

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
«ПОЛТАВСЬКА ПОЛІТЕХНІКА  
ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА»  
КАФЕДРА ТЕПЛОГАЗОПОСТАЧАННЯ, ВЕНТИЛЯЦІЇ ТА ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

## Пояснювальна записка

до дипломного проекту  
бакалавра

на тему **ПРОЕКТУВАННЯ МАГІСТРАЛЬНИХ ТЕПЛОВИХ МЕРЕЖ  
ТЕЦ ДО ЖИТЛОВИХ МІКРОРАЙОНІВ МІСТА СУМИ**

Виконав: студент 2 курсу,  
групи 201пНТ  
спеціальності

144 Теплоенергетика

(шифр і назва напрямку підготовки, спеціальності)

**Гончаренко А.В.**

(прізвище та ініціали)

Керівник Череднікова О.В.

(прізвище та ініціали)

Рецензент \_\_\_\_\_

(прізвище та ініціали)

Зав.кафедрою Голік Ю.С.

(прізвище та ініціали)

Полтава 2021 року

**Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»**  
(повне найменування вищого навчального закладу)

Інститут, факультет, відділення навчально-науковий інститут нафти і газу

Кафедра, циклова комісія кафедра теплогазопостачання, вентиляції та теплоенергетики

Освітньо-кваліфікаційний рівень бакалаври

Напрямок підготовки \_\_\_\_\_  
(шифр і назва)

Спеціальність 144 «Теплоенергетика»  
(шифр і назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

**Завідувач кафедри, голова циклової комісії Голік Ю.С.**

\_\_\_\_\_ 20\_\_ року

**ЗАВДАННЯ  
НА ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ (РОБОТУ) СТУДЕНТУ**

Гончаренко Антон Вікторович  
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту (роботи) Проектування магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми

керівник проекту (роботи) Череднікова Олександра Володимирівна к.т.н.,  
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)  
затверджені наказом вищого навчального закладу №158 фа від "03" 03 2021 року

2. Строк подання студентом проекту (роботи) 15.06.2021р.

3. Вихідні дані до проекту (роботи) Схема генплану мікрорайону, місце розташування мікрорайону в м. Суми

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Визначення витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Побудова годинного графіку витрати тепла та графіку витрати тепла по тривалості. Побудова графіку регулювання температур теплової мережі. Визначення розрахункових витрат теплоносія. Гідравлічний розрахунок теплової мережі. Тепловий розрахунок. Підбір допоміжного обладнання. Енергозбереження. Економічна частина та охорона праці.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) Побудова годинного графіку витрати тепла та графіку витрати тепла по тривалості. Побудова графіку регулювання температур теплової мережі. Генплан з розташуванням теплової мережі. Монтажна

схема трубопроводів теплової мережі. Графік тиску в закритій тепловій мережі. Схема автоматизації центрального теплового пункту.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. Дата видачі завдання 03.04.2020р.

**КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН**

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту (роботи)	Строк виконання етапів проекту (роботи)	Примітка
1.	Визначення витрати тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання. Побудова годинного графіку витрати тепла та графіку витрати тепла по тривалості.	05.05.2020	
2.	Генплан з розташуванням теплової мережі. Монтажна схема трубопроводів теплової мережі.	11.05.2020	
3.	Побудова графіку регулювання температур теплової мережі. Визначення розрахункових витрат теплоносія.	17.05.2020	
4.	Гідравлічний розрахунок теплової мережі.	24.05.2020	
5.	Схема автоматизації центрального теплового пункту. Повздовжні розрізи по трасі теплової мережі.	31.05.2020	
6	Економічна частина та охорона праці.	14.06.2020	

Студент \_\_\_\_\_  
(підпис)

Гончаренко А.В.  
(прізвище та ініціали)

Керівник проекту (роботи) \_\_\_\_\_  
(підпис)

Череднікова О.В.  
(прізвище та ініціали)

# ЗМІСТ

## ВСТУП

### 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

- 1.1 Мета проекту
- 1.2 Основні кліматологічні дані місця будівництва
- 1.3 Характеристика житлового району міста

### 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

- 2.1 Визначення витрати теплоти на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання у мікрорайоні з відомою забудовою
- 2.2 Розрахунок витрат теплоти у мікрорайоні з невідомою забудовою
- 2.3 Побудова годинного графіку витрати теплоти
- 2.4 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря
- 2.5 Річні витрати теплоти
- 2.6 Режим регулювання теплової мережі
  - 2.6.1 Опалювальний графік температур теплоносія
  - 2.6.2 Підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі
- 2.7 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі
  - 2.9 Гідралічний розрахунок трубопроводів теплової мережі для відомої забудови
    - 2.9.1 Трасування теплової мережі
    - 2.9.2 Остаточний гідралічний розрахунок
  - 2.8 Гідралічний розрахунок трубопроводів теплової мережі для невідомої забудови
    - 2.8.1 Трасування теплової мережі
    - 2.8.2 Попередній гідралічний розрахунок
    - 2.8.3 Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі
    - 2.8.4 Остаточний гідралічний розрахунок
  - 2.9 Гідралічний розрахунок трубопроводів теплової мережі для відомої забудови
    - 2.9.1 Трасування теплової мережі
    - 2.9.2 Остаточний гідралічний розрахунок
- 2.10 Побудова графіку тиску в закритій тепловій мережі:
- 2.11 Тепловий розрахунок
- 2.12 Вибір будівельних конструкцій теплової мережі
  - 2.12.1 Розрахунок П-подібних компенсаторів
  - 2.12.2 Розрахунок сальникових компенсаторів
  - 2.12.3 Розрахунок ділянки самокомпенсації
- 2.13 Підбір мережних і підживлювальних насосів

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Розроб.		Гончаренко			«Проектування магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми»	Літ.	Арк.	Акрушів
Перевір.		Череднікова				Н	2	67
Н. Контр.		Голік Ю.С.				НУПП імені Юрія Кондратюка кафедра ТГВмат		
Зав каф..		Голік Ю.С.						

### **3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА**

- 3.1 Визначення вартості основного і допоміжного обладнання
- 3.2 Розрахунок економічного ефекту
- 3.3 Розрахунок терміну окупності

### **4 ОХОРОНА ПРАЦІ**

- 4.1 Завдання розділу
- 4.2 Характеристика умов праці
- 4.3 Заходи з техніки безпеки
- 4.4 Охорона навколишнього середовища

### **ВИСНОВОК**

### **ЛІТЕРАТУРА**

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						3
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## ВСТУП

Теплова мережа - система трубопроводів для транспортування і розподілу теплоносія (гарячої води або пари) при централізованому теплопостачанні. Розрізняють магістральні і розподільчі Т. с .; споживачі під'єднуються до розподільним Т. с. через відгалуження. За способом прокладки Т. с. підрозділяють на підземні та надземні. Надземна прокладка (на естакадах або спеціальних опорах) зазвичай здійснюється на територіях промислових підприємств і поза межами міста.

Температура теплоносія в Т. с. змінюється в широких межах; для компенсації температурних подовжень трубопроводів застосовують компенсатори - зазвичай гнучкі (П-подібні) для трубопроводів невеликого діаметру і осьові (сальникові і лінзові) для трубопроводів великого діаметру. Зниження теплових втрат в трубопроводах Т. с. досягається їх теплоізоляцією. У каналах і при надземному прокладанні для теплової ізоляції використовуються переважно вироби з мінеральної вати; при безканалній прокладці застосовують ізоляційні матеріали, що наносяться на трубопровід в заводських умовах (пінобетон, бітумоперліт і ін.), а також сипучі, що укладаються в траншею в процесі монтажу Т. с. (Наприклад, асфальтоізол). Теплова ізоляція використовується також для захисту зовнішньої поверхні теплопроводу від корозії.

Схеми магістральних Т. с. можуть бути радіальними (тупиковими) або кільцевими. Щоб уникнути перерв у постачанні теплом передбачається з'єднання отд. магістральних мереж між собою, а також пристрій перемичок між відгалудженнями. Об'єктом для розроблення дипломного проекту є житловий район міста. Необхідно виконати розрахунок магістральних теплових мереж житлового мікрорайону в місті Суми.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						4
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

## 1.1 Мета проекту

Завданням даного дипломного проекту є проектування магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми.

Метою проекту є:

- визначення витрат тепла на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання для відомої і невідомої забудов житлових мікрорайонів міста Суми;
- розробка генплану з розташуванням теплової мережі та монтажною схемою трубопроводів;
- побудова графіку регулювання температур теплової мережі, визначення витрат теплоносія, проведення гідравлічного розрахунку теплової мережі;
- розрахунок економічної частини та розгляд питання охорони праці;

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 1.2 Вибір кліматологічних даних

Для умов міста Суми згідно [2] кліматичними даними є:

- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення –  $t_{30} = -25^{\circ}\text{C}$ ;
- розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування вентиляції –  $t_{36} = -12^{\circ}\text{C}$ ;
- середню температуру зовнішнього повітря за опалювальний період –  $t_{\text{сеп}} = -2,5^{\circ}\text{C}$ ;
- тривалість опалювального періоду –  $n_{\text{оп}} = 195$  діб;
- тривалість стояння температур зовнішнього повітря (табл. 2.1):

Табл. 1.2.1 – Тривалість стояння температур зовнішнього повітря

Температура зовнішнього повітря $^{\circ}\text{C}$	-34,9...-30	-29,9...-25	-24,9...-20	-19,9...-15	-14,9...-10	-9,9...-5	-4,9...-0	0,1...+5	+5,1...+5	Всього
Число годин стояння	1	10	40	130	320	662	1263	1542	702	4680

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		6

### 1.3 Характеристика об'єкту теплопостачання

Теплова мережа – двотрубна, замкнена, тупикова, безканална. Підключення абонентів до теплової мережі залежне через елеватор. Теплообмінники для приготування води на потреби гарячого водопостачання підключені по паралельній схемі і розміщені у кожного абонента (ІТП). Компенсація температурних деформацій відбувається за допомогою П-подібного компенсатора, сальникового компенсатора, а також за рахунок ділянок самокомпенсації. В місцях відводів на магістральному трубопроводі передбачені теплофікаційні камери, в яких встановлюється запірна арматура.

Таблиця 1.3.1 – Характеристика забудови мікрорайону

№	Назва будівлі	Кількість будинків	Кількість поверхів	Площа забудови	Житлова площа
1	Житловий будинок	22	5	1021	2945
2	Житловий будинок	3	9	2452	5040
3	Д/с “Росинка” на 280 місць	1	2	1488	-
4	Д/с “Світлячок” на 280 місць	1	2	1488	-
5	Д/с “Дюймовочка” на 280 місць	1	2	1488	-
6	ДСШ №2	1	3	2950	-
7	СШ №3	1	3	2020	-
8	Магазин “Продукти”	1	1	130	-
9	ГРП	1	1	45	-
10	ТЦ	1	2	720	-

## 2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1 Розрахунок витрат теплоти у мікрорайоні з відомою забудовою

Теплові навантаження на опалення визначають по питомому збільшеному показнику.

Об'єм будівлі визначаю за формулою:

$$V_3 = F_{\text{заб}} \cdot n_{\text{пов}} \cdot h \quad (1)$$

де  $F_{\text{заб}}$  – площа забудови будівлі,  $\text{м}^2$ ;

$n_{\text{пов}}$  – кількість поверхів будівлі;

$h$  – висота поверху .

Витрати тепла на опалення згідно [3], Вт, визначаю за формулою:

$$Q_0 = q_0 \cdot V_n \cdot (t_v - t_{zo}) \cdot \eta, \quad (2)$$

де  $q_0$  – питома опалювальна характеристика,  $\text{Вт}/\text{м}^3\text{°C}$ , залежить від призначення будівлі та її об'єму [3];

$V_n$  – об'єм будівлі по зовнішньому заміру,  $\text{м}^3$ ;

$t_v$  – температура внутрішнього повітря,  $\text{°C}$ ;

$t_{zo}$  – розрахункова для опалення температура зовнішнього повітря,  $\text{°C}$ ;

$\eta$  – поправочний коефіцієнт на теплову характеристику, що залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря. Згідно [3]  $\eta=1,08$ .

Витрати тепла на вентиляцію згідно [3], Вт, визначаю за формулою:

$$Q_v = q_v \cdot V_3 \cdot (t_v - t_{zv}) \quad (3)$$

де  $q_v$  – питома вентиляційна характеристика,  $\text{Вт}/\text{м}^3\text{°C}$  [1];

$V_3$  – об'єм будівлі по зовнішньому заміру,  $\text{м}^3$ ;

$t_v$  – температура внутрішнього повітря,  $\text{°C}$ ;

$t_{zv}$  – розрахункова для вентиляції температура зовнішнього повітря,  $\text{°C}$ ;

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрата тепла на гаряче водопостачання залежить від норми водоспоживання і кількості споживачів в будівлі.

Середньогодинна витрата тепла за опалювальний період на гаряче водопостачання згідно [1], Вт, визначаю за формулою:

$$Q_{зв}^{cp} = \frac{m \cdot a_{доб} \cdot \rho \cdot c \cdot (t_{г} - t_{х})}{3600 \cdot T} \quad (4)$$

де  $m$  – кількість споживачів гарячої води;

$a_{доб}$  – середньодобова за опалювальний період норма витрати гарячої води на одного споживача, л/доб [1];

$\rho = 1$  кг/л – густина води;

$c = 4187$  Дж/кг $^{\circ}$ С – питома теплоємність води;

$t_{г.ср}$  – середня температура гарячої води, при якій встановлені норми витрати води ( $t_{г.ср} = 60$   $^{\circ}$ С);

$t_{х}$  – температура холодної води,  $^{\circ}$ С;

$T$  – період споживання гарячої води, год [1];

Витрату теплоти в години з максимальним споживанням води можна розрахувати за допомогою формули

$$Q_{зв}^{max} = \kappa_2 Q_{зв}^{cp}, \quad (5)$$

де  $\kappa_2$  – коефіцієнт годинної нерівномірності  $\kappa_2 = 2,1 - 2,4$

Подальший розрахунок виконую аналогічно та записую в таблицю 2.1.1

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.1.1 – Вихідні дані для розрахунків

№ з/п	Призначення будівлі	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$V_з, \text{м}^3$	$q_о, \text{Вт}/^\circ\text{Cм}^3$	$q_в, \text{Вт}/^\circ\text{Cм}^3$	$a, \text{л/доб}$
1	Житловий будинок (22 шт.)	18	15315	0,46	0	105
2	Житловий будинок (3 шт.)	18	66204	0,46	0	105
3	Дитячий садок на 280 місць	20	11904	0,4	0,12	30
4	Дитячий садок на 280 місць	20	11904	0,4	0,12	30
5	Дитячий садок на 280 місць	20	11904	0,4	0,12	30
6	ДСШ №2 на 1496 учнів	16	35400	0,38	0,08	6
7	СШ №3 на 960 учнів	16	24240	0,38	0,08	6
8	Магазин на 36 робочих місць	15	520	0,44	0	2,5
9	ГРП	15	180	0,36	0	1
10	ТЦ на 30 робочих місць	15	5760	0,44	0,09	12

1) Приклад для розрахунку житлового будинку:

$$V_з = 1021 \cdot 5 \cdot 3 = 15315 \text{ м}^3$$

$$Q_о = 0,46 \cdot 15315 \cdot (18 - (-25)) \cdot 1,08 = 259 \text{ кВт}$$

$$Q_в = 259 \cdot 22 = 5698 \text{ кВт}$$

$$m = 2945 \div 14 = 210$$

$$Q_{ГВ}^{ср} = \frac{210 \cdot 105 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 58,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{ГВ}^{ср} = 58,7 \cdot 22 = 1293 \text{ кВт}$$

$$Q_{ГВ}^{max} = 2,1 \cdot 1293 = 2715,2 \text{ кВт}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2) Приклад для розрахунку житлового будинку:

$$V_3 = 2452 \cdot 9 \cdot 3 = 66204 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,46 \cdot 66204 \cdot (18 - (-25)) \cdot 1,08 = 1414,2 \text{ кВт}$$

$$Q_0 = 1414,2 \cdot 3 = 4243 \text{ кВт}$$

$$m = 5040 \div 14 = 360$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{360 \cdot 105 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 100,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = 100,7 \cdot 3 = 302,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,1 \cdot 302,2 = 634,7 \text{ кВт}$$

3) Приклад для розрахунку дитячого садка на 280 місць:

$$V_3 = 1488 \cdot 2 \cdot 4 = 11904 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,4 \cdot 11904 \cdot (16 - (-25)) \cdot 1,08 = 231,4 \text{ кВт}$$

$$Q_0 = 231,4 \cdot 3 = 694,2 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 0,12 \cdot 11904 \cdot (16 - (-12)) = 45,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{280 \cdot 30 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 10} = 22,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,1 \cdot 22,4 = 47,0 \text{ кВт}$$

4) Приклад для розрахунку школи на 1496 учнів:

$$V_3 = 2950 \cdot 3 \cdot 4 = 35400 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,38 \cdot 35400 \cdot (20 - (-25)) \cdot 1,08 = 624,7 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 0,08 \cdot 35400 \cdot (20 - (-12)) = 79,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{1496 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 23,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,1 \cdot 23,9 = 50,2 \text{ кВт}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		11

5) Приклад для розрахунку школи на 960 учнів:

$$V_3 = 2020 \cdot 3 \cdot 4 = 24240 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,38 \cdot 24240 \cdot (20 - (-25)) \cdot 1,08 = 407,9 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 0,08 \cdot 24240 \cdot (20 - (-12)) = 54,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{960 \cdot 6 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 15,4 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,1 \cdot 15,4 = 32,2 \text{ кВт}$$

6) Приклад для розрахунку магазину на 36 робочих місць:

$$V_3 = 130 \cdot 1 \cdot 4 = 520 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,44 \cdot 520 \cdot (20 - (-25)) \cdot 1,08 = 9,9 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 520 \cdot (20 - (-12)) = 15,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{36 \cdot 2,5 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 0,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,1 \cdot 0,6 = 1,2 \text{ кВт}$$

7) Приклад для розрахунку ГРП :

$$V_3 = 45 \cdot 1 \cdot 4 = 180 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,36 \cdot 180 \cdot (20 - (-25)) \cdot 1,08 = 2,8 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 180 \cdot (20 - (-12)) = 4,9 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = \frac{1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 0,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2,1 \cdot 0,1 = 0,1 \text{ кВт}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

8) Приклад для розрахунку магазину на 36 робочих місць:

$$V_3 = 720 \cdot 2 \cdot 4 = 5760 \text{ м}^3$$

$$Q_0 = 0,44 \cdot 5760 \cdot (20 - (-25)) \cdot 1,08 = 109,5 \text{ кВт}$$

$$Q_B = 0,09 \cdot 5760 \cdot (20 - (-12)) = 20,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{ГВ}^{ср} = \frac{30 \cdot 12 \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 2,3 \text{ кВт}$$

$$Q_{ГВ}^{\max} = 2,1 \cdot 2,3 = 4,8 \text{ кВт}$$

Подальші результати записую в таблиці 2.1.2

Таблиця 2.1.2 – Розрахунок теплових навантажень для відомої забудови

№ з/п	Назва будинку	Q <sub>0</sub> , МВт	Q <sub>B</sub> , МВт	Q <sub>ГВ</sub> , МВт	Q <sub>ГВ</sub> <sup>max</sup> МВт
1	2	3	4	5	6
1	Житловий будинок (22)	5698,0		1293,0	2715,2
2	Житловий будинок (3)	4243,0		302,2	634,7
3	Дитячий садок на 280 місць (3)	694,2	137,1	67,2	141,0
6	ДСШ №2, Зкж (1)	624,7	79,3	23,9	50,2
7	СШ №3 (1)	407,9	54,3	15,4	32,2
8	Магазин "Продукти" (1)	8,1	15,2	0,6	1,2
9	ГРП (1)	2,8	4,9	0,1	0,1
10	ТЦ (1)	89,6	20,7	2,3	4,8
	Всього	10212,7	585,7	1839,1	3861,4

## 2.2 Розрахунок витрат теплоти у мікрорайоні з невідомою забудовою

Мікрорайони з невідомою забудовою – це ті мікрорайони, які планується забудувати в перспективі. У таких мікрорайонах, як правило, перелік будинків невідомий. Витрати теплоти на опалення будинків у них визначають за формулою

$$Q_o^{\text{ж}} = q_{\text{м}^2} \cdot F_{\text{ж}} \quad (6)$$

де  $q_{\text{м}^2}$  – витрати теплоти, Вт, на опалення 1 м<sup>2</sup> загальної площі житлового будинку [2];  $F$  – загальна площа житлових будинків у мікрорайоні, м<sup>2</sup>.

У мікрорайонах із невідомою забудовою витрати теплоти на опалення громадських будинків обчислюють як частку від витрат теплоти на опалення житлових будинків

$$Q_o^{\text{гpm}} = k_1 \cdot Q_o^{\text{ж}} \quad (7)$$

де  $k_1 = 0,25$

Витрати теплоти на вентиляцію громадських будинків розраховують за формулою

$$Q_v = k_2 \cdot Q_o^{\text{гpm}} \quad (8)$$

де  $k_2$  – коефіцієнт, котрий ураховує, яка частка витрат теплоти необхідна для вентиляції приміщень. За відсутності конкретних рекомендацій цей коефіцієнт приймають рівним  $k_2=0,4$

Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання будинків у мікрорайоні з невідомою забудовою дорівнює

$$Q_{\text{гв}}^{\text{ср}} = \frac{1,2 \cdot m \cdot (a_m^h + v) \cdot \rho \cdot c \cdot (t_2 - t_x)}{3600 \cdot 24} \quad (9)$$

де  $a_m^h$  – витрата води на гаряче водопостачання одним мешканцем за добу в житлових будинках, л/добу;  $v$  – витрата води на гаряче водопостачання одним мешканцем у громадських будинках, л/добу;  $m$  – кількість мешканців у мікрорайоні

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Максимальну витрату теплоти на гарчав водопостачання для мікрорайону з невідомою забудовою визначають за допомогою рівняння

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = \kappa_{\text{Г}} \cdot Q_{\text{ГВ}}^{\text{cp}} \quad (10)$$

Коефіцієнт годинної нерівності приймають  $\kappa_{\text{Г}}=2,1$

Теплове навантаження для всього житлового мікрорайону міста обчислюють як суму витрат теплоти для окремих мікрорайонів.

Приклад розрахунку витрати теплоти для мікрорайону з невідомою забудовою №1:

$$1) \quad S = \frac{1}{2} \cdot 500 \cdot 470 = 117500 \text{ м}^2$$

$$2) \quad \Gamma_{\text{а}} = 117500 \div 1000 = 11,8 \text{ Га}$$

$$3) \quad F_{\text{ж}} = 11,8 \cdot 5800 = 68440$$

$$4) \quad F_{\text{ж}}^{\text{заг}} = 68440 \cdot 1,5 = 102660$$

$$5) \quad Q_{\text{о}}^{\text{жит}} = \frac{162 \cdot 102660}{1000} = 16631 \text{ кВт}$$

$$6) \quad Q_{\text{о}}^{\text{гpm}} = 16631 \cdot 0,25 = 4158 \text{ кВт}$$

$$7) \quad Q_{\text{в}} = 4158 \cdot 0,4 = 1663 \text{ кВт}$$

$$8) \quad m = 68440 \div 14 = 4889$$

$$9) \quad Q_{\text{ГВ}}^{\text{cp}} = \frac{1,2 \cdot 4889 \cdot (120 + 25) \cdot 1 \cdot 4187 \cdot (60 - 5)}{3600 \cdot 24} = 2267 \text{ кВт}$$

$$10) \quad Q_{\text{ГВ}}^{\text{max}} = 2267 \cdot 2,1 = 4761 \text{ кВт}$$

Аналогічно виконую розрахунок витрати теплоти для інших районів з невідомою забудовою та записую результати в табличній формі 2.2.1

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.2.1 – Розрахунок теплових навантажень для невідомої забудови

№	S, м2	Га	F <sub>ж</sub>	F <sub>ж заг</sub> , кВт	Q <sub>о жит</sub> , кВт	Q <sub>о гр</sub> , кВт	Q <sub>в</sub> кВт	m	Q <sub>гр ср.</sub> кВт	Q <sub>гв max</sub> кВт
F1	117500	11,8	68440	102660	16631	4158	1663	4889	2267	4761
F2	250000	25	145000	217500	35235	8809	3524	10357	4803	10087
F3	525000	52,5	304500	456750	73994	18498	7399	21750	10087	21183
F5	137500	13,8	80040	120060	19450	4862	1945	5717	2651	5568
F6	137500	13,8	80040	120060	19450	4862	1945	5717	2651	5568
F7	117500	11,8	68440	102660	16631	4158	1663	4889	2267	4761
F8	117500	11,8	68440	102660	16631	4158	1663	4889	2267	4761
				Всього	198021	49505	19802		26995	

## 2.3 Годинний графік витрати теплоти

Графік витрати теплоти дозволяє регулювати подачу теплоти споживачам залежно від температури зовнішнього повітря [4]. Будують графік витрати теплоти для всього мікрорайону міста (рис.1).

Витрата теплоти на опалення при температурі зовнішнього повітря  $t_3$  буде:

$$Q_o = Q_o \cdot \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{30}} \quad (11)$$

де  $Q_o$  – розрахункова витрата тепла на опалення, кВт (таблиця 2.1.2);

$t_3$  – будь-яка температура зовнішнього повітря в діапазоні температур від +8 до  $t_{30}$ .

Аналогічно визначають витрату тепла на вентиляцію, при температурі зовнішнього повітря, відмінної від  $t_{3B}$ .

$$Q_B = Q_B \cdot \frac{t_B - t_3}{t_B - t_{3B}} \quad (12)$$

При температурі зовнішнього повітря нижче  $t_{3B}$  годинна витрата тепла на вентиляцію дорівнює розрахунковій.

Витрата тепла на гаряче водопостачання в опалювальний період не залежить від температури зовнішнього повітря. Розрахунок теплових навантажень залежно від температури зовнішнього повітря виконую у табличній формі 2.3.1

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.3.1 – Теплові навантаження залежно від температури зовнішнього повітря

$t_3, \text{ }^\circ\text{C}$	$Q_o, \text{ кВт}$	$Q_b, \text{ кВт}$	$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}}, \text{ кВт}$	$\Sigma Q, \text{ кВт}$
+8	47951	6579	28834	83364
+5	62337	8553		99723
0	86312	11842		126989
-5	110288	15131		154254
-10(-12)	134264	19737		182835
-15	158240	19737		206810
-20	182215	19737		230786
-25	206191	19737		254762

1) Приклад розрахунку витрати теплоти на опалення при  $t_{3.п} = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$Q_o = 257738,7 \cdot \frac{18-8}{18-(-25)} = 47951 \text{ кВт}$$

2) Приклад розрахунку витрати теплоти на вентиляцію при  $t_b = -12 \text{ }^\circ\text{C}$ :

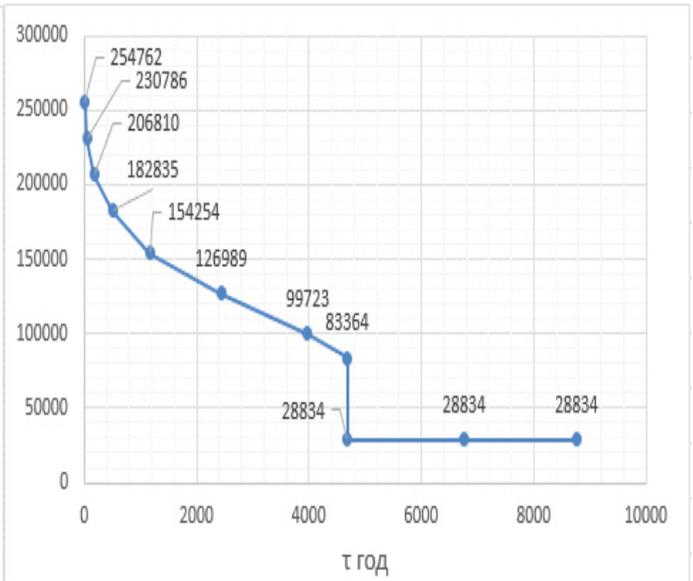
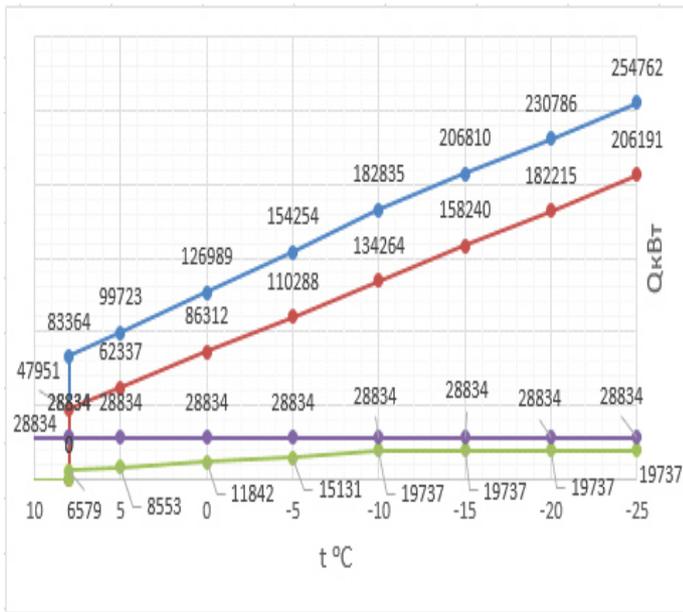
$$Q_b = 20387,5 \cdot \frac{18-8}{18-(-12)} = 6579 \text{ кВт}$$

3) Приклад розрахунку витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{\text{ГВ}}^{\text{ср}} = 19802 + 1839,1 = 28834 \text{ кВт}$$

4) Приклад розрахунку сумарної витрати теплоти при  $t_{3.п} = +8 \text{ }^\circ\text{C}$ :

$$\Sigma Q = 47951 + 6579 + 28834 = 83364 \text{ кВт}$$



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

201пНТ-№19157-ДП

Арк.

19

## 2.4 Графік витрати теплоти від тривалості різних температур зовнішнього повітря

Графік витрати теплоти по тривалості дозволяє визначити річну витрату теплоти, планувати завантаження обладнання тощо.

Графік по тривалості будують на основі сумарного графіка витрати тепла і тривалості стояння температур зовнішнього повітря.

Таблиця 2.4.1 – Число годин стояння температури зовнішнього повітря [1]:

$t_z, ^\circ\text{C}$	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8
Число годин стояння	11	51	181	511	1173	2436	3978	4680

Витрата тепла на ГВП в літній період  $Q_{зв}^{cp.l}$  визначається за формулою:

$$Q_{зв}^{cp.l} = Q_{зв}^{cp} \cdot \frac{60 - t_{x.l}}{60 - t_x} \cdot \beta, \quad (13)$$

$$Q_{зв}^{cp.l} = 28834 \frac{60 - 15}{60 - 5} \cdot 0,8 = 18454 \text{ кВт}$$

де  $t_{x.l}$  – температура холодної водопровідної води в літній період,  $t_{x.l} = 15^\circ\text{C}$ ;

$t_x$  – температура холодної водопровідної води в опалювальний період,  $t_x = 5^\circ\text{C}$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, який враховує зниження середньогодинної витрати води в літній період ( $\beta = 0,8$ ; для підприємств, курортних і північних міст  $\beta = 1$ ).

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.5 Річні витрати теплоти

Річну витрату теплоти, ГДж, можна визначити за формулою:

$$Q_{\text{річ}} = Q_{\text{o}}^{\text{річ}} + Q_{\text{в}}^{\text{річ}} + Q_{\text{г.в}}^{\text{річ}} \quad (14)$$

де  $Q_{\text{o}}^{\text{річ}}$ ,  $Q_{\text{в}}^{\text{річ}}$ ,  $Q_{\text{г.в}}^{\text{річ}}$  – річні витрати на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання, ГДж

Річну витрату тепла на опалення, ГДж розраховую за формулою:

$$Q_{\text{o}}^{\text{річ}} = Q_{\text{o}}^{\text{сп}} \cdot 3600n_{\text{o}} \quad (15)$$

де  $Q_{\text{o}}^{\text{сп}}$  – середня витрата теплоти на опалення, МВт;  $n_{\text{o}}$  – тривалість опалювального періоду, год.

Середньо-годинна витрата тепла на опалення за опалювальний період, ГДж:

$$Q_{\text{o}}^{\text{сп}} = Q_{\text{o}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{сп.о}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н.о}}} \quad (16)$$

де  $Q_{\text{o}}$  – розрахункова годинна витрата тепла на опалення, ГВт;  $t_{\text{н}}^{\text{сп.о}}$  – середня за опалювальний період температура зовнішнього повітря, °С.

Річна витрата тепла на вентиляцію, ГДж:

$$Q_{\text{в}}^{\text{річ}} = Q_{\text{в}}z_{\text{в}} \cdot \frac{3600n_{\text{o}}}{24} + Q_{\text{в}}^{\text{сп}}z_{\text{в}} \cdot \frac{3600 \cdot (n_{\text{o}} - n_{\text{в}})}{24} \quad (17)$$

Де  $Q_{\text{в}}$  – розрахункова годинна витрата тепла на вентиляцію, ГВт;  $n_{\text{в}}$  – число годин стояння температури зовнішнього повітря нижче  $t_{\text{з.п}}$ ;  $z_{\text{в}}$  – число годин роботи вентиляції за добу.

Середньо-годинна витрата тепла на вентиляцію в період стояння температур зовнішнього повітря від +8 °С до  $t_{\text{з.п}}$

$$Q_{\text{в}}^{\text{сп}} = Q_{\text{в}} \cdot \frac{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}^{\text{сп.в}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н.о}}} \quad (18)$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $t_n^{cp.6}$  – середня температура зовнішнього повітря в період стояння температур від  $+8$  °C до  $t_{з.п}$ ;  $Q_B$  – витрата теплоти на вентиляцію.

Річну витрату тепла на гаряче водопостачання, ГДж визначаю за формулою:

$$Q_{Г.В}^{год} = Q_{Г.В}^{cp} \cdot 3600 n_o + Q_{Г.В}^{cp.л} \cdot 3600 \cdot (8760 - n_o) \quad (19)$$

Де  $Q_{Г.В}^{cp}$ ,  $Q_{Г.В}^{cp.л}$  – середньо-годинна витрата теплоти за опалювальний і літній періоди, ГВт.

1) Розрахунок середньо-годинної витрати тепла на опалення:

$$Q_o^{cp} = 257,7 \cdot \frac{18 - (-2,5)}{18 - (-25)} = 122,8 \text{ МВт}$$

2) Розрахунок річної витрати тепла на опалення:

$$Q_o^{рiч} = 122,8 \cdot 3600 \cdot 195 \cdot 24 = 2068934,4 \text{ ГДж}$$

3) Розрахунок середньо-годинної витрати тепла на вентиляцію:

$$Q_B^{cp} = 19,8 \cdot \frac{18 - (-2,5)}{18 - (-25)} = 9,4 \text{ МВт}$$

4) Розрахунок річної витрати теплоти на вентиляцію:

$$Q_B^{рiч} = 19,7 \cdot 8 \cdot \frac{3600 \cdot 445}{24} + 9,4 \cdot 8 \cdot \frac{3600 \cdot (4680 - 445)}{24} = 58290,6 \text{ ГДж}$$

5) Річна витрата тепла на гаряче водопостачання:

$$Q_{Г.В}^{рiч} = 28,8 \cdot 3600 \cdot 4600 + 18,4 \cdot 3600 \cdot (8760 - 4680) = 755481,6 \text{ ГДж}$$

6) Розрахунок річної витрати тепла:

$$Q^{рiч} = 2068934,4 + 58290,6 + 755481,6 = 2882706 \text{ ГДж}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 2.6 Режим регулювання теплової мережі

### 2.6.1 Опалювальний графік температур теплоносія

В основі режиму центрального якісного регулювання може бути опалювальний графік температур теплоносія. Опалювальний графік передбачають при паралельній схемі підключення підігрівачів чи двохступеневій змішаній.

В даному дипломному проекті передбачена замкнута тепла мережа з паралельною схемою підключення теплообмінників, тобто режим регулювання здійснюється по опалювальному графіку температур теплоносія.

Для побудови опалювального графіка визначають температуру теплоносія в падаючому трубопроводі теплової мережі  $\tau_1$ , при декількох значеннях температури зовнішнього повітря  $t_3$ . Значеннями  $t_3$  попередньо задаються в діапазоні від +8 до  $t_{30}$ :

$$\tau_1 = t_6 + (\tau_{np.o} - t_6) \cdot \overline{Q_o^{0,8}} + (\tau_{1o} - \tau_{np.o}) \cdot \overline{Q_o} \quad (20)$$

$$\tau_1 = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,232^{0,8} + (150 - 82,5) \cdot 0,232 = 53,70^\circ C$$

Паралельно визначають і температуру в зворотному трубопроводі при температурі  $t_3$ :

$$\tau_2 = \tau_1 - (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \cdot \overline{Q_o} \quad (21)$$

$$\tau_2 = 53,70 - (150 - 70) \cdot 0,232 = 35,14^\circ C$$

де  $t_6$  – розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^\circ C$ ;  $\tau_{1o}, \tau_{2o}$  - температура теплоносія відповідно в падаючому і зворотному трубопроводах теплової мережі при  $t_{30}$ ;  $\tau_{np.o}$  - середня температура теплоносія в нагрівальних приладах системи опалення, визначається за формулою:

$$\tau_{np.o} = \frac{\tau_{зм} + \tau_{2o}}{2} \quad (22)$$

$$\tau_{np.o} = \frac{95 + 70}{2} = 82,5^\circ C$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$t_{зм}$  - температура теплоносія в падаючому трубопроводі системи опалення;

$\overline{Q}_o$  - відносна витрата тепла на опалення при температурі зовнішнього повітря  $t_3$ ,

$$\overline{Q}_o = \frac{t_6 - t_3}{t_6 - t_{30}}$$

(23)

$$\overline{Q}_o = \frac{18 - 8}{18 - (-25)} = 0,232$$

Розрахунок температури теплоносія записую в табличній формі (табл.2.6.1)

Таблиця 2.6.2 – Розрахунок температури теплоносія

Параметри	Температура зовнішнього повітря $t_3$ , °C							
	+8	+5	0	-5	-10	-15	-20	-25
$\overline{Q}$	0,232	0,302	0,418	0,534	0,651	0,767	0,883	1,0
$\tau_1$	53,70	63,13	78,31	93,09	107,69	121,9	135,9	150
$\tau_2$	35,14	38,97	44,87	50,37	55,61	60,57	65,35	70

По отриманим результатам будує опалювальний графік температур теплоносія.

Температура теплоносія в тепловій мережі при закритій системі не повинна знижуватись нижче 70 °C [3]. Лінії, що характеризують температуру мережної води в падаючому і зворотному трубопроводах, мають перелом.

Температура  $t_3'$  ділить опалювальний період на дві зони з різним характером регулювання систем опалення, вентиляції та гарячого водопостачання. В діапазоні температур від +8 до  $t_3'$  передбачають місцеве кількісне регулювання, а від  $t_3'$  до  $t_{30}$  – центральне якісне (рис.3).

## 2.6.2 Підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі

Режим центрального регулювання за сумарним навантаженням систем опалення та гарячого водопостачання розробляють із метою зниження розрахункових витрат води в тепловій мережі. Для закритої теплової мережі його застосовують при двоступеневій послідовній схемі підключення теплообмінників. Для цього будують так званий підвищений графік температур теплоносія. Графік підвищених температур теплоносія (рис.) будують на основі опалювального графіка.

Спочатку розраховую сумарний перепад температур мережної води в обох ступенях за формулою:

$$\delta = \frac{Q_{\text{ГВ}}}{Q_o} \cdot (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \quad (24)$$

$$\delta = \frac{1839,1}{10212,7} \cdot (150 - 70) = 14,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В першій ступені:

$$\delta'_I = \frac{Q_{\text{ГВ}}}{Q_o} \cdot \frac{t'_n - t_x}{t_r - t_x} (\tau_{1o} - \tau_{2o}) \quad (25)$$

$$\delta'_I = \frac{1839,1}{10212,7} \cdot \frac{37 - 5}{60 - 5} \cdot (150 - 70) = 8,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Де  $t'_n = \tau'_{2-5} = 42 - 5 = 37 \text{ } ^\circ\text{C}$

В другій ступені:  $^\circ\text{C}$

$$\delta'_{II} = \delta - \delta'_I \quad (26)$$

$$\delta'_{II} = 14,4 - 8,4 = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Знаходжу температуру мережної води в подаючому трубопроводі:

$$\tau'_{1п} = \tau'_1 + \delta'_{II} \quad (27)$$

$$\tau'_{1п} = 70 + 6 = 76 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Зворотньому:

$$\tau'_{2п} = \tau'_2 + \delta'_I \quad (28)$$

$$\tau'_{2п} = 42 - 14,4 = 33,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Знаходжу  $\tau_{1п}$  і  $\tau_{2п}$  при температурі зовнішнього повітря  $t_n = +4 \text{ } ^\circ\text{C}$

Перепад температур мережної води в першій ступені:

$$\delta_I = \delta'_I \cdot \frac{\tau_2 - t_x}{\tau'_2 - t_x} \quad (29)$$

$$\delta_I = 8,4 \cdot \frac{42 - 5}{33,6 - 5} = 8,4 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В другій ступені:

$$\delta_{II} = \delta - \delta_I \quad (30)$$

$$\delta_{II} = 14,4 - 8,4 = 6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

Розраховую температуру в подаючому трубопроводі:

$$\tau_{1п} = \tau_1 + \delta_{II} \quad (31)$$

$$\tau_{1п} = 63,1 + 6 = 69 \text{ } ^\circ\text{C}$$

В зворотньому:

$$\tau_{2п} = \tau_2 + \delta_I \quad (32)$$

$$\tau_{2п} = 38,9 - 8,4 = 30,6 \text{ } ^\circ\text{C}$$

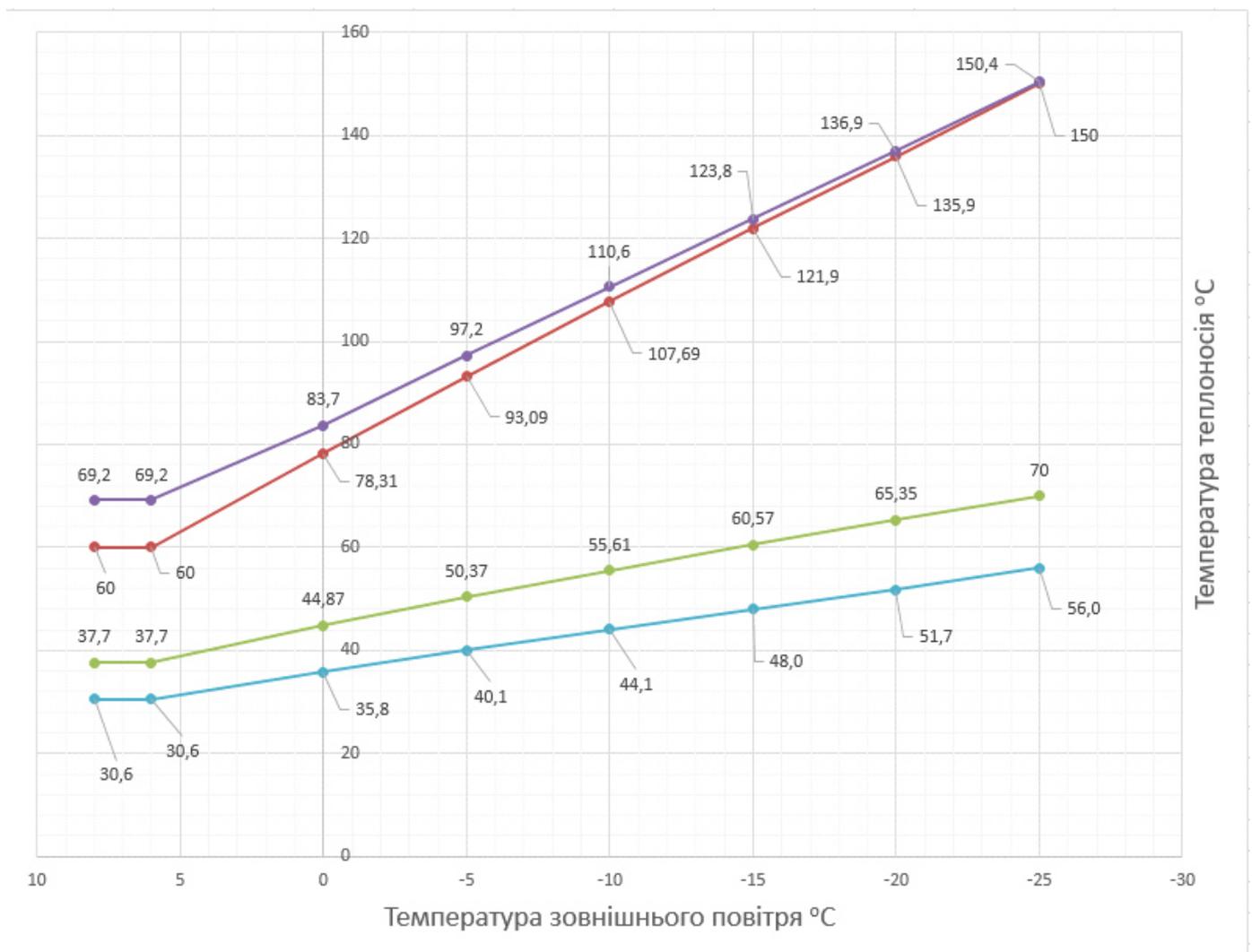
Аналогічно розраховую температуру для інших температур та записую в табличній формі (табл. 2.6.2)

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 2.6.2 – Температура теплоносія в подаючому і зворотньому трубопроводі

Параметри	Температура зовнішнього повітря							
	+8	+5(+4)	0	-5	-10	-15	-20	-25
$\tau_{1п}, ^\circ\text{C}$	61,3	69	83,7	97,2	110,6	123,8	136,7	150,4
$\tau_{2п}, ^\circ\text{C}$	28,3	30,6	36	40,1	44,1	48,0	51,7	56

По отриманим результатам будемо підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі.



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

201пНТ-№19157-ДП

Арк.

27

## 2.7 Визначення розрахункових витрат теплоносія для теплової мережі

Витрати теплоносія для окремих ділянок теплової мережі у відомій забудові згідно [3] розраховують за допомогою формули

$$G_p = G_o + G_B + \kappa_3 G_{Г.В.}^{сер.} \quad (33)$$

$$G_p = 0,69 + 0,61 + 0,19 = 1,49 \text{ кг/с}$$

де  $G_o, G_B, G_{Г.В.}^{сер.}$  – відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання;  $\kappa_3$  – коефіцієнт, що залежить від теплового навантаження на ділянку. При загальному тепловому навантаженні 100 МВт і більше  $\kappa_3 = 1,0$ ; при тепловому навантаженні, меншому ніж 100 МВт, але більшому за 10 МВт  $\kappa_3 = 1,2$ . Якщо теплове навантаження менше від 10 МВт, то у формулі замість  $Q_{зб}^{ср}$  підставляють  $Q_{зб}^{max}$ , а  $\kappa_3 = 1,0$ .

Розрахункову витрату теплоносія на опалення  $G_o$  визначаю за формулою, кг/с:

$$G_o = \frac{Q_{p.o}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})} \quad (34)$$

де  $Q_{p.o}$  - розрахункові витрати теплоти на опалення школи;

$\tau_{10}, \tau_{20}$  - розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах; 150-70 °С;

$c$  - теплоємність води, яка становить  $c = 4,187 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$ .

$$G_v = \frac{Q_{p.v.}}{c(\tau_{1в} - \tau_{2в})} \quad (35)$$

де  $Q_{p.v.}$  - розрахункові витрати теплоти на вентиляцію;

На гаряче водопостачання, при регулюванні по опалювальному графіку та підключенню теплообмінників за двохступеневою-послідовною схемою, розрахункові витрати теплоносія  $G_{зб}^{ср}$  обчислюю за допомогою рівняння, кг/с:

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$G_{28}^{cp} = \frac{Q_{28}^{cp}}{c(\tau_1' - \tau_3')} \quad (36)$$

де  $Q_{28}^{cp}$  - середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, кВт;

Виконую розрахунок витрат теплоносія та записую в табличній формі (табл.2.7.1)

Таблиця 2.7.1 – Розрахунок витрати теплоносія для відомої забудови

Споживач	$G_o$ , кг/с	$G_B$ , кг/с	$G_{TB}$ , кг/с	$\sum G$ , кг/с
Житловий будинок	0,77	-	0,50	1,27
Житловий будинок	1,29	-	0,86	2,15
Дитячий садок	0,69	0,61	0,19	1,49
Школа	1,87	0,35	0,20	2,42
Школа	1,22	0,24	0,13	1,59
Магазин	0,03	0,07	0,01	0,11
ГРП	0,01	0,02	0,01	0,04
ТЦ	0,33	0,09	0,02	0,44

- 1) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання житлового будинку:

$$G_o = \frac{259}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 0,77 \text{ кг/с}$$

$$G_{28}^{cp} = \frac{58,7}{4,187 \cdot (70 - 41)} = 0,50 \text{ кг/с}$$

- 2) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання житлового будинку:

$$G_o = \frac{433}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 1,29 \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{зв}}^{\text{сп}} = \frac{100,7}{4,187 \cdot (70 - 41)} = 0,86 \text{ кг/с}$$

3) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання дитячого садка:

$$G_o = \frac{231,4}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 0,69 \text{ кг/с}$$

$$G_e = \frac{45,6}{4,187 \cdot (111 - 57)} = 0,61 \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{зв}}^{\text{сп}} = \frac{22,4}{4,187 \cdot (70 - 41)} = 0,19 \text{ кг/с}$$

4) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення, вентиляцію, гаряче водопостачання школи на 1496 учнів:

$$G_o = \frac{694}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 1,87 \text{ кг/с}$$

$$G_e = \frac{79,3}{4,187 \cdot (111 - 57)} = 0,35 \text{ кг/с}$$

$$G_{\text{зв}}^{\text{сп}} = \frac{23,9}{4,187 \cdot (70 - 41)} = 0,20 \text{ кг/с}$$

Аналогічно виконую розрахунок витрати теплоносія для інших будівель та знаходжу витрату теплоносія в мережі.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5) Приклад витрати теплоти в мережі:

$$G_p = 0,77 + 0,50 = 1,27 \text{ кг/с} \quad (\text{житловий будинок})$$

$$G_p = 1,29 + 0,86 = 2,15 \text{ кг/с} \quad (\text{житловий будинок})$$

$$G_p = 0,69 + 0,61 + 0,19 = 1,49 \text{ кг/с} \quad (\text{дитячий садок})$$

$$G_p = 1,87 + 0,35 + 0,20 = 2,42 \text{ кг/с} \quad (\text{школа})$$

$$G_p = 1,22 + 0,24 + 0,13 = 1,59 \text{ кг/с} \quad (\text{школа})$$

$$G_p = 0,03 + 0,07 + 0,01 = 0,11 \text{ кг/с} \quad (\text{магазин})$$

$$G_p = 0,01 + 0,02 + 0,01 = 0,04 \text{ кг/с} \quad (\text{ГРП})$$

$$G_p = 0,33 + 0,09 + 0,02 = 0,44 \text{ кг/с} \quad (\text{ТЦ})$$

Витрати теплоносія для окремих ділянок теплової мережі у невідомій забудові згідно [3] розраховують за допомогою формули

$$G_p = G_o + G_v \quad (37)$$

де  $G_o, G_v$  – відповідно розрахункові витрати теплоносія на опалення, вентиляцію та гаряче водопостачання;

Розрахункову витрату теплоносія на опалення  $G_o$  визначаю за формулою, кг/с:

$$G_o = \frac{Q_{p.o.}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})} \quad (38)$$

де  $Q_{p.o.}$  - розрахункові витрати теплоти на опалення школи;

$\tau_{10}, \tau_{20}$  - розрахункові температури теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах; 150-70 °С;

$c$  - теплоємність води, яка становить  $c = 4,187 \text{ кДж/кг}^\circ\text{С}$

Розрахункову витрату теплоносія на вентиляцію  $G_v$  визначаю за формулою, кг/с:

$$G_v = \frac{Q_{p.v.}}{c(\tau_{10} - \tau_{20})} \quad (39)$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де  $Q_{p.v.}$  - розрахункові витрати теплоти на вентиляцію;

Виконую розрахунок витрат теплоносія та записую в табличній формі (табл.2.7.2)

Таблиця 2.7.2 – Розрахунок витрати теплоносія для невідомої забудови

Параметри	КВ1	КВ2	КВ3	КВ5	КВ6	КВ7	КВ8
$G_o$ КГ/С	62,06	131,49	276,13	72,58	72,58	62,06	62,06
$G_B$ КГ/С	4,97	10,52	22,09	5,81	5,81	4,97	4,97
$G_p$	67,03	142,01	298,22	78,39	78,39	67,03	67,03

1) Приклад розрахунку витрати теплоносія на опалення та вентиляції першого мікрорайону з невідомою забудовою:

$$G_o = \frac{20789}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 62,06 \text{ кг/с}$$

$$G_o = \frac{1663}{4,187 \cdot (150 - 70)} = 4,97 \text{ кг/с}$$

Аналогічно виконую розрахунок витрати теплоносія для інших районів та знаходжу витрату теплоносія в мережі.

2) Приклад витрати теплоти в мережі:

$$G_p = 62,06 + 4,97 = 67,03 \text{ кг/с} \quad (\text{Квартал №1})$$

$$G_p = 131,49 + 10,52 = 142,01 \text{ кг/с} \quad (\text{Квартал №2})$$

$$G_p = 276,13 + 22,09 = 298,22 \text{ кг/с} \quad (\text{Квартал №3})$$

$$G_p = 72,58 + 5,81 = 78,39 \text{ кг/с} \quad (\text{Квартал №5})$$

$$G_p = 72,58 + 5,81 = 78,39 \text{ кг/с} \quad (\text{Квартал №6})$$

$$G_p = 62,06 + 4,97 = 67,03 \text{ кг/с} \quad (\text{Квартал №7})$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32



$$\text{Відгалудження 5-К5 } R = R_o \cdot \frac{l_{5-K6}}{l_{5-K5}} = 12 \text{ Па}$$

Продовження таблиці 2.8.2

1	2	3	4	5	6
5-К5	78,39	0,359	155	12	55,65
Відгалудження 2-К2 $R = R_o \cdot \frac{l_{5-K6}}{l_{5-K5}} = 13,3 \text{ Па}$					
2-К2	142	0,430	300	13,3	129,0
Відгалудження 4-К7 $R = R \cdot \frac{l_{2-K6}}{l_{4-K7}} = 13,3 \text{ Па}$					
4-К7	67,03	0,320	260	15,3	83,2
Відгалудження 6-К1 $R = R \cdot \frac{l_{4-K7}}{l_{3-6-K1}} = 15,8 \text{ Па}$					
3-6-К1	67,03	0,320	255	15,8	81,6
Відгалудження 6-К8 $R = R \cdot \frac{l_{3-6-K1}}{l_{6-K8}} = 15,8 \text{ Па}$					
6-К8	67,03	0,320	255	15,8	81,6
Відгалудження 7-К3 $R = R \cdot \frac{l_{7-K3}}{l_{6-K8}} = 25,8 \text{ Па}$					
7-К3	298	0,509	545	25,8	277,4
Відгалудження 7-К4 $R = R \cdot \frac{l_{7-K3}}{l_{1-7-K4}} = 25,8 \text{ Па}$					
1-7-К4	278	0,509	540,0	25,8	274,9
				$\Sigma L=8430\text{м}$	$M_o=4559,3$

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

201пНТ-№19157-ДП

Арк.

34

### 2.8.3 Оптимальний градієнт тиску по головній магістралі

Гідравлічний розрахунок теплових мереж від джерела теплоти (котельні) до ІТП виконують у два етапи: попередній гідравлічний розрахунок та остаточний.

Метою попереднього гідравлічного розрахунку – визначення матеріальної характеристики теплової мережі та оптимальний градієнт тиску на головній магістралі.

Визначення коефіцієнта техніко-економічних показників та обладнання теплової мережі [6]:

$$\varphi = \eta_{н.у.} \frac{(f_{м.м.} + E_n) \cdot v + 3,6 \cdot \pi \cdot \kappa (\tau_{ср.} - t_o) \cdot \beta \cdot n \cdot 10^{-6} \cdot B_m}{(1 + \alpha) n_{м.н} \cdot V_e} \quad (40)$$

$$\varphi = 0,6 \cdot \frac{(0,075 + 0,12) \cdot 400 + 3,6 \cdot 3,14 \cdot 1 \cdot (55,5 - 5) \cdot 1,2 \cdot 8760 \cdot 10^{-6} \cdot 91,4}{(1 + 0,3) \cdot 4680 \cdot 0,21} = 0,29$$

У цій формулі  $\eta_{т.у.}$  - ККД насосної установки,  $\eta_{н.у.} = 0,6$   $f_{т.м}$  – частка відрахувань на амортизацію, ремонт і обслуговування теплової мережі, приймають 0,075, 1/рік;  $E_n$  – нормативний коефіцієнт ефективності,  $E_n = 0,12$ , 1/рік;  $v$  – коефіцієнт, який характеризує вартість теплової мережі, грн./м<sup>2</sup>, його значення приймають залежно від типу ґрунту й способу прокладення теплової мережі;  $\kappa$  - коефіцієнт теплопередачі від теплоносія в навколишнє середовище, при техніко-економічних розрахунках можна приймати  $\kappa = 1$  Вт/(м<sup>2</sup>°С);  $\tau_{ср}$  – середня температура теплоносія в теплової мережі приймають по опалювальному графіку залежно від середньої температури зовнішнього повітря в опалювальний період;  $t_o$  - температура навколишнього середовища, при підземному прокладанні приймають середню температуру ґрунту на глибині осі трубопроводу,  $t_{гр} = 5$  °С;  $\beta$  – 1,2;  $n$  – кількість годин роботи теплової мережі протягом року;  $B_t$  – вартість теплової енергії, грн./ГДж;  $V_e$  - вартість електричної енергії, грн./кВт\*год.;  $\alpha$  - коефіцієнт, який ураховує втрати тиску на місцевих опорах,  $\alpha = 0,3$ ;  $n_{н.н}$  – кількість годин використання розрахункової потужності мережних насосів.

									Арк.
									35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	201пНТ-№19157-ДП				

Визначення оптимального градієнта тиску по головній магістралі [6]:

$$R_{\text{опт}} = 26600 \cdot \left( \varphi \frac{M_o R_o^{0,19}}{G_o L} \right)^{0,84}$$

(41)

$$R_{\text{опт}} = 26600 \cdot \left( 0,29 \cdot \frac{4559,3 \cdot 12^{0,19}}{1106,4 \cdot 8430} \right)^{0,84} = 78,16 \text{ Па/м}$$

де –  $M_o$  матеріальна характеристика теплової мережі, визначена на основі попереднього гідравлічного розрахунку;

$R_o$  – градієнт тиску по головній магістралі при матеріальній характеристиці  $M_o$ ;

$G_o$  – розрахункова витрата теплоносія в тепловій мережі;

$L$  – загальна довжина головної магістралі (табл. 2.8.2);

$\varphi$  – коефіцієнт, який залежить від техніко-економічних показників та обладнання теплової мережі, Вт/м<sup>2</sup>;

#### 2.8.4 Остаточний гідравлічний розрахунок

Послідовність виконання остаточного гідравлічного розрахунку:

- 1) на трасі трубопроводів вибирав головну розрахункову магістраль, як правило, від джерела тепла (котельні) до найбільш віддаленого споживача;
- 2) визначив розрахункові витрати теплоносія на ділянках і довжини ділянок;
- 3) на основі витрат теплоносія, оптимальну втрату тиску  $R_{\text{опт}} = 78,16$  Па/м, і на попереднього гідравлічного розрахунку підібрав діаметри трубопроводів на ділянках, користуючись таблицями для гідравлічного розрахунку теплових мереж [3,6];
- 4) по таблицях визначив питому втрату тиску і швидкість теплоносія, що не повинна перевищувати 4,5м/с;
- 5) на розрахунковій схемі розставив відмикаючу арматуру, компенсатори;
- 6) на основі значень місцевих опорів визначив еквівалентну довжину кожної ділянки і обчислюємо приведену довжину [3];
- 7) визначив втрати тиску на ділянках;
- 8) розрахував відгалуження по розрахунковому перепаду тиску;

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Результати розрахунку записую в табличній формі (табл.2.8.4)

Таблиця 2.8.4 – Остаточний гідравлічний розрахунок невідомої забудови

№ діл	Gкг/с	DN x S	L м	R, Па	v м/сек	КМО	L <sub>екв</sub>	L <sub>пр</sub>	ΔP кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Головна магістраль ТЕЦ-1-2-3-4-5-К6 R <sub>опт</sub> = 78,1 Па/м									
ТЕЦ-1	841,6	720x9	570	62,3	2,25	0,6	23,34	593	36,97
1-2	500,42	630x8	270	61,5	2,06	2,05	67,44	337	20,75
2-3	358,41	529x7	305	59,3	1,8	1,8	47,7	353	20,92
3-4	223,81	478x7	300	38,8	1,37	6,3	147,42	447	17,36
4-5	156,78	273x8	305	31,2	0,85	6,8	76,16	381	11,89
5-К6	78,39	219x6	155	25,7	0,67	1,5	12,75	168	4,31
$\varepsilon = \frac{5,96 - 5,93}{5,96} = 0,5 \%$									112
Відгалуження 5-К5 ΔP <sub>p</sub> =ΣΔP=1-2-3-4-5-К6=119-113,07=5,93 кПа									
5-К5	78,39	219x6	155	25,7	0,67	1,5	12,75	167,75	4,31
Відгалудження 2-К2									
2-К2	142	219x6	300	82,89	1,21	6,3	53,55	354	29,31
$\varepsilon = \frac{25,35 - 23,57}{25,35} = 7 \%$									
Відгалудження 4-К7 ΔP <sub>p</sub> =ΣΔP=2-К2=23,57									
4-К7	67,03	159x4	260	106,93	1,21	3,9	22,23	282	30,18
Відгалудження 3-6-К1									
6-К1	67,03	159x4	255	106,93	1,21	3,9	22,23	277	29,64

$$\varepsilon = \frac{25,35 - 25,02}{25,35} = 0,51 \%$$

Продовження таблиці 2.6.4

Відгалудження 6-К8									
$\Delta P_p = \sum \Delta P = 3-6-К1 = 23,57$									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6-К8	67,03	159x4	255	106,93	1,21	3,9	22,23	277	29,64
Відгалудження 7-К3									
7-К3	298	273x7	545	116,7	1,65	8,2	91,84	636,84	74,34
$\varepsilon = \frac{137,1 - 32,72}{137,1} = 76 \%$									
Відгалудження 7-К3									
$\Delta P_p = \sum \Delta P = 169 - 32,01 = 137,17 \text{ кПа}$									
1-7	341,5	325x8	255	59,35	1,32	6,3	88,2	628,2	37,28
7-К4	43,55	133x4	270	115,83	1,02	6,3	28,5	298,5	34,57
$d_{ш} = 11,3 \cdot \sqrt{\frac{G, \text{ м} / \text{год}}{\sqrt{\Delta P_{\text{гол}} - \Delta P_{\text{від}}}}}$ $d_{ш} = 11,3 \cdot \sqrt{\frac{95,62}{\sqrt{17 - 6,4}}} = 69 \text{ мм}$									

Якщо різниця тисків відгалудження і головної магістралі більша 10%, то потрібно вмонтувати діафрагму. В моєму випадку різниця тисків склала 55,19%.

Діаметр діафрагми становитиме:

$$d = 11,3 * \sqrt{\frac{G}{\sqrt{\Delta P_{\text{гол}} - \Delta P_{\text{відг.}}}}} \quad (42)$$

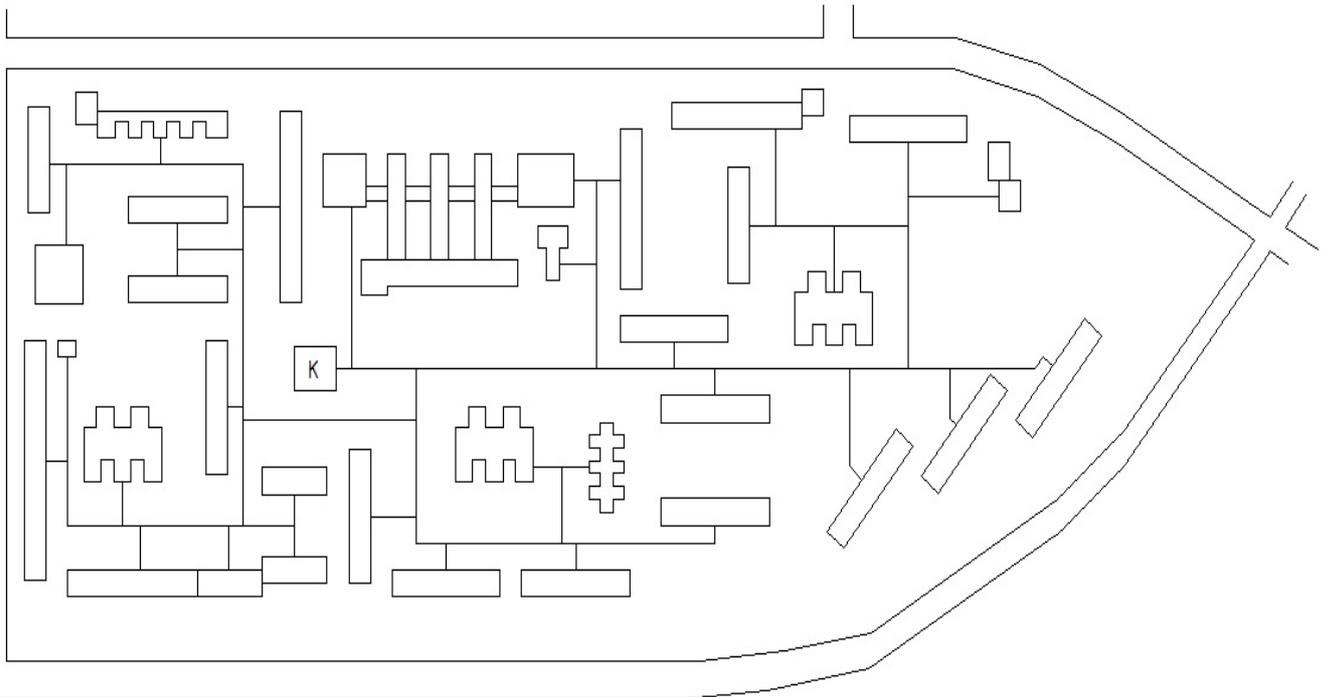
$$d = 11,3 * \sqrt{\frac{95,62}{\sqrt{17 - 6,4}}} = 69 \text{ мм.}$$

Після розрахунку діафрагми, встановив її на ділянці 7 – К4

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## 2.9 Гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі для відомої забудови

### 2.9.1 Трасування теплової мережі відомої забудови



*Малюнок 6 – Монтажна схема теплової мережі відомої забудови*

### 2.9.2 Остаточний гідравлічний розрахунок

Задавшись оптимальним градієнтом тиску по головній магістралі  $R_{\text{опт}}=71,3$  Па, виконую остаточний гідравлічний розрахунок відомої забудови та записую результати в табличній формі (табл.2.9.2)

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Таблиця 2.9.2 – Остаточний гідравлічний розрахунок відомої забудови

№ діл	Гкг/с	Дн x S	L м	R, Па	v м/сек	КМО	Leqv	Lnp	ΔP кПа
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Головна магістраль К-1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-буд.1 Rопт= 71,3 Па/м									
К-1	27,04	159 x 5	4,5	74,3	1,06		15,96	20,5	1,52
1-2	12,02	159 x 5	20,9	43,2	0,71		7,84	28,7	1,24
2-3	10,8	133 x 4	57,2	95,2	0,94		44,1	101,3	9,65
3-4	7,62	133 x 4	24,5	45,4	0,65		19,1	43,6	1,98
4-5	6,85	133 x 4	13,1	38,5	0,6		6,6	19,7	0,76
5-6	6,08	108 x 4	42,6	92,3	0,8		24,55	67,2	6,20
6-7	5,31	108 x 4	18,6	74,8	0,72		6,6	25,2	1,88
7-8	3,77	89 x 3,5	37,1	106,2	0,75		20,9	58,0	6,16
8-9	2,23	76 x 3,5	23,5	89,1	0,61		9,8	33,3	2,97
9-10	1,54	76 x 3,5	18,6	44,2	0,43		4	22,6	1,00
10-буд1	0,77	57 x 3,5	24,8	62,3	0,41		5,85	30,6	1,91
$\varepsilon = \frac{32,5 - 30,9}{32,5} = 4,7 \%$									35,3
Відгалуження 2-11-12-13-14-15-16-17-буд.2 ΔPp=∑ΔP=1-2-3-4-5-6-7-8-9-10-буд.1=35,26-1,52-1,24=32,5 кПа									
2-11	15,02	133 x 4	13,1	177	1,28		8,8	21,9	3,88
11-12	10,48	133 x 4	55,2	86,7	0,89		48,5	103,7	8,99
12-13	5,41	108 x 4	3,2	74,8	0,72		6,5	9,7	0,72
13-14	4,64	89 x 3,5	40,7	155,6	0,61		8,25	49,0	7,62
14-15	3,1	89 x 3,5	11,0	70,7	0,91		5,1	16,1	1,14

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата
------	------	----------	--------	------

201пНТ-№19157-ДП

Арк.

40

Продовження таблиці 2.8.4

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
15-16	1,81	76 x 3,5	33,4	59,6	0,5		10,8	44,2	2,64
16-17	1,04	57 x 3,5	29,8	110,8	0,55		7,15	37,0	4,10
17-буд2	0,27	57 x 2,5	20,9	71,1	0,33		5,85	26,8	1,90
$\varepsilon = \frac{15,35 - 14,28}{15,35} = 7 \%$									30,9
<p>Відгалуження 12-18-19-20-21-22-буд.3</p> $\Delta P_p = \sum \Delta P = 2-11-12-13-14-15-16-17-буд.1 = 30,98 - 15,63 = 15,35 \text{ кПа}$									
12-18	5,07	108 x 4	27,4	64,1	0,66		9,9	37,3	2,39
18-19	3,53	89 x 3,5	4,7	95,3	0,71		3,83	8,5	0,81
19-20	2,76	89 x 3,5	27,9	57,7	0,55		3,83	31,8	1,83
20-21	1,99	76 x 3,5	5,7	73,6	0,56		3	8,7	0,64
21-22	1,3	57 x 3,5	34,4	173,1	0,69		2,6	37,0	6,40
22-буд3	1,29	57 x 3,5	6,8	173,1	0,69		5,85	12,7	2,20
$\varepsilon = \frac{7,63 - 7,48}{7,63} = 3,4 \%$									14,2
<p>Відгалуження 11-23-24-25-26-буд.4</p> $\Delta P_p = \sum \Delta P = 12-18-19-20-21-22-буд.1 = 14,27 - 1,52 - 1,24 - 3,88 = 7,63 \text{ кПа}$									
11-23	4,53	108 x 4	25,0	49,7	0,61		14,75	39,8	1,98
23-24	3,77	108 x 4	16,1	37	0,5		6,6	22,7	0,8
24-25	3	108 x 4	36,6	23,1	0,4		16,4	53,0	1,2
25-26	1,54	89 x 3,5	4,6	18,2	0,85		3,83	8,4	0,2
26-буд4	0,77	57 x 3,5	44,3	65,6	0,43		5,85	50,1	3,3
									7,48

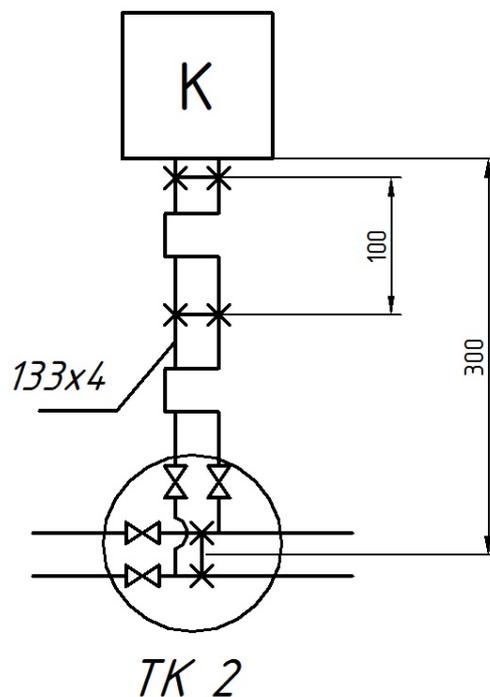
## 2.11 Тепловий розрахунок

Задачами теплового розрахунку являються: визначення втрат тепла через трубопровід і ізоляцію в оточуюче середовище, розрахунок падіння температури теплоносія при транспортуванні його по теплопроводу і визначення економічно найвигіднішої товщини ізоляції.

В даному дипломному проєкті задачею теплового розрахунку є визначення товщини теплової ізоляції на ділянці трубопроводу. При проектуванні теплових мереж товщину ізоляції визначають виходячи із норм втрат тепла, заданого перепаду температур на ділянці теплової мережі, допустимої температури на поверхні конструкції і техніко-економічного розрахунку.

Розрахунок теплової ізоляції виходячи із норм втрат тепла полягає у визначенні товщини основного ізоляційного шару для умови, щоб втрати тепла не перевищували норм.

Для прикладу обираю ділянку 2-К2 (мал.7), діаметр якої станове 133 мм. та виконую розрахунок товщини теплової ізоляції.



Малюнок 5 – Схема ділянки 2-К2

					201пНТ-№19157-ДП	Арк.
						42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Порядок розрахунку:

1. Загальний опір подаючого трубопроводу розраховую за формулою:

$$\sum R = \frac{\tau_{cp} - t_o}{q} \quad (43)$$

$$\sum R = \frac{90 - 5}{70} = 1,21 \text{ м,}^\circ \text{C / Втм}$$

де  $q$  – норма втрат тепла, Вт/м [3]  $\tau_{cp}$  - розрахункова температура теплоносія середня за рік;  $t_o$  – середньорічна температура ґрунта на осі закладання трубопроводу, приймаємо  $t_o = +5^\circ\text{C}$ .

2. Підставляю діаметр конструкції в розрахунок:

$$D_k = 133 + 2 \cdot 70 = 233 \text{ мм} \quad (44)$$

3. Протидія ґрунту визначаю за формулою:

$$R_{zp} = \frac{\ln \frac{4 \cdot h}{D_{екк}}}{2\pi\lambda_{zp}} \quad (45)$$

$$R_{zp} = \frac{\ln \frac{4 \cdot 1,2}{0,233}}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,7} = 0,283 \text{ м,}^\circ \text{C / Втм}$$

де –  $h$  глибина залягання осі трубопроводу, м;  $D_{екк}$  – зовнішній діаметр конструкції трубопроводу або еквівалентний діаметр каналу, м;

$\lambda_{zp}$  - розрахунковий коефіцієнт теплопровідності ґрунту, для маловологого/сухого ґрунту  $\lambda_{zp} = 1,7$ , для волого  $\lambda_{zp} = 2,3$ , для водонасиченого  $\lambda_{zp} = 2,9$  Вт/(м, °C)

4. Розраховую опір вплив зворотнього трубопроводу на подаючий:

$$R_{1-2} = \psi_1 \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2h}{\alpha}\right)^2}}{2\pi\lambda_{zp}} \quad (46)$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{1-2} = \frac{43}{70} \cdot \frac{\ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,2}{0,27}\right)^2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 17} = 0,126 \text{ мм,}^\circ \text{C / Вт}$$

де -  $\psi$  коефіцієнт, який враховує взаємний вплив труб (для подаючого трубопроводу  $\psi_1 = q_{зв}/q_{под}$ , для зворотнього  $\psi_2 = q_{под}/q_{зв}$ );  $\alpha$  = відстань по горизонталі між осями трубопроводів

5. Протидія ізоляції розраховую за формулою:

$$\sum R = R_{із} + R_{сп} + R_{1-2}$$

Звідси знаходжу:

$$R_{із} = \sum R - (R_{сп} + R_{1-2}) \quad (47)$$

$$R_{із} = 1,21 - (0,283 + 0,126) = 0,81 \text{ м,}^\circ \text{C / Вт}$$

6. Визначаю коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м, °C):

$$\lambda_{із} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot (0.046 + 0.00016 \cdot 57) = 0,077; \text{ Вт/(м, }^\circ\text{C)} \quad (48)$$

7. Обчислюю товщину основного ізоляційного шару, мм:

$$\delta_{із} = D_n \cdot \frac{e^{2\pi\lambda_{із}R_{із}} - 1}{2} \quad (49)$$

де -  $\lambda_{із}$  коефіцієнт теплопровідності ізоляції, Вт/(м, °C);  $D_n$  – зовнішній діаметр трубопроводу, мм.;

$$\delta_{із} = 159 \cdot \frac{e^{2 \cdot 3,14 \cdot 0,077 \cdot 0,81} - 1}{2} = 151 \text{ мм}$$

Приймаю товщину ізоляції для подаючого трубопровода 151 мм.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Аналогічно розраховую зворотній трубопровід:

$$\sum R = \frac{50-5}{43} = 1,98 \text{ м,}^\circ \text{ C / Вт} \quad (50)$$

8) Розраховую опір вплив зворотнього трубопровода на подаючий:

$$R_{1-2} = \frac{79}{46} \cdot \frac{\ln \sqrt{1 + \left( \frac{2 \cdot 1,2}{0,27} \right)^2}}{2 \cdot 3,14 \cdot 17} = 0,334 \text{ мм,}^\circ \text{ C / Вт} \quad (51)$$

9) Розрахунок опору ізоляції

$$R_{із}^{згор} = 1,98 - (0,283 + 0,334) = 1,36 \quad (52)$$

10) Коефіцієнт теплопровідності ізоляції

$$\lambda_{із} = 1.163 \cdot 1.2 \cdot (0.046 + 0.00016 \cdot 50) = 0,075; \quad (53)$$

11) Товщина основного ізоляційного шару

$$\delta_{із} = 159 \cdot \frac{e^{2 \cdot 3,14 \cdot 0,077 \cdot 1,36} - 1}{2} = 77 \text{ мм} \quad (54)$$

Приймаю ізоляцію для зворотнього трубопровода 77 мм.

Аналогічно виконую розрахунок товщини теплової ізоляції для всіх діаметрів трубопроводу та записую в табличній формі (табл.2.7.1)  
Таблиця 2.7.1 – Розрахунок теплової ізоляцію трубопроводів з різними діаметрами

D <sub>н</sub> x S	720	630	529	478	325	273	219	194	159	133	108	89	76	57
q <sub>под</sub>	150	142	134	123	116	105	92	83	76	70	63	57	52	46

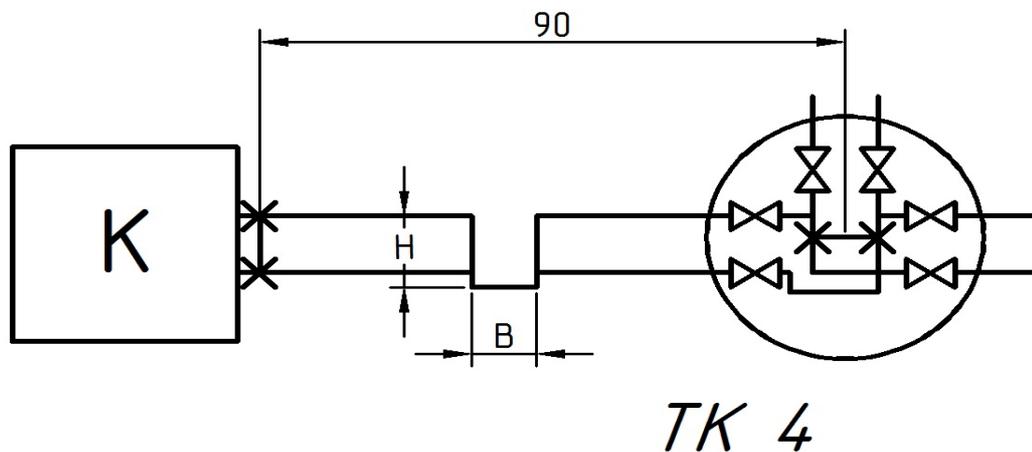
					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>									Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата										45

$q_{зв}$	101	99	92	81	79	70	59	55	49	43	39	36	34	31
$\sum R_{под}$	0,57	0,60	0,63	0,69	0,73	0,81	0,92	1,02	1,12	1,21	1,35	1,49	1,63	1,85
$\sum R_{зв}$	0,84	0,86	0,92	1,05	1,08	1,21	1,44	1,55	1,73	1,98	2,18	2,36	2,50	2,74
$\delta_{із}$	45													
$D_k$	810	720	619	568	415	363	309	284	259	233	208	189	176	157
$R_{гр}$	0,19 6	0,20 4	0,21 3	0,21 9	0,22 7	0,23 9	0,25 3	0,26 1	0,27 3	0,28 3	0,29 4	0,30 2	0,30 9	0,32
$\Psi_1$	0,67	0,70	0,69	0,66	0,68	0,67	0,64	0,66	0,64	0,61	0,62	0,63	0,65	0,67
$\Psi_2$	1,49	1,43	1,46	1,52	1,47	1,50	1,56	1,51	1,55	1,63	1,62	1,58	1,53	1,48
$R_{1-2}_{под}$	0,08 3	0,08 6	0,08 5	0,08 2	0,08 4	0,09 3	0,10 3	0,11 3	0,12 2	0,12 6	0,13 9	0,15 3	0,16 9	0,194
$R_{1-2}_{зв}$	0,18 4	0,17 8	0,18 1	0,18 8	0,18 2	0,21 0	0,24 9	0,25 8	0,29 3	0,33 4	0,36 2	0,38 3	0,39 6	0,427
$R_{із.п}_{од}$	0,29	0,31	0,34	0,39	0,42	0,48	0,57	0,65	0,72	0,81	0,92	1,04	1,16	1,33
$R_{із.зв}$	0,46	0,48	0,53	0,64	0,67	0,77	0,94	1,03	1,17	1,36	1,52	1,68	1,79	1,99
$\lambda_{із}$	0,077													
$\delta_{із.п}_{д}$	54	51	47	50	37	42	51	60	68	77	91	106	122	147
$\delta_{із.зв}$	90	82	77	87	62	73	93	104	123	151	177	203	225	264

## 2.12 Вибір будівельних конструкцій теплової мережі

### 2.12.1 Розрахунок П-подібного компенсатора

При нагріванні ділянка трубопроводу теплової мережі видовжується. Для зменшення напруг та зусиль, що при цьому виникають передбачають компенсацію температурних видовжень – осьову та радіальну. Осьову компенсацію виконують за допомогою осьових (сальникових чи лінзових) компенсаторів, радіальну – за допомогою П-подібних компенсаторів, кутів повороту трубопроводу, Z-подібних ділянок. Кути повороту рекомендується використовувати на самокомпенсацію при величині від 90 до 120°.



**Малюнок 8 – Схема встановлення П-подібного компенсатора**

П-подібні компенсатори виготовляють із відводів і прямих ділянок за допомогою зварювання, використовуючи діаметр, товщину стінки та марку сталі труб як і для ділянки на якій встановлюється компенсатор.

Розрахунок П-подібного компенсатора згідно [5] полягає у визначенні його спинки В, м та вильоту Н, м.

Повне теплове видовження ділянки станове, мм:

$$\Delta l = \alpha \cdot l \cdot (\tau - t_{3.0}), \quad (55)$$

$$\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 80 \cdot (150 - (-25)) \cdot 10^3 = 190 \text{ мм}$$

де  $\alpha$  – коефіцієнт лінійного розширення, що станове  $1,2 \cdot 10^{-5} \text{ } ^\circ\text{C}$ ;

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк. 47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$l$  – довжина ділянки (відстань між нерухомими опорами), м;

$\tau$  – розрахункова температура теплоносія, °С;

$t_{з.о}$  – розрахункова температура зовнішнього повітря, °С.

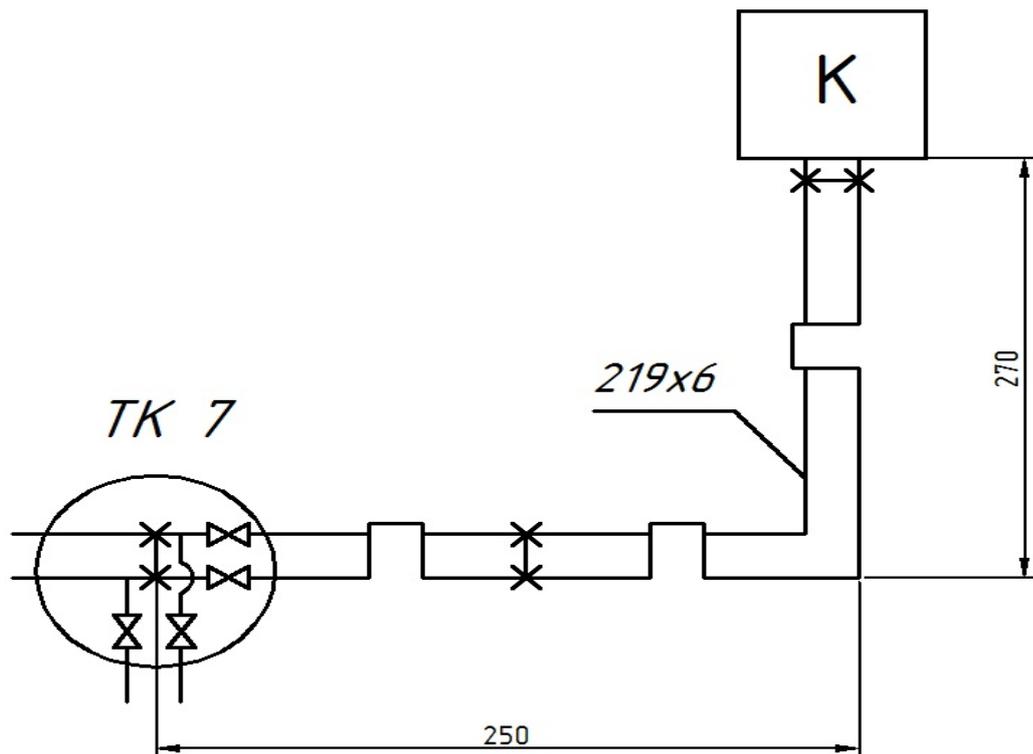
Розрахункове видовження ділянки обчислюю по формулі, мм:

$$\Delta l = \varepsilon \cdot \Delta l, \quad (56)$$

$$\Delta l_{роз} = 0,5 \cdot 190 = 95 \text{ мм}$$

де  $\varepsilon$  – коефіцієнт попереднього розтягування компенсатора, що залежить від розрахункової температури теплоносія  $\tau$  ( $\varepsilon=0,5$  при  $\tau$  до 250 °С). Задавшись спинкою В=2м по номограмі з методичних вказівок визначив, що виліт компенсатора Н=2,55м. Сила пружної деформації F=2,22 кН

### 2.12.2 Розрахунок Г-подібного компенсатора (ділянка 7-К3)



Малюнок 9 – Схема Г-подібного компенсатора

					201пНТ-№19157-ДП	Арк.
						48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий кут компенсатора визначаю за такою формулою

$$\beta = 90 - 90 = 0^\circ \quad (57)$$

Відношення плеч компенсатора:

$$n = \frac{l_{\sigma}, \text{м}}{l_{\mu}, \text{м}} \quad (58)$$

$$n = \frac{270}{270} = 1,08$$

де  $l_{\sigma}$  довжина більшого плеча ділянки;  $l_{\mu}$  довжина меншого плеча ділянки компенсатора.

Розрахункова різниця температур:

$$\Delta t = 150 - (25) = 175^\circ \text{C} \quad (59)$$

По номограмам [3] визначаю значення допоміжних коефіцієнтів при  $n=1.05$ ;

$\beta=0$ ;  $C=3$ ;  $A=10,3$ ;  $B=11$ ; також приймаю  $\frac{aEi}{10^7} = 5,47 \text{кгс, м}^2 / ^\circ \text{C}$  ;

$$\frac{aEE_{\mu}}{10^7} = 0,052 \text{кгс, м}^2 / ^\circ \text{C}$$

Поздовжня вигинаюча компенсаційна напруга в закладенні меншого плеча:

$$\delta_a = 6,4 \cdot 0,052 \cdot \frac{175}{250} = 0,23 \text{кгс / мм}^2 \quad (60)$$

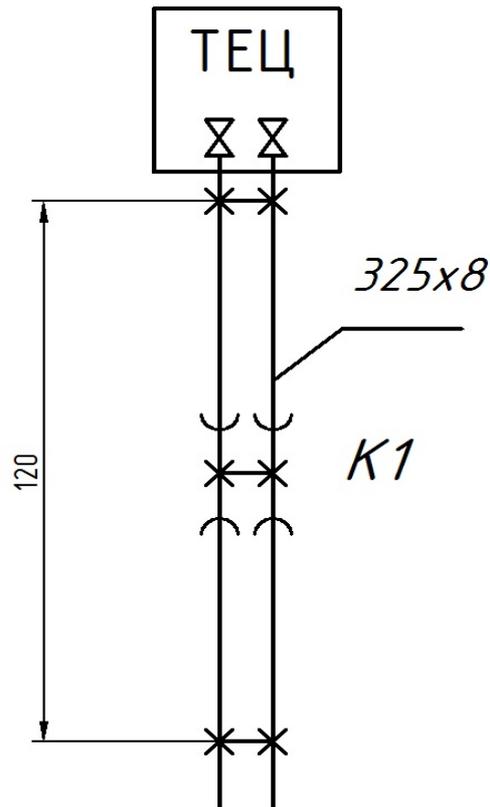
Сила пружною деформації в закладенні меншого плеча:

$$\rho_x = 13 \cdot 5,47 \cdot \frac{175}{250^2} = 0,199 \text{кгс} \quad (61)$$

$$\rho_y = 11 \cdot 5,47 \cdot \frac{175}{250^2} = 168 \text{кгс}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

### 2.12.3 Розрахунок сальникового компенсатора



**Малюнок 10 – Монтажна схема сальникового компенсатора**

Розраховую компенсуючу здатність компенсатора за формулою:

$$l_k = 600 - 50 = 550 \text{ мм} \quad (62)$$

Повне теплове видовження:

$$\Delta l = \alpha l (\tau - t_{н.о}) \cdot 10^3 \quad (63)$$

$$\Delta l = 1,2 \cdot 10^{-5} \cdot 120 \cdot (150 - (-25)) \cdot 10^3 = 240 \text{ мм}$$

де  $\alpha l$  – відстань між нерухомими опорами;  $\tau$  – максимальна температура теплоносія;  $t_{н.о}$  – розрахункова температура навколишнього повітря, середня в період найхолоднішої п'ятиденки. °С.

Установочна довжина компенсатора:

$$A_{уст} = 2160 - l_k + \Delta l \quad (64)$$

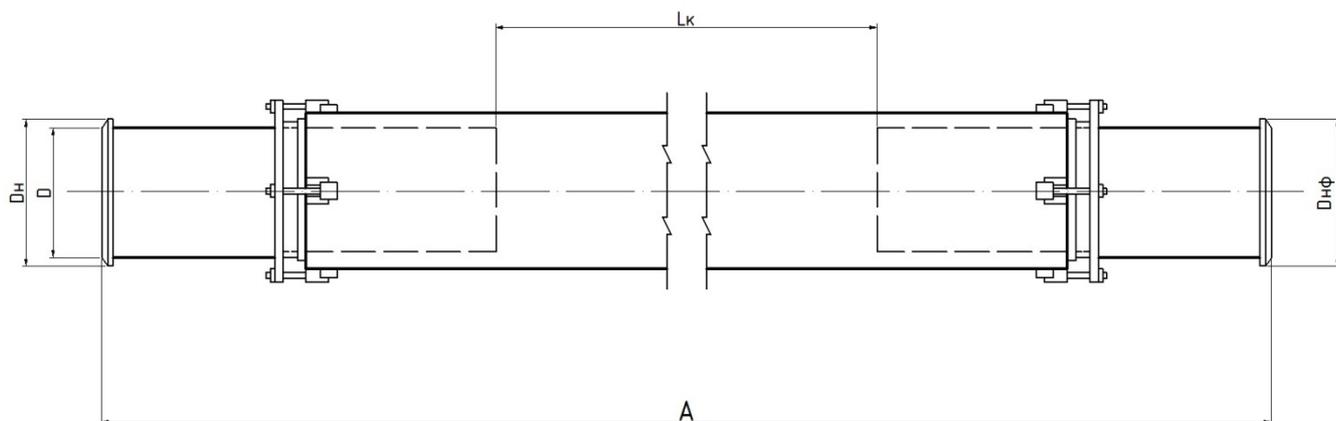
$$A_{уст} = 2160 - 550 + 240 = 1850 \text{ мм}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		50

Монтажна довжина компенсатора:

$$A_m = A_{уст} - \alpha l \cdot (t_m - t_{н.о}) \cdot 10^3 \quad (65)$$

$$A_m = 1850 - 120 \cdot (150 - t_{н.о}) \cdot 10^3 = 1792 \text{ мм}$$



**Малюнок 11 – Схема сальникового компенсатора**

Де А – довжина двохстороннього сальникового компенсатора  $A=2160$  мм;  $D_n$  – зовнішній діаметр трубопроводу  $D_n=325$  мм;  $D$  – внутрішній діаметр трубопроводу  $D=300$  мм;  $l_k$  – найбільша компенсуюча здатність компенсатора  $l_k=600$  мм

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

## 2.13 Підбір мережних та живильних насосів

Вибір насосів здійснюється по витраті води (подачі) та по тиску, який повинен розвивати насос (напір).

### Підбір мережного насосу:

Подача мережних насосів дорівнює розрахунковій витраті теплоносія на виході із джерела тепла (котельні)  $G_{ТЕЦ-I}=841$  кг/с або  $3983$  м<sup>3</sup>/год

Тиск мережних насосів визначають по формулі (33), м вод.ст:

$$p_{м.н} = \Delta p_{под} + \Delta p_{зв} + \Delta p_{аб}, \quad (66)$$

де  $\Delta p_k$  – втрати тиску в котельні, приймаються 5–10 м вод.ст.;

$\Delta p_{под}$  – втрати тиску в подаючому трубопроводі теплової мережі (з гідравлічного розрахунку);

$\Delta p_{аб}$  – втрати тиску у абонента, для опалювальних систем при залежному приєднанні з елеваторами приймаються не менше 15 м вод. ст.;

$\Delta p_{зв}$  – втрати тиску у зворотному трубопроводі теплової мережі ( $\Delta p_{зв} = \Delta p_{под}$ ).

$$p_{м.н} = 11,9 + 11,9 + 38,6 = 62,4 \text{ м.вод.ст.}$$

Враховую 10 % відсотків від потужності насосу:

$$P_{с.н} = p_{м.н} \cdot 1,1 \quad (67)$$

$$P_{с.н} = 62,4 \cdot 1,1 = 68,6 \text{ м.вод.ст.}$$

Розрахунок мережного насосу:

$$\Delta P = S \cdot G^2 \quad (68)$$

Звідси:

$$S = \frac{\Delta P}{G^2} \quad (69)$$

$$S = \frac{68,6}{3983^2} = 0,0000043 = 43 \cdot 10^{-7}$$

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

$$\Delta P = 43 \cdot 10^{-7} \cdot 1500^2 = 9,6 \text{ мм. вод. ст.}$$

$$\Delta P = 43 \cdot 10^{-7} \cdot 2500^2 = 26,8 \text{ мм. вод. ст.}$$

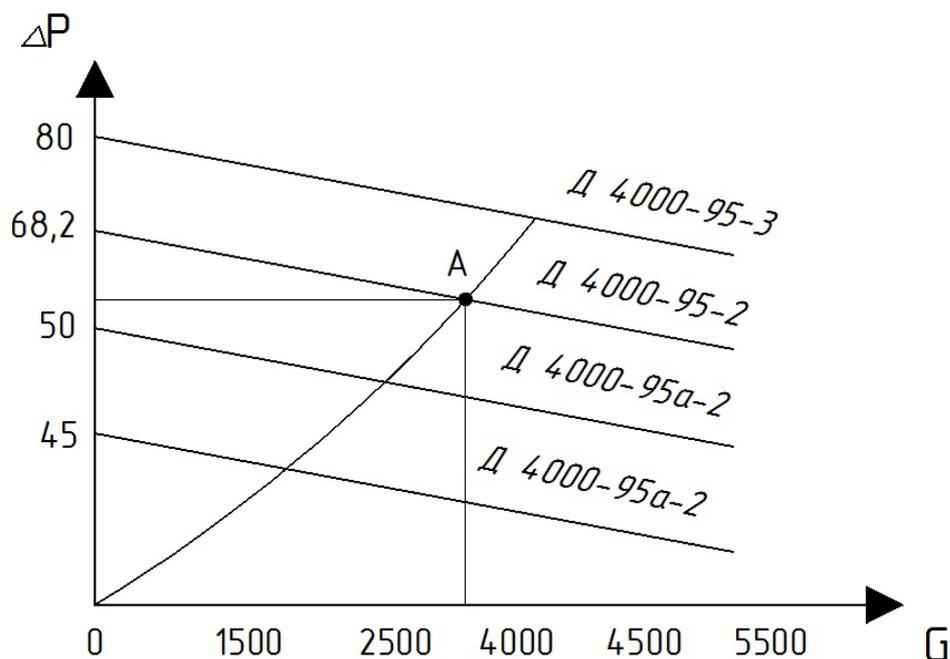
$$\Delta P = 43 \cdot 10^{-7} \cdot 3983^2 = 68,2 \text{ мм. вод. ст.}$$

$$\Delta P = 43 \cdot 10^{-7} \cdot 4500^2 = 87 \text{ мм. вод. ст.}$$

$G$	0	1500	2500	3983	4500
$\Delta P$	0	9,6	26,8	68,2	87

Отже при витраті  $G=3983 \text{ м}^3$ , тиск становить  $\Delta P=68,2 \text{ м.вод.ст.}$

Підбираю насос по витраті і тиску в мережі [7];



**Малюнок 12 – Графік підбору мережного насосу**

До установки приймаю два мережних насоси, один з яких резервний, типу Д 4000-95-2:

- макс. робочий тиск 16 бар
- потужність двигуна 1600 кВт
- частота обертів 1000 об/хв

### Підбір живильного насосу:

Розрахункова витрата води для живлення закритої теплової мережі, м<sup>3</sup>/год, приймається рівною 0,75% об'єму води в системі тепlopостачання:

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot V}{1000} \quad (43)$$

$$G_{жив} = \frac{0,75 \cdot 10991}{1000} = 8,2 \text{ м}^3/\text{год}$$

Звідси

$$V = \frac{Q_{роз} \cdot 50}{1,16} \quad (44)$$

$$V = \frac{255 \cdot 50}{1,16} = 10991$$

де –  $Q_{роз}$  річна витрата теплоти,  $Q_{роз} = 255$  МВт;

Напір живильних насосів визначається при побудові графіку тисків, для даного дипломного проекту приймаємо  $P_{жив} = 19$  м вод. ст.

До установки приймаю два живильних насоси, один з яких резервний типу WILO – Economy MHI 504, що має наступні технічні характеристики:

- Робочий тиск 15 бар;
- потужність двигуна 180 кВт;
- частота обертів 2500 об/хв.

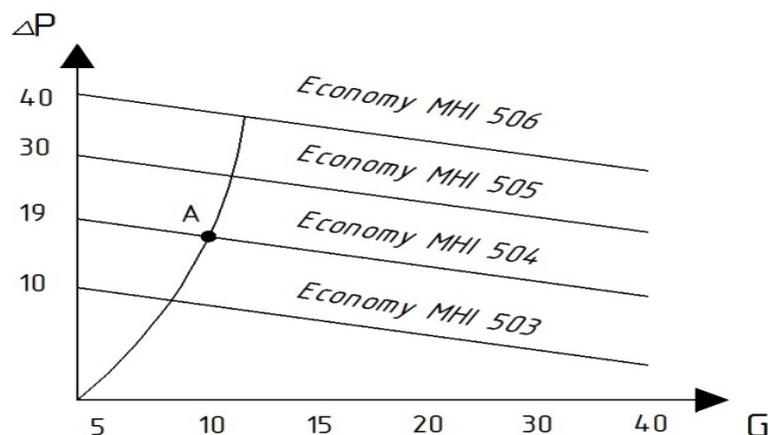


Рисунок 10 – Графік підбору живильного насосу

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 3 ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

### 3.1 Визначення вартості основного і допоміжного обладнання

Для розрахунку системи тепlopостачання житлового мікрорайону для умов міста Суми Сумської області складаю кошторис витрат.

Необхідно розрахувати вартість основних матеріалів, обладнання та ін.

Розрахунок вартості матеріалів зводжу в таблицю 3.1.1

Таблиця 3.1.1 – Розрахунок потреби та вартості матеріалів

Назва матеріалу	Одиниці виміру	Кількість п.м.	Вартість грн. за 1 п.м.	Сума, грн
1	2	3	4	5
D <sub>y</sub> Труби:				
D <sub>y</sub> 720 x 9	п.м	1140	17302,56	19724918
D <sub>y</sub> 630 x 8	п.м	540	14050,29	7587157
D <sub>y</sub> 529 x 7	п.м	610	11459,16	6990088
D <sub>y</sub> 478 x 7	п.м	600	7930,89	4758534
D <sub>y</sub> 325 x 8	п.м	510	4555,63	2323371
D <sub>y</sub> 273 x 7	п.м	1700	3539,67	6017439
D <sub>y</sub> 219 X 6	п.м	1220	2411,59	2942140
D <sub>y</sub> 159 x 4,5	п.м	1209,8	1405,12	1699914
D <sub>y</sub> 133 x 4	п.м	1544,2	1240,51	1915596
D <sub>y</sub> 108 x 4	п.м	1358	954,88	1296727
D <sub>y</sub> 89 x 3,5	п.м	252	724,75	182637
D <sub>y</sub> 76 x 3,5	п.м	162,4	591,36	96036,86
D <sub>y</sub> 57 x 3,5	п.м	322	475,73	153185,1

										Арк.
										55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	<b>201пНТ-№19157-ДП</b>					

Продовження таблиці 3.1.1

1	2	3	4	5
<b>Нерухомі опори:</b>				
D <sub>y</sub> 720 x 9	Ш.Т	5	88946,26	444731,3
D <sub>y</sub> 630 x 8	Ш.Т	2	73480,13	146960,3
D <sub>y</sub> 529 x 7	Ш.Т	2	58229,88	116459,8
D <sub>y</sub> 478 x 7	Ш.Т	2	43264,67	86529,34
D <sub>y</sub> 325 x 8	Ш.Т	2	20357,71	40715,42
D <sub>y</sub> 273 x 7	Ш.Т	4	15639,82	62559,28
D <sub>y</sub> 219 X 6	Ш.Т	6	10867	65202
D <sub>y</sub> 159 x 4,5	Ш.Т	3	7580,86	22742,58
D <sub>y</sub> 133 x 4	Ш.Т	14	5748,67	80481,38
D <sub>y</sub> 108 x 4	Ш.Т	20	4772,79	95455,8
D <sub>y</sub> 89 x 3,5	Ш.Т	18	3969,81	71456,58
D <sub>y</sub> 76 x 3,5	Ш.Т	10	2964,23	29642,3
D <sub>y</sub> 57 x 3,5	Ш.Т	11	2651,85	29170,35
<b>Приведена довжина труб, м (засувки, компенсатори, трійники)</b>				
D <sub>y</sub> 720 x 9	П.М	1186	17302,56	20520836
D <sub>y</sub> 630 x 8	П.М	674	14050,29	9469895,5
D <sub>y</sub> 529 x 7	П.М	706	11459,16	8090167
D <sub>y</sub> 478 x 7	П.М	894	7930,89	7090215,7
D <sub>y</sub> 325 x 8	П.М	1256	4555,63	5721871,3
D <sub>y</sub> 273 x 7	П.М	610	3539,67	2159198,7
D <sub>y</sub> 219 X 6	П.М	1272	2411,59	3067542,5
D <sub>y</sub> 159 x 4,5	П.М	1779,4	1405,12	2500270,5
D <sub>y</sub> 133 x 4	П.М	926,2	1240,51	1148960,4
D <sub>y</sub> 108 x 4	П.М	325	954,88	310336

Продовження таблиці 3.1.1

D <sub>y</sub> 89 x 3,5	п.м	343,6	724,75	249024,1
D <sub>y</sub> 76 x 3,5	п.м	217,6	591,36	128679,94
D <sub>y</sub> 57 x 3,5	п.м	388,4	475,73	184773,53
Всього:				61933877,7

### 3.2 Розрахунок економічного ефекту

1) Річна витрата теплоти в місті Суми становить 2882706 ГДж, або 688798,8 Гкал. Ціна за 1 Гкал становить 1613 грн, отже вартість тепла дорівнює  $688798,8 \cdot 1365 = 1111031174$  грн. Переводяться 688798,9 Гкал в т.у.п ( $688792,9 \cdot 164,32 \text{кг/Гкал}$ ) = 113183,4 т. у.п. Розрахунок виконав з урахуванням коефіцієнта зношеності трубопроводу  $K_e = 0,5\%$ , тобто при прокладенні нового попередньо-ізольованого трубопроводу витрата тепла становитиме  $2882706 \cdot 0,5 = 1441353$  ГДж, або 344355,6 Гкал = 555445582,8 грн.

2) Переводяться 344355,6 Гкал в т.у.п ( $344355,6 \cdot 164,32 \text{кг/Гкал}$ ) = 56584,5 т. у.п. Розраховуємо різницю зекономленого палива  $113183 - 56584 = 56599,4$  т.у.п. Вартість зекономленого палива  $56599,4 \cdot 6765,29 = 382911355$  грн

3) Вартість планових амортизаційних відрахувань по тепловій мережі становитиме  $61933877,7 \cdot 0,10 = 6193387,7$  грн., термін експлуатації траси 30 років.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

## 4 OCCUPATIONAL HEALTH

### 4.1 Tasks of the section

Occupational health is a system of socio-economic, organizational-technical, sanitary-hygienic and medical-preventive measures and means operating on the basis of the relevant legislative and other normative acts and means that ensure the preservation of human health and efficiency in the process of work. [15].

The organizational and technical measures offered by the diploma project provide harmless and safe working conditions and fire safety on the projected object proceeding from [12].

- It is planned to install the following equipment:
- насоси марок Д 4000-95-2; WILO – Economy MHI 504;

All equipment is safe to use if the operating instructions are followed. In this project the main heating system is two-pipe, closed, dead-end, channelless. Connection of subscribers to the heating system depends on the elevator.

### 4.2 Characteristics of working conditions

Working conditions - a set of factors of the production environment and the labor process that affect a person's health and ability to work while performing their duties. [17].

When concluding an employment contract, the employer must inform the employee against a receipt about the working conditions and the presence of dangerous and harmful production factors in his workplace, which have not yet been eliminated, the possible consequences of their impact on health and the employee's rights to benefits and compensation. in such conditions in accordance with the law and the collective agreement [15].

The following dangerous and harmful production factors are present in the workplace:

- increased or decreased air temperature of the working area;
- moving parts of production equipment;

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- increased dust and air pollution of the working area;
- increased noise in the workplace;
- increased vibration level;
- the possibility of electric shock;
- hot surfaces.

The design and selection of equipment takes into account the basic safety requirements for service personnel and their reliable and safe operation.

Collective and individual measures to combat vibration are taken. The former include vibration damping, vibration isolation and vibration absorption.

Vibration damping - vibrating machines with dynamic loading (fans, pumps, units) are installed on separate foundations.

Vibration isolation reduces the levels of vibration transmitted from the source to the body of the worker. Sources of oscillations are isolated from bearing surfaces by rubber, spring or combined vibration isolators.

Vibration absorption is carried out by coating the machines with viscous materials (mastic).

Personal protective equipment against vibration includes: special vibration protection shoes, gloves with soft palms.

To protect against noise, we use local and general sound insulation. General sound insulation is achieved by creating fences (walls, ceilings) from sound-absorbing materials (bricks, concrete, reinforced concrete) and placing equipment, which is a source of noise, in separate rooms.

To reduce the noise of pumps, as well as reduce the transmission of structural noise, they must be installed on a vibration-insulating foundation, the weight of which should be 3-5 times the total weight of the motor and pump. Reduction of mechanical noises of pump installations is carried out also at the expense of the equipment of their cases with sound-proof covers.

Protective earthing, grounding, equipotential bonding, low voltage, protective disconnection, insulation of current-carrying conductors, enclosures, warning alarms, interlocks, safety signs, protective equipment and safety devices protect workers from

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

electric shock.

To prevent burns among the service personnel in the CTP, the pipelines for the shut-off valves must be painted green - yellow; reverse - in green, brown.

All elements of pipelines with the temperature of the outer surface of the wall above 43 0C, placed in places accessible to service personnel, are covered with insulation, the temperature of the outer surface of which should not exceed 43 0C.

The moving parts of the equipment have securely and firmly fixed protective barriers to prevent accidental contact with them and injury to workers. Fences that open upwards have a fixation in the open position. Doors and covers are provided in protections - for convenience of service of the protected parts of mechanisms. Protections, doors and covers are provided with devices for their reliable keeping in the closed (working) position. If necessary, they must be locked with the drive of the equipment - to turn off these devices in case of removal (opening) of fences. It is forbidden to make fences from machines and mechanisms, darts and strips welded to the frame. The half-clutch housings shall be so designed that the open part of the shaft rotating on each side does not exceed 10 mm.

According to the hygienic classification, working conditions at the workplaces of the heating system sections are permissible.

Acceptable working conditions - conditions characterized by such levels of factors of the production environment and labor process that do not exceed the established hygienic standards (and possible changes in the functional state of the body are restored during the regulated rest or before the next change) and should not adversely affect health. of workers and their descendants in the near and distant periods [17].

All these safety measures will help to avoid injuries and occupational diseases of workers, both at the stage of installation and during the operation of all designed equipment.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 4.3 Safety measures

At carrying out installation works works on laying of pipelines under the earth are carried out, welding works are carried out.

Employees who perform high-risk work, and those where there is a need for professional selection when hiring undergo special training and testing of knowledge on health and safety and periodic training and testing of knowledge within the period established by relevant industry regulations, but at least once for a year.

When carrying out works in wells it is necessary to observe also safety measures: before the beginning of work it is necessary to put on overalls, to prepare means of individual protection, tools and adaptations. Make sure of their serviceability and reliability.

During the technical inspection and work related to the descent of the worker into the well, the team must consist of at least three people: one works in the well, the second поверхні on the surface, the third specifically monitors the work in the well and, if necessary, provides assistance working in the well. It is forbidden to distract the worker watching other works while the worker in a well will not come to the surface.

Before descending into the well, it is necessary to make sure that it is not gassed, for which use a gas analyzer (gas indicators) or a LBVK lamp in accordance with the manufacturer's instructions, as well as the strength of the brackets or stairs.

The crew performing work in wells must have a safety and protective device: individual safety belts for each crew member with straps and ropes that have passed previous tests, the length must be 2 m greater than the depth of the well, gas analyzer or gas indicator, rope with carabiner , signal vest, protective helmet, insulating gas mask with a hose 2 m longer than the depth of the well, but with a total length of not more than 12 m (it is forbidden to replace the insulating gas mask with filtering) two LBVK lamps, rechargeable lantern light with open flame), rods for opening latches of wells, portable ladders, manual or mechanical fan, protective portable signs of the established sample, hooks and crowbars for opening of covers of wells, the device for check of durability of brackets.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

When carrying out earthworks to establish on a place of works information plates with the indication of the organization which carries out them, phone number, a surname and a position of the executor of works, term of their beginning and end.

Enclose the excavation site with standard barriers equipped with standard warning signs.

Install technical means of traffic regulation at the site in accordance with the scheme approved by the State Traffic Inspectorate.

For hydraulic tests on strength and density of pipelines of thermal systems it is filled with water with a temperature not lower than 5 °C and not higher than 40 °C.

To check the strength and tightness of pipelines, shut-off and control valves before the heating period, the diploma project proposed to conduct a hydraulic test of the heating system for strength and tightness. The minimum value of the test pressure must be 1.25 operating pressure, but not less than 1.6 MPa (16 kgf / sq. Cm) - for main heating system; 1.2 MPa (12 kgf / sq. Cm) - for distribution heating system.

- ✓ Valves and latches of heat pipes must have:
- ✓ inscriptions with numbers in accordance with the operational scheme of heating systems and operating instructions; indicators of the direction of movement of the heat carrier and rotation of a flywheel on closing and opening;
- ✓ remote mechanical or electrical control in case of inaccessibility or inconvenience of placement of valves and gates for direct service, and also when their service is connected with danger to the personnel;
- ✓ latches with a conditional passage of 300 mm and more, in addition to the manual drive, should be equipped with a mechanized (electric or hydraulic) drive.

The height of the passage channels and tunnels should be at least 1.8 m. The width of the passages between the heat pipes should be taken to be equal to the outer diameter of the uninsulated pipe, increased by 100 mm, but not less than 700 mm. The height of the chambers from the floor level to the bottom of the protruding structures should be at least 2 m. A local reduction of the chamber height to 1.8 m is allowed.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

All shut-off valves installed on heating systems must be constantly maintained in a condition that ensures its free opening and complete closure, no vapors and leaks through the flange connections and gland seals. The use of shut-off valves to adjust the parameters of the coolant is not allowed. When choosing pre-insulated pipes, in addition to the thickness of thermal insulation determined on the basis of technical and economic calculations of the diploma project, the following properties were taken into account: biostability and chemical resistance to aggressive environments, water-repellent properties that will promote durability and reliability in their further application. external corrosion.

At first-time facilities, welded and flanged pipe joints should not be pre-insulated by 150 mm on either side of the joints prior to hydraulic testing.

The use of insulating materials which are prone to rot, such as those containing sulfur compounds or which may emit acids and alkalis, is prohibited; use asbestos-containing materials for external insulation without coating it in accordance with the requirements of sanitary norms when working with asbestos.

In addition, it is prohibited to use thermal insulation of flammable materials to protect thermal systems located in rooms of categories A, B, C, in technical and basement floors with exits through common stairwells, as well as operation of thermal systems with damaged or impregnated with oil products insulation.

Thermal systems laid outdoors (regardless of the type of laying) should be reliably protected from moisture and external corrosion.

Thus, the diploma project provides for the implementation of safety requirements during installation work and during the operation of the heating system, which will help to avoid injuries and occupational diseases of employees.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		63

## 4.4 Environmental protection

Environmental protection - a system of measures for the rational use of natural resources, preservation of particularly valuable and unique natural complexes and ensuring environmental safety.

A promising way to reduce harmful emissions into the atmosphere is the energy-efficient use of fuel, when flue gases are the raw material for the production of valuable chemicals. Comprehensive energy-technological methods of fuel use can significantly increase the utilization of fuel heat and ensure energy savings and successfully solve the problem of environmental protection.

During the operation of thermal installations, the limit values (norms, standards, limits, etc.) of emissions of harmful substances into the atmosphere, discharges of pollutants into water bodies, as well as rational use of natural resources and waste disposal are not exceeded.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		64

## Висновок

Запроектував систему магістральних теплових мереж від ТЕЦ до теплових пунктів для міста Суми. Виконав попередній гідравлічний розрахунок  $M = 227,7$ ;  $R_{\text{опт.}} = 71,3$  Па/м. Виконав остаточний гідравлічний розрахунок  $P = 2,11$  кПа;  $G = 32,89$  кг/с. Провів розрахунки всіх елементів теплових мереж (компенсатори). За отриманими даними, які отримав після гідравлічного розрахунку підібрав насоси марки WILLO. Визначив економічну складову проекту:

- затрати на матеріальну частину (попередньо-ізольованих трубопровід, опори, і т.д.) склали 61933877,7 грн.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Література

1. СНиП 2.01.01-82. Будівельна кліматологія і геофізика. – М. : “Стройиздат”, 1983.
2. СНиП 2.04.07-86. Теплові мережі. – М. : ЦИТП “Госстрой”, 1987. – 48 с.
3. Строй А.Ф., Скальський В.Л. Розрахунок і проектування теплових мереж : навч. посіб. / Строй А.Ф. , Скальський В.Л. – М. “Будівельник” 1981 – 142
4. Манюк В.І. Справочник по налазці та експлуатації водяних теплових мереж : навч. посіб. / Манюк В.І. – М. : “Стройиздат” , 1982. – 214 с.
5. Щекин В. Справочник по теплопостачанню та вентиляції : навч. посіб. / Щекин В. – М. : “Будівельник” , 1976 – 418 с.
6. Соколов Е.Я. Теплофікація і теплові мережі : навч. посіб. / Соколов Е.Я. – М. : “Енергоиздат” , 1983 – 360 с.
7. WILO. Водоснабжение и повышение давления : каталог / WILO – М. : “Pumpen Intelligenz” , 2016 – 346 с.
8. Николаев А.А. Справочник проектировщика. Проектирование теплових сетей : навч. посіб. / Николаев А.А. – М. : “Стройиздат” , 1965 – 358 с.
9. Методические указания к курсовому проекту. Теплоснабжение жилого района города : навч. метод. / – М. : ПолтаваИСИ, 1989 – 51 с.
10. Методичні вказівки. Теплогазопостачання жилого району міста і вентиляція : навч. метод. / – М. : Полтава, 2005 – 51 с.
11. Методичні вказівки. Теплопостачання і вентиляція : навч. метод. / – М.
12. Тарифи на електричну та теплову енергію [Електронний ресурс] : навч. посіб. / Електрон. Дані – М., Режим доступу 2018 : <https://smr.gov.ua/uk/dovidka/tarifi.htmlkotly-preimuschestva.html> (дата звернення 10.11.18). – Назва з екрану.
16. Жабо В.В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС. – М.: Энергоатомиздат, 1992. – 240 с.
17. Закон України «Про охорону праці» № 2695-ХІІ від 14.10.92, ВВР, 1992, № 49, ст.669.

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		66

18. Теплові мережі та мережі гарячого водопостачання з використанням попередньо теплоізолюваних трубопроводів. Настанова з проектування, монтажу, приймання та експлуатації :

19. ДСТУ-Н Б В.2.5-35:2007. — [Чинний з 2008-07-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2008. — 99 с. - (Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі і споруди) (Національний стандарт України).

20. Строй А.Ф., Скальский В.Л. Расчет и проектирование тепловых сетей. — К.: Будівельник, 1981. — 144 с.

21. Соколов Е.Я. Теплофикация и тепловые сети. — М.: Энергоиздат, 1982. — 360 с.

22. Водяные тепловые сети. Справочное пособие по проектированию. — М.: Энергоиздат, 1988. — 376 с.

23. Справочник проектировщика. Проектирование тепловых сетей / Под ред. А.А. Николаева. — М.: Стройиздат, 1965. — 358 с.

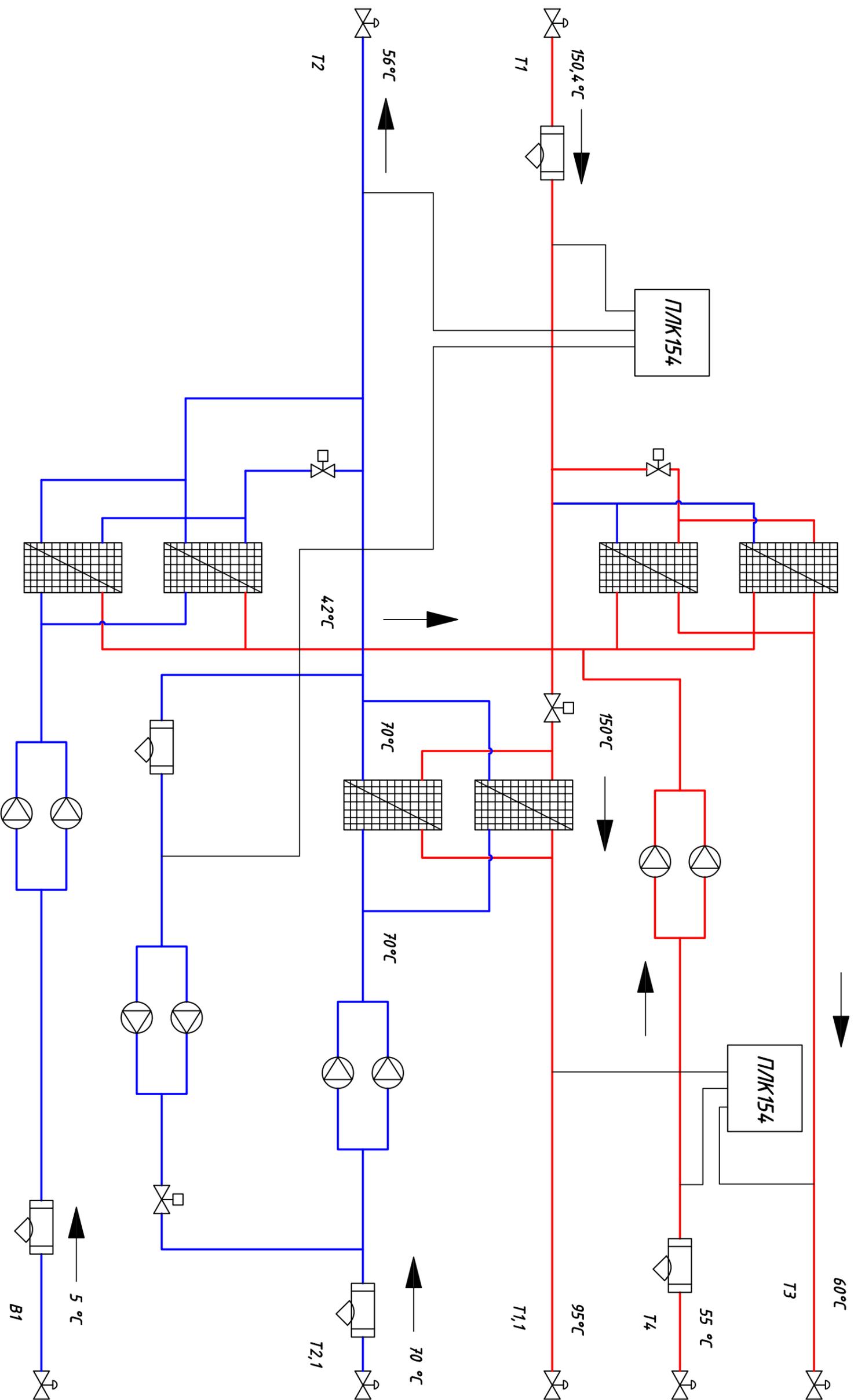
24. Мережі теплові (тепломеханічна частина). Робочі креслення : ДСТУ Б А.2.4-28:2008. — [Чинний від 2010-01-01]. — К. : Мінрегіонбуд України, 2009. — 13 с. — (Система проектної документації для будівництва) (Національний стандарт України).

25. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво : ДБН В.2.5-64:2012. — [Чинний з 2013-03-01].— К. : Мінрегіон України, 2013. — 105 с. - (Державні будівельні норми України)

					<b>201пНТ-№19157-ДП</b>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		67

Погоджено:

Інв. № ор. Підпис і дата Зам. інв. №

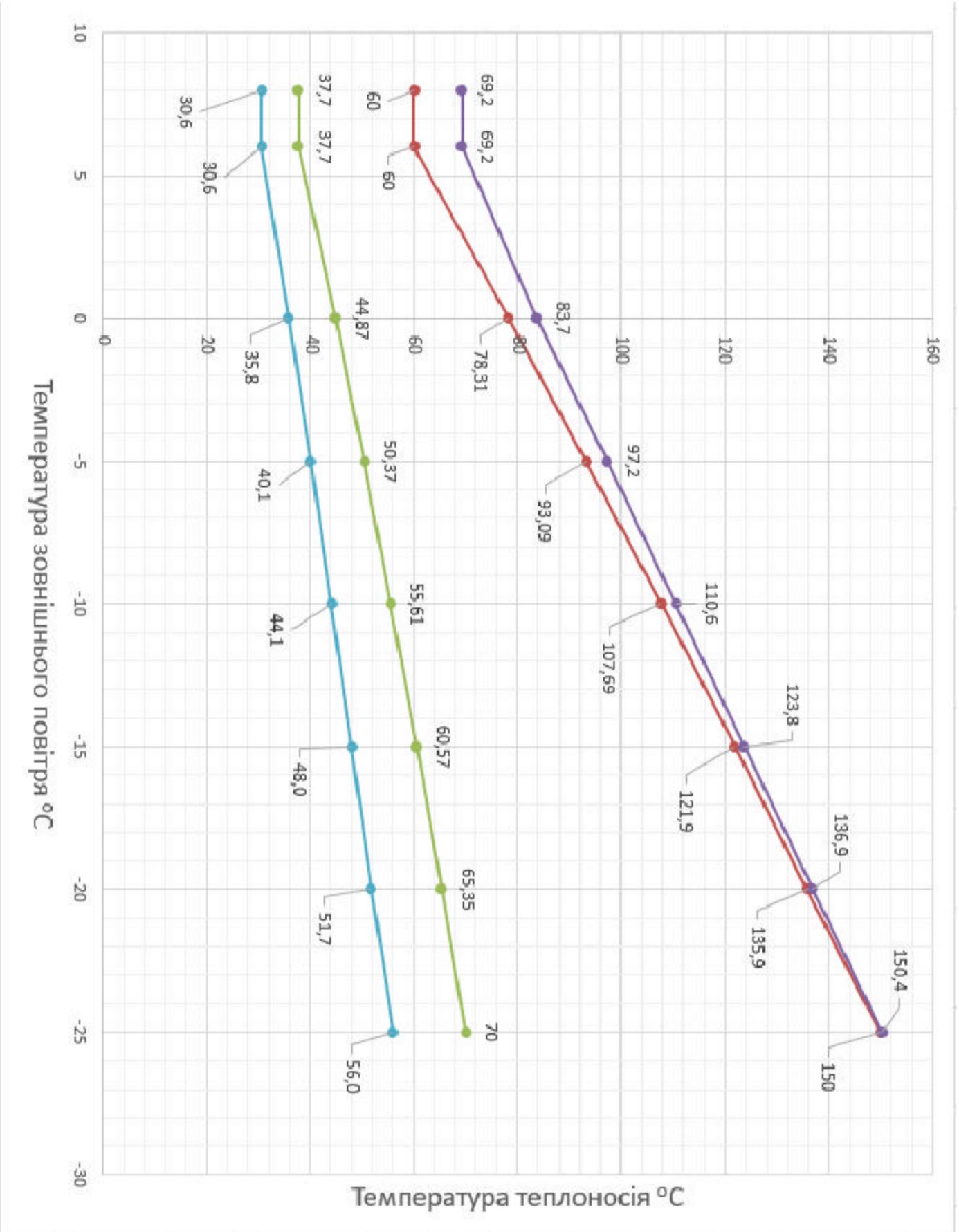


2021		2019ТГ-19157-ДП	
Проектнування магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми			
Зм.	Кільк.	Арк.	Масш.
Розробив	Перевірив	Начальник	Зав. кафедр.
Гончаренко	Чередишківа	Голік Ю.С.	Голік Ю.С.
Підпис	Дата	Схема автоматизації центрального теплового пункта	
		Стадія	Аркуш
		Р	5
		Аркушів	8
2019ТГ-19157-ДП		Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТВиСГ	



Погоджено:			

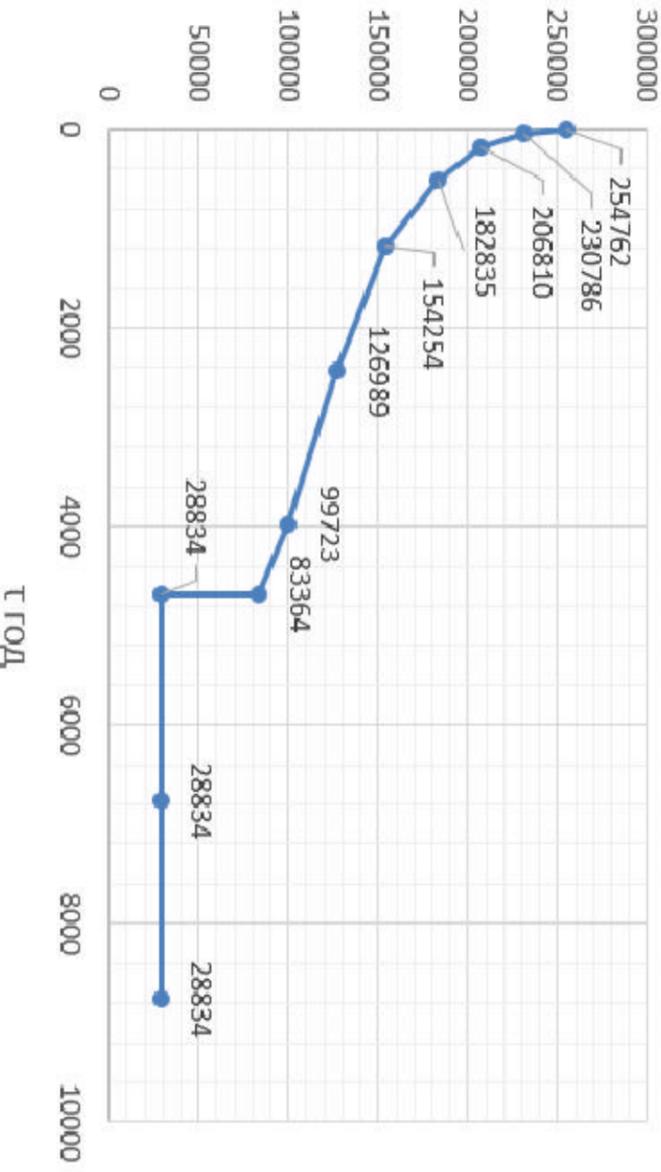
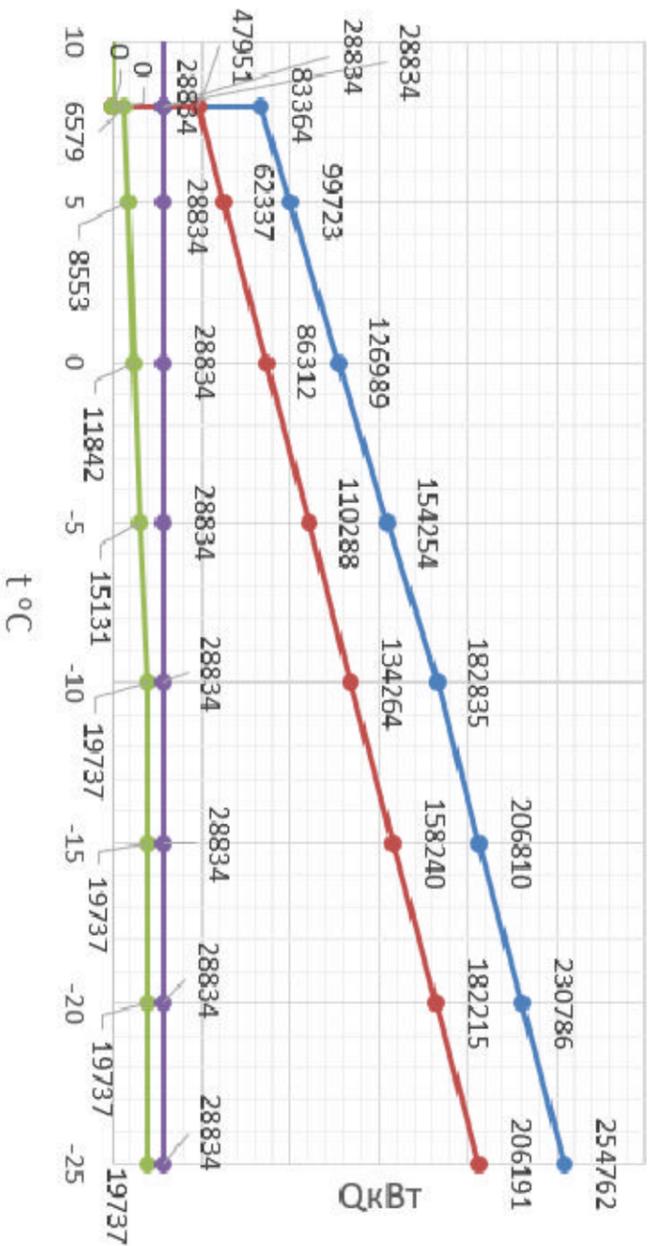
Інв. № ор.	Підпис і дата	Зам. інв. №



2021				2021		
Проективання магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми						
Зм.	Кільк.	Арк.	Модок.	Підпис	Дата	
Розробив			Гончаренко			
Перевірив			Чередишкова			
Начальник			Голік Ю.С.			
Зав. кафедр.			Голік Ю.С.			
Підвищений графік температур теплоносія для закритої мережі				Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТВиет		
Стадія	Аркуш	Аркушів				
P	7	8				

Погоджено:

Зам. інв. №  
Підпис і дата  
Інв. № ор.



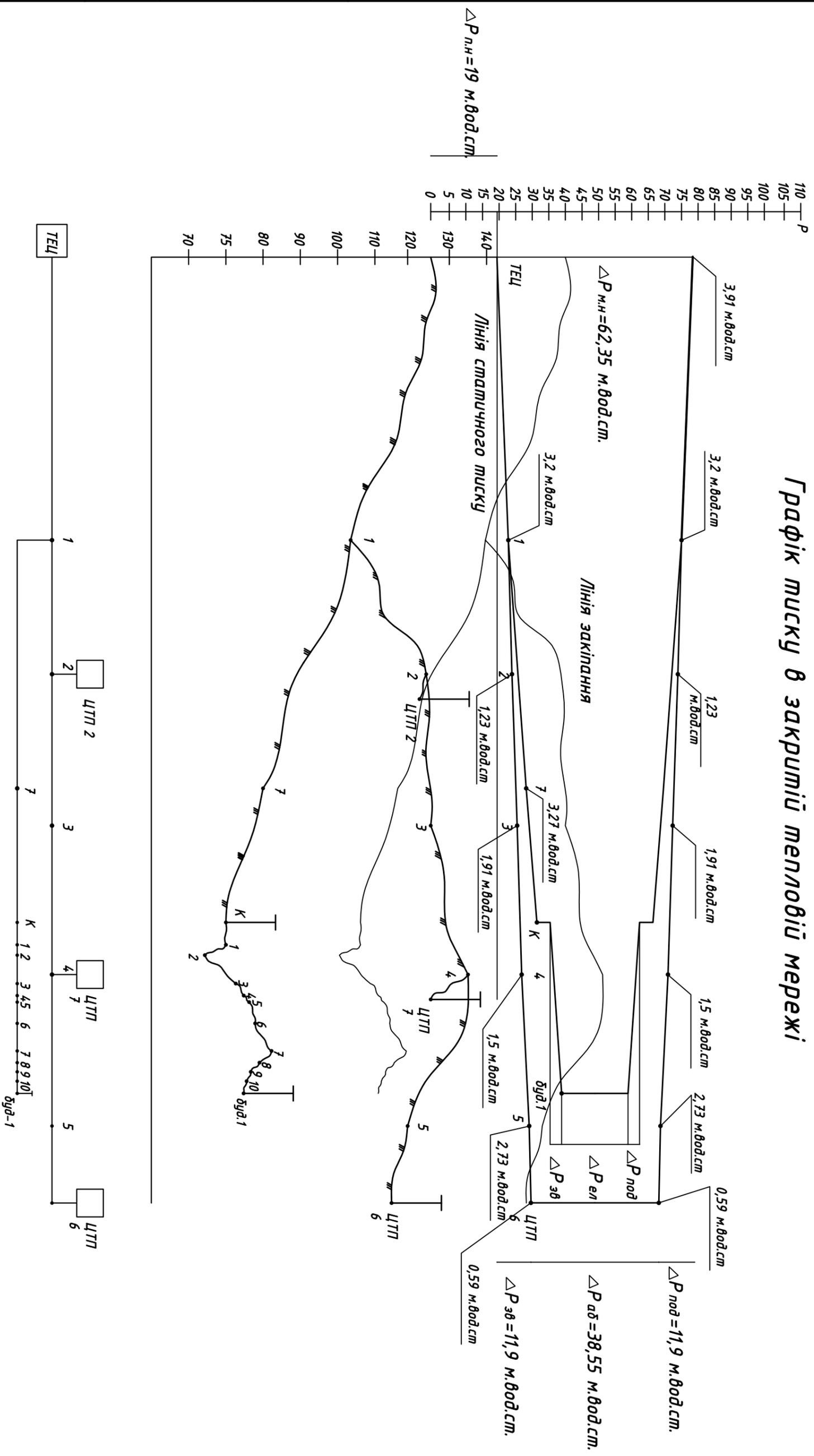
2011НТ-19157-ДП			
Проектування магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми			
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.
Розробив	Гончаренко	Підпис	Дата
Перевірив	Чередишкова		
Начальник	Голік Ю.С.		
Зав. кафедр.	Голік Ю.С.		
2021			
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТВиП			
Годинний графік витрати теплоти			
Стадія	Аркуш	Аркушів	
Р	8	8	







# Графік тиску в закритій тепловій мережі



Погоджено:

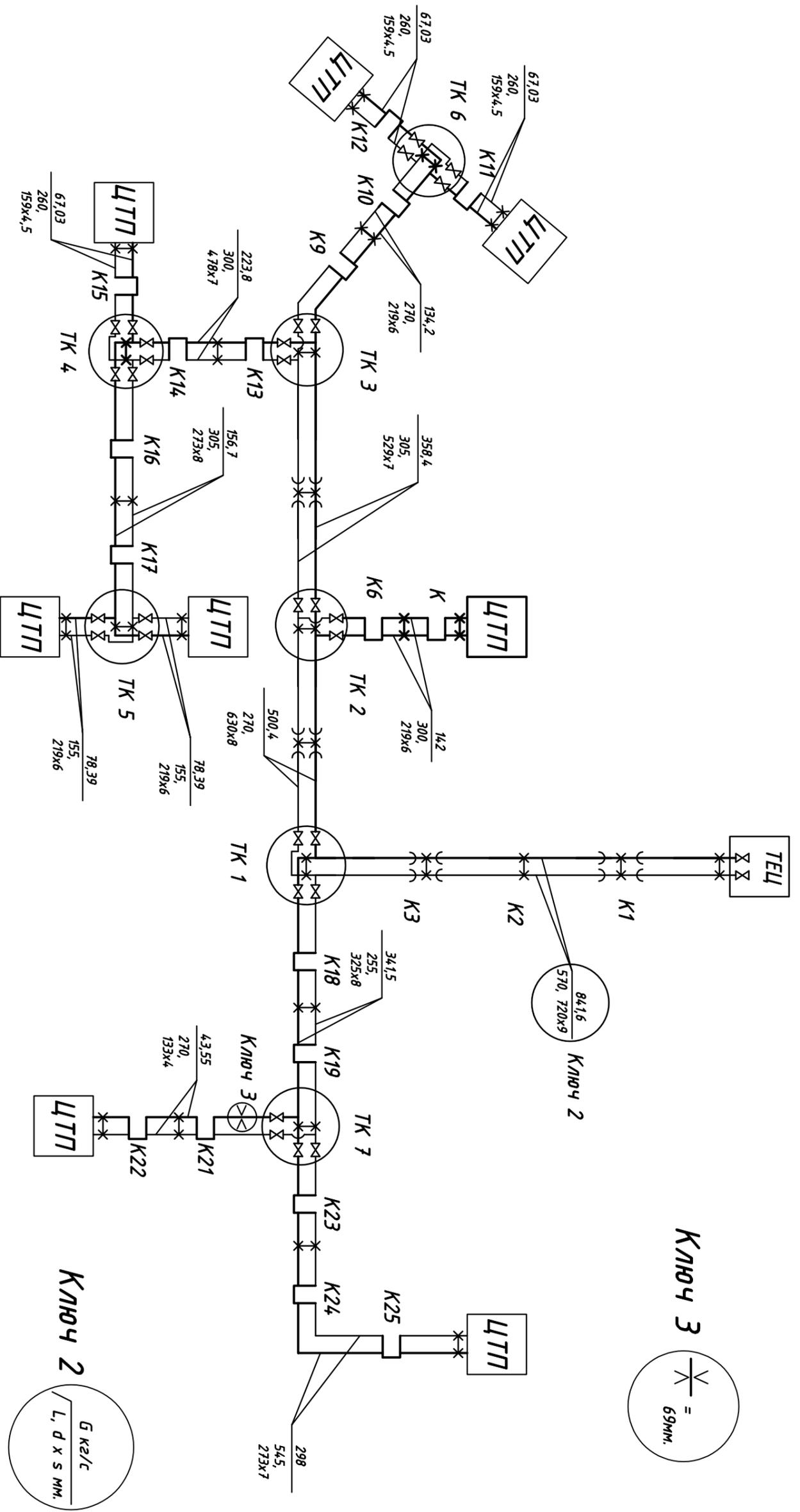
Зам. інв. №

Підпис і дата

Інв. № ор.

2021				2021				2019-19157-ДП						
Проектування магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми														
Зм.	Кільк.	Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Графік тиску в закритій тепловій мережі						Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТ Вмат		
Розробив	Перевірив	Начальник	Зав. кафедр.	Гончаренко	Чередишкова	Голік Ю.С.	Голік Ю.С.					Стедія	Аркуш	Аркушів
												Р	3	8

# Монтажна схема трубопроводів теплової мережі невідомої забудови



Погоджено:		Зам. інв. №	Підпис і дата	Інв. № ор.

2021				2021				2021				2021			
Проективання магістральних теплових мереж ТЕЦ до житлових мікрорайонів в місті Суми															
Зм.		Кільк.	Арк.	№док.	Підпис	Дата									
Розробив		Гончаренко													
Перевірив		Чередишкова													
Начинтравля		Голік Ю.С.													
Зад. кафедр.		Голік Ю.С.													
Монтажна схема трубопроводів теплової мережі невідомої забудови															
20пнт-19157-ДП															
Стадія				Архвш				Архвшів							
Р				4				8							
Національний університет "Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка" кафедра ТТВиТ															