТ, ПЛАСТИНЧАСТІ ВОДОПІДГРІВАЧІ, НАСОСИ

Мета роботи – розробка системи опалювання і гарячого водопостачання житлових будинків від центрального теплового пункту (ЦТП).

У кваліфікаційній роботі дано обґрунтування доцільності будівництва автономного джерела теплопостачання – центрального теплового пункту.

У першому розділі виконаний розрахунок вжитку теплової енергії на потреби опалювання і гарячого водопостачання житлових будинків 3-х кварталів центрального району.

У другому розділі виконаний розрахунок і вибір основного та допоміжного устаткування ЦТП для режимів роботи в зимовий і літній періоди.

Розроблена функціональна схема контролю і регулювання основних технологічних процесів у ЦТП.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	7
1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ.....	9
1.1 Підстава для проектування. Основні технічні рішення.....	9
1.2 Архітектурно-будівельні рішення.	12
1.3 Технологічна схема центрального теплового пункту.....	12
1.4 Вузол змішування.....	15
1.5 Блок підігрівачів гарячої води	16
1.6 Блок підвищуючих насосів.	16
1.7 Блок циркуляційних насосів-змішувачів.....	17
1.8 Трубопроводи і арматура.	17
1.9 Теплова ізоляція	18
1.10 Опалювання, вентиляція, водопровід, каналізація.	19
1.11 Розрахунок теплоспоживання. Витрата теплоти на опалювання житлових будівель	19
1.12 Витрата теплоти на гаряче водопостачання.....	20
1.13 Гідравлічний розрахунок теплових мереж. Гідравлічний розрахунок транзитної магістралі	22
1.14 Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальних теплових мереж. Розрахунок мереж опалювання.	30
1.15 Розрахунок мереж гарячого водопостачання.....	33
2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ЦТП	47
2.1 Розрахункові теплові потоки	47
2.2 Розрахункові витрати мережної води	48
2.3 Витрата води у внутрішньоквартальних мережах ГВП.....	50
2.4 Розрахунок продуктивності насосів.	50
2.5 Розрахунок теплообмінників ГВП.....	54
2.6 Розрахунок теплообмінника I ступені	56
2.7 Розрахунок теплообмінника II ступені.....	59

2.8	Характеристика устаткування ЦТП. Блок водопідігрівачів...	62
2.9	Блок насосів опалювання	66
2.10	Блок підвищувальних насосів...	67
2.11	Вузол змішування	69
3	АВТОМАТИЗАЦІЯ І КВП	71
3.1	Вибір основних параметрів контролю і регулювання.	71
3.2	Регулювання температури води в системі ГВП.....	72
3.3	Регулювання температури води в системі опалювання.	72
3.4	Регулювання тиску в мережі гарячого водопостачання.	73
3.5	Регулювання тиску в системі опалювання.....	73
3.6	Прилади контролю. Вимір температури	74
3.7	Вимір тиску.....	74
3.8	Вимір витрати	75
3.9	Управління і сигналізація.....	75
	ВИСНОВКИ	76
	ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ.....	77
	ДОДАТКИ	
	Додаток А. Загальне розташування устаткування. Специфікація	
	Додаток Б. Автоматизація центрального теплового пункту. Перелік приладів і апаратури. Специфікація	

ВСТУП

Виробництво теплової енергії для потреб народного господарства і соціальної сфери в Україні в даний час потребує більше 30 % всього палива, що добувається, а до 2025 р. теплоспоживання збільшиться в (2...2,5) рази.

Теплопостачання м. Запоріжжя розвивалося у напрямі крупної централізації на базі будівництва потужних районних теплофікаційних котелень. Цей процес супроводжувався закриттям дрібних нерентабельних квартальних котельних та підключенням споживачів до системи централізованого теплопостачання. Особливо це відноситься до котельних, розташованих в підвальних приміщеннях житлових будинків. Питання про закриття підвальних котельних вирішене на законодавчому рівні після вибухів природного газу в житлових будинках.

У кваліфікаційній роботі розроблена технічна документація на будівництво центрального теплового пункту для групи житлових будівель 3-х кварталів, розташованих в Вознесенівському районі м. Запоріжжя. Теплопостачання цього району здійснюється від районної теплофікаційної котельної. Котельня працює по температурному графіку 150/70 °С. Внутрішні системи опалювання і гарячого водопостачання абонентів району приєднані до зовнішніх теплових мереж за залежною схемою.

За умовами гідравлічного режиму, у зв'язку з недостатнім наявним тиском на абонентських вводах, безпосереднє підключення житлових будинків 3-х кварталів за залежною схемою неможливо. Це з'явилося підставою для вибору схеми приєднання опалювальних систем до центральних мереж теплопостачання через центральний тепловий пункт (ЦТП) з установкою централізованого вузла змішення.

Підключення абонентів від центрального теплового пункту гарантує надійність і якість теплопостачання. Устаткування ЦТП може розміщуватися в невеликих будівлях, що стоять окремо, або в підвальних приміщеннях житлових будинків. ЦТП є екологічно чистими об'єктами, що важливо в даному

випадку, оскільки запроєктований тепловий пункт розташований в одному з центральних районів міста.

У кваліфікаційній роботі виконані теоретичні розрахунки за визначенням теплових навантажень, розроблена технологічна схема ЦТП, розраховано і вибрано основне та допоміжне устаткування ЦТП.

У розділі контрольно-вимірювальні прилади і автоматика розроблена функціональна схема автоматизації теплового пункту, а також вибрані необхідні контрольно-вимірювальні прилади.

1 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ РЕКОНСТРУКЦІЇ

1.1 Підстава для проектування. Основні технічні рішення

Підставою для розробки проєкту реконструкції центрального теплового пункту є:

- необхідність впровадження енергозберігаючих схем централізованого теплопостачання;
- складність гідравлічного режиму в теплових мережах Вознесенівського району м. Запоріжжя.

Вознесенівський район м. Запоріжжя має найбільш розвинуті теплові навантаження і складну розгалужену систему теплових мереж (див. рис. 1.1). Джерелом теплопостачання є районна теплофікаційна котельня з 4 котлами ПТВМ-30-150 і 3 котлами КВГМ-50-150. В літній період теплопостачання здійснюється від ТЕЦ комбінату «Запоріжсталь».

Гідравлічний режим в теплових мережах в основному визначається геодезичним профілем місцевості, по якій прокладено теплову мережу. Вознесенівський район характеризується значним перепадом висот рівня землі між відмітками розташування джерела теплопостачання +100 м над рівнем моря і житловими будинками в кварталах прибережної зони +20 м. Таке становище приводить до підвищення тиску в опалювальних системах понад гранично-допустимого. Це, в свою чергу, не дає можливості приєднувати системи опалювання до теплових мереж по найбільш прогресивній залежній схемі. Для створення сприятливих гідравлічних умов в районі працюють 3 насосні підстанції, які розташовані на зворотному трубопроводі теплової мережі. В місцях, де тиск перевершує гранично-допустимий рівень, застосовується незалежна схема приєднання систем опалення.

На даний час найбільш прогресивною є незалежна схема приєднання з установкою в центральному тепловому пункті змішувального пристрою і двоступеневою схемою включення підігрівачів гарячої води.

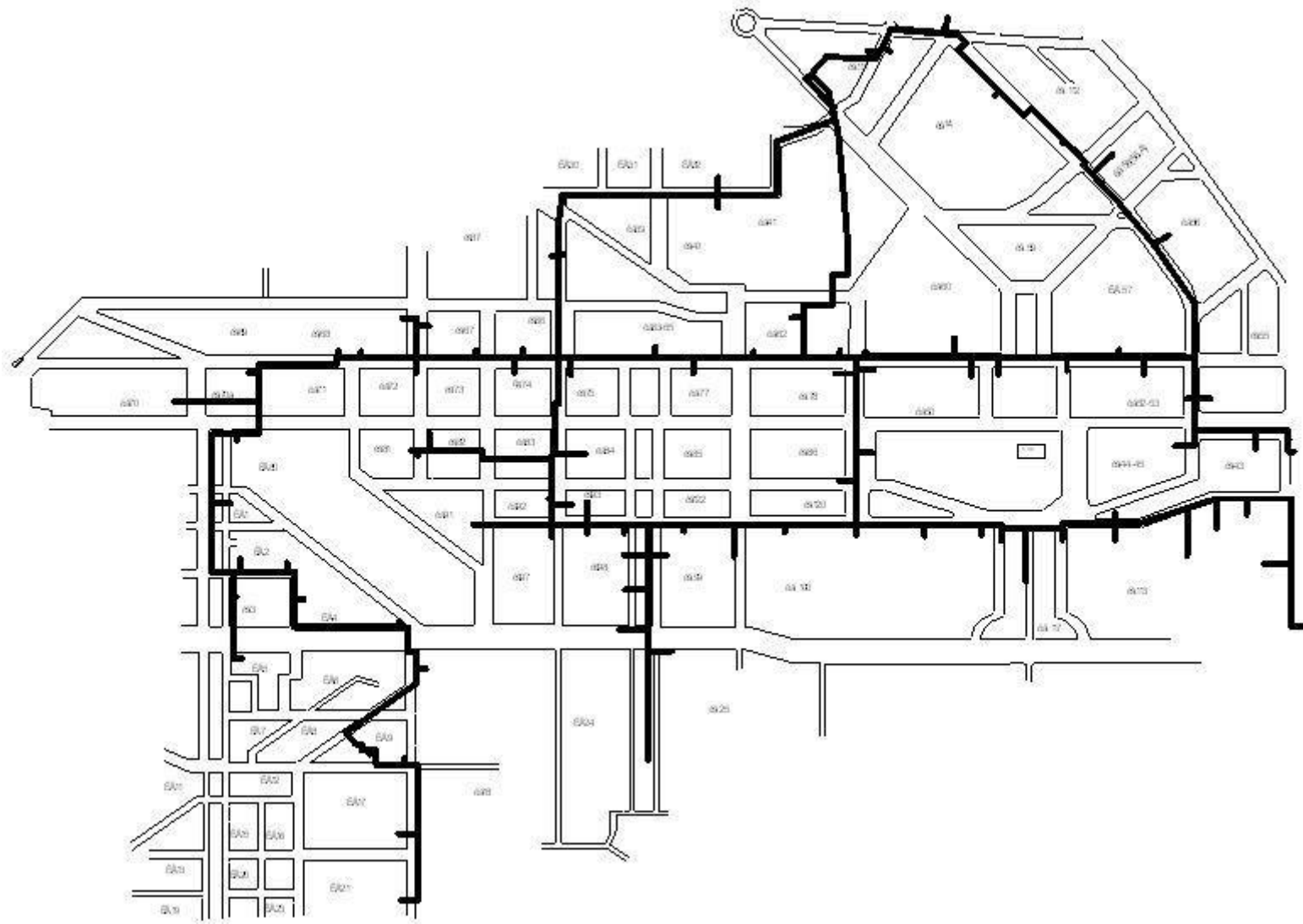


Рисунок 1.1 – Схема теплових мереж Вознесенівського району м. Запоріжжя

При такій схемі з'являється можливість одержати якісне теплопостачання, зменшити втрати теплової енергії в перехідний осінньо-весняний періоди та ефективно використовувати вторинну теплоту відпрацьованої води в системах опалення в I ступені водо-водяних підігрівачів системи гарячого водопостачання.

Метою даної кваліфікаційної роботи є розробка типового ЦТП для незалежної схеми опалення і двоступеневої схеми гарячого водопостачання в умовах Вознесенівської філії концерну «Міські теплові мережі». Такі системи найбільш раціонально споруджувати в мережах, в яких тиск перевищує гранично-допустимий для внутрішніх систем опалення, а також там, де наявний тиск в теплових мережах недостатній для підключення систем опалення по залежній схемі. У випадку, коли наявний тиск в основних мережах достатній, використовуються схеми ЦТП з насосами змішування.

Кваліфікаційна робота виконана для умов споживачів теплової енергії 3-х кварталів Вознесенівського району м. Запоріжжя.

Підставою для розробки проекту ЦТП послужило:

- рішення правління ВАТ заводу «Дніпроспецсталь» про закриття опалювальної котельної 3-х кварталів, що розташовані в підвальному приміщенні житлового будинку № 16 по вул. Сталеварів, який належить заводу «Дніпроспецсталь»;
- технічне завдання на будівництво ЦТП в підвальному приміщенні житлового будинку № 16 по вул. Сталеварів.

Розрахункова зимова температура зовнішнього повітря (СНіП 2.01.01.-2008):

- середня найбільш холодної п'ятиденки – $-22\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- середня найбільш холодної доби – $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1.2 Архітектурно-будівельні рішення

Центральний тепловий пункт розташований в приміщенні котельної, що закривається, в будинку № 16 по вул. Сталеварів.

Реконструкцією передбачено:

- виконання бракуючих стін в місці розташування ЦТП;
- виконання самостійного виходу назовні;
- виконання фундаментів під устаткування і насоси;
- установка зовнішніх дверей для виходу з ЦТП;
- виконання дренажного приямку;
- виконання металевих консолей для кріплення трубопроводів.

Приміщення ЦТП відноситься до споруд II ступеню вогнестійкості. По вибуховій, вибухопожежній і пожежній небезпеці ЦТП відноситься до категорії "Д".

Стіни, що зводяться, виконуються з керамічної цегли М 75, ДСТУ 530-08 на цементно-піщаному розчині М25.

1.3 Технологічна схема центрального теплового пункту (ЦТП)

Схема теплового пункту наведена на рисунку 1.2.

Центральний тепловий пункт призначений для опалювання і гарячого водопостачання 3-х житлових кварталів центральної частини Вознесенівського району м. Запоріжжя.

Джерелом теплопостачання є існуюча котельня Вознесенівського району та існуючі магістральні теплові мережі.

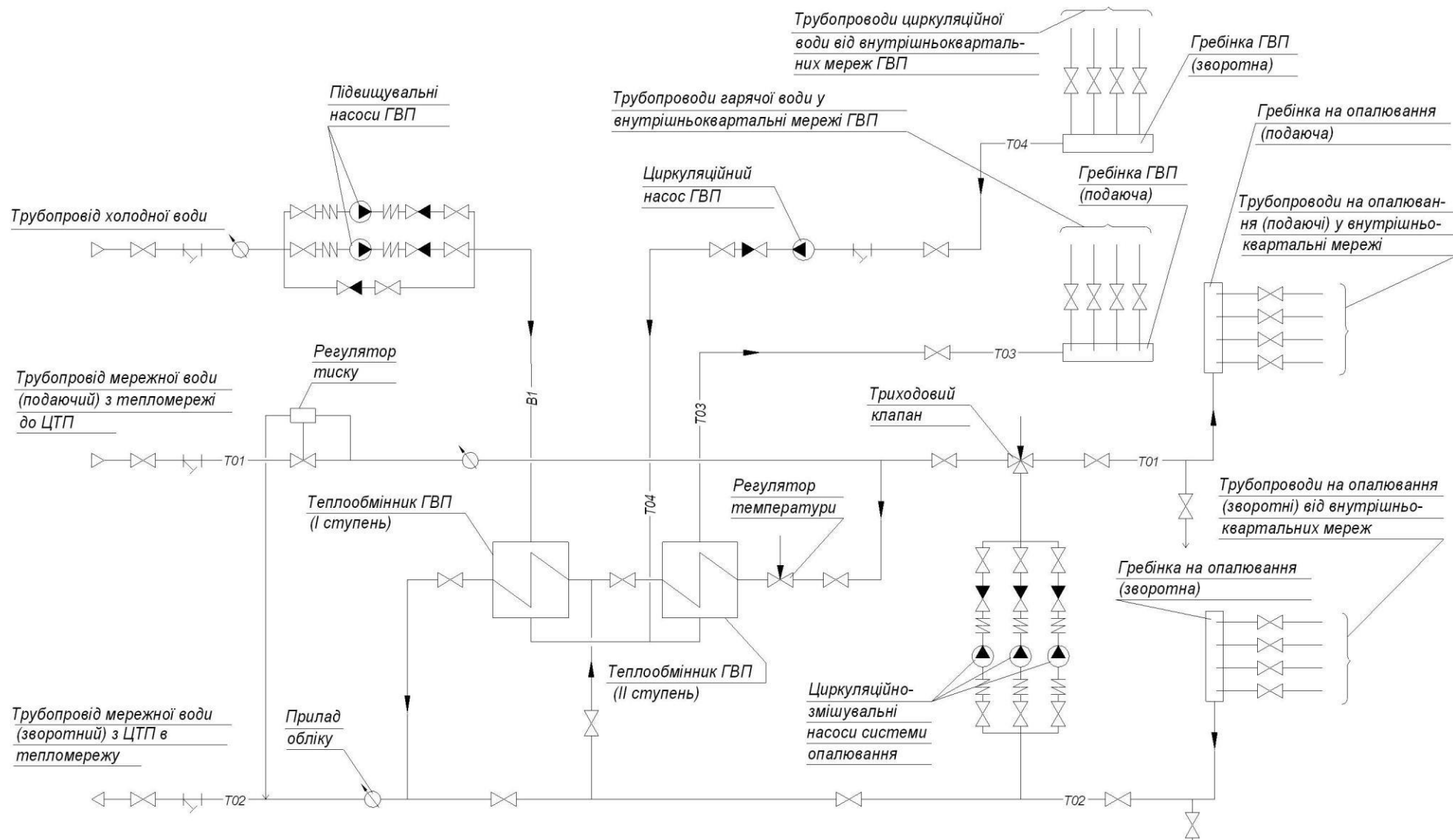


Рисунок 1.2 – Технологічна схема ЦТП

Система теплопостачання – закрита з центральним якісним регулюванням опалювального теплового навантаження.

Первинний теплоносій – перегріта вода з параметрами 150/70 °С.

Максимальна витрата теплоти на опалювання – 5,73 МВт (4,93 Гкал/год).

Максимальна витрата теплоти на гаряче водопостачання $Q_{з.в.}^{\max} = 1,54$ МВт (1,32 Гкал/год.).

Тиск води в подаючій магістралі – 0,73 МПа (7,3 кгс/ см²).

Тиск води в зворотній магістралі – 0,43 МПа (4,3 кгс/ см²).

Тиск вихідної води – 0,28 МПа (2,8 кгс/см²).

Тиск в подаючому трубопроводі системи опалювання – 0,38 МПа (3,8 кгс/см²).

Тиск в зворотному трубопроводі системи опалювання – 0,26 МПа (2,6 кгс/см²).

Опалювання

Приєднання споживачів теплоти до теплових мереж в системі опалювання прийняте за незалежною схемою через вузол змішування та циркуляційні змішуючі насоси. При якісному регулюванні відпуску теплоти подача теплоносія у внутрішньоквартальні мережі здійснюється відповідно до метеоумов за температурним графіком 95/70 °С. Параметри первинного теплоносія в теплових мережах району 150/70 °С.

Гаряче водопостачання

Співвідношення максимальних витрат теплоти на гаряче водопостачання (ГВП) і опалювання

$$\frac{Q_{ев}^{max}}{Q_o^{max}} = \frac{1,32}{4,93} = 0,27$$

Відповідно до СНіП 2.04.07-08 при такому співвідношенні навантажень приймається незалежна двоступінчаста змішана схема включення підігрівачів ГВС з установкою блоку пластинчастих теплообмінників та підвищуючих насосів.

Для зменшення втрат теплоти при транспортуванні і для стабілізації гідравлічного режиму в системі ГВП передбачена установка тришвидкісного циркуляційного насоса.

Температура гарячої води, що подається у внутрішньоквартальні мережі ГВП – 60 °С.

1.4 Вузол змішування

Вузол змішування призначений для підтримки температурного режиму в системі опалювання шляхом регулювання температури води, що подається, витрати первинного теплоносія і кількості підмішувальної зворотної води.

Вузол змішування складається з тарілчастого триходового клапана з електроприводом, що блокується з погодним компенсатором і циркуляційними змішуючими насосами. Управління вузлом змішування здійснюється електронним регулювальником ECL-9600 через погрузний датчик і датчик температури зовнішнього повітря ESMT фірми «Данфос». Виконавчий механізм – регулюючий триходовий клапан VF3 діаметром 150 мм з електроприводом AMV 525 фірми «Данфос».

У схему регулювання коефіцієнта підмішування, окрім клапана, входять також насоси опалювання, що працюють в режимі «підмішування-підкачування» фірми «Грундфос».

1.5 Блок підігрівачів гарячої води

Блок водопідігрівачів складається з шестиштуцерного пластинчастого теплообмінника M10 BFG з площею поверхні нагріву 21,84 м² фірми «Альфа-Лаваль» (Швеція). Схема приєднання двоступінчаста змішана (див. рис. 1.2). Первинне підігрівання вихідної води здійснюється в підігрівачі I рівня за рахунок використання теплоти зворотної води з системи опалювання і теплоти теплоносія після II рівня підігрівання.

Догрівання води до необхідної температури здійснюється в підігрівачі II рівня за рахунок теплоти первинного теплоносія – мережевої води з магістралі.

Постійна температура води підтримується електронним регулювальником ECL-9600 через погрузний датчик ESMU.

Виконавчий механізм – клапан регулюючий двоходовий VF2 з електроприводом AMV 423 фірми «Данфос». Клапан встановлюється на трубопроводі первинного теплоносія перед теплообмінником. Регулювання здійснюється шляхом зміни витрати мережевої води.

Розрахунок поверхні нагріву пластинчастого теплообмінника виконаний при параметрах теплоносія, відповідних точці зламу температурного графіка.

1.6 Блок підвищуючих насосів

Установка гарячого водопостачання обладнана двома підвищуючими насосами LP 65-125/128 фірми «Грундфос», один з яких є резервним.

По тиску насоси розраховані на подолання опору в подаючій мережі до найбільш віддаленого водорозбірного приладу.

По продуктивності насоси розраховані на максимальну годинну витрату води на потреби гарячого водопостачання.

1.7 Блок циркуляційних насосів-змішувачів

Вузол змішування складається з 3-х циркуляційних насосів-змішувачів LP 100-125/130 фірми «Грундфос», один з яких є резервним. Насоси встановлені на зворотній лінії системи опалювання перед клапаном змішування.

По продуктивності насоси розраховані на максимальну годинну витрату теплоти на опалювання з врахуванням коефіцієнта змішування.

По тиску насоси розраховані на подолання тиску на (2...3) м вод. ст. усіх сумарних втрат тиску в подаючому та зворотному трубопроводах внутрішньоквартальних мереж і на подолання опору системи опалювання найбільш віддаленого споживача.

1.8 Трубопроводи і арматура

Технологічні трубопроводи системи опалювання в межах теплового пункту виконуються із сталевих труб електрозварних по ДСТУ 10704-08. Для мереж гарячого водопостачання передбачені трубопроводи з труб сталевих по ДСТУ 8731-08 емальованих по внутрішній поверхні.

Запірна арматура передбачається:

- на подаючому і зворотному трубопроводах мережевої води на введенні в тепловий пункт – сталеві засувки;
- на подаючих і зворотних трубопроводах до систем вжитку теплоти – сталеві засувки;
- на всмоктуючому і нагнітальному патрубках кожного насоса – дискові поворотні затвори;
- на трубопроводах, що підводять і відводять, кожного водонагрівача – дискові поворотні затвори;
- у вищих точках всіх трубопроводів для випуску повітря – кульові крани;

- у нижчих точках трубопроводів і на гребінках для спуску води – кульові крани.

При цьому трубопроводи і гребінки прокладаються з ухилом 0.003 у бік спускового штуцера.

Для обліку витрат теплоти і води перед блоком водопідігрівачів, перед вузлом змішення та на зворотних трубопроводах мережевої води встановлюються прилади обліку. Для оберігання устаткування теплового пункту від механічних пошкоджень на введенні первинного теплоносія в тепловий пункт і перед насосами встановлюються сітчасті фільтри фірми «Данфос».

Для запобігання перегікання в разі виникнення протитиску передбачаються зворотні клапани:

- на обвідному трубопроводі підвищуючих насосів;
- на нагнітальному патрубку кожного насоса до дискового поворотного затвора;
- на зворотному трубопроводі системи опалювання перед теплообмінником I рівня.

1.9 Теплова ізоляція

У тепловому пункті підлягають ізоляції всі трубопроводи, окрім трубопроводів дренажу.

Перед ізоляцією зовнішні поверхні покриваються фарбою. На поверхні покривного шару трубопроводів повинні передбачатися пізнавальне забарвлення і стрілки, що вказують напрям потоку води відповідно до вимог "Правил устрою і безпечної експлуатації трубопроводів пари і гарячої води". Як покривний шар прийнята сталь тонколистова оцинкована (ДСТУ 14918-08).

1.10 Опалювання, вентиляція, водопровід, каналізація

Опалювання приміщення ЦТП не передбачається у зв'язку з тепловиділеннями від устаткування, достатніми для обігріву приміщення.

Вентиляція передбачена припливно-витяжна, розрахована на повітрообмін, необхідний для підтримки нормованої температури повітря у робочій зоні. Приплив природний через припливні решітки.

Температура повітря в робочій зоні:

- у холодний період року – +20 °С;

- у теплий період року не більше ніж на 5 °С вище розрахункої температури зовнішнього повітря.

Для гарячого водопостачання використовується існуючий господарсько-питний водопровід.

Спорожнення трубопроводів і устаткування теплового пункту та систем вжитку теплоти здійснюється самопливом у водопровідний приямок.

Для відкачування води з приямка в систему каналізації передбачений дренажний насос.

1.11 Розрахунок теплоспоживання. Витрата теплоти на опалювання житлових будівель

Максимальні тепловтрати або витрата теплоти на опалювання житлових будівель

$$Q_o^{\max} = (1 + \mu) \cdot q_o \cdot V \cdot (t_6 - t_3) ,$$

де μ – коефіцієнт інфільтрації;

V – внутрішній будівельний об'єм будівлі, м³;

t_6 – внутрішня температура повітря в будівлі, °С;

t_3 – розрахункова температура зовнішнього повітря для проєктування опалювання, °С;

q_o – опалювальна характеристика будівлі.

Коефіцієнт інфільтрації при розрахунку втрат теплоти житловими будівлями не враховується.

1.12 Витрата теплоти на гаряче водопостачання

Середньотижнева витрата теплоти на гаряче водопостачання житлових і суспільних будівель [5]

$$Q_{г.в.}^{сер.т} = \frac{m \cdot \alpha \cdot c \cdot (t_{г.в.} - t_{х.в.})}{n_c},$$

де α – норма витрати гарячої води на одиницю виміру л (кг);

m – кількість одиниць виміру;

$t_{г.в.}$ – температура гарячої води (приймається 60 °С);

$t_{х.в.}$ – температура холодної води (у зимовий період приймається + 5 °С, в літній період - +15 °С).

c – теплоємність води, кДж/кг;

n_c – розрахункова тривалість подачі гарячої води, год./доб.

Середня витрата теплоти на побутове гаряче водопостачання за добу найбільшого водоспоживання, кДж/доб.

$$Q_{г.в.}^{сер.д} = \chi_n \cdot Q_{г.в.}^{сер.т}$$

Розрахункова (максимальна вартова) витрата теплоти на побутове гаряче водопостачання, кДж/с

$$Q_{з.в.}^p = \chi_n \cdot \chi_c \cdot Q_{з.в.}^{сер.д} ,$$

де χ_n, χ_c – коефіцієнти тижневої і добової нерівномірності витрати теплоти.

За відсутності норм витрати гарячої води середньогодинну витрату на одного мешканця можна визначити по формулі

$$a = 2,29 \cdot b + 1,46 ,$$

де b – коефіцієнт охопту ваннами.

Результати розрахунку теплоспоживання кварталу наводяться в зведеній таблиці теплових навантажень, таблиця 1.1 [34]

Таблиця 1.1 – Розрахункова витрата теплоносія

Поз.	Найменування споживача	Витрата теплоносія, (МВт) (кг/с) (м ³ /год.)		
		Опалювання	Гаряче водопостачання	Всього
кв. 83	Перспективне підключення	(3,75)	(1,87)	(5,62)
		11,18	8,766	19,954
		(40,25)	(28,75)	(69,0)
кв. 82	ЦТП для споживачів кв. 82	(1,77)	(0,46)	(2,23)
		5,28	2,16	7,44
		(19,0)	(7,14)	(26,14)
кв. 81	ЦТП для споживачів кв. 81	(5,73)	(1,54)	(7,27)
		17,09	7,22	24,31
		(62,0)	(26,0)	(84,00)
Всього		(11,25)	(3,87)	(15,12)
		33,56	16,52	50,2
		(121,25)	(59,46)	(180,71)

1.13 Гідравлічний розрахунок теплових мереж. Гідравлічний розрахунок транзитної магістралі

Метою гідравлічного розрахунку транзитної теплової мережі є визначення діаметру теплопроводу і втрат тиску розрахункової магістралі. Розрахункова схема теплової мережі наведена на рисунку 1.3. За розрахункову береться ділянка трубопроводу від ТК 1 до ТК 4 і від ТК4 до ЦТП в будинку по вул. Сталеварів, 16. Довжина ділянки по генплану 147,5 м. Розрахунок виконаний для температурного графіка якісного регулювання теплового навантаження з параметрами теплоносія 150/70 °С.

Розрахунок трубопроводу виконується з умови подачі теплоносія на квартали. Розрахункові витрати теплоносія наведені в таблиці 1.1.

Для внутрішніх систем опалювання згідно [5] найбільший допустимий тиск приймається 60 м вод. ст. з умови міцності нагрівальних приладів.

Для приєднання до мережі абонентів без пристроїв змішувачів на введенні наявний тиск у абонента можна приймати 5 м вод. ст.

При установці на абонентському введенні елеваторів-змішувачів – не менш ніж 15 м вод. ст., а при установці на введенні поверхневих підігрівачів – 5 м вод. ст.

За даними вимірів в точці врізання трубопроводу тиск відповідно рівний:

- в подаючому трубопроводі – $P_1=0,74$ МПа;
- в зворотному – $P_2=0,52$ МПа.

Наявний тиск в точці врізання теплопроводу складає $H_1=22$ м вод. ст. Розрахункова температура води в подаючій і зворотній лінії приймається в точці зламу температурного графіка. Температура води, що поступає в місцеву мережу гарячого водопостачання, приймається в межах 40 °С.

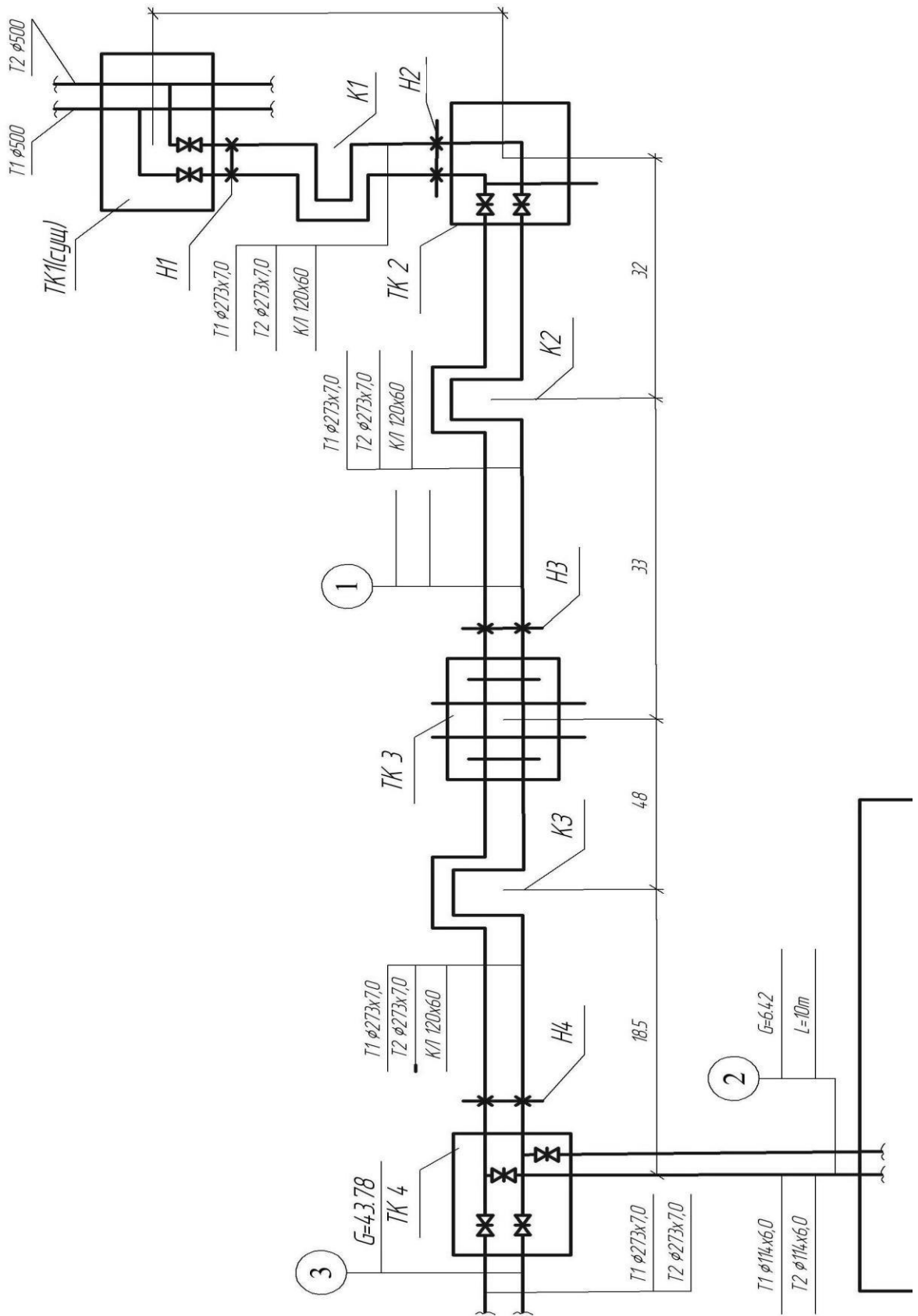


Рисунок 1.3 – Розрахункова схема теплової мережі

Попередній розрахунок магістралі від ТК1 до ТК4

Орієнтовні питомі лінійні втрати тиску на ділянці 1-4 заздалегідь приймемо рівними, Па/м

$$R'_l = 80$$

Орієнтовний внутрішній діаметр трубопроводу, м

$$d'_e = 117 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{G^{0,38}}{(R'_l)^{0,19}},$$

де G – розрахункова витрата води на даній ділянці, кг/с

$$d'_e = 117 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{50,2^{0,38}}{80^{0,19}} = 0,225$$

Набуте значення орієнтовного діаметру округляється до найближчого більшого стандартного діаметру труб [2, 5]. З врахуванням перспективного збільшення теплоспоживання кварталів, приймаємо стандартний розмір труби 273x7 мм.

Для стандартних розмірів труб проводиться перевірочний розрахунок.

Перевірочний розрахунок ділянки магістралі 1-4

Фактичні питомі лінійні втрати R_l , Па/м

$$R_l = A_R \cdot \frac{G^2}{d_{вн}^{5,25}},$$

де A – для води;

G – витрата води, кг/с

$$R_{л} = 13,62 \cdot 10^{-6} \frac{50,2^2}{0,259^{5,25}} = 41,28$$

Визначимо кількість і геометричні розміри компенсаторів.

Повне теплове подовження трубопроводу, мм

$$\Delta l = \alpha_1 \cdot L \cdot \Delta t ,$$

де α_1 – коефіцієнт лінійного розширення сталі (див. табл. 1.2);

L – відстань між нерухомими опорами, м;

Δt – розрахункова різниця температур, °С.

Значення витрати теплоносія приймаємо з таблиці 1.1.

Таблиця 1.2 – Коефіцієнт лінійного розширення для сталей 10, 15, 20, ст.3, ст.4

Температура стінки труби, °С	$\alpha_1 \cdot 10^2$ мм/(м °С)	Температура стінки труби, °С	$\alpha_1 \cdot 10^2$ мм/(м °С)
20	1,8	250	1,31
75	1,2	275	1,32
100	1,22	300	1,34
125	1,24	325	1,35
150	1,25	350	1,36
175	1,27	375	1,37
200	1,28	400	1,38
225	1,3	425	1,40

Розрахункова різниця температур, °С

$$\Delta t = t_m - t_o ,$$

де t_m – максимальна температура теплоносія, °С (приймається рівною для прямої і для зворотної лінії);

t_o – температура довкілля, °С.

При прокладці мережі в каналах Δt дорівнює температурі повітря в каналі, яку можна приймати рівною +50 °С.

По знайденому значенню Δt залежно від діаметру трубопроводу, конструкції поворотів (зварних або гладких гнутих) і довжини спинки компенсатора B (м) по [5] визначаються вильоти компенсатора H (м).

При виборі коефіцієнтів опору поворотів і косинців компенсаторів по [2] рекомендується приймати для трубопроводів з діаметрами менш 200 мм гнуті коліна з радіусомгиба, а для діаметрів більше 200 мм – зварні коліна з 4 зварними швами.

Еквівалентна довжина всіх місцевих опорів, м

$$l_e = A_l \cdot \sum_{n=1}^n n_n \cdot \xi_n \cdot d_e^{1,25} ,$$

де $A_l=60,7$ – для водяних мереж при коефіцієнті еквівалентної шорсткості труб $k_e=0,0005$ м;

$\sum_{n=1}^n n_n \cdot \xi_n$ – сума добутоків коефіцієнтів місцевих опорів засувок,

поворотів, переходів, компенсаторів на їх кількість на даній ділянці;

d_e – внутрішній діаметр трубопроводів, м.

Число компенсаторів визначається залежно від діаметру трубопроводу, роду теплоносія і відстані між нерухомими опорами, яку вибираємо з таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Граничні відстані між нерухомими опорами

Умовний прохід, D_y , мм	Компенсатори							
	П-образні					Сальникові		
	Теплоносій							
	Вода	Пара				Вода	Пара	
$P=0,8-1,6$ МПа $t=(100\dots150)$ °C	$P=0,8$ МПа $t=250^\circ\text{C}$	$P=1,3$ МПа $t=300^\circ\text{C}$	$P=1,6$ МПа $t=350^\circ\text{C}$	$P=3,7$ МПа $t=425^\circ\text{C}$	$P=0,8$ МПа $t=100-150$ °C	$P=0,8$ МПа $t=250^\circ\text{C}$	$P=1,3$ МПа $t=300^\circ\text{C}$	
25	-	50	50	50	50	-	-	-
32	50	50	50	50	50	-	-	-
40	60	60	60	60	60	-	-	-
50	60	60	60	60	60	-	-	-
70	70	70	70	70	70	-	-	-
80	80	80	80	80	80	-	-	-
100	80	80	80	80	80	70	60	50
125	90	90	90	80	80	70	60	50
150	100	100	90	80	80	80	70	60
175	100	100	100	90	80	-	-	-
200	120	120	100	100	80	80	70	60
250	120	120	100	100	80	100	70	60
300	120	120	120	120	100	100	70	60
350	140	120	120	120	100	120	70	60
400	160	140	140	120	100	140	100	80
450	160	140	140	-	-	140	100	80
500	180	160	160	-	-	140	100	80
600	200	160	160	-	-	160	100	80
700	200	160	160	-	-	160	100	80
800	200	160	160	-	-	120	70	60
900	200	160	160	-	-	-	-	-
1000	200	160	160	-	-	160	100	80

Примітка:

1. Граничні відстані між нерухомими опорами для трубопроводів з сальниковими компенсаторами призначені з врахуванням ходу сальникових компенсаторів, вказаного в додатку [5].
2. Максимальна відстань від нерухої опори до компенсатора для трубопроводів з П-образними компенсаторами не повинно бути більше 60 % граничної відстані між нерухомими опорами.

При установці П-подібних компенсаторів довжина трубопроводу, м, збільшується на величину

$$l_k = 2 \cdot H \cdot n_k ,$$

де H – виліт (плече) компенсатора, м;

n_k – число компенсаторів, встановлених на ділянці.

Виліт компенсатора у свою чергу залежить від діаметру труби і температури теплоносія. При розрахунку компенсатора визначається розрахункове теплове подовження трубопроводу ΔX .

При величині попередньої розтяжки, рівної 50 % від теплового подовження трубопроводу ΔX , м, визначається по формулі

$$\Delta X = K \cdot \Delta l ,$$

де K – коефіцієнт, залежний від температури теплоносія:

- при $t < 250$ °С – $K=0,5$;

- при 250 °С до 300 °С – $K=0,6$;

Δl – теплове подовження трубопроводу, мм.

Згідно рисунку 1.3 уточнюємо місцеві опори (засувки, повороти), коефіцієнти опору підбираємо з додатка 10 [2].

Розрахункове теплове подовження трубопроводу при ΔX з врахуванням попередньої розтяжки компенсатора, мм

$$\Delta X = K \cdot \alpha \cdot L \cdot \Delta t$$

$$\Delta X = 0,5 \cdot 1,25 \cdot 10^{-2} \cdot 66 \cdot [150 - (-22)] = 70,95$$

Визначаємо (згідно рис. 10.73 [5]) для П-подібного компенсатора із зварними відведеннями та при довжині спинки компенсатора h_k виліт (плече) компенсатора.

Визначаємо збільшення довжини ділянки за рахунок плечей компенсаторів, м

$$l_k = 4,0 \cdot 2 \cdot 3 = 24$$

Обчислимо еквівалентну довжину місцевих опорів.

На ділянці трубопроводу від ТК1 до ТК4 є такі місцеві опори і їх коефіцієнти ξ :

- засувки – $\xi=0,5$ (2 шт.);
- повороти 90° – $\xi=0,7$ (30 шт.)
- врізання під кутом 90° (трійники) – $\xi=2,5$ (4 шт.).

Визначаємо збільшення довжини ділянки за рахунок засувок, м

$$l_3 = 60,7 \cdot (2 \cdot 0,5 + 30 \cdot 0,7 + 4 \cdot 2,5) \cdot 0,259^{1,25} = 358$$

Приведена довжина прямого і зворотного трубопроводу на ділянці 1-4, м

$$l_{np} = 2 \cdot (l_0 + l_k + l_3) = 2 \cdot (147,5 + 24 + 358) = 1059$$

Падіння тиску на ділянці 1-4, Па

$$\Delta P_{1-4} = R_l \cdot l_{np} = 41,28 \cdot 1059 = 43715,5$$

або

$$\Delta H_{1-4} = \frac{\Delta P_{1-4}}{\rho_g \cdot g} = \frac{43715,5}{951 \cdot 9,81} = 4,68 \quad \text{м вод. ст.}$$

Наявний тиск в кінці розрахункової ділянки в ТК4, м вод. ст.

$$\Delta H_4 = \Delta H_1 + \Delta H_{1-4l} = 22,0 - 4,68 = 17,32$$

Далі аналогічним чином розраховуємо ділянки головної магістралі від ТК4 до ЦТП в будинку по вул. Сталеварів, 16 та внутрішньоквартальних мереж опалювання.

Результати розрахунку заносимо в таблицю 1.5.

1.14 Гідравлічний розрахунок внутрішньоквартальних теплових мереж. Розрахунок мереж опалювання

Завданням гідравлічного розрахунку внутрішньоквартальних мереж опалювання є визначення діаметрів трубопроводів на ділянках, визначення втрат натиску по довжині трубопроводів і визначення наявних тисків на абонентських введеннях для проведення налагоджувальних робіт по гідравлічному режиму.

Абонентські опалювальні системи працюють по графіку якісного регулювання з розрахунковими параметрами теплоносія 95/70 °С. Розрахункові витрати теплоносія на опалювання і витрати гарячої води наведені в таблиці 1.4.

Таблиця 1.4 – Розрахункові теплові навантаження і витрати теплоносія по кварталах району

Найменування споживача	Розрахункові теплові навантаження, МВт			Розрахункові витрати теплоносія, кг/с		
	опалення	гар. водопостачання	Всього	опалення	гар. водопостачання	Всього
1	2	3	4	5	6	7
Введення № 1						
Сталеварів, 16	0,36	0,08	0,44	3,44	0,1	3,54
Разом по введенню №1	0,36	0,08	0,44	3,44	0,1	3,54
Введення №2						
Соборний, 153 (I)	0,5978	0,155	0,7528	5,7	0,67	6,37
Гараж	0,0012	-	0,0012	0,11	-	0,11
Сталеварів, 12	0,3	0,097	0,397	2,87	0,42	3,29
Сталеварів, 14	0,235	0,042	0,277	2,24	0,18	2,42
Дитячий сад №67	0,079	0,015	0,094	0,75	0,07	0,82
Сталеварів, 18	0,307	0,121	0,428	2,92	0,53	3,45
Разом по введенню №2	1,52	0,430	1,95	14,59	1,8	16,39
Введення №3						
Сталеварів, 18а	0,4418	0,171	0,6128	4,21	0,74	4,95
Гараж	0,0012	-	0,0012	0,11	-	0,11
Л. Жаботинського, 25	0,484	0,122	0,606	4,61	0,53	5,14
Гараж	0,0012	-	0,0012	0,11	-	0,11
Л. Жаботинського, 27	0,4418	0,147	0,5888	4,21	0,64	4,85
Разом по введенню №3	1,37	0,440	1,81	13,25	1,91	15,16
Введення №4						
Соборний, 153 (II)	0,44	0,114	0,554	4,2	0,5	4,7
Соборний, 153 (III)	0,5968	0,154	0,7508	5,68	0,67	6,35
Гараж	0,0012	-	0,0012	0,11	-	0,11
М. Гончаренко, 11	0,491	0,110	0,601	4,68	0,48	5,16
М. Гончаренко, 13	0,441	0,082	0,523	4,21	0,35	4,56
Дитячий сад №65	0,079	0,007	0,086	0,752	0,03	0,782

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5	6	7
Сталеварів, 18а	0,4418	0,171	0,6128	4,21	0,74	4,95
М. Гончаренко, 15	0,431	0,121	0,552	4,1	0,53	4,63
Разом по введенню №4	2,48	0,59	3,07	23,73	2,56	26,292
Всього по тепловому пункту	5,73	1,54	7,27	55,01	7,22	62,23

Розрахункова схема внутрішньоквартальних мереж опалювання наведена на рисунку 1.4. Внутрішньоквартальні мережі виконані за радіальною схемою із чотирма незалежними введеннями, що живляться від розподільної гребінки від ЦТП. Результати розрахунку приведені в звідній таблиці гідравлічного розрахунку теплових мереж (див. таблицю 1.5).

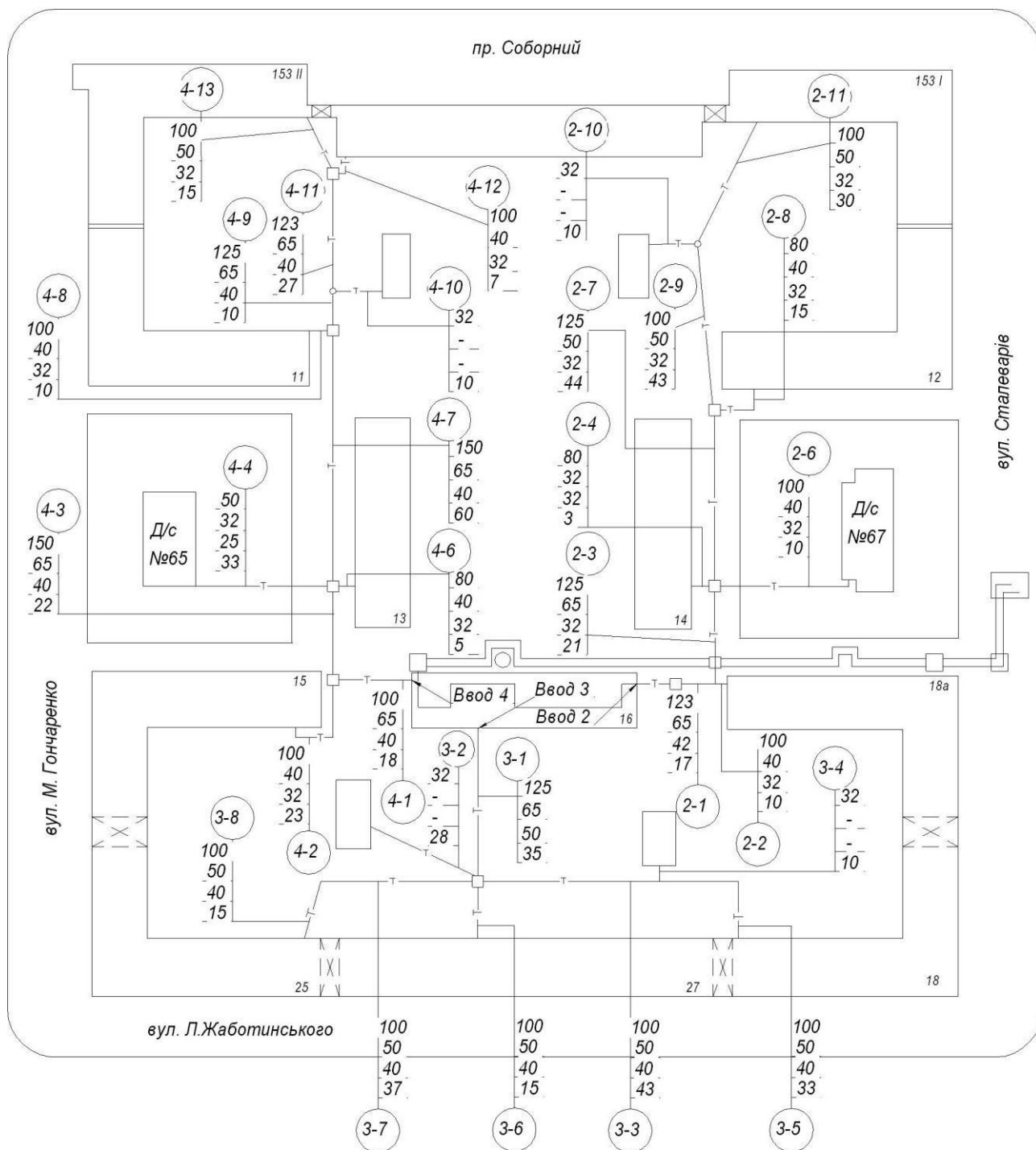
Максимальний гідравлічний опір має теплова мережа введення № 2, яке дорівнює 4,37 м вод. ст.

Із врахуванням втрат тиску в транзитній магістралі (4,968 м вод. ст.) і у внутрішньоквартальних теплових мережах, наявний тиск в точці приєднання найбільш видаленого абонентського, м вод. ст.

$$\Delta H_{аб} = \Delta H_{тк1} - \Delta H_{тр} - \Delta H_{кв}$$

$$\Delta H_{аб} = 22 - 4,968 - 4,37 = 12,66$$

Як видно зі схеми, розрахунку наявного тиску для безпосереднього підключення опалювальних систем до центральних теплових мереж недостатньо. У зв'язку з цим в ЦТП встановлюється блок змішуючих насосів в комплекті з регулюючим триходовим клапаном.



Умовні позначення

- 3-1
Номер розрахункової ділянки
- 100
50
40
30
Два трубопроводи опалення діаметром 100 мм
Трубопровід гарячої води діаметром 50 мм
Трубопровід циркуляції діаметром 40 мм
Довжина ділянки трубопровода
- Камера теплофікації
- T—
Внутрішньоквартальна теплова мережа

Рисунок 1.4 – Схема внутрішньоквартальних теплових мереж

Таблиця 1.5 – Зведена таблиця гідравлічного розрахунку внутрішньоквартальних мереж опалювання

Ділянка мережі		Витрата води на ділянці G , кг/с	Довжина ділянки по генплану l_0 , м	Наявний тиск, на початку ділянки		Орієнтовні місцеві опори α	Орієнтовні питомі лінійні втрати тиску R'_l , Па/м	Орієнтовний внутрішній діаметр труби d'_e , м	Стандартні труби	
				ΔP_p , Па	ΔH_p , м вод. ст.				діаметр зовнішн d_n , м	товщина стінки δ , мм
				3	4					
Магістраль	1-4	50,2	147,5	205238	22	0,15	80,0	0,225	273	7
	4-5	23,77	15	-	17,32	0,15	80,0	0,170	219	6
Введення № 1		3,43	5	-	10,000	0,15	80,0	0,08	89	4,5
Введення № 2	2-1	15,78	17	-	9,402	0,15	80,0	0,145	159	4,5
	2-2	4,23	5	-	8,530	0,15	80,0	0,088	89	4,5
	2-3	11,57	21	-	8,758	0,15	80,0	0,129	133	4,5
	2-4	2,24	3	-	8,722	0,15	80,0	0,069	89	4,5
	2-5	1,57	23	-	8,650	0,15	80,0	0,054	69	3,9
	2-6	0,75	32	-	8,390	0,15	80,0	0,046	57	3,5
	2-7	8,69	44	-	8,062	0,15	80,0	0,116	133	3,3
	2-8	2,86	15	-	7,546	0,15	80,0	0,076	76	3,0
	2-9	5,73	43	-	7,006	0,15	80,0	0,098	108	4,0
	2-10	0,01	10	-	5,548	0,15	80,0	0,009	25	2,5
	2-11	5,71	30	-	5,722	0,15	80,0	0,099	108	4,0
Введення № 3										
	3-1	0,008	24	-	6,521	0,15	80,0	0,002	17	2,3
	3-2	0,01	28	-	7,612	0,15	80,0	0,009	25	2,5
	3-3	2,93	43	-	8,196	0,15	80,0	0,077	76	3,0
	3-4	0,01	10	-	6,618	0,15	80,0	0,009	25	2,5
	3-5	2,92	33	5,634	6,792	0,15	80,0	0,076	76	3,0
	3-6	4,2	15	-	7,464	0,15	80,0	0,088	89	4,5
3-7	4,6	52	-	7,486	0,15	80,0	0,091	108	4,0	

Продовження таблиці 1.5

Введення № 4		1	2	3	4	5	6	7	8	9
	4-1	23,68	18,	-	10,000	0,15	80,0	0,169	159	4,5
	4-2	4,1	23	-	7,766	0,15	80,0	0,087	89	4,5
	4-3	19,9	22	-	8,552	0,15	80,0	0,158	159	4,5
	4-4	0,75	33	-	7,296	0,15	80,0	0,046	59	4,5
	4-6	4,2	5	-	7,482	0,15	80,0	0,088	89	4,5
	4-7	14,56	60	-	7,668	0,15	80,0	0,141	159	4,5
	4-8	4,68	10	-	6,048	0,15	80,0	0,091	108	4,0
	4-9	9,89	10	-	6,180	0,15	80,0	0,122	133	4,5
	4-10	0,01	10	-	5,66	0,15	80,0	0,009	32	3,0
	4-11	9,87	27	-	5,840	0,15	80,0	0,121	133	4,5
	4-12	5,68	7	-	5,214	0,15	80,0	0,098	108	4,0
	4-13	4,19	15	5,218	5,400	0,15	80,0	0,088	108	4,0

Продовження таблиці 1.5

Ділянка мережі		Встановлені на трасі елементи											$\sum_1^n n_i \xi_i$	
		Засувки			Трійники			Повороти = 90°			Компенсатори			
		число	ξ_1	$n_1 \xi_1$	число	ξ_2	$n_2 \xi_2$	число	ξ_3	$n_3 \xi_3$	число	ξ_4		$n_4 \xi_4$
		n_1			n_2			n_3			n_4			
		10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Магістраль	1-4	2	0,5	1,0	2	2,5	5,0	6	0,7	4,2	3	7,3	21,8	32
	4-5	2	0,5	1,0	1	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	3,5
Введення № 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Введення № 2	2-1	1	0,5	0,5	1	2,5	2,5	2	0,7	1,4	-	-	-	4,4
	2-2	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-3	-	-	-	1	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	2,5
	2-4	1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
	2-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-6	2	0,5	1	-	-	-	1	0,7	0,7	-	-	-	1,7
	2-7	-	-	-	1	2,5	2,5	-	-	-	1	7,0	7,0	9,5
	2-8	2	0,5	1	-	-	-	1	0,7	0,7	-	-	-	1,7
	2-9	-	-	-	1	2,5	2,5	-	-	-	1	7,0	7,0	9,5
	2-10	1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
	2-11	1	0,5	0,5	1	2,5	2,5	1	0,7	0,7	-	-	-	3,7
Введення № 3	3-1	1	0,5	0,5	1	2,5	2,5	1	0,7	0,7	1	7,0	7,0	10,7
	3-2	1	0,5	0,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,5
	3-3	-	-	-	1	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	2,5
	3-4	-	-	-	1	2,5	2,5	1	0,7	0,7	1	7,0	7,0	10,2
	3-5	-	-	-	1	2,5	2,5	1	0,7	0,7	-	-	-	3,2
	3-6	1	0,5	0,5	1	2,5	2,5	-	-	-	-	-	-	3,0
	3-7	1	0,5	0,5	1	2,5	2,5	1	0,7	0,7	-	-	-	3,7

Продовження таблиці 1.5

Ділянка мережі		Відстані між мертвими опорами L , м	Розрахункове подовження компенсатора ΔX_n , мм	Розміри компенсатора H/B , м/м	Довжина вильотів всіх компенсаторов l_k м	Еквівалент на довжина місцевих опорів, м	Приведена довжина ділянки, м	Питомі лінійні втрати тиску R_l , Па/м	Падіння тиску на ділянці		Найвищий-й тиск в кінці ділянки ΔH , м вод. ст.
									ΔP , Па	ΔH , м вод.ст.	
		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Магіс траль	1-4	66	70,95	4,0/3,5	24	3,58	1059	41,28	43715	4,68	17,32
	4-5	-	-	-	-	29,7	89,4	30,0	2682	0,288	170,32
	1-1	-	-	-	-	9,0	28	93,55	2620	0,280	-
Введення № 1		-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Введення № 2	2-2	-	-	-	-	2,6	15,2	139,8	2124	0,228	-
	2-3	-	-	-	-	11,3	64,6	100,4	6486	0,696	1,34
	2-4	-	-	-	-	1,3	73	39,0	336	0,036	-
	2-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-6	-	-	-	-	2,4	68,8	50	3440	0,368	-
	2-7	44	80	4,0/3,5	8	42,9	189,8	56,7	9854	1,056	2,396
	2-8	-	-	-	-	3,7	37,4	128,7	4814	0,516	-
	2-9	43	70	4,0/3,5	8	32,4	166,8	79,4	1974	1,284	3,68
	2-10	-	-	-	-	0,2	20,4	80	1632	0,174	-
2-11	-	-	-	-	12,6	85,2	79,0	6730	0,722	4,402	
Введення № 3	3-1	35	65	4,0/3,5	8	48,3	166,6	101	16826	1,804	-
	3-2	-	-	-	-	0,2	56,4	80	4512	0,584	-
	3-3	43	70	4,0/3,5	8	5,5	97,0	135	13096	1,404	3,208
	3-4	-	-	-	-	0,2	20,4	80	1632	0,174	-
	3-5	-	-	-	-	7,0	80	135	10800	1,158	4,366
	3-6	-	-	-	-	7,7	45,4	150,4	6828	0,732	-
	3-7	-	-	-	-	12,6	129,2	51,24	6620	0,710	-

Продовження таблиці 1.5

		23	24	25	26	27	28	29	30	31	32
Введення № 4	4-1	-	-	-	-	23,8	83,6	161,5	13140	1,448	-
	4-2	-	-	-	-	4,9	55,8	131,3	7328	0,786	-
	4-3	-	-	-	-	14,2	72,4	114	8254	0,884	2,332
	4-4	-	-	-	-	0,7	67,4	51,6	3478	0,372	-
	4-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	4-6	-	-	-	-	1,3	12,6	137,8	1736	0,186	-
	4-7	60	105	4,0/3,5	8	53,8	227,6	61,0	13884	1,488	3,78
	4-8	-	-	-	-	1,7	23,4	53,0	1240	0,132	-
	4-9	-	-	-	-	11,3	42,6	73,4	3126	0,340	4,12
	4-10	-	-	-	-	0,3	20,6	80	1648	0,180	-
	4-11	-	-	-	-	0,3	54,6	73,1	3992	0,440	4,56
	4-12	-	-	-	-	4,1	22,2	78,1	1734	0,186	-
	4-13	-	-	-	-	4,1	38,2	42,6	1628	0,182	4,782

1.15 Розрахунок мереж гарячого водопостачання

Розрахунок внутрішньоквартальних мереж ГВП виконаний по аналогічній методиці. Результати розрахунку наведені в таблиці 1.6. Максимальний гідравлічний опір 0,91 м вод. ст. має введення №2.

За результатами гідравлічного розрахунку вибираються підвищуючі насоси ГВП.

Таблиця 1.6 - Зведена таблиця гідравлічного розрахунку внутрішньоквартальних мереж ГВП

Ділянка мережі	Витрата води на ділянці G , кг/с	Довжина ділянки по генплану l_0 , м	Наявний тиск на початку ділянки		Орієнтовні місцеві опори α	Орієнтовні питомі лінійні втрати тиску R'_l , Па/м	Орієнтовний внутрішній діаметр труби $d'_в$, м	Стандартні труби		
			ΔP_p , Па	ΔH_p , м вод. ст.				діаметр внутр. $d_{вн}$, мм	товщина стінки δ , мм	
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
Введення № 1	0,1	5	-	-	0,15	80	0,02	32	-	
Введення № 2	2-1	1,87	17	-	-	0,15	80	0,064	65	-
	2-2	0,53	5	-	-	0,15	80	0,04	50	-
	2-3	1,34	21	-	-	0,15	80	0,056	65	-
	2-4	0,18	3	-	-	0,15	80	0,026	32	-
	2-6	0,07	32	-	-	0,15	80	0,019	32	-
	2-7	1,09	44	-	-	0,15	80	0,052	50	-
	2-8	0,42	15	-	-	0,15	80	0,036	40	-
	2-9	0,67	43	-	-	0,15	80	0,043	50	-
	2-10	-	-	-	-	0,15	80	-	-	-
	2-11	0,67	30	-	-	0,15	80	0,043	50	-
								-	-	
Введення № 3	3-1	1,91	35	-	-	0,15	80	0,064	65	-
	3-2	-	-	-	-	0,15	80	-	-	-
	3-3	0,74	43	-	-	0,15	80	0,045	50	-
	3-4	-	-	-	-	0,15	80	-	-	-
	3-5	0,74	33	-	-	0,15	80	0,045	50	-
	3-6	0,64	15	-	-	0,15	80	0,042	50	-
	3-7	0,55	52	-	-	0,15	80	0,04	50	-

Продовження таблиці 1.6

Ділянка мережі	Відстані між мертвими опорами L , м	Розрахункове подовження компенсатора ΔX_n , мм	Розміри компенсатора H/B , м/м	Довжина вильотів всіх компенсаторів l_k м	Еквівалент на довжина місцевих опорів, м	Приведена довжина ділянки, м	Питомі лінійні втрати тиску R_l , Па/м	Падіння тиску на ділянці		Наявний тиск в кінці ділянки ΔH , м вод. ст.	
								ΔP , Па	ΔH , м вод.ст.		
	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
Введення №1	-	-	-	-	-	5,0	9,7	48,5	0,005	-	
Введення № 2	2-1	-	-	-	-	3,5	20,5	81,3	1666,7	0,1	-
	2-2	-	-	-	-	-	5,0	25,7	128,5	0,008	-
	2-3	-	-	-	-	5,0	26	41,8	1086,8	0,07	0,17
	2-4	-	-	-	-	0,4	3,4	49,8	169,3	0,01	-
	2-5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-6	-	-	-	-	1,34	33,34	77,8	2593,9	0,16	-
	2-7	44	60	4,0/3,5	8	13,8	65,8	109,5	7205,1	0,44	0,61
	2-8	-	-	-	-	1,9	16,9	53,5	904,2	0,06	-
	2-9	43	58	4,0/3,5	8	7,5	58,5	41,4	2422	0,15	0,76
	2-10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	2-11	-	-	-	-	5,4	33,4	41,4	1465,6	0,15	0,91
Введення № 3											
	3-1	35	47	4,0/3,5	8	21,4	64,4	84,8	5461,2	0,34	-
	3-2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-3	-	-	-	-	3,6	46,6	50,6	2358	0,15	0,49
	3-4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	3-5	-	-	-	-	2,9	35,9	50,6	1816,5	0,11	0,60
	3-6	-	-	-	-	5,2	20,2	37,7	761,6	0,05	-
3-7	-	-	-	-	5,4	57,4	23,7	1475,2	0,09	0,69	

2 РОЗРАХУНОК І ВИБІР УСТАТКУВАННЯ ЦТП

2.1 Розрахункові теплові потоки

Опалювальний період

Максимальний тепловий потік на опалювання, МВт(Гкал/год.)

$$Q_0^{max} = 5,73(4,93)$$

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання, МВт(Гкал/год.)

$$Q_{г.в.}^{max} = 1,54(1,32)$$

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання, МВт(Гкал/год.)

$$Q_{г.в.}^{сер} = \frac{Q_{г.в.}^{max}}{2,4} = 0,64(0,55)$$

Сумарний максимальний тепловий потік, МВт(Гкал/год.)

$$\sum Q^{max} = Q_0^{max} + Q_{г.в.}^{max} = 7,25(6,25)$$

Перехідний період (+4 °С)

Максимальний тепловий потік на опалювання, МВт(Гкал/год.)

$$Q_o^{пер} = \sum Q_{o+г.в.}^{max} \cdot \bar{Q}$$

$$Q_o^{nep} = 5,73(4,93) \cdot \frac{4}{26} = 0,882(0,760)$$

Сумарний максимальний, МВт(Гкал/год.)

$$\sum Q^{nep} = Q_o^{nep} + Q_{z.v.}^{max} = 2,422(2,07)$$

2.2 Розрахункові витрати мережної води

Опалювальний період

Максимальна витрата мережної води на опалювання, м³/год.(кг/с)

$$G_o^{max} \frac{Q_o}{(\tau_1 - \tau_2)} = \frac{4930}{150 - 70} = 62(17,09)$$

Максимальна витрата на гаряче водопостачання, м³/год.(кг/с)

$$G_{h_3}^{max} = \frac{0,55 \cdot Q_{z.v.}}{\tau_1' - \tau_2'}$$

$$G_{h_3}^{max} = \frac{0,55 \cdot 1320}{70 - 42} = 26,0(7,22)$$

Середня витрата на гаряче водопостачання, м³/год.(кг/с)

$$G_{z.v.}^{сеп} = \tau \frac{Q_{z.v.}^{сеп}}{\tau_1 - \tau_2} \cdot \left(\frac{55 - t'}{55 - t} + 0,2 \right)$$

$$G_{з.в.}^{сер} = \frac{550}{70-42} \cdot \left(\frac{55-30}{55-5} + 0,2 \right) = 14,0(3,9)$$

Сумарна максимальна, м³/год.(кг/с)

$$\sum G = 62 + 1,2 \cdot 14,0 = 79(21,94)$$

Перехідний період

Максимальна витрата на опалювання, м³/год.(кг/с)

$$G_o^{nep} = \frac{760000}{69,5 - 41,5} = 27,2(19,5)$$

Сумарна максимальна, м³/год.(кг/с)

$$\sum G_d^{nep} = 27,2 + 1,2 \cdot 14,0 = 44(12,2)$$

Неопалювальний період

Максимальна витрата на гаряче водопостачання

$$G_d^s = \beta \cdot G_{з.в.}^{\max} = 0,8 \cdot 33 = 26$$

де

$$G_{з.в.}^{\max} = \frac{Q_{з.в.}^{\max}}{\tau_1 - \tau_2} = \frac{1320}{70 - 30} = 33$$

2.3 Витрати води у внутрішньоквартальних мережах ГВП

В системі ГВП

Розрахункова витрата води в системі гарячого водопостачання, м³/год.

$$G_{з.в.}^{max} = \frac{1320}{55 - 2} = 26$$

Витрата циркуляційної води в системі гарячого водопостачання, м³/год.

$$G_{ц} = 20\% \cdot G_{з.в.}^{max} = 0,2 \cdot 26 = 5,2$$

В системі опалювання

Зимовий період, м³/год.

$$G_o^{max} = \frac{4930}{95 - 70} = 197,2$$

Перехідний період, м³/год.

$$G_o^{nep} = \frac{760}{50,2 - 41,5} = 87,4$$

2.4 Розрахунок продуктивності насосів

Насоси опалювання

Опалювальний період

Коефіцієнт змішення

$$U = \frac{150 - 95}{95 - 70} = 2,2$$

Витрата мережної води, м³/год.

$$G_o^{\max} = 62$$

Кількість підмішуваної води, м³/год.

$$G_n = G_o \cdot U = 62 \cdot 2,2 = 136,4$$

Продуктивність насосів, м³/год.

$$G = 1,1 \cdot G_o^{\max} \cdot (1 + U) = 1,1 \cdot 62 \cdot 3,2 = 220$$

Кількість зворотної води з системи опалювання на I ступінь теплообмінника, м³/год.

$$G_o^I = 220 - 136 = 84$$

Перехідний період

Коефіцієнт змішення

$$U = \frac{69,5 - 50,2}{50,2 - 41,5} = 2,2$$

Витрата мережної води, м³/год.

$$G_o^{nep} = 27,2$$

Кількість підмішуваної води, м³/год.

$$G_n = 27,2 \cdot 2,2 = 60$$

Продуктивність насосів, м³/год.

$$G = 1,1 \cdot G_o^{nep} \cdot (1 + U)$$

$$G = 1,1 \cdot 27,2 \cdot 3,2 = 96$$

Кількість зворотної води з системи опалювання на I рівень теплообмінника, м³/год.

$$G_o^I = 96 - 60 = 36$$

Підвищувальні насоси

Продуктивність, м³/год.

$$G_{z.v.} = \frac{Q_{z.v.}^{max}}{t_2 - t_c} = \frac{1320}{55 - 5} = 26$$

Геометрична висота подачі води, м

$$H_g = 17$$

Максимальна втрата тиску в подаючому та циркуляційному трубопроводі на розрахунковій (найбільш протяжній) ділянці, м вод. ст.

$$\Delta H_i = 0,91 \cdot 2 = 1,82$$

Вільний напір (нормований) у санітарно-технічного прибору, м

$$H_f = 3$$

Найменший гарантований тиск в зовнішній водопровідній мережі, м

$$H_z = 10$$

Необхідний напір, що розвивається підвищувальною установкою, м

$$H_p = H_g + \sum H_i + H_f - H_z = 11,82$$

До установки прийняті наступні типи насосів:

- насоси опалювання: тип LP 100-125/130 виробництва фірми Грундфос, Швеція, продуктивність – 100 м³/год., тиск – 125 м вод. ст. (3 шт.)

- насоси підвищувальні системи ГВП з врахуванням втрат тиску в пластинчастому теплообміннику, трубопроводах і арматурі в межах ЦТП: тип LP 65-125/128, виробництва фірми Грундфос, Швеція, продуктивність – 65 м³/год., натиск – 125 м вод. ст. (2 шт.)

2.5 Розрахунок теплообмінника ГВП

Перехідний період

Температура води, що нагрівається, на вході в теплообмінник (I ступінь), °C

$$t_{x.v.} = 5$$

Температура води, що нагрівається, на виході з теплообмінника (II ступінь), °C

$$t_2 = 60$$

Температура води, що нагрівається, після першого рівня підігрівання, °C

$$t_2^I = 30$$

Температура гріючої води на вході в теплообмінник (II ступінь), °C

$$\tau_1 = 70$$

Температура гріючої води на вході в перший рівень підігрівання (температура зворотної води в системі опалювання), °C

$$\tau_o = 42$$

Загальна витрата води, що нагрівається, м³/год.

$$G_{x.в.} = \frac{1320}{60-5} = 24$$

Теплове навантаження на перший рівень підігрівання, Гкал/год.(МВт)

$$Q^I = 0,24 \cdot 25 = 0,600(0,7)$$

Теплове навантаження на другий рівень підігрівання, Гкал/год.(МВт)

$$Q^{II} = Q_{z.в.}^{\max} - Q^I = 1,320 - 0,600 = 0,720(0,835)$$

Витрата гріючої води на другий рівень підігрівання, м³/год.

$$Q_2^{II} = \frac{720}{70-42} = 26$$

Витрата гріючої води на перший рівень підігрівання з системи опалювання, м³/год.

$$G_o^I = 36$$

Загальна витрата гріючої води на перший рівень підігрівання, м³/год.

$$G_z^I = G_o^I + G_2^{II} = 36 + 26 = 62$$

Температура гріючої води на виході з теплообмінника (I ступінь), °С

$$T = 42 - \frac{600}{62} = 42 - 9,7 = 32,3$$

2.6 Розрахунок теплообмінника I ступені

Значення критерію Z

$$Z = \frac{G''}{G_{x.в.}} \cdot \left(\frac{K_{нак1} \cdot \Delta p_2}{K_{нак2} \cdot \Delta p_2} \right)^{0,571}$$

$$Z = \frac{26 \cdot 10^3}{24 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{1 \cdot 100 \cdot 10^3}{1 \cdot 50 \cdot 10^3} \right)^{0,571} = 1,25$$

Оскільки чисельне значення критерію $Z=1,25$ і лежить в інтервалі $0,5 < Z < 2,0$, до установки приймаємо теплообмінник симетричної компоновки.

Розрахунковий коефіцієнт теплової ефективності теплообмінника ϵ_p

$$\epsilon_p = \frac{3,6 \cdot Q'}{c \cdot W_m \cdot \Delta t}$$

$$\epsilon_p = \frac{3,6 \cdot 1,2 \cdot 10^6}{4,187 \cdot 45,4 \cdot 10^3 \cdot (42 - 5)} = 0,6$$

Відношення водяних еквівалентів

$$\bar{W} = \frac{G_{x.в.}}{G_z}$$

$$\bar{W} = \frac{24 \cdot 10^3}{26 \cdot 10^3} = 0,92$$

Середня температура $t_{сер}$ теплообмінних середовищ і коефіцієнт K_{ϕ} , що враховує відмінності фактичної середньої температури від еталонного значення $t_{\phi}=50$ °С

$$t_{сер} = \frac{t'_{z} + t_{x.в.} + \tau_o + T}{4}$$

$$t_{сер} = \frac{30 + 5 + 42 + 25,2}{4} = 25,55$$

$$K_{\phi} = 0,8$$

До установки приймаємо пластинчастий теплообмінник В57, фірми «Свеп» із значенням питомого параметра $\Phi_n = 1,67$.

Розрахункове значення питомого параметра Φ_n^p

$$\Phi_n^p = \beta \cdot K_{\phi} \cdot \Phi_n$$

$$\Phi_n^p = 0,85 \cdot 0,83 \cdot 1,67 = 1,17$$

Кількість ходів теплообмінника X

$$X = \frac{\sqrt{\bar{W}}}{\Phi_n^p \cdot (1 - \bar{W})} \cdot \ln \frac{1 - \bar{W} \cdot \varepsilon_p}{1 - \varepsilon_p}$$

$$X = \frac{\sqrt{0,92}}{1,17 \cdot (1 - 0,92)} \cdot \ln \frac{1 - 0,92 \cdot 0,6}{1 - 0,6} = 1,17$$

Приймаємо симетричну одноходову компоновку ($X=1$).

Визначаємо кількість паралельно працюючих каналів n . До установки приймається найбільша з отриманих величин

$$n = 1 + B \cdot G \cdot \left(\frac{X \cdot K_{\text{нак}}}{\Delta p} \right) = 1 + 90 \cdot 24 \cdot \left[\frac{1,17 \cdot 1}{50} \right] = 50,$$

Розрахункова поверхня нагріву F , m^2

$$F = (2 \cdot X \cdot n - 1) \cdot F_1$$

$$F = (2 \cdot 1,17 \cdot 50 - 1) \cdot 0,1 = 11,6$$

Фактичний коефіцієнт теплової ефективності теплообмінника ϵ_ϕ

$$\epsilon_\phi = \frac{1 - \exp \left[- \frac{\Phi^p \cdot X}{\sqrt{\bar{W}}} \cdot (1 - \bar{W}) \right]}{1 - \bar{W} \cdot \exp \left[- \frac{\Phi^p \cdot X}{\sqrt{\bar{W}}} \cdot (1 - \bar{W}) \right]}$$

$$\epsilon_\phi = \frac{1 - \exp \left[- \frac{1,178 \cdot 1,17}{\sqrt{0,92}} \cdot (1 - 0,92) \right]}{1 - 0,92 \cdot \exp \left[- \frac{1,178 \cdot 1,17}{\sqrt{0,92}} \cdot (1 - 0,92) \right]} = 0,624$$

Фактична теплопродуктивність теплообмінника Q' , Вт

$$Q'_{\phi} = \varepsilon_{\phi} \cdot \frac{c}{3,6} \cdot G''_{\varepsilon} \cdot \Delta t$$

$$Q'_{\phi} = 0,624 \cdot \frac{4,187}{3,6} \cdot 26,0 \cdot 10^3 \cdot (42 - 5) = 0,69 \cdot 10^6$$

Фактична температура води, що нагрівається, на виході з теплообмінника I ступені t^{ϕ}_{ε} , °C

$$t^{\phi}_{\varepsilon} = t_{x.v.} + \frac{3,6 \cdot Q'_{\phi}}{c \cdot G_{x.v.}}$$

$$t^{\phi}_{\varepsilon} = 5 + \frac{3,6 \cdot 0,7 \cdot 10^6}{4,187 \cdot 24 \cdot 10^3} = 29,7$$

2.7 Розрахунок теплообмінника II ступені

Значення критерію Z

$$Z = \frac{G''_{\varepsilon}}{G_{x.v.}} \cdot \left(\frac{K_{нак1} \cdot \Delta p_2}{K_{нак2} \cdot \Delta p_2} \right)^{0,571}$$

$$Z = \frac{26 \cdot 10^3}{24 \cdot 10^3} \cdot \left(\frac{1 \cdot 100 \cdot 10^3}{2 \cdot 50 \cdot 10^3} \right)^{0,571} = 1,08$$

Оскільки чисельне значення критерію $Z=1,08$ і лежить в інтервалі $0,5 < Z < 2,0$, до установки приймаємо теплообмінник симетричної компоновки.

Розрахунковий коефіцієнт теплової ефективності теплообмінника ϵ_p

$$\epsilon_p = \frac{3,6 \cdot Q''}{c \cdot W_m \cdot \Delta t}$$

$$\epsilon_p = \frac{3,6 \cdot 0,82 \cdot 10^6}{4,187 \cdot 26 \cdot 10^3 \cdot (70 - 30)} = 0,69$$

Відношення водяних еквівалентів \bar{W}

$$\bar{W} = \frac{G_{x.g.}}{G_z}$$

$$\bar{W} = \frac{24 \cdot 10^3}{26 \cdot 10^3} = 0,92$$

Середня температура теплообмінюючих середовищ і коефіцієнт K_ϕ °C

$$t_{сер} = \frac{\tau + \tau_o + t'_2 + t_2}{4}$$

$$t_{сер} = \frac{70 + 42 + 30 + 60}{4} = 50,5$$

$$K_\phi = 1,04$$

Розрахункове значення питомого параметра Φ_n^p

$$\Phi_n^p = \beta \cdot K_\phi \cdot \Phi_n$$

$$\Phi_n^p = 0,8 \cdot 1,03 \cdot 1,67 = 1,4$$

Кількість ходів теплообмінника X , шт.

$$X = \frac{\sqrt{\bar{W}}}{\Phi_n^p \cdot (1 - \bar{W})} \cdot \ln \frac{1 - \bar{W} \cdot \varepsilon_p}{1 - \varepsilon_p}$$

$$X = \frac{\sqrt{0,92}}{1,4 \cdot (1 - 0,92)} \ln \frac{1 - 0,92 \cdot 0,69}{1 - 0,69} = 1,27$$

Приймаємо одноходовий симетричний теплообмінник, $X=1$.

Визначаємо кількість паралельно працюючих каналів, шт.

$$n = 1 + B \cdot G \cdot \left(\frac{X \cdot K_{\text{нак}}}{\Delta p} \right)$$

$$n = 1 + 90 \cdot 24 \cdot \left[\frac{1,17 \cdot 1}{50} \right] = 50$$

До подальшого розрахунку приймаємо $n=50$ каналів.

Розрахункова поверхня нагріву F , м²

$$F = (2 \cdot X \cdot n - 1) \cdot F_1$$

$$F = (2 \cdot 1,27 \cdot 50 - 1) \cdot 0,1 = 12,6$$

Сумарна площа поверхні нагріву теплообмінника, м²

$$F = F_{Icm} + F_{IIcm} = 10 + 12,6 = 22,6$$

До установки приймається шестиштуцерний двохступінчастий пластинчастий теплообмінник В-57 фірми «Свеп» (Швеція) з площею поверхні нагріву – 21,84 м².

2.8 Характеристика устаткування ЦТП. Блок водопідігрівачів

Розрахунок поверхні нагріву виконаний при температурі води в подаючому трубопроводі теплової мережі, відповідній точці зламу графіка температур води – 70 °С.

Блок водопідігрівачів складається з 2-х пластинчастих теплообмінників В 57, фірми "Свеп" (Швеція).

Схема під'єднання – змішана двоступінчаста.

Первинне підігрівання вихідної води (5 °С) до температури 30 °С здійснюється в підігрівачі I рівня за рахунок використання теплоти зворотної води з системи опалювання та теплоти теплоносія після II рівня підігрівання. Догрів нагріваючої води до необхідної температури (60 °С) здійснюється в підігрівачі II рівня за рахунок теплоти первинного теплоносія.

Постійна температура гарячої води підтримується регулювальником температури VF-2 з електроприводом AMV-423, фірми "Данфос", через погодний компенсатор ECL-9600 фірми "Данфос".

Клапан встановлюється на первинному теплоносії перед теплообмінником.

Регулювання здійснюється шляхом зміни витрати мережевої води.

Розрахунок поверхні нагріву пластинчастого теплообмінника проведений при параметрах теплоносія, відповідних точці зламу графіка температур.

Розрахункові параметри пластинчастого теплообмінника В-57 (фірма "Свеп"), І рівень, наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові параметри теплообмінника В-57 (І рівень)

Параметри	Одиниця виміру	Сторона 1	Сторона 2
1	2	3	4
Назва середовища		Вода	Вода
Довідкова температура	°С	30,55	17,50
Число Рейнольдса		1823	1245
Середня температура стінки	°С	25,23	23,56
Перепад тиску в з'єднаннях	кПа	6,6	5,5
Швидкість в з'єднаннях	м/с	3,4	3,1
Швидкість в каналах	м/с	0,4	0,3
Розподіл напруги	Па	64,7	58,4
Вимоги до режиму			
Вхідна температура	°С	42,5	5,0
Вихідна температура	°С	19,1	30
Витрата	кг/с	12,874	11,758
Максимальний перепад тиску	кПа	50	100
Фізичні дані			
В'язкість	м ² /с	0,791	1,073
В'язкість кінематична	м ² /с	0,888	0,923
Щільність	м ² /с	994,2	998,1
Теплопровідність	Вт/(м·°С)	0,619	0,601

Продовження таблиці 2.1

	1	2	3	4
Теплообмінник				
Теплове навантаження		кВт	1232,8	
Загальна площа теплопередачі		м ²	24,42	
Розрахункове падіння тиску		кПа	51,5	
Кількість каналів			75	
Діаметр з'єднання		мм	70	
Загальна кількість пластин			150	
Запас по поверхні		%	40	
Коефіцієнт забруднення			0,073	

Розрахункові параметри пластинчастого теплообмінника В-57 (фірма "Свеп"), II рівень, наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахункові параметри теплообмінника В-57

Параметри	Одиниця виміри	Сторона 1	Сторона 2
1	2	3	4
Назва середовища		Вода	Вода
Довідкова температура	°С	56	45
Число Рейнольдса		2862	2248
Середня температура стінки	°С	51,52	49,87
Перепад тиску в з'єднаннях	кПа	6,5	5,6
Швидкість в з'єднаннях	м/с	3,3	3,1
Швидкість в каналах	м/с	0,4	0,3
Розподіл напруги	Па	59,7	53,9
Вимоги до режиму			
Вхідна температура	°С	70	30

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Вихідна температура	°С	42	60
Витрата	кг/с	12,650	11,804
Максимальний перепад тиску	кПа	50	100
Фізичні дані			
В'язкість	м ² /с	0,495	0,596
В'язкість кінематична	м ² /с	0,532	0,547
Щільність	кг/м ³	984,1	988,9
Теплопровідність	Вт/(м·°С)	0,648	0,636
Теплообмінник			
Теплове навантаження	кВт	1478,2	
Загальна площа теплопередачі	м ²	24,42	
Розрахункове падіння тиску	кПа	47,9	кПа
Кількість каналів		75	
Діаметр з'єднання	мм	70	мм
Загальна кількість пластин		150	
Запас по поверхні	%	15	
Коефіцієнт забруднення		0,023	
Фізичні дані			
В'язкість	м ² /с	0,495	0,596
В'язкість кінематична	м ² /с	0,532	0,547
Щільність	кг/м ³	984,1	988,9
Теплопровідність	Вт/(м·°С)	0,648	0,636
Теплообмінник			
Теплове навантаження	кВт	1478,2	
Загальна площа теплопередачі	м ²	24,42	
Розрахункове падіння тиску	кПа	47,9	кПа

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Кількість каналів		75	
Діаметр з'єднання	мм	70	мм
Загальна кількість пластин		150	
Запас по поверхні	%	15	
Коефіцієнт забруднення		0,023	

2.9 Блок насосів опалювання

Блок насосів опалювання обладнаний двома спеціальними одноступінчатими насосами IPh 80/140-4/2 (фірма "Вило"). Насос IPh 80/140-4/2 сухого ходу Inline-виконання для спеціальних режимів експлуатації для трубного монтажу блокового виконання, які здійснюються за рахунок безпосередньо приєднаного фланцями двигуна, має цілісний вал. Ущільнення валу ковзаючим торцевим ущільненням з самостійним охолодженням.

Схема підключення насосів паралельна. Насоси встановлюються на зворотній лінії системи опалювання перед вузлом змішування.

По продуктивності кожен насос розрахований на 50 % максимально-годинної витрати води в системі опалювання.

По тиску насоси розраховані на подолання опору розводящої і місцевої мережі найбільш видаленого споживача.

В опалювальний період насоси працюють в режимі "підмішування-підкачування".

Один з насосів є робочим, один – резервний.

У перехідний період насоси працюють в режимі "підмішування" один насос робочий, один – резервний.

Параметри насоса IPh 80/140-4/2 наведені в таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Параметри насоса IPh 80/140-4/2

Показник	Характеристика
1	2
Подача, м ³ /Год.	60
Тиск, м	10
Число обертів, 1/с	48,3
Корпус насоса	сталь 60 лита
Робоче колесо	СЧ 25
Діаметр робочого колеса, мм	140
Вал	X 5 Cr Ni Cu Nb 174
Ущільнення валу	графіт/хромокид/EPDM
Тип ущільнення	торцеве
Робоче середовище	вода
Мінімальна температура середовища, °С	-10
Максимальна температура середовища, °С	160
Робочий тиск (максимальний)	23
Сторона всмоктування, мм	80
Напірна сторона, мм	80
Вага, кг	117
Двигун	
Живлення	3×400 В/50 Гц
Номінальна потужність двигуна, кВт	4
Максимальне число обертів, 1/хв.	2900
Максимальний споживаний струм, А	8,7
Вигляд захисту	IP 55

2.10 Блок підвищувальних насосів

Блок підвищувальних насосів обладнаний 2 одноступінчастими центробіжними насосами IPh 50/200-9/2 G-12 (фірма "Вило") один з яких

резервний. Насос IPn 50/200-9/2 G-12 сухого ходу Inline-виконання для трубного і фундаментного монтажу. Безшумна і невібруюча компактна конструкція насоса за рахунок безпосередньо приєднаного фланцями двигуна трифазного струму, має цілісний вал із захисною втулкою та спеціальний упорний підшипник. З підпружиненим, працездатним (незалежно від напрямку обертання) ковзаючим торцевим ущільненням з примусовим обмиванням і робочим колесом, що знижує кавітацію от 11 кВт приводної потужності повного захиста двигуна через терморезистор.

По тиску насоси розраховані на подолання опору в подаючій магістралі внутрішньоквартальних мереж до самого видаленого споживача з врахуванням тиску вихідної води у водопроводі і вільного тиску у споживачів.

По продуктивності насоси розраховані на максимальну годинну витрату води на потреби гарячого водопостачання відповідно до СНіП 2.04.07-06 "Теплові мережі".

Параметри насоса IPn 50/200-9/2 G-12 наведені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Параметри насоса IPn 50/200-9/2 G-12

Показник	Характеристика
1	2
Подача	60
Тиск, м	10
Число обертів, 1/с	48,3
Корпус насоса	сталь 60 лита
Робоче колесо	СЧ 25
Діаметр робочого колеса, мм	140
Вал	
Ущільнення валу	графіт/хромокид/EPDM
Тип ущільнення	торцеве
Робоче середовище	вода

Продовження таблиці 2.4

1	2
Мінімальна температура середовища, °С	-10
Максимальна температура середовища, °С	160
Робочий тиск (максимальний)	23
Сторона всмоктування, мм	80
Напірна сторона, мм	80
Вага, кг	117
Двигун	
Живлення	3×400 В/50 Гц
Номінальна потужність двигуна, кВт	4
Максимальне число зворотів, 1/хв.	2900
Максимальний споживаний струм, А	8,7
Вигляд захисту	IP 55

Для зменшення втрат теплоти при транспортуванні гарячої води і для стабілізації гідравлічного режиму в системі гарячого водопостачання передбачена установка циркуляційного насоса TOP-Z-40/7, фірми "Вило".

2.11 Вузол змішування

Вузол змішування призначений для підтримки температурного режиму в системі опалювання залежно від метеоумов за рахунок регулювання витрати прямої мережевої води і витрати зворотної води з системи опалювання.

Управління вузлом змішування здійснюється електронним регулювальником ECL-9600, фірми "Данфос", через багатоканальний блок управління та сигналізації фірми "Данфос".

Виконавчий механізм – клапан регулюючий триходовий VF-3, діаметром 150 мм, з електроприводом AMV-523, фірми "Данфос".

У схему регулювання коефіцієнта підмішування окрім клапана входять ще насоси опалювання, що працюють в режимі "підмішування-підкачування".

Регулювання здійснюється по температурному графіку 95/70 °С.

3 АВТОМАТИЗАЦІЯ І КВП

3.1 Вибір основних параметрів контролю і регулювання

Відповідно до завдання в кваліфікаційній роботі розроблені технічні рішення по переводу автономної системи теплопостачання житлових будинків 3-х кварталів Вознесенівського району м. Запоріжжя на централізовану. Проєктом передбачається замість існуючої квартальної котельної приєднання опалювальних систем і систем гарячого водопостачання до мережі централізованого теплопостачання від районної котельної. Регулювання теплового навантаження на опалювання та підігрів гарячої води здійснюється в центральному тепловому пункті (ЦТП), розташованому в підвальному приміщенні житлового будинку по вул. Сталеварів 16. У ЦТП встановлюється блок пластинчастих підігрівачів для гарячого водопостачання і група насосів-змішувачів для регулювання відпустки теплоти на опалювання. Технологічна схема ЦТП і задіяне у неї основне та допоміжне устаткування повинні забезпечити споживачів тепловою енергією із заданими параметрами у необхідній кількості. Регулювання параметрів теплоносія і кількості теплової енергії, що відпускається, забезпечується засобами контролю та автоматичного регулювання.

У даній кваліфікаційній роботі як об'єкт автоматизації розглядається змішувальна мережна установка і установка гарячого водопостачання. Устаткування ЦТП забезпечує подачу розрахункової кількості теплоти і гарячої води споживачам та підтримку заданного температурного і гідравлічного режимів в мережі опалювання та гарячого водопостачання. До складу основного устаткування ЦТП входить блок пластинчастих водоводяних підігрівачів, насоси гарячої води і підмішуючі насоси опалювальної системи.

Для забезпечення нормального технологічного процесу підігрівання гарячої води і відпустки теплоти споживачам в установці проєктом передбачаються наступні системи автоматичного регулювання:

- автоматичне регулювання температури води, що подається в мережу гарячого водопостачання;
- автоматичне регулювання температури води в системі опалювання;
- автоматичне регулювання тиску води в мережі гарячого водопостачання;
- автоматичне регулювання тиску води в системі опалювання.

Окрім системи автоматичного регулювання проєктом передбачається установка необхідної кількості вимірювальних приладів в характерних точках теплової схеми для контролю параметрів теплоносіїв, зокрема, вимір температури, витрати і тиску. Функціональна схема автоматизації і контролю технологічних параметрів ЦТП представлена в графічній частині кваліфікаційної роботи.

3.2 Регулювання температури води в системі ГВП

Система регулювання температури води, що поступає в мережу гарячого водопостачання, забезпечує розрахункову температуру гарячої води у споживача протягом доби незалежно від режиму її вжитку. Сигнал по зміні температури гарячої води, що поступає в мережу до споживачів, від датчика температури води (поз. 18а) подається на електронний багатофункціональний програмований блок управління ECL-9600 фірми "Данфос" (поз. 3). Перетворений сигнал від блоку управління передається на привід виконавчого механізму регулюючого клапана VF-2 з електроприводом AMV-423, фірми "Данфос" (поз. 21а), який змінює витрату гріючого теплоносія на підігрівач ГВП.

3.3 Регулювання температури води в системі опалювання

Регулювання відпустки теплоти відбувається у вузлі змішення, який призначений для підтримки температурного режиму в системі опалювання

залежно від температури зовнішнього повітря за рахунок зміни витрати прямої мережевої води і витрати зворотної води з системи опалювання по лінії підмішування, тобто за рахунок зміни коефіцієнта змішування.

Управління вузлом змішування здійснюється електронним регулятором ECL-9600 фірми "Данфос". Управляючі сигнали на регулятор поступають від датчиків температури води, що подається в мережу (поз. 22а) і температури зовнішнього повітря (поз. 19а).

Сигнал від регулятора поступає на виконавчий механізм регулюючого триходового клапана типа VF-3, діаметром 150 мм, з електроприводом AMV-523, фірми "Данфос" (поз. 20а).

У схему регулювання коефіцієнта підмішування, окрім клапана входять три циркуляційні насоси, що працюють в режимі "підмішування-підкачування".

Регулювання здійснюється по температурному графіку 95/70 °С.

3.4 Регулювання тиску в мережі гарячого водопостачання

Основним фактором, що впливає на зміну тиску в мережі ГВП є зміна кількості споживаної гарячої води залежно від добового графіка водорозбору.

Підтримка заданого тиску у вихідному колекторі ГВП при збільшенні витрату гарячої води і пониженні тиску здійснюється гідравлічним регулятором з сільфонним приводом «після себе» типа РД-3А (поз. 28). При недостатньому тиску в мережі ГВП замикаються контакти електроконтактного манометра (поз. 4) і автоматично включається підвищувальний насос.

3.5 Регулювання тиску в системі опалювання

Підтримка заданого перепаду тиску в системі опалювання здійснюється за допомогою диференціального регулятора постійності витрати і перепаду тиску прямої дії (поз. 27) типа IVD-IVF/AFP фірми «Данфос» з мембранним

приводом шляхом зміни витрати первинного теплоносія з центральної теплової мережі.

3.6 Прилади контролю. Вимір температури

В межах установки ГВП і мережної установки температура вимірюється в наступних точках:

- у вхідному і вихідному колекторі теплової мережі;
- у трубопроводі холодної та гарячої води;
- у подаючому трубопроводі квартальної мережі опалення;
- температура зовнішнього повітря.

Для виміру температури передбачаються термометри технічні скляні загального призначення (установка по місцю) і термоперетворювачі типа ТСП з дистанційною передачею сигналів на тепловий щит.

Вторинним вимірювальним приладом для виміру температури теплоносія є автоматичний багатоканальний блок управління і сигналізації ECL-9600 фірми "Данфос" (поз. 3).

3.7 Вимір тиску

В межах підігрівача установки тиск вимірюється в наступних точках:

- на вхідному і вихідному колекторі теплової мережі;
- на всмоктуючому і нагнітальному колекторі насосів;
- на вході і виході підігрівачів.

Для виміру тиску використовуються манометри технічні загального призначення, які встановлюються по місцю і манометри електроконтактні типа ЕКМ.

3.8 Вимір витрати

У технологічній схемі теплового пункту передбачений вимір витрати наступних потоків:

- витрати води, що подається в мережу гарячого водопостачання;
- витрати води в прямому і зворотному трубопроводі зовнішньої теплової мережі;
- витрати теплоти на підігрівання гарячої води;
- сумарна витрата теплоти на тепловий пункт для опалювання і ГВП.

Витратоміри входять в комплект теплотічильників, що включають:

- вимірювальні пристрої – камерні діафрагми (позиції 1в, 1г, 2в);
- термометровувачі опору ТСП 1088 (позиції 1а, 1б, 2а, 2б).

Для виміру кількості теплоти, споживаної з теплової мережі на опалювання і ГВП встановлюються теплотічильники типу "Sharky" (поз. 1, 2).

3.9 Управління і сигналізація

Для управління електродвигунами насосів і електрифікованих засувок використовується пускова апаратура – кнопки і ключі управління.

Схемою передбачається аварійне включення резервного насоса при відключенні робочого або падінні тиску води в трубопроводі.

Перелік приладів і засобів автоматизації та сигналізації, їх технічні характеристики наведені в специфікації Додатку Б.

ВИСНОВКИ

Відповідно до теми і завдання кваліфікаційної роботи розроблені технічні рішення по теплопостачанню житлових будинків кварталів центральної частини Вознесенівського району м. Запоріжжя у зв'язку із закриттям квартальної опалювальної котельної. Проєктом передбачається здійснювати теплопостачання цієї групи будівель від центрального теплового пункту (ЦТП), обладнаного в цокольному приміщенні житлового будинку по вул. Сталеварів 16. Необхідність такої схеми викликана особливостями гідравлічного режиму теплових мереж району.

Запроєктований тепловий пункт входить до складу Вознесенівської філії концерну «Міські теплові мережі». Технологічний процес роботи теплового пункту повністю автоматизований, і тому, постійного цілодобового чергового персоналу не потребує.

У кваліфікаційній роботі виконаний розрахунок вжитку теплової енергії на потреби опалювання і гарячого водопостачання житлових будинків. Виконаний розрахунок і вибір основного та допоміжного устаткування ЦТП для режимів роботи устаткування в зимовий і літній періоди.

ПЕРЕЛІК ДЖЕРЕЛ ПОСИЛАНЬ

1. Крючков Є. М. Проектування систем теплопостачання: навчально-методичний посібник. – Запоріжжя : ЗДІА, 2010. 250 с.
2. Єнін П. М., Швачко Н. А. Теплопостачання : навчальний посібник для внз. – Київ : Кондор, 2007. 242 с.
3. Прядко М. О., Павелко В. І. Василенко С. М. Теплові мережі: навчальний посібник для внз. – Київ : Алерта, 2005. 227 с.
4. Бережнов І. О., Цветков В. В., Бережнов І. О. Теплогазопостачання міст: посібник для студентів вузів. – Київ : Вища школа, 2003. 216 с.
5. Соколов Е. Я. Теплофикация и тепловые сети: Учебник для вузов. – М. : Энергоиздат, 1982. 360 с.
6. Сафонов А. П. Сборник задач по теплофикации и тепловым сетям: Учеб. пособие для вузов. – М. : Энергоатомиздат, 1985. 232 с.
7. Мадорский Б. М., Шмидт В. А. Эксплуатация центральных тепловых пунктов, систем отопления и горячего водоснабжения. – М. : Стройиздат, 1971.
8. 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.
9. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей. / под ред. А. А. Николаева, М. : 1965.
10. Андреевский А. К. Отопление: Учеб. пособие для вузов. – Минск : Высш. школа, 1982. 432 с.
11. Каменев П. Н. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов. Отопление / П. Н. Каменев, А. Н. Сканава, В. Н. Богословский и др. / – М. : Стройиздат, 1975. 483 с.
12. Богословский В. Н. Отопление и вентиляция: Учебник для вузов / В. Н. Богословский, В. П. Щеглов, Н. Н. Разумов и др. – М.: Стройиздат, 1980. – 295 с.

13. Чистович С. А., Аверьянов В. К., Темпель Ю. Л. Автоматизированные системы теплоснабжения и отопления. – Л. : Стройиздат, 1987. 250 с.
14. Щекин Р. В., Березовский В. А., Потапов В. А. Расчет систем центрального отопления. – Киев : Вища школа, 1975. 215 с.
15. Рабинович Е. З. Гидравлика. – М. : Стройиздат, 1961. 408 с.
16. Бакластов А. М. Проектирование, монтаж и эксплуатация теплоиспользующих установок. – М. : Энергия. 1971.
17. Ионин А. А., Хлыбов Б. М., Братенков В. Н., Терлецкая Е. Н. Теплоснабжение. / Под ред. А.А. Ионина. – М. : Стройиздат, 1982. 336 с.
18. Кошаровский Б. Д. Автоматические приборы, регуляторы и управляющие машины. Справочное пособие. – М. : Машиностроение, 1973.
19. Сафонов А. П. Автоматизация систем централизованного теплоснабжения. – М. : Энергия, 1974.
20. Учет и контроль расхода энергоносителей и тепловой энергии: методы и приборы / Под ред. В. С. Кахановича. – М. : Энергия, 1980.
21. Нормы расчета элементов паровых котлов на прочность. – М. : Энергоиздат, 1988. 216 с.
22. Руководство по проектированию тепловых пунктов / ВГНИПИИ Атомтеплоэлектропроект Минэнерго СССР, МНИИТЭП ГлавАПУ Мосгорисполкома, ГПИ Сантехпроект Госстроя СССР. – М. : Стройиздат, 1983. 72 с.
23. ДБН В.2.5-39:2008 «Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Теплові мережі».
24. СНіП 2.04.14-88 «Теплова ізоляція обладнання і трубопроводів».
25. ДБН А.3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».
26. СНіП 2.04.07-08. Теплові мережі. – К. : Буд-во, 2008.
27. ДНАОП 0.00.1.08-04. Правила устройства и безопасной эксплуатации паровых и водогрейных котлов, – М. : Энергия, 2004.
28. Скрицкий Л. Г. Основы автоматики и автоматизации систем теплоснабжения и вентиляции. – М. : Стройиздат, 1968.

29. Чистович С. А. Автоматическое регулирование расхода тепла в системах теплоснабжения и отопления. – Л. : Стройиздат, 1975.
30. Автоматические приборы, регуляторы управляющие машины / Под ред. Б. Д. Кошарского. – Л. : Машиностроение, 1976. 880 с.
31. Беляев Г. Б., Кузицин В. Ф., Смирнов Н. И. Технические средства автоматизации в теплоэнергетике. – М. : Энергоиздат, 1982. 320 с.
32. Методические указания по разделу «Автоматизация производственных процессов» в дипломном проекте для студентов всех специальностей / Сост. В. В. Стопкевич. – Запорожье : ЗИИ, 1988. 40 с.
33. СНіП 2.09.02-06. Виробничі будівлі. Норми проектування. – К. : Будво, 2006.
34. ДНАОП 0.00.1.08-04. Правила устройства и безопасной эксплуатации трубопроводов пара и горячей воды. – М. : Энергия, 2004.
35. Центральный тепловой пункт мощностью 7,27 МВт. Рабочий проект. ПКБ ЗАО ГПТС. Запорожье, 2011.
36. Будівництво теплотраси від ТК-1 по вул. Сталеварів до ТК-8 по вул. Миру. Робочий проект. ЗАО ГПТС. ПКБ. – Запоріжжя : 2011.

ДОДАТКИ

Додаток А

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Кіл.	Примітка	
				<u>Документація</u>			
A1			ІННІ ТГЕ КРБ 26.001.02.01.001	Складальне креслення			
				<u>Складальні одиниці</u>			
		1	M10 BFG, F=21,84 м ²	Водопідігрівач пластин- частий	1		
		2	LP 100-125/130 Q=85 м ³ /год.	Насос змішувальний	3		
		3	LP 65-125/128 Q=37 м ³ /год.	Насос підвищувальний	2		
		4	VF3, d=150 мм,	Вузол змішувальний в комплекті з	1		
				клапаном регулюючим			
				триходовим			
			AMV 525	з електроприводом			
		5		Гребінка розподільна гарячого водопостачання	1	Компл.	
		6		Гребінка розподільна опалення	1	Компл.	
		7		Гребінка збірна (опалення)	1	Компл.	
		8		Гребінка збірна (циркуляц.)	1	Компл.	
		9		Установка водомірного вузла	1	Компл.	
				ІННІ ТГЕ КРБ 26. 001 02 01.001			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата			
Розробив		Балакіна			Літер.	Лист	Листів
Перевірив		Чижов			Д	1	2
					ЗНУ гр. ТЕ-18-1бз		
Н. контрол		Чижов					
Утвердил		Коваленко					

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Найменування	Їд.	Примітка	
		10		Установка теплогідильника мережної води (подаючий)	1	Компл.	
		11		Установка теплогідильника мережної води (зворотній)	1	Компл.	
		12		Установка теплогідильника опалення (подаючий)	1	Компл.	
		13		Установка теплогідильника опалення (зворотній)	1	Компл.	
		ВВ1	L=300м ³ /год., N=0,025 кВт	Вентилятор осьовий ВК-644	2		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дат а	ІННІ ТПЕ КРБ 26. 001 02 01.001		2

Додаток Б

Поз.	Найменування	Тип	Кіл.	При міт- ка
Перелік приладів і апаратури				
8...13	Термометр ртутний технічний	П-4-1-240-163	6	
	межі вимірів (0...200) °С			
1а, 1б, 2а, 2б	Термоперетворювач опору	ТСП-1088-5	7	
18а, 19а, 22а	платиновий			
1в, 1г, 2в	Діафрагма камерна	ДКС10-125	3	
3	Блок електронний програмований	ЕКЛ-9600	1	
	багатофункціональний фірми “Данфос”			
1, 2	Теплолічильник	СА-97-2	2	
20а	Клапан регулюючий триходовий з	VF-3	1	
	електроприводом AMV-523			
14...26	Манометр показуючий загального	МП 100-0,1	13	
	призначення, діапазон	1,0-1,6 МПа		
	вимірів від 0 до 1,6 МПа			
4,5,6,7	Манометр показуючий	ЕКМ-100-1,6	4	
	сигналізуючий, електроконтактний			
27	Клапан регулюючий диференціальний прямої дії фірми “Данфос”	IVD-IVF/AFP	1	
21а	Клапан регулюючий з ел. прив. AMV-423	VF-2	1	
28	Регулятор тиску прямої дії «після себе»	РД-3А	1	
ІННІ ТГЕ КРБ 26. 001 02 01.001				
Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата
Розробив	Балакіна			
Перевірив	Чижов			
Н. контрол	Чижов			
Затвердив	Коваленко			
		Реконструкція системи теплопостачання центральної частини Вознесенівсько району м. Запоріжжя		
		Літер.	Арк.	Арк уші в
		Д	1	1
		ЗНУ гр. ТЕ-18-1бз		