

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

---

(факультет)

Теплотехніки

---

(кафедра)

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА  
ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА  
на тему:**

Теплопостачання житлової забудови

---

в Голосіївському районі м. Києва

---

Зубков Владислав Анатолійович

---

(прізвище, ім'я та по батькові студента)

Київ – 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(кафедра)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Теплопостачання житлової забудови

в Голосіївському районі м. Києва

(назва)

Виконав Зубков Владислав Анатолійович

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

студент групи ТВс-21

192 «Будівництво та цивільна інженерія

(спеціальність)

Теплогазопостачання і вентиляції

(освітня програма)

Керівник Чепурна Н.В.

(прізвище та ініціали)

ДОЦЕНТ, канд. техн. наук

(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ – 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології  
Кафедра: Теплотехніки  
Освітній ступень «бакалавр за ОПП»  
Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія  
Освітня Теплогазопостачання та вентиляції  
програма

**ЗАТВЕРДЖУЮ**  
Декан факультету

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 2024 року

**З А В Д А Н Н Я  
НА ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВРА**

Зубков Владислав Анатолійович  
(прізвище, ім'я, по батькові студента)

1. Тема роботи «Теплопостачання житлової забудови в Голосіївському районі в м.Києві»

затверджена наказом ректора КНУБА № 850/2 від “29” травня 2024 року

2. Керівник роботи Чепурна Наталія Володимирівна, к.т.н., доцент  
( прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання студентом роботи до захисту 24.06.2024р.

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Р.1. Вихідні дані та характеристика об'єкту теплопостачання.

Р.2. Розрахунок системи теплопостачання.

Р.3. Енергозбереження в системах теплопостачання.

Р.4. Індивідуальний тепловий пункт.

Р.5. Автоматизація.

Р.6. Охорона праці.

Список використаної літератури

Додатки

5. Графічний матеріал за розділами

Р.1., Р.2. Генплан теплової мережі. Ситуаційний план.

Р.2. Монтажна схема теплової мережі.

Р.2. Повздовжній профіль теплової мережі.

Р.2. Теплова камера ТК1, ТК2. План. Розрізи.

Р.2. Теплова камера ТК3, ТК4. План. Розрізи.

Р.3., Р.4. Фрагмент плану теплового пункту.

Р.2. Схема аварійної сигналізації.

Р.5. Схема автоматизації.

6. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Вихідні дані та характеристика об'єкту теплопостачання	27.05.2024
Розділ 2. Розрахунок системи теплопостачання	31.05.2024
Розділ 3. Енергозбереження в системах теплопостачання	11.06.2024
Розділ 4. Індивідуальний тепловий пункт	20.06.2024
Розділ 5. Автоматизація	21.06.2024
Розділ 6. Охорона праці	22.06.2024
Остаточне оформлення роботи	23.06.2024
Направлення роботи на рецензування, перевірку на плагіат	24.06.2024
Попередній захист роботи на кафедрі	24.06.2024

7. Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірив	
		дата	підпис
Розділ 5.	Автоматизація		
Розділ 6.	Охорона праці		

8. Дата видачі завдання 04.03.2024р.

**Зав. кафедри** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Кириченко М.А.**  
(прізвище та ініціали)

**Керівник** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Чепурна Н.В.**  
(прізвище та ініціали)

**Здобувач** \_\_\_\_\_  
( підпис )

**Зубков В.А.**  
(прізвище та ініціали)



**РОЗДІЛ 1.**  
**ВИХІДНІ ДАНІ ТА**  
**ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТУ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

						Арк.
						6
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 1.1. Вихідні дані

Завданням на проектування в кваліфікаційній роботі було розробка системи тепlopостачання житлової забудови, яка має прокладатися у Голосіївському районі в м. Києві, а саме теплових розподільчих мереж центрального опалення та гарячого водopостачання від ЦТП до будинків на вул. Здановської, 47А, 47Б, просп. Голосіївський, 32Д у Голосіївському районі м. Києва.

Теплоносій – гаряча вода, з розрахунковим температурним графіком 150-70 °С, влітку – 70-30 °С. Фактичний температурний графік 115-70 °С.

Згідно з ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі"[1, 2] при перетині теплотрасою 2Ø323, 9/450 та 2Ø159/250 дороги для зменшення навантаження влаштовують плити дорожні 1П 30.18-10.

Передбачається прокладання трубопроводів опалення та гарячого водopостачання від ЦТП до житлових будинків №47А, 47Б на вул. Здановської та житлового будинку №32Д на просп. Голосіївський.

Трубопроводи опалення та гарячого водopостачання, що підлягають прокладанню, розташовані усередині житлового масиву вздовж вулиці Здановської.

Встановлення регулятора тиску типу «до себе» та запобіжного клапану у будинку на вул. Здановської №47А.

Спосіб прокладки трубопроводів – підземний: каналний та безканалний, з попередньо-ізолюваних сталевих труб.

Схема теплових мереж – чотирьохтрубна.

Регулювання відпуску теплоти – теплової мережі ЦО 150-70°С, в літній період 70-30°С.

Прокладка трубопроводів виконується в існуючому напрямку.

Прокладка трубопроводів - підземна, безканална.

Робочий тиск в тепломережі приймається 16 кгс/см<sup>2</sup>.

Район будівництва має такі кліматичні умови згідно з [4]:

						Арк.
						7
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розрахункова температура для проектування опалення      мінус 22 °С;
- середня температура опалювального періоду                      мінус 0,1 °С;
- тривалість опалювального періоду                                      176 діб;
- абсолютна максимальна температура                                      39 °С;
- абсолютна мінімальна температура                                      мінус 32 °С;
- нормативна глибина промерзання ґрунту                                      0,9 м.

Тривалість стояння температур зовнішнього повітря [4] наведено в табл.

1.1:

Таблиця 1.1

Місто	Кількість годин з температурою в даному інтервалі									
	Кількість годин з температурою, нижчою за дану									
	-35	-30..	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	Разом
-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	+5	+8		
Київ	1	4	31	130	336	627	1225	1480	654	4488
	1	5	36	166	502	1129	2354	3834	4488	

## 1.2 Вибір схеми теплопостачання

Згідно з проектом, планується встановлення теплової мережі підземно за допомогою трубопроводів безканального типу, які прокладатимуться як у безканальному середовищі, так і у попередньо-ізольованих каналах зі сталевих труб виробництва заводу, обладнаних високоефективною теплоізоляцією. В місцях перетину теплової мережі з дорогою передбачається встановлення плит дорожніх ІП 30.18-10.

У проекті передбачена прокладка теплової мережі з трубопроводів, які мають вбудовану систему аварійної сигналізації. Це рішення значно підвищить надійність теплопостачання для споживачів, зменшить тепловтрати під час транспортування теплової енергії, продовжить термін експлуатації цієї ділянки магістралі незалежно від гідрогеологічних умов в районі прокладки. Крім того, це дозволить значно зменшити трудовитрати під час будівництва та експлуатації теплової мережі[2, 7].

В проекті передбачені кульові крани, застосування яких підвищить надійність і безпеку роботи теплових мереж.

Метод прокладки трубопроводів у даному проекті включає підземні траси як у каналах, так і безпосередньо в ґрунті з використанням попередньо-ізольованих сталевих труб. Перед початком викопування котлованів, необхідно здійснити відшурфування існуючих інженерних мереж у місцях перетину з тепловою мережею. План траси теплопроводів подано на кресленнях проекту[2, 3, 6-8].

У теплових камерах передбачено наступне: антикорозійне покриття трубопроводів та металевих конструкцій за допомогою кремній-органічної композиції "КО-88"; теплоізоляція трубопроводів за допомогою базальтових матів товщиною  $\delta=50\text{мм}$ ; захисний покривний шар з фольгоізоляцією; використання в'язальної проволочки діаметром  $d=3\text{мм}$ .

						Арк.
						9
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Виконання та приймання робіт з тепловими мережами необхідно здійснювати відповідно до вимог ДБН В.2.5-39:2008[1] та ДСТУ Н.Б.В.2.5-66:2012 "Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості теплових мереж" [2].

Згідно з рекомендаціями, підключення до теплових мереж краще здійснювати протягом опалювального періоду.

Для трубопроводів ЦО (Т1, Т2) проектом передбачено застосування теплогідроізольованих трубних секцій заводського виготовлення, які складаються зі сталеві труби та захисної оболонки з поліетилену високої густини, що виготовляє ВАТ «Завод сантехнічних заготовок» м. Київ.

Попередньо ізольовані труби складаються з наступних компонентів:

- сталева провідна труба;
- зовнішня труба виготовлена із твердого поліетилену;
- міжтрубний простір заповнений поліуретановою піною;
- сигналізаційні провідники для систем аварійної сигналізації.

Труби і комплектуючі деталі поставляються на будівельний майданчик у готовому вигляді.

Для гарячого водопостачання (Т3, Т4) передбачено застосування довгомірних трубних секцій (бухт) "Ізопрофлекс-А", які складаються з поліетиленової труби "Джи-пекс-А", теплоізоляційного шару та захисної гофрованої поліетиленової оболонки.

Таке рішення підвищить надійність теплопостачання споживачів, істотно знизить тепловтрати при транспортуванні теплової енергії, подовжить термін експлуатації даної ділянки магістралі незалежно від гідрогеологічних умов в районі прокладки, а також призведе до скорочення трудовитрат при будівництві та експлуатації теплової мережі.

В роботі передбачені кульові крани, застосування яких підвищить надійність і безпеку роботи теплових мереж.

Монтаж заземлення, коробок приєднання та з'єднання виконується з нержавіючої сталі.

						Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Захист теплової мережі від електрохімічної корозії не виконується, так як тепломережа прокладається повністю із труб попередньо ізольованих.

Герметичність основної сталеві труби теплопроводу і поліетиленової оболонки визначається по ступіню вологості пінополіуретанової ізоляції за допомогою вмонтованої системи аварійної сигналізації типу «NORDIC», за показниками спеціального приладу (детектора ушкоджень).

Всі трубопроводи опалення та їх елементи повинні відповідати ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі"[1].

Компенсація температурних повздовжень прийнята за рахунок кутів повороту траси та сильфонних компенсаторів [9].

Теплогідроізоляція стиків виконується трубних секцій виконується за допомогою термоусадкових поліетиленових муфт.

						Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**РОЗДІЛ 2**  
**РОЗРАХУНОК СИСТЕМИ ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ**

						Арк.
						12
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

## 2.1. Розрахунок та регулювання теплових потоків

Розраховуємо значення теплових потоків для наступних систем:

- Система опалення;
- Система гарячого водопостачання;
- Система вентиляції.

Якісна оцінка цих теплових потоків визначить ефективність та економічність кожної системи.

Розраховуємо тепловий потік на систему опалення будинків [9, 10]:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o), \text{Вт} \quad (2.1)$$

де  $q_{on}$  – питома теплова характеристика на систему опалення, яка може бути визначена в залежності від призначення та об'єму будівлі, Вт/ (м<sup>3</sup>·°C);

$\beta_t$  – температурний коефіцієнт, який враховує різні кліматичні зони та використовується, коли розрахункова температура зовнішнього повітря відрізняється від -30°C, приймаємо  $\beta_t=1,134$  при  $t'_o = -22$  °C ;

$V_3$  – загальний об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м<sup>3</sup>;

$t_g$  – середня температура внутрішнього повітря будівлі, °C, приймаємо  $t_g=+20$ °C.

$t'_o$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °C, приймаємо м. Київ  $t'_o=-22$ °C;

$a_i$  – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на підігрівання зовнішнього повітря, яке надходить в будівлю за рахунок інфільтрації через нещільності в огороженнях, приймаємо  $a_i = 1,05 - 1,1$ .

Розраховуємо величину теплового потоку на систему вентиляції будинків[9, 10]::

$$Q'_{v\max} = q_g \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o), \text{Вт} \quad (2.2)$$

де  $q_g$  – величина питомої теплової характеристики будинків на систему вентиляції, визначається від призначення будівлі та її об'єму Вт/ (м<sup>3</sup>·°C).

						Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо величину середнього теплового навантаження на систему гарячого водопостачання (в опалювальний період) [9-11]::

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot Q_T \cdot (t_h - t_c)}{24 \cdot 3,6}, \text{Вт} \quad (2.3)$$

де:  $Q_T$  – розрахункові (питомі) середні за рік добові витрати води, л/діб на одиницю виміру, приймаємо 100 л/діб для житлових будинків; 65 л/діб для громадських будівель.

1,2 – коефіцієнт, який враховує тепловтрати трубопроводів системи гарячого водопостачання;

$m$  – кількість мешканців;

$c$  – питома теплоємність води, кДж/(кг·°С):

$c=4,187$ кДж/(кг·°С);

$t_h$  – температура гарячої води, °С, приймаємо  $t_h = 60^\circ\text{С}$ ;

$t_c$  – температура водопровідної холодної води в опалювальний період, приймаємо  $t_c = 5^\circ\text{С}$ .

Розраховуємо значення максимального теплового навантаження на систему гарячого водопостачання для громадських будівель (в неопалювальний період) [9-11]:

$$Q_{h\max} = \kappa_2 \cdot Q_{hm}, \text{Вт} \quad (2.4)$$

де  $\kappa_2$ - коефіцієнт годинної нерівномірності, приймаємо  $\kappa_2=2,4$ .

Визначаємо теплові потоки на систему опалення для будь якої температури зовнішнього повітря  $t_n$  в діапазоні від  $t_o$  до  $t_{нк}$ :

$$Q_o(t_n) = Q'_{o\max} \bar{Q}_o = Q'_{o\max} \frac{t_i - t_n}{t_i - t'_o}, \quad (2.5)$$

де:  $t_i$  – температура внутрішнього повітря, приймаємо  $t_i = 20^\circ\text{С}$ ;

$t'_o$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на систему опалення, °С, приймаємо м. Київ  $t'_o = -22^\circ\text{С}$ .

						Арк.
						14
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначення теплових потоків протягом опалювального періоду.

Теплові потоки для гарячого водопостачання (середній і максимальний) залишаються сталими протягом опалювального періоду. Це дозволяє враховувати постійний рівень теплових навантажень під час цього періоду для належного розрахунку та планування ефективної роботи системи гарячого водопостачання[9, 10]:.

Розраховуємо середній тепловий потік на систему гарячого водопостачання (в неопалювальний період) [9-11]:

$$Q_{hm}^S = Q'_{hm} \frac{t_h - t_c^S}{t_h - t_c} \beta, \text{ МВт}, \quad (2.6)$$

де:  $t_c^S$  – температура водопровідної води в неопалювальний період, приймаємо  $t_c^S = +15^\circ\text{C}$ ;

$t_h$  - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, приймаємо  $t_h = 60^\circ\text{C}$ ;

$t_c$ , - температура водопровідної води в опалювальний період, приймаємо  $t_c = +5^\circ\text{C}$ ;

$\beta$  – коефіцієнт, враховуючий зміну середньої витрати гарячої води в неопалювальний період порівнюючи з опалювальним періодом, приймаємо для житлово-комунального сектора  $\beta=0,8$ .

Після виконання необхідних розрахунків ми можемо побудувати графіки, що показують зміни теплових потоків в залежності від температури зовнішнього повітря.

Визначення річних витрат теплоти.

Розраховуємо річні витрати теплоти на опалення[9-11]:

$$Q_o^P = k \cdot n_o \cdot Q'_{o\max} \cdot \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \text{ ГДж}, \quad (2.7)$$

де:  $n_o$  – тривалість опалювального періоду, год;

$k$  – коефіцієнт переводу одиниць;

$t_i$  – розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{om}$  – середня температура опалювального періоду,  $^\circ\text{C}$ .

						Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо річні витрати теплоти на вентиляцію[9-11]:

$$Q_v^p = k \cdot n_o \cdot Z/24 \cdot Q'_{v\max} \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \quad (2.8)$$

де  $Z$  – тривалість роботи систем вентиляції на добу, год, приймаємо  $Z = 16$  год.

Розраховуємо річні витрати теплоти на гаряче водопостачання[9-11]:

$$Q_{hm}^p = k (Q'_{hm} \cdot n_o + Q^s_{hm} \cdot (8400 - n_o)) \quad (2.9)$$

де: 8400 – кількість годин роботи системи теплопостачання за рік.

Розраховуємо сумарні річні витрати теплоти[9-11]:

$$Q_\Sigma^p = Q_o^p + Q_v^p + Q_{hm}^p, \text{ ГДж} \quad (2.10)$$

Регулювання теплових потоків.

Проводимо розрахунок та центральне якісне регулювання теплових потоків по навантаженню на опалення [9-12].

Розраховуємо температуру мережної води при температурі зовнішнього повітря  $t_n$ [9-11]:

$$\text{перед системою опалення: } \tau_3(t_n) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau'_3 - \tau'_{np}) \bar{Q}_o; \quad (2.11)$$

$$\text{для подавального трубопроводу: } \tau_{10}(t_n) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau'_{10} - \tau'_{np}) \bar{Q}_o; \quad (2.12)$$

$$\text{після системи опалення: } \tau_{20}(t_n) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} - (\tau'_{np} - \tau'_{20}) \bar{Q}_o; \quad (2.13)$$

де:  $\tau'_{1,0}$  - температура мережної води в подаючому трубопроводі перед змішуючим насосом, температура залежить від розрахункової температури зовнішнього повітря на опалення  $t'_o$ ,  $115^\circ\text{C}$ ;

$\tau'_{np}$  – розрахункова середня температура опалювального пристрою.

Розраховуємо розрахункову середню температуру опалювального пристрою:

$$\tau'_{np} = 0,5(\tau'_3 + \tau'_{2,0}), \text{ }^\circ\text{C}; \quad (2.14)$$

						Арк.
						16
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де:  $\tau'_{2,0}$  - температура мережної води в зворотному трубопроводі після системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення  $t'_o = 70^\circ C$ ;

$\tau'_3$  - температура води після змішуючого насоса системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення (приймається  $95^\circ C$ ).

Розрахункова середня температура опалювального пристрою [9-11]:

$$\tau'_{np} = 0,5(\tau'_3 + \tau'_{2,0}) = 0,5(95 + 70) = 82,5^\circ C$$

Постійні коефіцієнти при значеннях аргументів (відносних теплових потоках) в рівняннях температурних графіків якісного регулювання:

$$\left( \tau'_{np} - t_i \right) = 82,5 - 20 = 62,5^\circ C ;$$

$$\left( \tau'_{1,0} - \tau'_{np} \right) = 115 - 82,5 = 32,5^\circ C ;$$

$$\left( \tau'_{np} - \tau'_{2,0} \right) = 82,5 - 70 = 12,5^\circ C ;$$

$$\left( \tau'_3 - \tau'_{np} \right) = 95 - 82,5 = 12,5^\circ C .$$

Розраховуємо відносний тепловий потік,  $\bar{Q}_o$  [9-11]:

$$\bar{Q}_o = \frac{t_i - t_n}{t_i - t'_o} = \frac{(20 - (-10))}{(20 - (-22))} = 0,71 ;$$

$$\tau_{1,0}(-10) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,71^{0,8} + (115 - 82,5) \cdot 0,71 = 90,6^\circ C > 70^\circ C ;$$

$$\tau_{2,0}(-10) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,71^{0,8} - (82,5 - 70) \cdot 0,71 = 58,6^\circ C ;$$

$$\tau_3(-10) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,71^{0,8} + (95 - 82,5) \cdot 0,71 = 76,4^\circ C ;$$

Температурний графік будуємо за температурами мережної води при  $t_n = +8^\circ C$

$$\tau_{1,0}(+8) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,29^{0,8} + (115 - 82,5) \cdot 0,29 = 52,6^\circ C < 70^\circ C ;$$

						Арк.
						17
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$\tau_{2,0}(+8) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,29^{0,8} - (82,5 - 70) \cdot 0,29 = 39,6 \text{ } ^\circ\text{C};$$

$$\tau_3(+8) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,29^{0,8} + (95 - 82,5) \cdot 0,29 = 46,8 \text{ } ^\circ\text{C};$$

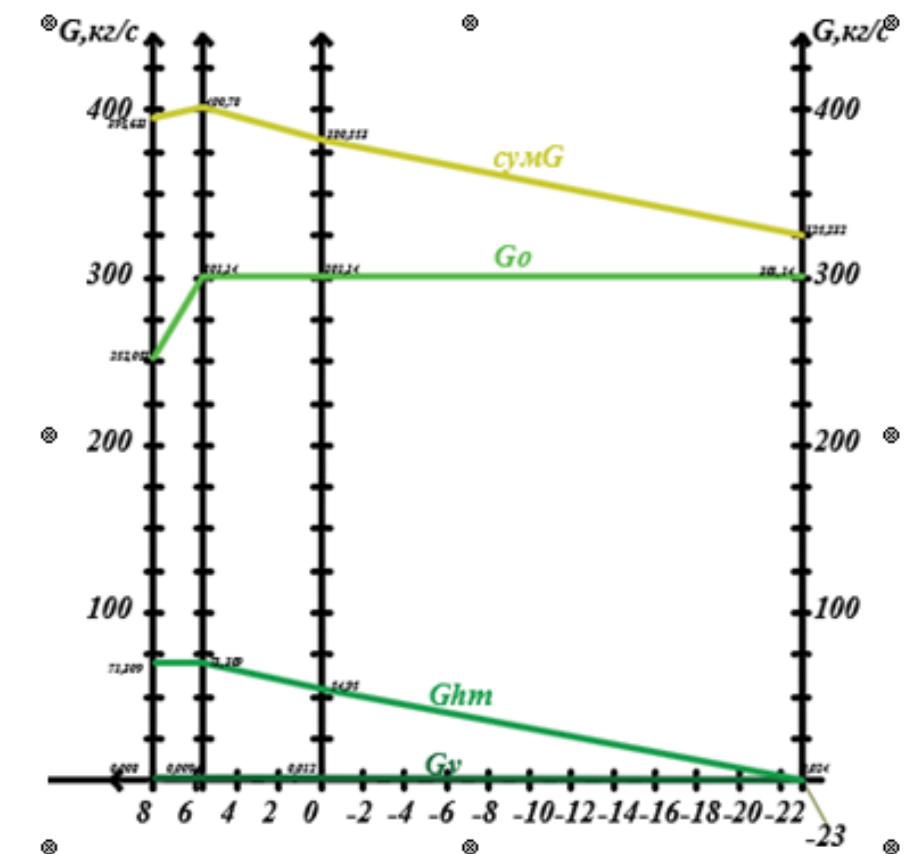
З урахуванням того, що температура мережної води в подаючому трубопроводі перед змішувачем насосом ( $\tau_{1,0}(+8)$ ) не перевищує  $70 \text{ } ^\circ\text{C}$ , потрібно визначити температуру зрізу температурного графіка. Ця температура вказує на момент, коли якісне регулювання роботи системи теплопостачання стає неможливим.

Так, для визначення температури зрізки температурного графіка необхідно спочатку побудувати цей графік. Після цього можна знайти температуру, при якій якісне регулювання роботи системи теплопостачання стане неможливим.

Розраховуємо витрати мережної води на систему опалення[9-11]:

:

$$G_0(t_H) = \frac{Q_o(t_H)10^3}{c(\tau_{10}(t_H) - \tau_{20}(t_H))}; \text{ кг/с}; \quad (2.14)$$



Розраховуємо питомий тепловий потік при температурі злому графіку:

$$\overline{Q}_0 = \frac{t_i - t_n^{\parallel}}{t_i - t_0} = \frac{20 - 0}{20 - (-22)} = 0,476;$$

$$\tau_{10}(0) = 20 + (82,5 - 20) \cdot 0,476^{0,8} + (115 - 82,5) \cdot 0,476 = 70^{\circ}\text{C}$$

Розраховуємо витрату теплоносія на систему опалення після точки злому температурного графіку.

Регулювання теплових потоків на систему гарячого водопостачання.

За допомогою температурного графіка ми визначаємо температуру  $t''_n$  у точці злому графіка, яка є точкою температури зрізки.

У вашому випадку температура зрізки складає  $0^{\circ}\text{C}$ . У багатьох випадках у закритій системі опалення водонагрівачі для системи гарячого водопостачання підключаються за двоступеневою змішаною схемою до теплової мережі.

Необхідно визначити витрати мережної води на другу ступінь водопідігрівача системи гарячого водопостачання та визначити температуру мережної води після першого та другого ступеня підігріву[9,12,14].

Розраховуємо витрату води на систему гарячого водопостачання[9, 12]:

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c \cdot (\tau_{1,0}'' - \tau_{2,0}'')} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c}, \text{ кг/с}, \quad (2.15)$$

де  $t'$  - температура водопровідної мережної води після першого ступеня підігріву.

$$t' = \tau_{2,0} - (5 \div 10)^{\circ}\text{C};$$

$t_h$  - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання,  $t_h = 55^{\circ}\text{C}$ .

Після проведення розрахунків ми складаємо графік, який показує, як залежать витрати водопровідної мережі на підігрівач системи гарячого водопостачання від температури зовнішнього повітря.

						Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Враховуючи наявності зрізки температурного графіка та визначення двох характерних діапазонів проводимо розрахунки.

Розглянемо перший діапазон температур зовнішнього повітря (менше ніж  $t_H''$ ).

Розраховуємо температуру мережної води після калориферів, якщо в подаючому трубопроводі спостерігається змінні температури мережної води та тепловому потоці на систему вентиляції [9, 12]:

$$\tau_{2,B} = \tau_1 - (\tau_{1,0}^I - \tau_{2,0}^I) \cdot \frac{(t_i - t_H)}{(t_i - t_0^I)} \quad (2.16)$$

Приймаємо температуру мережної води в подаючому трубопроводі за відповідною температурою при регулюванні з врахуванням величини навантаження на систему опалення [12,14]:

$$\tau_1 = \tau_{1,0}.$$

Другий діапазон зрізки температурного графіка розглянемо.

Розраховуємо визначення температури мережної води після калорифера при постійній температурі мережної води перед калорифером і змінному тепловому потоці на систему вентиляції [9, 12]:

$$\frac{(\tau_1'' + \tau_{2,B}) - (t_H + t_i) \cdot (\tau_1'' - \tau_{2,B})^{0,15}}{(\tau_1'' + \tau_{2,B}) - (t_H'' + t_i) \cdot (\tau_1'' + \tau_{2,B})^{0,15}} = \frac{(t_i - t_H)^{0,85}}{(t_i - t_H'')^{0,85}} \quad (2.17)$$

Розраховуємо за формулою витрату мережної води на систему вентиляції для обох діапазонів [14]:

$$G_V(t_H) = \frac{Q_V(t_H)}{c \cdot (\tau_1(t_H) - \tau_{2,B}(t_H))} \quad (2.18)$$

						Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Розрахунок витрат теплоносія.

Розрахункові залежності відрізняються в залежності від типу теплового навантаження. Для визначення витрат теплоносія використовуємо розрахункові залежності [9, 12,14]:

- визначаємо на систему опалення визначення витрати теплоносія:

$$G_{o\max} = \frac{Q_{o\max}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \quad (2.19)$$

- визначаємо на систему гарячого водопостачання в закритих системах теплопостачання:

- визначаємо середню при змішаній схемі приєднання підігрівачів:

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c(\tau''_{1,0} - \tau''_{2,0})} \cdot \left( \frac{t_h - t'}{t_h - t_c} + 0,2 \right); \quad (2.20)$$

- визначаємо на систему вентиляції витрату теплоносія:

$$G_{V\max} = \frac{Q_{V\max}}{c \cdot (\tau^I_{1,0} - \tau^I_{2,0})} \quad (2.21)$$

- визначаємо максимальну при змішаній схемі приєднання водопідігрівачів:

$$G_{h\max} = \frac{0,55Q_{h\max}}{c(\tau''_{10} - \tau''_{20})}; \quad (2.22)$$

Розраховуємо розрахункові витрати мережної води сумарні теплових мережах у відкритих та закритих системах теплопостачання при якісному регулюванні [14]:

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + G_{h\max}, \text{ кг/с} \quad (2.23)$$

Для кожного будинку визначаємо витрату теплоносія.

Розраховуємо розрахункові витрати води в двохтрубних водяних теплових мережах в неопалювальний період [9, 12]:

$$G_d^S = \beta \cdot G_{h\max} = 0,8 \cdot G_{h\max}; \text{ кг/с} \quad (2.24)$$

де  $\beta$  - коефіцієнт, для житлово-комунального сектора  $\beta = 0,8$ .

						Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### Розрахункова максимальна витрата мережної води системи ЦО:

$$G_{\text{оmax}} = Q_{\text{оmax}} \cdot 10^3 / (c \cdot (t_1 - t_2)), \text{ т/год};$$

$$V_{\text{о max}} = G_{\text{оmax}} / \gamma, \text{ м}^3/\text{год}.$$

де  $Q_{\text{оmax}}$  - договірне теплове навантаження на ЦО, Гкал/год ;

$t_1, t_2$  - температура теплоносія в подавальному та зворотному трубопроводах при розрахунковій температурі зовнішнього повітря:

$$t_1 = 150 \text{ }^\circ\text{C}, t_2 = 70 \text{ }^\circ\text{C};$$

$c$  - питома теплоємність води,  $c = 1 \text{ ккал/кг}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$\gamma$  - питома вага теплоносія; при  $t=150^\circ\text{C}$   $\gamma=0,917 \text{ т/м}^3$ .

- Житловий будинок на вул. Здановська, 47А

$$G_{\text{цо max}} = 0,71 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 8,875 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цо max}} = 8,875 / 0,917 = 9,68 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 47Б

$$G_{\text{цоmax}} = 0,483 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 6,04 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цо max}} = 6,04 / 0,917 = 6,59 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на просп. Голосіївський, 32Д

$$G_{\text{цоmax}} = 0,314 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 3,925 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цо max}} = 3,925 / 0,917 = 4,28 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Дитячий садок на вул. Здановська, 49Б

$$G_{\text{цоmax}} = 0,711 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 8,888 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цо max}} = 8,888 / 0,917 = 9,692 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 43

$$G_{\text{цо max}} = 0,89 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 11,125 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цо max}} = 11,125 / 0,917 = 12,14 \text{ м}^3/\text{год};$$

- БПО на вул. Здановська, 47

$$G_{\text{цоmax}} = 0,161 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 2,013 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цо max}} = 2,013 / 0,917 = 2,195 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 45

$$G_{\text{цоmax}} = 0,394 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150 - 70)) = 4,925 \text{ т/год};$$

						Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{\text{цo max}} = 4,925/0,917 = 5,37 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 45А

$$G_{\text{цo max}} = 0,509 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150-70)) = 6,363 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цo max}} = 6,363/0,917 = 6,938 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Школа мистецтв на вул. Здановська, 43А

$$G_{\text{цo max}} = 0,621 \cdot 10^3 / (1 \cdot (150-70)) = 7,763 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{цo max}} = 7,763/0,917 = 8,465 \text{ м}^3/\text{год};$$

### Розрахункова максимальна витрата мережної води на ГВП:

$$G_{\text{ГВП max}} = Q_{\text{ГВП max}} \cdot 10^3 / (c \cdot (t_1 - t_2)), \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = G_{\text{ГВП max}} / \gamma, \text{ м}^3/\text{год}.$$

де  $Q_{\text{ГВП max}}$  - максимальне договірне навантаження ГВП, Гкал/год;

$t_1$  - температура теплоносія в подавальному трубопроводі на виході з бойлерної  $t_1 = 55 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

$t_2$  - температура води холодного водопостачання В1 на вході в бойлерну  $t_2 = 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ,

$c$  - питома теплоємність води,  $c = 1 \text{ ккал/кг}\cdot^\circ\text{C}$ ;

$\gamma$  - питома вага теплоносія; при  $t = 5 \text{ }^\circ\text{C}$   $\gamma = 0,986 \text{ т/м}^3$ .

- Житловий будинок на вул. Здановська, 47А

$$G_{\text{ГВП max}} = 0,303 \cdot 10^3 / (1 \cdot (55-5)) = 6,06 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = 6,06/0,986 = 6,146 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 47Б

$$G_{\text{ГВП max}} = 0,241 \cdot 10^3 / (1 \cdot (55-5)) = 4,82 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = 4,82/0,986 = 4,888 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на просп. Голосіївський, 32Д

$$G_{\text{ГВП max}} = 0,186 \cdot 10^3 / (1 \cdot (55-5)) = 3,72 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = 3,72/0,986 = 3,77 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 43

$$G_{\text{ГВП max}} = 0,489 \cdot 10^3 / (1 \cdot (55-5)) = 9,78 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = 9,78/0,986 = 9,92 \text{ м}^3/\text{год};$$

						Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Житловий будинок на вул. Здановська, 45

$$G_{\text{ГВП max}} = 0,295 \cdot 10^3 / (1 \cdot (55-5)) = 5,90 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = 5,90 / 0,986 = 5,98 \text{ м}^3/\text{год};$$

- Житловий будинок на вул. Здановська, 45А

$$G_{\text{ГВП max}} = 0,29 \cdot 10^3 / (1 \cdot (55-5)) = 5,80 \text{ т/год};$$

$$V_{\text{ГВП max}} = 5,80 / 0,986 = 5,88 \text{ м}^3/\text{год}.$$

### Значення розрахункових теплових потоків

Найменування споживача	Розрахунковий тепловий потік, Гкал/год				
	Опалення	Вентиляція	Гаряче водо-постачання	Технологічні потреби	Разом
БПО за адресою вул.Здановської, 47	0,161	—	0,000	—	0,161
Житловий будинок за адресою вул. Здановської, 47А	0,710	—	0,323	—	1,033
Житловий будинок за адресою вул. Здановської, 47Б	0,483	—	0,241	—	0,724
Житловий будинок за адресою вул. Здановської, 45	0,394	—	0,295	—	0,689
Житловий будинок за адресою вул. Здановської, 45А	0,509	—	0,290	—	0,799
Житловий будинок за адресою вул. Здановської, 43	0,092	—	0,000	—	1,379
Школа за адресою вул. Здановської, 43А	0,299	—	0,322	—	0,621
Дитячий садок за адресою вул. Здановської, 49Б	0,389	—	0,322	—	0,711
Житловий будинок за адресою просп. Голосієвський, 32Д	0,314	—	0,186	—	0,500
Всього	3,351	—	1,979	—	6,617

## 2.2. Гідравлічний розрахунок теплової мережі

Головна мета гідравлічного розрахунку у проектуванні теплопостачальних мереж для мікрорайону полягає у визначенні оптимальних діаметрів трубопроводів теплової системи, що забезпечують ефективний транспорт теплоносія з мінімальними витратами енергії [9,12,14].

На основі результатів гідравлічного розрахунку проводяться такі дії:

- Визначаються гідравлічні режими системи теплопостачання, що включають у себе розподіл теплової енергії та оптимальний режим функціонування.
- Встановлюються основні параметри насосів, що необхідні для забезпечення потрібного рівня тиску та пропускної здатності.
- Визначаються умови ефективної роботи джерел теплопостачання, включаючи оптимальну температуру та режими роботи.
- Здійснюється вибір та встановлення абонентських ввідів для кожного об'єкту.
- Обчислюється металоємність теплової мережі для визначення необхідного обсягу матеріалів.
- Оцінюються основні капітальні витрати на будівництво та обслуговування системи.
- Проводиться підбір та встановлення основного обладнання, такого як авторегулятори та дросельні пристрої, для оптимізації роботи системи.
- Вибирається та встановлюється обладнання теплових пунктів для регулювання температури теплової мережі.
- Розробляються та встановлюються режими експлуатації системи теплопостачання для забезпечення її ефективної та безперебійної роботи.

Розрахунок втрат тиску при транспортуванні теплоносія по трубах розраховуємо з врахуванням того, що вони складаються з втрат тиску на тертя по довжині трубопроводу  $\Delta P_T$  та втрат тиску в місцевих опорах  $\Delta P_M$ .

						Арк.
						25
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Визначаємо втрати тиску при транспортуванні теплоносія по трубах [14]:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M, \quad (2.25)$$

Визначаємо втрати тиску на тертя по довжині трубопроводу [12, 14], Па:

$$\Delta P_T = Rl, \quad (2.26)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску по довжині, Па/м;

$l$  – геометрична довжина ділянки трубопроводу, м.

Можливо замінити втрати тиску в місцевих опорах еквівалентними втратами тиску на тертя по довжині на ділянці з довжиною  $l_e$ , якщо втрати тиску на тертя дорівнюють втратам тиску в місцевих опорах.

Визначити для розрахункової ділянки значення еквівалентної довжини місцевих опорів  $l_e$  можна як суму еквівалентних довжин місцевих опорів, таких як засувки, компенсатори відводів та інше, які розташовані на цій ділянці.

Виконуємо визначення еквівалентної довжини [14]:

$$l_e = A_l \cdot \Sigma \xi \cdot d^{1,25} \quad (2.27)$$

де  $\Sigma \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів;

$A_l$  – коефіцієнт, що залежить від типу теплоносія та абсолютної еквівалентної шорсткості трубопроводу,  $m^{-0,25}$ ;

$\xi$  – безрозмірна величина, що залежить від характеру опору.

Приймаємо  $A_l = 60,7 m^{-0,25}$  - для нашої теплової мережі.

Розраховуємо втрати тиску в місцевих опорах [9] :

$$\Delta P_M = Rl_e, \quad (2.28)$$

Для гідравлічного розрахунку трубопроводів теплової мережі ми будемо користуватися методом еквівалентної довжини. Отже, повні втрати тиску на ділянці будемо відповідно визначати відповідно до рекомендацій [14].

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M = R \cdot l_{np}, \quad (2.29)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску по довжині, Па/м,

$l_{np}$  – приведена довжина ділянки трубопроводу, м.

На основі техніко-економічних розрахунків встановлюють питомі втрати тиску на тертя. У випадку відсутності таких даних, питомі втрати тиску на тертя

						Арк.
						26
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

приймають в таких межах: - для магістралі: від 40 до 80 Па/м; швидкість теплоносія не повинна перевищувати 3,5 м/с.

Розраховуємо приведену довжину ділянки трубопроводу:

$$l_{np} = l + l_e \quad (2.30)$$

Визначаємо сумарні втрати тиску в магістралі або відгалуженні  $\Sigma \Delta P$ , як суму втрат тиску всіх ділянок, які з'єднанні послідовно:

$$\Sigma \Delta P = \Sigma (R \ell_{np}). \quad (2.31)$$

Відгалуження розраховуються за наявним тиском  $\Delta P_n$ , який визначають з умови рівності втрат тиску в відгалуженні та в магістралі в точці приєднання відгалуження [14] :

$$\Delta P_n = \Sigma R \ell_{np}. \quad (2.32)$$

Результати гідравлічного розрахунку теплових мереж заносимо в таблицю. Ці ж дані використовуємо при побудові графіка тисків в тепловій мережі.

При гідравлічному розрахунку припускається, що нев'язка не перевищує 10%. Це означає, що гідравлічний розрахунок вважається задовільним, якщо втрати тиску від джерела теплоти до кінцевих споживачів головної магістралі та відгалужень відрізняються не більш ніж на 10%. Для неопалювального періоду гідравлічний розрахунок полягає в визначенні швидкості теплоносія і втрат тиску при заданих діаметрах теплових мереж, які прийняті по розрахунку опалювального (розрахункового) режиму роботи теплових мереж.

Загальне навантаження системи тепlopостачання складається з навантажень на такі системи: вентиляцію; опалення; гаряче водопостачання.

На генплані об'єкту тепlopостачання показують маршрут теплових мереж від джерела теплоти до споживачів. При виборі цього маршруту необхідно враховувати мінімальну довжину, щоб зменшити вартість будівництва та експлуатації, забезпечити надійну роботу, інтеграцію з існуючими комунікаціями та врахування існуючої забудови.

						Арк.
						27
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## Вибір діаметрів трубопроводів системи ЦО.

Розрахунок виконується за формулою:

$$d_{\text{тр}} = 1000 \cdot \sqrt{\frac{4 \cdot V}{v_{\text{тр}} \cdot 3600 \cdot \pi}}$$

де:

$d_{\text{тр}}$  - розрахунковий діаметр трубопроводу, мм;

$v_{\text{тр}}$  - максимальна швидкість потоку у трубопроводі, м/с; швидкість води не повинна перевищувати 3 м/с;

$V$  - розрахункова витрата рідини у трубопроводі, м<sup>3</sup>/год;  
- трубопровід від ЦТП до ТК1

$V_{\text{макс цо}} = 65,35 \text{ м}^3/\text{год}$ ,

$d_{\text{цо}} = 152,1 \text{ мм}$ , обираємо Ду150

швидкість становить:  $v_{\text{тр}} = 1,03 \text{ м/с}$

- трубопровід від ТК1 до ТК2

$V_{\text{макс цо}} = 6,59 + 4,28 = 10,87 \text{ м}^3/\text{год}$ ,

$d_{\text{цо}} = 62,0 \text{ мм}$ , обираємо Ду65

швидкість становить:  $v_{\text{тр}} = 0,81 \text{ м/с}$

- трубопровід від ТК2 до житлового будинку на вул. Здановська, 47Б

$V_{\text{макс цо}} = 6,82 \text{ м}^3/\text{год}$ ,

$d_{\text{цо}} = 49,1 \text{ мм}$ , обираємо Ду50

швидкість становить:  $v_{\text{тр}} = 0,97 \text{ м/с}$

- трубопровід від ТК2 до житлового будинку на просп. Голосіївський, 32Д

$V_{\text{макс цо}} = 4,28 \text{ м}^3/\text{год}$ ,

$d_{\text{цо}} = 38,9 \text{ мм}$ , обираємо Ду50

швидкість становить:  $v_{\text{тр}} = 0,61 \text{ м/с}$

- трубопровід від ТК1 до ТК4

$V_{\text{макс цо}} = 9,68 + 12,14 + 2,195 + 5,37 + 6,938 + 8,465 = 44,788 \text{ м}^3/\text{год}$ ,

$d_{\text{цо}} = 125,9 \text{ мм}$ , обираємо Ду125

швидкість становить:  $v_{\text{тр}} = 1,01 \text{ м/с}$

- трубопровід від ТК4 до житлового будинку на вул. Здановська, 47А

					Арк.
					28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$$V_{\max \text{ цо}} = 9,68 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{цо}} = 58,5 \text{ мм, обираємо Ду65}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 0,72 \text{ м/с}$$

### **Вибір діаметрів трубопроводів системи ГВП**

- трубопровід від ЦТП до ТК1

$$V_{\max \text{ гвп}} = 36,584 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{гвп}} = 113,8 \text{ мм, обираємо Ду140}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 1,02 \text{ м/с}$$

- трубопровід від ТК1 до ТК2

$$V_{\max \text{ гвп}} = 4,888 + 3,77 = 8,658 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{гвп}} = 55,4 \text{ мм, обираємо Ду63}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 1,20 \text{ м/с}$$

- трубопровід від ТК2 до житлового будинку на вул. Здановська, 47Б

$$V_{\max \text{ гвп}} = 4,888 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{гвп}} = 41,6 \text{ мм, обираємо Ду50}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 1,06 \text{ м/с}$$

- трубопровід від ТК2 до житлового будинку на просп. Голосіївський, 32Д

$$V_{\max \text{ гвп}} = 3,77 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{гвп}} = 36,5 \text{ мм, обираємо Ду50}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 0,81 \text{ м/с}$$

- трубопровід від ТК1 до ТК4

$$V_{\max \text{ гвп}} = 6,146 + 9,92 + 5,98 + 5,88 = 27,926 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{гвп}} = 99,4 \text{ мм, обираємо Ду110}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 1,28 \text{ м/с}$$

- трубопровід від ТК4 до житлового будинку на вул. Здановська, 47А

$$V_{\max \text{ гвп}} = 6,146 \text{ м}^3/\text{год},$$

$$d_{\text{гвп}} = 46,6 \text{ мм, обираємо Ду63}$$

$$\text{швидкість становить: } v_{\text{тр}} = 0,85 \text{ м/с}$$

### **Розрахунок гідравлічних втрат після реконструкції**

- трубопровід від ЦТП до ТК1

									Арк.
									29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					

- витрата мережної води  $G_{\max} = 65,35$  т/год;
- діаметр вимірювальної ділянки  $D_{y1} = 0,150$  м
- довжина подавального трубопроводу Ду150  $L_{150} = 6,6$  м
- кількість місцевих опорів Ду150 (2 відвід)  $\Sigma\zeta_1 = 2$
- втрати тиску на кульових кранах, Ду150  $\Delta P_{кр} = 0,01$  м.вод.ст.
- еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні сталеві труби  $k_e = 0,0005$  м
- швидкість води в трубопроводі  $1,03$  м/с

Коефіцієнт гідравлічного тертя ділянки Ду150:

$$\lambda_1 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(D_{y1} / k_e))^2 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(0,15 / 0,0005))^2 = 0,027$$

Питомі втрати тиску на тертя ділянки Ду150:

$$R_{1п} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2) / (D_{y1}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,027 \cdot (65350)^2) / ((0,15)^5 \cdot 917) = 103,8 \text{ Па}$$

$$R_{1зв} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2) / (D_{y1}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,027 \cdot (65350)^2) / ((0,15)^5 \cdot 977,8) = 97,4 \text{ Па}$$

Еквівалентна довжина місцевих опорів Ду150:

$$L_{e1} = \Sigma\zeta_1 \cdot D_{y1} / \lambda_1 = 2 \cdot 0,1 / 0,027 = 7,4 \text{ м}$$

Зведена довжина трубопроводу Ду150:

$$L_1^* = L_{e1} + L_{150} = 7,4 + 6,6 = 14,0 \text{ м}$$

Сумарна втрата тиску на подавальному та зворотньому трубопроводі:

$$\Delta P_{п} = R_{1п} \cdot L_1^* = 103,8 \cdot 14,0 = 1453,2 \text{ Па} = 0,148 \text{ м.вод.ст.}$$

$$\Delta P_{зв} = R_{1зв} \cdot L_1^* = 97,4 \cdot 14,0 = 1363,6 \text{ Па} = 0,139 \text{ м.вод.ст.}$$

- трубопровід від ТК1 до ТК2

- витрата мережної води  $G_{\max} = 9,965$  т/год;
- діаметр вимірювальної ділянки  $D_{y1} = 0,065$  м
- довжина подавального трубопроводу Ду65  $L_{65} = 57,3$  м
- кількість місцевих опорів Ду65 (3 відводи)  $\Sigma\zeta_1 = 3$
- втрати тиску на кульових кранах, Ду65  $\Delta P_{кр} = 0,01$  м.вод.ст.
- еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні сталеві труби  $k_e = 0,0005$  м
- швидкість води в трубопроводі  $0,75$  м/с

						Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Коефіцієнт гідравлічного тертя ділянки  $D_{y65}$ :

$$\lambda_1 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(D_{y1}/k_e))^2 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(0,065/0,0005))^2 = 0,035$$

Питомі втрати тиску на тертя ділянки  $D_{y65}$ :

$$R_{1п} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2) / (D_{y5}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,035 \cdot (9965)^2) / ((0,065)^5 \cdot 917) = 204,8 \text{ Па}$$

$$R_{1зв} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2) / (D_{y5}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,035 \cdot (9965)^2) / ((0,065)^5 \cdot 977,8) = 192,1 \text{ Па}$$

Еквівалентна довжина місцевих опорів  $D_{y65}$ :

$$L_{e1} = \sum \zeta_1 \cdot D_{y1} / \lambda_1 = 3 \cdot 0,1 / 0,035 = 8,6 \text{ м}$$

Зведена довжина трубопроводу  $D_{y65}$ :

$$L_1^* = L_{e1} + L_{65} = 8,6 + 57,3 = 65,9 \text{ м}$$

Сумарна втрата тиску на подавальному та зворотньому трубопроводі:

$$\Delta P_{п} = R_{1п} \cdot L_1^* + 1 \cdot \Delta P_{кр} = 204,8 \cdot 65,9 + 1 \times 100 = 13596,3 \text{ Па} = 1,386 \text{ м.вод.ст.}$$

$$\Delta P_{зв} = R_{1зв} \cdot L_1^* + 1 \cdot \Delta P_{кр} = 192,1 \cdot 65,9 + 1 \times 100 = 12659,4 \text{ Па} = 1,291 \text{ м.вод.ст.}$$

- трубопровід від ТК2 до житлового будинку на вул. Закревського, 47Б

- витрата мережної води  $G_{\max} = 6,04 \text{ т/год};$
- діаметр вимірювальної ділянки  $D_{y1} = 0,05 \text{ м}$
- довжина подавального трубопроводу  $D_{y50} \quad L_{50} = 57,9 \text{ м}$
- кількість місцевих опорів  $D_{y50}$  (3 відводи)  $\sum \zeta_1 = 3$
- втрати тиску на кульових кранах,  $D_{y50} \quad \Delta P_{кр} = 0,01 \text{ м.вод.ст.}$
- еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні сталевих труби  $k_e = 0,0005 \text{ м}$
- швидкість води в трубопроводі  $0,97 \text{ м/с}$

Коефіцієнт гідравлічного тертя ділянки  $D_{y50}$ :

$$\lambda_1 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(D_{y1}/k_e))^2 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(0,05/0,0005))^2 = 0,038$$

Питомі втрати тиску на тертя ділянки  $D_{y50}$ :

$$R_{1п} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2) / (D_{y5}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,038 \cdot (6040)^2) / ((0,05)^5 \cdot 917) = 303,3 \text{ Па}$$

$$R_{1зв} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2) / (D_{y5}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,038 \cdot (6040)^2) / ((0,05)^5 \cdot 977,8) = 284,5 \text{ Па}$$

Еквівалентна довжина місцевих опорів  $D_{y50}$ :

$$L_{e1} = \sum \zeta_1 \cdot D_{y1} / \lambda_1 = 3 \cdot 0,1 / 0,038 = 7,9 \text{ м}$$

Зведена довжина трубопроводу  $D_{y50}$ :

$$L_1^* = L_{e1} + L_{50} = 7,9 + 57,9 = 65,8 \text{ м}$$

						Арк.
						31
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сумарна втрата тиску на подавальному та зворотньому трубопроводі:

$$\Delta P_{\text{п}} = R_{1\text{п}} \cdot L_1^{*+} + 1 \cdot \Delta P_{\text{кр}} = 303,3 \cdot 65,8 + 1 \times 100 = 20057,1 \text{ Па} = 2,045 \text{ м.вод.ст.}$$

$$\Delta P_{\text{зв}} = R_{1\text{зв}} \cdot L_1^{*+} + 1 \cdot \Delta P_{\text{кр}} = 284,5 \cdot 65,8 + 1 \times 100 = 18820,1 \text{ Па} = 1,919 \text{ м.вод.ст.}$$

- трубопровід від ТК2 до житлового будинку на просп. Голосіївський, 32Д

- витрата мережної води  $G_{\text{max}} = 3,925 \text{ т/год};$
- діаметр вимірювальної ділянки  $D_{y1} = 0,05 \text{ м}$
- довжина подавального трубопроводу Ду50  $L_{50} = 139,8 \text{ м}$
- кількість місцевих опорів Ду50 (4 відводів)  $\Sigma \zeta_1 = 4$
- втрати тиску на кульових кранах, Ду50  $\Delta P_{\text{кр}} = 0,01 \text{ м.вод.ст.}$
- еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні сталевих труби  $k_e = 0,0005 \text{ м}$
- швидкість води в трубопроводі  $0,61 \text{ м/с}$

Коефіцієнт гідравлічного тертя ділянки Ду50:

$$\lambda_1 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(D_{y1} / k_e))^2 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(0,05 / 0,0005))^2 = 0,038$$

Питомі втрати тиску на тертя ділянки Ду50:

$$R_{1\text{п}} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\text{max}}^2) / (D_{y1}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,038 \cdot (3925)^2) / ((0,05)^5 \cdot 917) = 128,1 \text{ Па}$$

$$R_{1\text{зв}} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\text{max}}^2) / (D_{y1}^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,038 \cdot (3925)^2) / ((0,05)^5 \cdot 977,8) = 120,1 \text{ Па}$$

Еквівалентна довжина місцевих опорів Ду50:

$$L_{e1} = \Sigma \zeta_1 \cdot D_{y1} / \lambda_1 = 4 \cdot 0,1 / 0,038 = 10,5 \text{ м}$$

Зведена довжина трубопроводу Ду50:

$$L_1^{*+} = L_{e1} + L_{50} = 10,5 + 139,8 = 150,3 \text{ м}$$

Сумарна втрата тиску на подавальному та зворотньому трубопроводі:

$$\Delta P_{\text{п}} = R_{1\text{п}} \cdot L_1^{*+} + 2 \cdot \Delta P_{\text{кр}} = 128,1 \cdot 150,3 + 2 \times 100 = 19453,4 \text{ Па} = 1,984 \text{ м.вод.ст.}$$

$$\Delta P_{\text{зв}} = R_{1\text{зв}} \cdot L_1^{*+} + 2 \cdot \Delta P_{\text{кр}} = 120,1 \cdot 150,3 + 2 \times 100 = 18251,0 \text{ Па} = 1,861 \text{ м.вод.ст.}$$

- трубопровід від ТК1 до ТК4

- витрата мережної води  $G_{\text{max}} = 41,064 \text{ т/год};$
- діаметр вимірювальної ділянки  $D_{y1} = 0,125 \text{ м}$
- довжина подавального трубопроводу Ду125  $L_{125} = 43,9 \text{ м}$
- кількість місцевих опорів Ду125 (2 відводи)  $\Sigma \zeta_1 = 2$

					Арк.
					32
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

- втрати тиску на кульових кранах, Ду125  $\Delta P_{кр} = 0,01$  м.вод.ст
- еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні сталевій труби  $k_e = 0,0005$  м
- швидкість води в трубопроводі  $1,01$  м/с

Коефіцієнт гідравлічного тертя ділянки Ду125:

$$\lambda_1 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(D_{y1} / k_e))^2 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(0,125 / 0,0005))^2 = 0,028$$

Питомі втрати тиску на тертя ділянки Ду125:

$$R_{1п} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{max}^2) / (D_y^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,028 \cdot (41064)^2) / ((0,125)^5 \cdot 917) = 105,8 \text{ Па}$$

$$R_{1зв} = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{max}^2) / (D_y^5 \cdot \rho_1) = (6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,028 \cdot (41064)^2) / ((0,125)^5 \cdot 977,8) = 99,2 \text{ Па}$$

Еквівалентна довжина місцевих опорів Ду125:

$$L_{e1} = \sum \zeta_1 \cdot D_{y1} / \lambda_1 = 2 \cdot 0,1 / 0,028 = 7,1 \text{ м}$$

Зведена довжина трубопроводу Ду125:

$$L_1^* = L_{e1} + L_{125} = 7,1 + 43,9 = 51,9 \text{ м}$$

Сумарна втрата тиску на подавальному та зворотньому трубопроводі:

$$\Delta P_{п} = R_{1п} \cdot L_1^* + 1 \cdot \Delta P_{кр} = 105,8 \cdot 51,9 + 1 \cdot 100 = 5591,0 \text{ Па} = 0,570 \text{ м.вод.ст.}$$

$$\Delta P_{зв} = R_{1зв} \cdot L_1^* + 1 \cdot \Delta P_{кр} = 99,2 \cdot 51,9 + 1 \cdot 100 = 5148,5 \text{ Па} = 0,525 \text{ м.вод.ст.}$$

- трубопровід від ТК4 до житлового будинку на вул. Здановська, 47А

- витрата мережної води  $G_{max} = 8,875$  т/год;
- діаметр вимірювальної ділянки  $D_{y1} = 0,65$  м
- довжина подавального трубопроводу Ду65  $L_{65} = 18,7$  м
- кількість місцевих опорів Ду65 (2 відводи)  $\sum \zeta_1 = 2$
- втрати тиску на кульових кранах, Ду65  $\Delta P_{кр} = 0,01$  м.вод.ст
- еквівалентна шорсткість внутрішньої поверхні сталевій труби  $k_e = 0,0005$  м
- швидкість води в трубопроводі  $0,72$  м/с

Коефіцієнт гідравлічного тертя ділянки Ду65:

$$\lambda_1 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(D_{y1} / k_e))^2 = 1 / (1,14 + 2 \cdot \lg(0,065 / 0,0005))^2 = 0,035$$

Питомі втрати тиску на тертя ділянки Ду65:

						Арк.
						33
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$R_{1П}=(6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2)/(D_y^5 \cdot \rho_1)=(6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,035 \cdot (8875)^2)/((0,065)^5 \cdot 917)=162,5 \text{ Па}$$

$$R_{1ЗВ}=(6,27 \cdot 10^{-8} \cdot \lambda_1 \cdot G_{\max}^2)/(D_y^5 \cdot \rho_1)=(6,27 \cdot 10^{-8} \cdot 0,035 \cdot (8875)^2)/((0,065)^5 \cdot 977,8)=152,4 \text{ Па}$$

Еквівалентна довжина місцевих опорів  $D_{y65}$ :

$$L_{e1} = \sum \zeta_1 \cdot D_{y1} / \lambda_1 = 2 \cdot 0,1 / 0,035 = 5,7 \text{ м}$$

Зведена довжина трубопроводу  $D_{y65}$ :

$$L1^* = L_{e1} + L_{65} = 5,7 + 18,7 = 24,4 \text{ м}$$

Сумарна втрата тиску на подавальному та зворотньому трубопроводі:

$$\Delta P_{п} = R_{1П} \cdot L1^* + 1 \cdot \Delta P_{кр} = 162,5 \cdot 24,4 + 1 \times 100 = 4065,0 \text{ Па} = 0,415 \text{ м.вод.ст.}$$

$$\Delta P_{зв} = R_{1ЗВ} \cdot L1^* + 1 \cdot \Delta P_{кр} = 152,4 \cdot 24,4 + 1 \times 100 = 3818,6 \text{ Па} = 0,389 \text{ м.вод.ст.}$$

Відповідно до гідравлічного розрахунку визначаємо тиск на вводі в житлові будинки:

$$P_{цо} = (P_{цтп} - \Delta H) - (\sum \Delta P_{п});$$

де:  $P_{цтп}$  тиск на виході з ЦТП прийнято згідно даних наданих відділом ПТО УТРМ-8;

$\Delta H$  - геометрична різниця рівнів між ЦТП та житловим будинком;

$\sum \Delta P_{п}$  сума втрати тиску ділянок тепломережі від ЦТП та житлового будинку;

- житловий будинок на вул. Здановська №47Б

$$\Delta H = (98,64 - 97,63) = 1,01 \text{ м} = 9904 \text{ Па}$$

$$P_{цо} = (P_{цтп} - \Delta H) - (\sum \Delta P_{п}) = (1,128 \times 10^6 - 9904) - (1453 + 13596 + 20057) = 1082990 \text{ Па} = 11,04 \text{ кгс/см}^2 = 110,4 \text{ м.вод.ст.};$$

- житловий будинок на просп. Голосіївський №32Д

$$\Delta H = (98,15 - 97,63) = 1,01 \text{ м} = 5100 \text{ Па}$$

$$P_{цо} = (P_{цтп} - \Delta H) - (\sum \Delta P_{п}) = (1,128 \times 10^6 - 5100) - (1453 + 13596 + 19453) = 1088398 \text{ Па} = 11,1 \text{ кгс/см}^2 = 111,0 \text{ м.вод.ст.};;$$

- житловий будинок на вул. Здановська №47А

$$\Delta H = (98,47 - 97,63) = 0,84 \text{ м} = 8237 \text{ Па}$$

$$P_{цо} = (P_{цтп} - \Delta H) - (\sum \Delta P_{п}) = (1,128 \times 10^6 - 8237) - (1453 + 5591 + 4065) = 1108654 \text{ Па} = 11,31 \text{ кгс/см}^2 = 111,3 \text{ м.вод.ст.};$$

						Арк.
						34
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

### 2.3. Розробка монтажної схеми теплової мережі

Створення монтажної схеми включає в себе розташування вздовж траси таких елементів, як:

- теплових камер;
- компенсаторів;
- нерухомих опор;
- запірної арматури.

Монтажна схема відображає розташування трубопроводів і залежить від обраної траси.

На схемі подавальний трубопровід розміщується з правого боку в напрямку руху води від джерела теплоти до споживача, а зворотній трубопровід - з лівого боку. Повороти траси теплової мережі, кут яких менше 120 градусів, використовуються для компенсації температурних подовжень трубопроводів [9].

На всіх відгалуженнях від магістралі та відгалуженнях до споживача встановлюється запірна арматура.

Приймаємо наступні правила розробки монтажної схеми [14] :

- подавальний трубопровід розташовується по ходу руху теплоносія від джерела теплоти;
- діаметри подавального та зворотного трубопроводу на всіх ділянках траси показують з врахуванням товщини стінки і довжину ділянок;
- позначаються: подаючий трубопровід - Т1, зворотній трубопровід- Т2;
- вказуються номери теплофікаційних камер на схемі;
- проставляються всі позначення і розміри.

Для встановлення запірної арматури ставляться наступні вимоги[14]:

- Встановлюють в найвищих точках трубопроводу повітряні пристрої для видалення повітря.
- Встановлюють в нижчих точках теплової мережі спускні крани та роблять дренажні колодязі.

						Арк.
						35
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Встановлюють запірну арматуру на всіх відгалуженнях та приєднують до магістралі.
- На трубопроводах з діаметром більше 500 мм арматура має бути обладнана електричним приводом.

#### **2.4. Проектування поздовжніх профілів теплової мережі та побудова п'єзометричного графіку**

За результатами гідравлічного розрахунку створюють графік тисків, який використовується для аналізу режиму тиску в тепловій мережі та абонентських установках. За допомогою графіків тисків можна визначити допустимі межі тисків і порівняти їх із фактичними значеннями у всіх елементах системи тепlopостачання. Також графік тисків допомагає визначити технічні характеристики обладнання для забезпечення нормальних тисків у трубопроводах і елементах мережі з урахуванням рельєфу місцевості. Його розробляють для обох режимів роботи мережі - статичного та динамічного [9, 14].

При складанні графіку тиску необхідно враховувати наступні вимоги:

- Максимальний тиск у подавальному трубопроводі, враховуючи рельєф місцевості, не повинен перевищувати 1,6 МПа.
- Тиск в абонентських вводах, які підключені за залежною схемою, не повинен перевищувати допустимий рівень для опалювальних приладів: в системах опалення з чавунними радіаторами - 0,6 МПа; в системах опалення з конвекторами - 1 МПа.
- Для запобігання кавітації, тиск на всмоктувальному патрубку мережних та підкачувальних насосів повинен бути не менше 0,05 МПа.
- У подавальному трубопроводі тиск в динамічному режимі роботи теплової мережі має бути збереженим на такому рівні, щоб уникнути кавітації води за її максимальної температури у будь-якій точці подавального трубопроводу, у пристроях джерела теплоти та в обладнанні абонентів, які приєднані за залежною схемою.

						Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- При елеваторному змішуванні у вузлах підключення споживачів різниця тиску на абонентському вводі (між тисками у подавальному та зворотному трубопроводах) повинна становити не менше 0,15 МПа. У разі наявності підігрівачів гарячого водопостачання, підключених за двоступінчастою схемою, тиск необхідно підтримувати на рівні 0,2 - 0,25 МПа.
- Незалежно від режимів теплоспоживання, надлишковий тиск у будь-якій точці зворотного трубопроводу має бути не нижче 0,05 МПа з метою запобігання підсмоктування повітря, спорожнення трубопроводу та порушення циркуляції.
- В системі тепlopостачання статичний тиск не повинен перевищувати припустимого для всіх елементів, при цьому забезпечуючи заповнення водою абонентських систем, які приєднуються по залежній схемі.

Для побудови п'єзометричного графіку в масштабі спочатку креслять профіль землі від джерела теплоти до кінцевого споживача магістралі та відгалужень. Потім на цей профіль наносять місця будівель у вузлових точках - найбільш характерні, найнижчі та найвищі. При побудові п'єзометричних графіків вважають, що осі трубопроводів умовно співпадають з поверхнею землі [14].

За профілем мережі тепlopостачання схематично наносять план, включаючи лінію холодної стативи, яка розташована на висоті на 5 м вище найвищої будівлі, щоб забезпечити наповнення систем опалення водою .

На основі результатів гідравлічного розрахунку малюють лінію тисків у зворотному трубопроводі. У кінці зворотного п'єзометру відмічають відрізок, що відповідає поточному тискові на абонентському вводі кінцевого споживача відповідно до [14]. Також будують лінію тисків у подавальному трубопроводі аналогічно.

Необхідно побудувати п'єзометричні графіки відгалужень, забезпечивши однакові втрати напору від джерела тепла до кінцевих споживачів головної магістралі та відгалужень. Це може потребувати корекції раніше отриманих діаметрів труб відгалужень.

						Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

На графіку також вказуються напори мережних та живильних насосів. Тиск мережних насосів відповідає відстані від лінії тиску у зворотному п'єзометрі до лінії тиску у подавальному п'єзометрі, включаючи втрати тиску від джерела тепла до лінії статичного тиску.

На профілі теплових мереж необхідно відобразити такі елементи:

- Поверхневі відмітки землі у проекті та в натурі.
  - Перетини з підземними та надземними інженерними комунікаціями і спорудами, що можуть впливати на трасу теплової мережі.
  - Тунелі, естакади, канали, камери та інші споруди та конструкції мережі.
- Трубопроводи всередині каналів, тунелів, камер та ніш не показуються.
- Нерухомі опори.
  - Рівень ґрунтових вод.

Таблиця для підземного прокладання, що має встановлену форму розміщується під профілем. Відмітки мереж проставляються в характерних точках, а також у місцях перетину з дорогами, інженерними комунікаціями і спорудами. Вони можуть впливати на прокладання запроектованих мереж. Вказуються відмітки довжини ділянок мереж у метрах з двома десятковими знаками, ухили вказуються в промілях [14].

## 2.5. Вибір засобу прокладання теплової мережі

Для даної кваліфікаційної роботи бакалавра рекомендується використовувати підземне прокладання теплопроводів в каналах.

Рекомендується використовувати канали серії 3.006-2 однолотові марок КЛ, КЛп або дволотові марки КЛс для теплових мереж у непрохідних каналах.

У випадку високого рівня ґрунтових вод потрібно передбачати систему дренажу.

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		38

## 2.6. Розрахунок трубопроводів та підбір компенсаторів

В теплових мережах у теперішній час найбільш широко застосовуються сальникові, П-подібні, а останнім часом і сальфонні (хвилясті) компенсатори[17].

Окрім спеціальних компенсаторів для компенсації використовують і природні кути поворотів теплотраси - самокомпенсацію. Компенсатори повинні мати достатню компенсуючу спроможність  $\Delta k$  для сприйняття температурного видовження ділянки трубопроводу між нерухомими опорами, при цьому максимальні напруги в радіальних компенсаторах не повинні перевищувати допустимих (зазвичай 110 МПа). Необхідно також визначити реакцію компенсатора, що використовується при розрахунках навантажень на нерухомі опори. Теплове видовження розрахункової ділянки трубопроводу  $\Delta l$ , становить [17]:

$$\Delta l = \alpha \cdot L \cdot \Delta t, \text{ мм},$$

де  $\alpha$  - середній коефіцієнт лінійного розширення сталі, мм/(м·°C), (для типових розрахунків можна прийняти  $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-1}$  мм/(м·°C);

L - відстань між нерухомими опорами, м;

$\Delta t$  - розрахунковий перепад температур, що визначається за формулою

$$\Delta t = \tau_1 - t_0, \text{ }^\circ\text{C},$$

де  $\tau_1$  - розрахункова температура теплоносія, °C;

$t_0$  - розрахункова температура зовнішнього повітря для проектування опалення, °C.

Компенсуючу спроможність сальникових компенсаторів, зменшують на величину запасу - 50 мм [17].

Реакція сальникового компенсатора - сила тертя в сальниковій набивці  $R_k$  визначається за формулою

$$R_k = 2\pi \cdot P_p \cdot l_c \cdot d_w \cdot \mu_c, \text{ Н},$$

					Арк.
					39
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

де  $P_p$  - робочий тиск теплоносія, МПа;

$l_c$  - довжина шару набивки по осі сальникового компенсатора, мм;

$d_{zc}$  - зовнішній діаметр патрубків сальникового компенсатора, м;

$\mu_c$  - коефіцієнт тертя набивки по металу, що приймається рівним 0,15.

Осьова реакція сильфонних компенсаторів  $R_k$  складається з двох доданків:

$$R_k = R_T + R_d, \text{ Н,}$$

де  $R_T$  - осьова реакція, яка викликається деформацією хвиль, що становить:

$$R_T = \frac{\Delta l \cdot \varepsilon}{n}, \text{ Н,}$$

де  $\Delta l$  - температурне видовження ділянки трубопроводу, м;

$\varepsilon$  - жорсткість хвилі, Н/м, що приймається за паспортом компенсатора;

$n$  - кількість хвиль (лінз).

Осьова реакція від внутрішнього тиску  $R_d$  визначається за формулою:

$$R_d = \varphi \cdot \frac{\pi}{4} \cdot (D^2 - d^2) \cdot P_n, \text{ Н,}$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт, що залежить від геометричних розмірів і товщини стінки хвилі, рівний в середньому 0,5-0,6;

$D$  і  $d$  - зовнішній і внутрішній діаметри хвиль, м;

$P_n$  - надлишковий тиск теплоносія, Па.

При розрахунку самокомпенсації основним завданням є визначення максимальної напруги  $\sigma$  в основі короткого плеча куту повороту траси, що визначають для кутів поворотів  $90^\circ$  за формулою:

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot \Delta l \cdot E \cdot d \cdot (n+1)}{l^2}, \text{ МПа,}$$

Для кутів більше  $90^\circ$ , тобто  $90+\beta$ ,

$$\sigma = \frac{1,5 \cdot \Delta l \cdot E \cdot d}{l^2 \cdot \cos \beta} \cdot \left( n+1 + \frac{n+3}{n+1} \cdot \sin \beta \right), \text{ МПа,}$$

де  $\Delta l$  - видовження короткого плеча, м;

					Арк.
					40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$l$  - довжина короткого плеча, м;

$E$  - модуль поздовжньої пружності, рівний в середньому для сталі  $2 \cdot 10^5$  МПа;

$d$  - зовнішній діаметр труби, м;

$n = l_1/l$  - відношення довжини довгого плеча до короткого.

При розрахунках кутів на самокомпенсацію величина максимальної напруги  $\sigma$  не повинна перевищувати  $[\sigma] = 80$  МПа.

При розміщенні нерухомих опор на кутах поворотів, що використовуються для самокомпенсації, необхідно враховувати, що сума довжин плечей кута між опорами не повинна бути більше 60 % від граничної відстані для прямолінійних ділянок. Слід враховувати також, що максимальний кут повороту, що використовується для самокомпенсації, не повинен перевищувати  $130^\circ$ [17].

## 2.7. Розробка теплофікаційних камер

Теплофікаційні камери, або вузли трубопроводів (УТ), будуються для розміщення засувок, сальникових компенсаторів, нерухомих опор, пристроїв для спуску теплоносія та випуску повітря. Зазвичай вони виготовляються зі збірних залізобетонних елементів або монолітного бетону [18-19].

Розміри камер в плані залежать від розмірів плит перекриття, а їх висота може коливатися від 2,1 до 4 метрів.

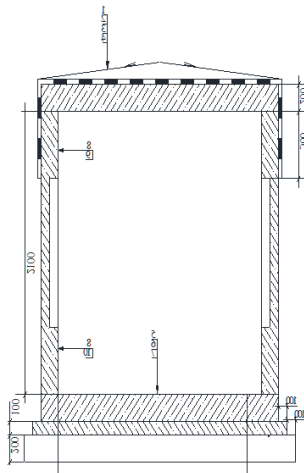
Мінімальне заглиблення перекриття камер від поверхні землі становить 0,3 метра, а від поверхні дорожнього покриття - 0,5 метра.

Камеру розробляють в масштабах 1:20 або 1:25 у двох проекціях (план та переріз), враховуючи розміри трубопроводів, арматури, нерухомих опор та компенсаторів [18-19].

Габаритні розміри камери визначаються з урахуванням мінімальних відстаней "в світлі".

Гідроізоляція теплової камери представлена на рисунку.

						Арк.
						41
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		



### Експлікація шарів перекриття та стін камери

Номер шару	Елементи шару та його товщина	Площа шарів (однієї камери), м <sup>2</sup>			
		ТК1	ТК2	ТК3	ТК4
<b>ПЕРЕКРИТТЯ</b>					
1	Захисний шар товщ. 40 мм з бетону В25 на дрібному заповнювачі	23,92	18,40	6,16	23,92
2	Обклеювальна гідроізоляція перекриття товщ. 10 мм (2 шари гідросклоізолу між 3-ма шарами бітумної мастики)	37,64	30,44	13,16	37,64
3	Підуклонка по перекриттю з бетону В25 на дрібному заповнювачі товщ. 20-50 мм.	23,92	18,40	6,16	23,92
4	Залізобетонна плита перекриття товщ. 200мм	-	-	-	-
<b>СТІНИ</b>					
5	Залізобетонні стінові блоки товщ. 200мм	-	-	-	-
6	Обклеювальна гідроізоляція стін товщ. 10 мм (2 шари гідросклоізолу між 3-ма шарами бітумної мастики)	28,98	23,94	12,60	28,98
7	Фарбувальна гідроізоляція стін (2 шари бітумної мастики)	28,98	23,94	12,60	28,98

### 2.8. Розрахунок та підбір теплової ізоляції

Розрахунок товщини теплової ізоляції трубопроводу  $\delta_k$  за нормованою густиною теплового потоку виконують за формулою:

$$\delta_i = \frac{d \cdot (B - 1)}{2}, \text{ м,}$$

де  $d$  - зовнішній діаметр трубопроводу, м;

					Арк.
					42
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

$B$  - відношення зовнішнього діаметру ізоляційного шару  $d_i$  до діаметру трубопроводу  $d$  ( $B = \frac{d_i}{d}$ ).

Величину  $B$  визначають за формулою:

$$B = e^{2\pi\lambda_k R_k},$$

де  $e$  - основа натурального логарифма;

$\lambda_k$  - теплопровідність теплоізоляційного шару, Вт/(м·°C);

$R_k$  - термічний опір шару ізоляції, величину якого визначають з такого виразу

$$R_k = R_{tot} - \sum R_i, \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт,}$$

де  $R_{tot}$  - сумарний термічний опір шару ізоляції й інших додаткових термічних опорів на шляху теплового потоку, який, в свою чергу, визначається за формулою:

$$R_{tot} = \frac{(t_w - t_e)}{q_e \cdot k_1}, \text{ (м} \cdot \text{°C)/Вт,}$$

де  $q_e$  - нормована лінійна густина теплового потоку, Вт/м, що приймається за додатком 11-12 МВ 03-02-397;

$t_w$  - середня за період експлуатації температура теплоносія, яка за розрахункових параметрах теплоносія 150-70 °C і цілорічному режимі роботи теплових мереж може бути прийнята для подаючого трубопроводу 90 °C, для зворотного - 50 °C;

$t_e$  - середньорічна температура довкілля; при підземному прокладанні - середньорічна температура ґрунту, яка для більшості міст знаходиться в межах від +1 °C до +5 °C.

При прокладанні в тунелях  $t_e = 40$  °C; при прокладанні в приміщеннях  $t_e = 20$  °C; при прокладанні в неопалюваних техпідвалах  $t_e = 5$  °C; при надземному прокладанні на відкритому повітрі  $t_e$  - середня за період експлуатації температура навколишнього повітря;  $k_1$  - коефіцієнт, значення якого для території України складає  $k_1 = 1$  [17].

Види додаткових термічних опорів  $\sum R_i$  залежать від способу прокладання теплових мереж.

						Арк.
						43
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При надземному прокладанні, а також прокладанні в тунелях і техпідвалах

$$\sum R_i = R_n, (\text{м} \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

При підземному каналному прокладанні

$$\sum R_i = R_n + (1 + \psi) \cdot (R_{\text{нк}} + R_k + R_{\text{сп}}), (\text{м} \cdot \text{°C})/\text{Вт}$$

При підземному безканалному прокладанні

$$\sum R_i = R_{\text{сп}} + R_n \cdot \psi, (\text{м} \cdot \text{°C})/\text{Вт},$$

де  $R_n$  - термічний опір поверхні ізоляційного шару, що визначається за формулою:

$$R_n = \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot (d+1)}, (\text{м} \cdot \text{°C})/\text{Вт},$$

де  $\alpha_e$  - коефіцієнт тепловіддачі з поверхні теплової ізоляції в навколишнє повітря,  $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ .

При прокладанні в каналах  $\alpha_e = 8 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ; при прокладанні в техпідвалах і тунелях  $\alpha_e = 11 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ , при надземному прокладанні  $\alpha_e = 29 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$ ;  $d$  - зовнішній діаметр трубопроводу, м;  $R_{\text{нк}}$  - термічний опір поверхні каналу, що визначається за формулою:

$$R_{\text{нк}} = \frac{1}{\alpha_e \cdot \pi \cdot d_{\text{вн}}}, (\text{м} \cdot \text{°C})/\text{Вт},$$

де  $\alpha_e$  - коефіцієнт тепловіддачі від повітря до внутрішньої поверхні каналу;

$$\alpha_e = 8 (\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт};$$

$d_{\text{вн}}$  - внутрішній еквівалентний діаметр каналу, м, що становить:

$$d_{\text{вн}} = \frac{4F}{P},$$

де  $F$  - внутрішній перетин каналу,  $\text{м}^2$ ;

$P$  - периметр сторін по внутрішнім розмірам, м;

$R_k$  - термічний опір стінки каналу, що визначається за формулою

$$R_k = \frac{1}{2\pi \cdot \lambda_{\text{ст}}} \cdot \ln \frac{d_{\text{вн}}}{d_{\text{зов}}}, (\text{м} \cdot \text{°C})/\text{Вт},$$

де  $\lambda_{\text{ст}}$  - теплопровідність стінки каналу; для залізобетону  $\lambda_{\text{ст}} = 2,04 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°C})$ ;

						Арк
						44
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Да		



Розрахункова таблиця

Умовний прохід Ду, мм	Фланець поз. 1				Болт поз. 2				Гайка поз. 3				Прокладка поз. 4				Втулка поз. 5				Шайба поз. 6				Шайба поз. 7				
	Зовнішній діаметр	Товщина	Вага		К-ть	Діаметр	Довжина	Вага		К-ть	D1	d1	D2xd2	l	Вага		К-ть	D3xd3	Вага		К-ть	D4xd4	Вага						
			Од	Всього				Од	Всього						ШТ	Всього			ШТ	Всього			ШТ	Всього	ШТ	Всього	ШТ	Всього	ШТ
40	145	20	2	4		75	0,095	0,33		87	49	18x16	1	44	0,004	0,016	8	36x18,5	4	0,006	0,048	8	30x17	3	0,012	0,19			
50	160	19	2,6	5,16	M16	60	0,1	0,4	4	102	57			48	0,005	0,02													
25	115	18	1,2	2,34	M10	65	0,041	0,124		65	33	12x10		66	0,003	0,012						25x2,5	2	0,003	0,024	21x10,5	2	0,003	0,24
80	195	21	3,7	7,42		80	0,095	0,8		138	89		1		0,006	2,048	16	36x18,5	4	0,006	0,096	16	30x17	3	0,012	0,19			
100	215	23	4,7	9,56	M16	85	0,105	0,84	8	158	108	18x16		60	0,008	0,064													
	230	28	6	12		95	0,2	1,6						64	0,008	0,064													

## 2.9. Монтаж і експлуатація приладів теплової мережі

### Очищення і промивання трубопроводів

У відповідності зі ДБН В.2.5-39:2008 "Теплові мережі" після завершення будівельно-монтажних робіт, перед пуском трубопроводу водяних теплових мереж повинні бути піддані гідропневматичному промиванню, як найбільш ефективному способу очищення трубопроводів. У якості промивної води може бути використана технічна або мережна вода. Джерелом стисненого повітря повинна служити пересувна компресорна установка. Промивання може здійснюватися шляхом багатократного (2-3 рази) заповнення трубопроводів водою з наступним її витисненням стисненим повітрям.

## 2.10. Аварійна сигналізація

Для контролю і локалізації дефектів теплогідрозольованих трубних секцій проектом передбачена система аварійної сигналізації «NORDIK», яка контролює кожен метр трубопроводу і забезпечує пошук пошкоджених ділянок тепломережі.

Монтаж систем аварійної сигналізації проводити в суворій відповідності, із довідником фірми «ALSTOM POWER».

Правильність, якість виконання з'єднань системи аварійної сигналізації будівництва здійснюється переносним контрольним приладом.

Заземлення елементів систем аварійної сигналізації повинно бути здійснено згідно з ПУЕ, ПТБ за допомогою відповідних елементів систем аварійної сигналізації.

Монтаж заземлення 6711 виконувати з використанням нержавіючої сталі або матеріалами з антикорозійним покриттям. Перед початком монтажних робіт визвати представника УТРМ-8.

Система дистанційного контролю та моніторингу (СКДМ) імпульсного типу ВАТ «Завод сантехнічних заготовок». Монтаж заземлення (6711) та коробок (6715) виконувати з використанням нержавіючої сталі або матеріалів з антикорозійним покриттям.

						Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

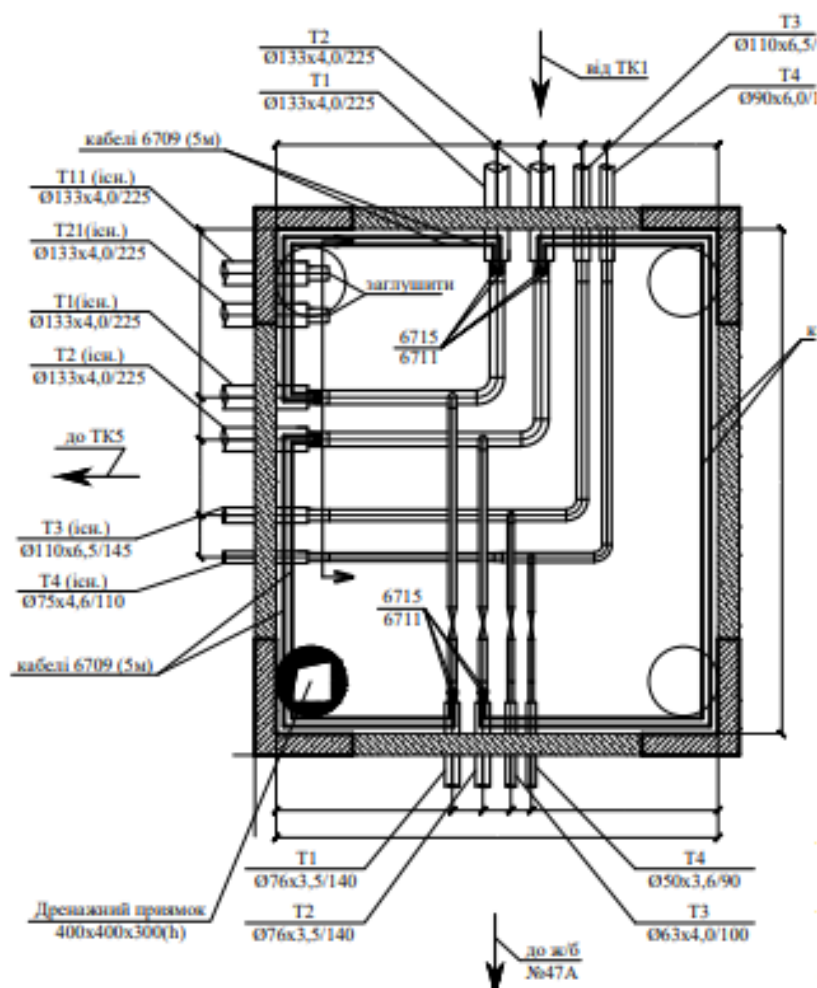
Фактична довжина контурів повинна відповідати проектній з врахуванням похибки приладу.

Правильність, якість виконання з'єднань системи контролю за вологістю теплоізоляції та перевірка пошкоджень на трасі в процесі будівництва здійснюється переносним контрольним приладом.

Контроль за станом трубопроводів в процесі експлуатації здійснюється відповідною організацією, яка має сертифікат на право виконання цих робіт.

Контроль показників необхідно виконувати не менше одного разу на тиждень.

*Схема розташування елементів аварійної сигналізації в камері ТК4*



					Арк.
					48
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

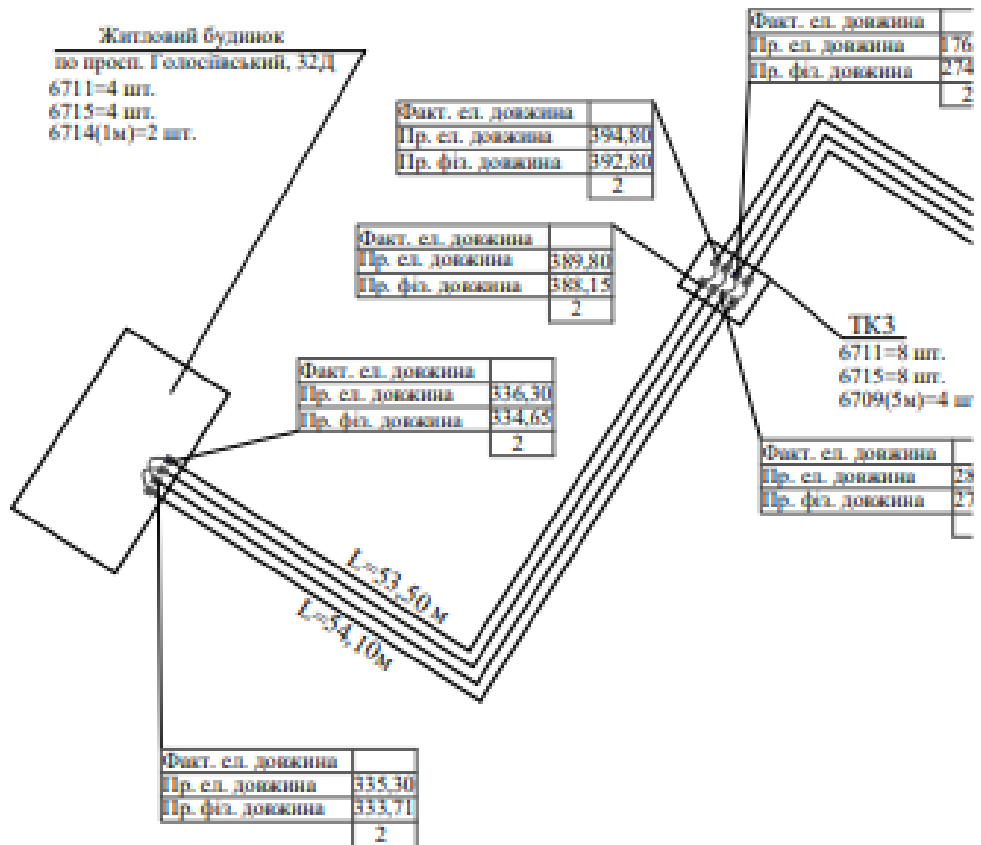
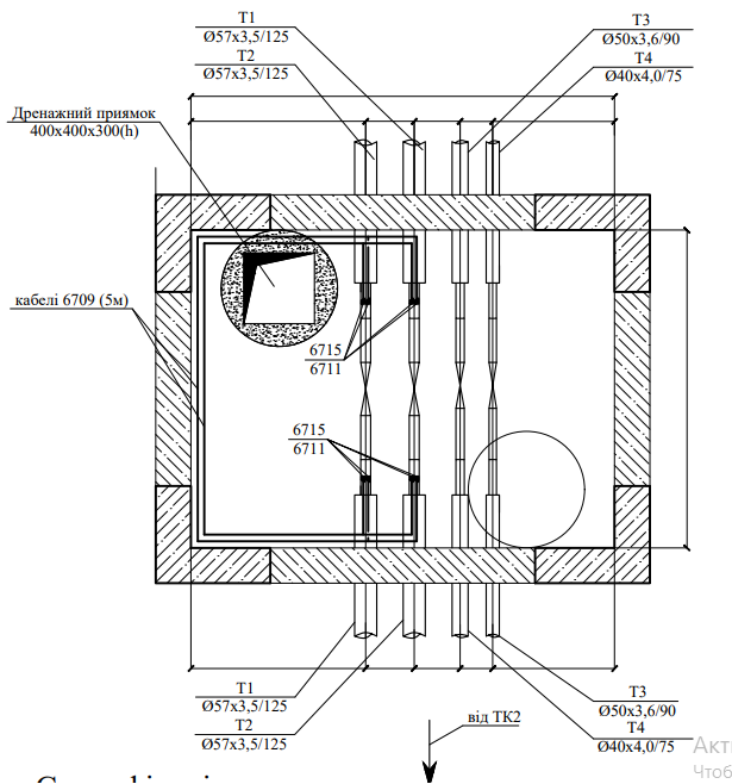
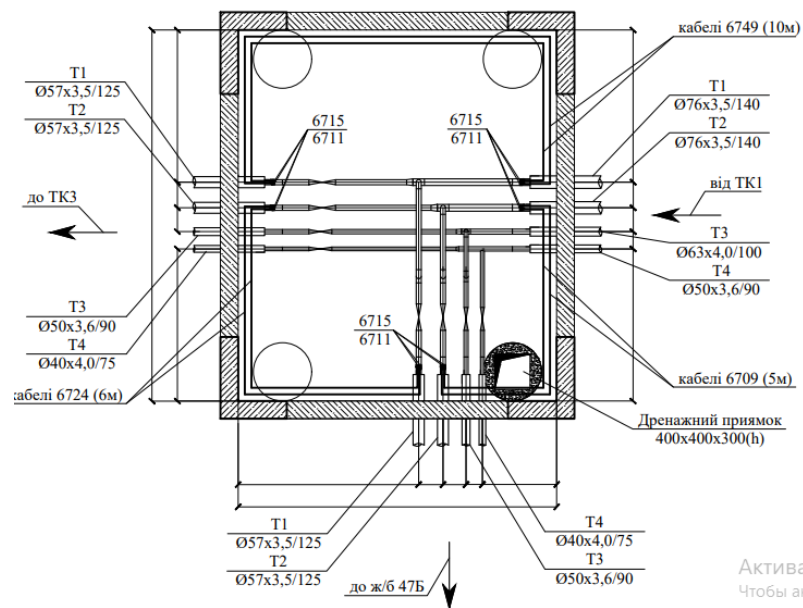


Схема розташування елементів аварійної сигналізації в камері ТК3



Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

*Схема розташування елементів  
аварійної сигналізації в камері ТК2*



	Позначення (№ по каталогу корпорації "ЕНЕРГОРЕСУРС-ІНВЕСТ")	Найменування та технічна характеристика	Одиниці вимірюв.	Кільк.
1	6711	Заземлення	шт.	60
2	6715	Коробка з'єднувальна(2шт.)	компл.	30
3	6709	Кабель 5м (2шт.)	компл.	7
4	6749	Кабель 10м (2шт.)	компл.	2
5	6714	Кабель 1м (2шт.)	компл.	3
6	6724	Кабель 6м (2шт.)	компл.	1
7	6723	Занулювач(2шт.)	компл.	2
8	ASN-4N	Детектор пошкоджень	шт.	1
9	-	Шафа для детектора	шт.	1



Заходи з енергозбереження для систем теплопостачання можуть включати широкий спектр технічних та організаційних заходів. В Україні, як і в багатьох інших країнах, енергозбереження у системах теплопостачання житлових мікрорайонів є важливою проблемою. Ось деякі основні напрямки з енергозбереження для таких систем [20,21]:

1. Утеплення житлових будівель: Проведення комплексного утеплення зовнішніх стін, дахів та підвалів дозволить значно зменшити тепловтрати і, відповідно, споживання тепла.
2. Модернізація опалювального обладнання: Заміна застарілого опалювального обладнання на більш енергоефективне дозволить знизити споживання енергії.
3. Впровадження систем теплового обліку та регулювання: Встановлення індивідуальних лічильників тепла та систем автоматичного регулювання температури дозволить керувати споживанням тепла на рівні окремих мешканців або будинків.
4. Використання альтернативних джерел енергії: Розгляд можливостей використання сонячних панелей для нагріву води або повітря, встановлення теплових насосів або використання біомаси.
5. Модернізація теплових мереж: Заміна застарілих теплових мереж на трубопроводи з високоефективним утепленням та використанням матеріалів з низькою теплопровідністю.
6. Реконструкція системи теплопостачання: Перехід від централізованої системи теплопостачання до індивідуальних або мікроцентралізованих систем, таких як котельні з використанням відновлюваної енергії.
7. Оптимізація управління тепловими мережами: Використання сучасних систем управління теплопостачанням для моніторингу, аналізу та оптимізації роботи системи.
8. Енергоефективне освітлення та електроенергозбереження: Впровадження LED-освітлення та енергоефективних систем освітлення для зменшення енергоспоживання.

						Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Ізоляція трубопроводів: Утеплення трубопроводів допомагає зменшити втрати тепла під час транспортування гарячого теплоносія. Використання утеплювальних матеріалів з високою теплоізоляцією дозволяє зберегти більше енергії.
10. Оптимізація режиму роботи котельні: Автоматизація та оптимізація режиму роботи котельні, використовуючи сучасні системи управління, може допомогти знизити витрати енергії та підвищити ефективність її роботи.
11. Впровадження ефективних теплових насосів: Використання теплових насосів з високим коефіцієнтом продуктивності дозволяє отримати більше тепла за менші витрати енергії.
12. Впровадження систем відновлення тепла: Встановлення систем відновлення тепла дозволяє зменшити втрати тепла з системи та використовувати їх для нагріву води або інших цільових процесів.
13. Регулярне обслуговування та технічне обслуговування: Проведення регулярного обслуговування та технічного обслуговування обладнання допомагає уникнути втрат енергії через несправності та забезпечує оптимальну роботу системи.
14. Підвищення свідомості користувачів: Навчання персоналу та користувачів системи ефективним способам використання тепла може допомогти у зменшенні витрат енергії.

Ці заходи можуть бути реалізовані як окремо, так і в поєднанні один з одним для максимального зменшення споживання енергії та підвищення енергоефективності систем теплопостачання житлових мікрорайонів в Україні

Системи теплопостачання є одними з найбільш енергоємних систем. Тому все частіше використовуються програми з енергоощадності, запроваджуються різні енергозбережні проекти та технології для зменшення енергоємності в житловому комплексі з метою підвищення енергоефективності систем теплопостачання. Основними заходами, спрямованими на зменшення витрат на теплопостачання будівель є: утеплення огорожувальних конструкцій,

						Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

горищного й дахового перекриття, підвалів; заміна та модернізація вікон і дверей або їх ущільнення; зменшення площі скління огорожувальних конструкцій; установлення тепловідбивних рефлекторних екранів за опалювальними приладами; запровадження технологій керування внутрішньою температурою приміщень у нічний та неробочий часи, що дає можливість знизити споживання теплоти приблизно на 5–10 %; встановлення ефективного теплообмінного обладнання в теплопунктах; запровадження системи моніторингу обсягів теплоспоживання та ін. [20,21].

Необхідно зазначити, що першочерговим заходом із модернізації систем тепlopостачання повинно бути встановлення приладів обліку теплової енергії. Зазначена технологія є базовою щодо подальшого обґрунтування запровадження можливих проєктів з енергозбереження, дає технічну можливість для моніторингу споживання Енергоефективні технології енергоресурсів та можливість виявити факти з їх понаднормативної витрати. Обсяги споживання теплоти на опалення, зафіксовані приладами обліку, залежать від геометричних параметрів будівель, теплозахисних характеристик їх огорожувальних конструкцій та режимів теплоспоживання для підтримання нормативного теплового комфорту в приміщеннях.

Найбільшими споживачами теплової енергії є системи опалення, тому важливу роль відіграє стан і обладнання системи. Для зменшення навантаження на енергетичну систему в підвалі кожного будинку необхідно встановлювати індивідуальний тепловий пункт із незалежним підключенням до мережі та з використанням сучасних пластинчастих теплообмінників.

Ще одним важливим кроком у напрямку енергозбереження є використання новітніх технологій, спрямованих на зменшення непотрібних витрат енергії. Наприклад, більшість насосних установок зараз працюють на нерегульованому електроприводі, що веде до значних невиправданих витрат електроенергії [20,21].

						Арк.
						54
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## РОЗДІЛ 4.

# ІНДИВІДУАЛЬНИЙ ТЕПЛОВИЙ ПУНКТ

						Арк.
						55
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Один зі заходів з енергозбереження полягає у переході до індивідуальних вузлів обліку. У даній кваліфікаційній роботі бакалавра пропонується встановлювати індивідуальний тепловий пункт в підвалі кожного будинку. Індивідуальний тепловий пункт, або ІТП, передбачає розміщення основного обладнання, такого як арматура, прилади контролю, управління і автоматизації.

Це обладнання використовується для таких завдань як контроль параметрів теплоносія, заповнення та підживлення системи тепlopостачання, облік теплових потоків та витрат теплоносія, водопідготовка для системи гарячого водopостачання, регулювання витрати теплоносія та його розподіл по системах, а також захист місцевих систем від аварійного підвищення параметрів теплоносія.

Індивідуальні теплові пункти (ІТП) дають змогу індивідуально регулювати споживання тепла будинками і спорудами в залежності від погодних умов. Також ІТП забезпечує подачу такої кількості теплової енергії скільки необхідно будівлі в даний момент, виключаючи перетоп приміщень, що дозволяє раціонально використовувати теплову енергію і заощаджувати енергоресурси.

Тепловим лічильником називається пристрій, який вимірює кількість тепла, що надходить до споживача від теплової мережі. Він дозволяє контролювати споживання тепла, що може стимулювати здійснення економії. Основними компонентами теплового лічильника є витратомір, обчислювач та датчики температури. Для вибору підходящого теплового лічильника необхідно визначити обсяги споживання тепла та рівень тиску [22].

Для нашого житлового будинку підбираємо теплотлічильник ULTRANEAT UN50. Характеристика теплотлічильника «ULTRANEAT UN50» наведена в табл.3.1

Номінальна витрата, м <sup>3</sup> /год	10
Мінімальна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,1
Максимальна витрата, м <sup>3</sup> /год	20
Діаметр умовного проходу, мм	40
Поріг чутливості, л/год	12

						Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Для індивідуального обліку в кожній квартирі ми рекомендуємо використовувати теплолічильник ULTRAHEAT T-230, особливості якого вказані у таблиці 3.2.

Номінальна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,6
Мінімальна витрата, м <sup>3</sup> /год	0,006
Максимальна витрата, м <sup>3</sup> /год	1,2
Діаметр умовного проходу, мм	15

Прилади для вимірювання та контролю ( теплообчислювачі, витратоміри і термометростворювачі опору) підлягають пломбуванню для захисту. Вони розміщуються в приміщенні тепловпункту на стіні в спеціальній захисній шафі.

Представник енергопостачальної компанії відповідає за перевірку та запікання теплолічильника, що відбувається для контролю використання теплової енергії та її оплати. Спеціальні отвори передбачені для запікання термометростворювачів опору та гаєчних муфт витратомірів.

Експлуатація та обслуговування приладів обліку теплової енергії повинні відбуватися відповідно до інструкцій виробника та рекомендацій організації, яка здійснює пусконаладжувальні роботи. Крім того, споживачі також зобов'язані забезпечувати належну справність та періодичну повірку приладів обліку теплової енергії.

Рекомендується встановлювати частотний регулятор Micro Drive FC51 від компанії Danfoss на мережні насоси Grundfos NBG 65-50-160/162. Це допоможе зменшити споживання електроенергії [22] .

### **Вибір регулятора тиску «до себе»**

Регулятор тиску підтримує задане сталe значення тиску до себе на зворотньому трубопроводі.

Задасмось втратою тиску на регуляторі, враховуючи рекомендації виробника:

$$\Delta P_{\text{рт}} = 0,3 - 0,8 \text{ кгс/см}^2$$

						Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунковий коефіцієнт пропускної здатності клапана, м<sup>3</sup>/год :

$$K_v = V_{o \max} / (\Delta P_{\text{рт}}^{1/2}) = 9,68 / (0,5^{1/2}) = 13,69 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Обираємо регулятор тиску TERMEN RCRUB (фланцевого виконання) Ду40 з максимальною пропускною спроможністю  $K_{vs} = 20 \text{ м}^3/\text{год}$  та діапазоном регулювання 2,5 - 7,0 бар.

Ступінь відкриття клапану:

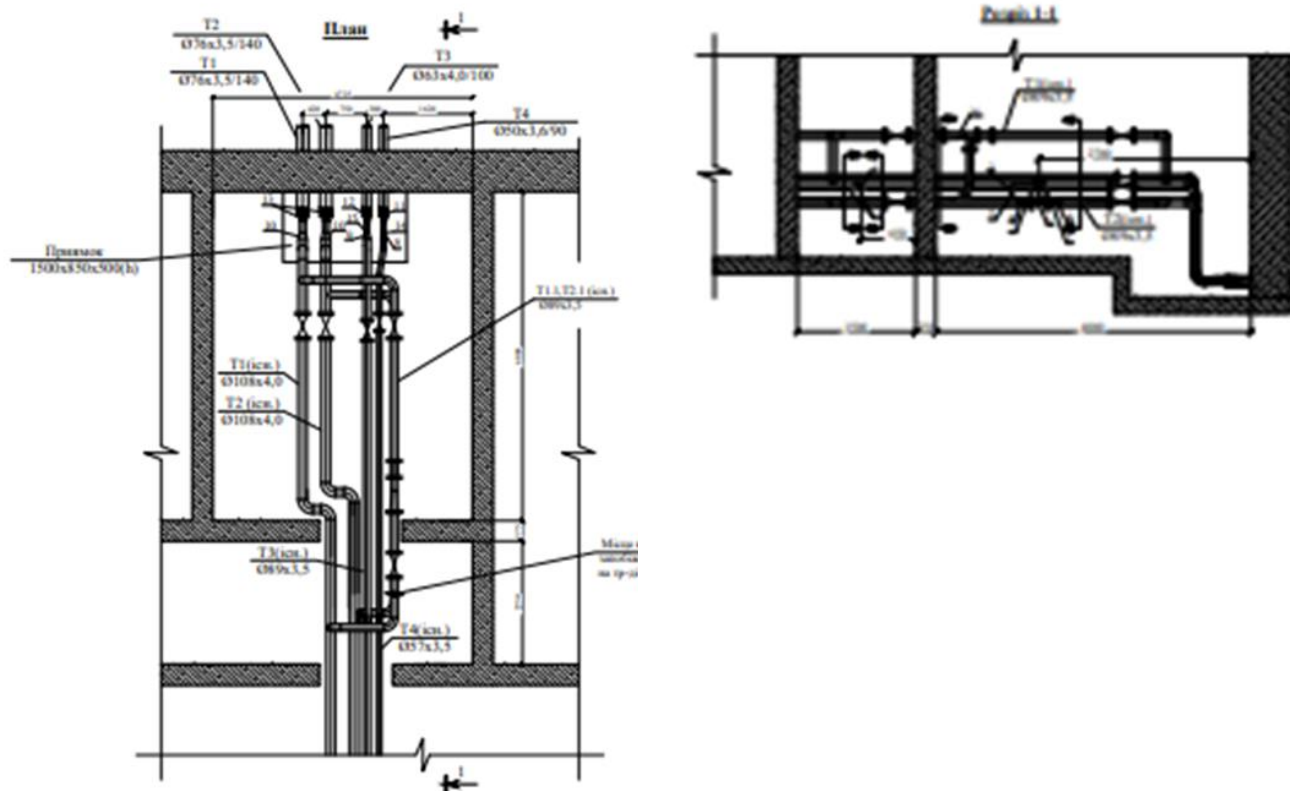
$$X = \frac{K_v}{K_{vs}} \cdot 100\%,$$

де,  $K_v$  - розрахункове значення пропускної спроможності, м<sup>3</sup>/год.,  $K_{vs}$  - характеристика вибраного регулятора, м<sup>3</sup>/год.

$$X = (13,69/20,0) \cdot 100\% = 68,5\% \quad (X \geq 30\%)$$

Дійсне значення втрати тиску на повністю відкритому регуляторі:

$$\Delta P_{\text{рт}} = (V_{o \max} / K_{vs \text{ рт}})^2 = (9,68 / 20,0)^2 = 0,48 \text{ кгс/см}^2$$



Вузол встановлення регулятора типу «до себе»

та запобіжного клапана в ж/б

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	58

**РОЗДІЛ 5.**  
**АВТОМАТИЗАЦІЯ**

						Арк.
						59
<i>Змн.</i>	<i>Арк.</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Підпис</i>	<i>Дата</i>		

Головна задача системи автоматизації - це ефективне виконання певних задач без втручання людини.

Основні функції системи автоматики в індивідуальному тепловому пункті це: контроль, сигналізація, регулювання, блокування.

Контроль забезпечує:

- тиск в подавальному та зворотньому трубопроводі системи гарячого водопостачання;
- тиск в мережі холодного водопостачання;
- температуру в системі гарячого водопостачання;
- температуру теплоносія системи опалення;
- витрату води в системі опалення;
- тиск в подавальному та зворотньому трубопроводі системи опалення;
- витрату води в мережі холодного водопостачання ;
- витрату води в системі гарячого водопостачання;

Сигналізація виконує функцію оповіщення:

- про вихід величини за межі надійної та безпечної роботи обладнання;
- про відмову будь-яких елементів обладнання.

Регулювання забезпечує:

- температура системи опалення;
- тиск у системі опалення;
- температуру в системі гарячого водопостачання.

Блокування виконується над функціями, які приймають участь у керуванні системою:

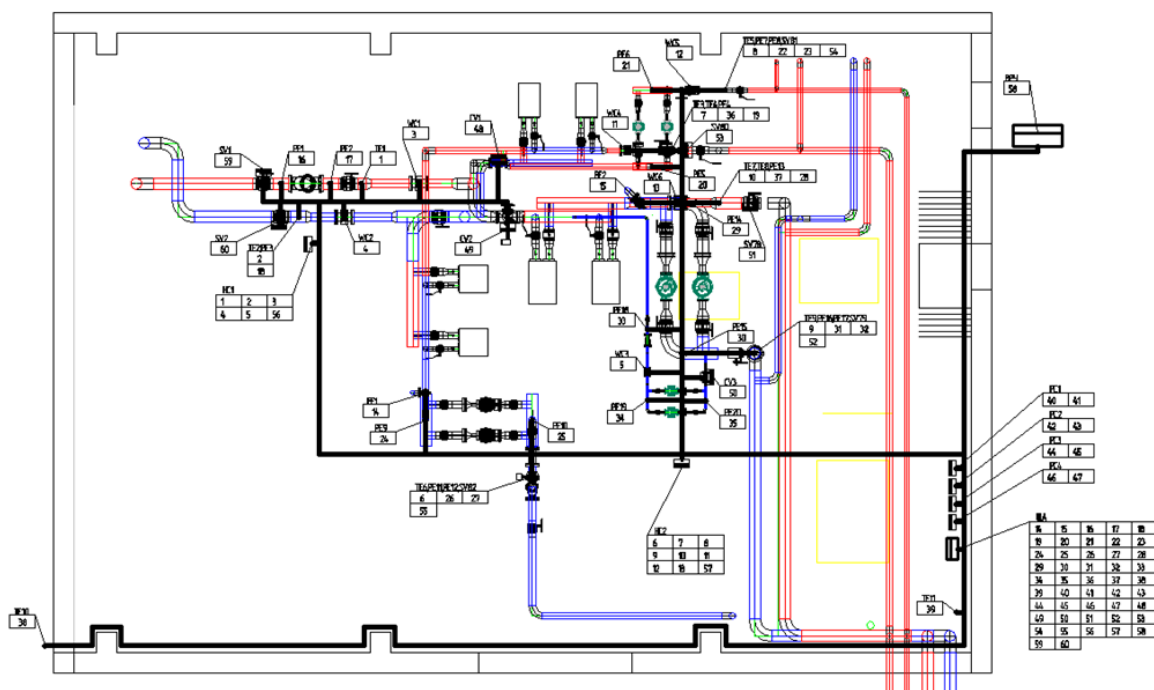
- тиск в подавальному трубопроводі (якщо поступає сигнал про відмову датчика тиску в подавальному трубопроводі вмикається сигналізація та блокування);
- температура в системі гарячого водопостачання (при відмові датчика температури системи гарячого водопостачання вмикається сигналізація і переводиться клапан у безпечне положення - 50%).

						Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Пропонований програмно-апаратний комплекс дозволяє керувати центральними тепловими пунктами (ЦТП) як з місцевої панелі оператора, так і з автоматизованого робочого місця диспетчера теплових мереж (або декількох). Рішення не вимагає прокладання додаткових ліній зв'язку, так як передача даних на диспетчерську проводиться в зашифрованому вигляді каналами GSM, можливе застосування інших каналів зв'язку за їх наявності. Крім того, цей комплекс може бути корисним у випадках, коли часто доводиться змінювати параметри системи тепlopостачання, при цьому немає необхідності поїздок на об'єкт.

### Технологія ЦТП

Функціональна схема автоматизації типового ЦТП включає системи автоматичного регулювання технологічних параметрів опалення та ГВП.



Схемою автоматизації передбачається:

- регулювання температури в системі опалення згідно з погодним графіком;
- регулювання перепаду тиску у системі опалення;
- регулювання тиску в «зворотні» системи опалення;
- регулювання температури у системі ГВП;
- регулювання тиску в «подачі» системи ГВП;
- регулювання перепаду тиску у «циркуляції» системи ГВП;

- контроль тиску після насосів;
- захист від «сухого ходу»;
- контроль та індикація перепаду тиску на фільтрах;
- контроль спрацьовування скидних клапанів;
- керування запірною арматурою на всіх вводах;
- зчитування інформації з теплових лічильників;
- передача диспетчеру сигналів «пожежа» та «проникнення» з охоронно-пожежного приладу;
- передача інформації із АВР системи електропостачання ЦТП.

Структура програмно-апаратного комплексу є розподіленою і відмова функціонування її елементів чи каналів зв'язку впливає працездатність інших елементів і всієї системи. Система автоматизації окремого ЦТП дозволяє повноцінно функціонувати об'єкту в автономному режимі.

#### **Апаратна частина комплексу.**

Функції регулювання, обробки вхідних та формування вихідних сигналів покладено на «ПЛК154» фірми «Овен», для розширення кількості введів використано модулі МВА8 та МДВВ. Відображення поточного стану системи та отримання команд від оператора безпосередньо на об'єкті реалізовано на сенсорній панелі фірми «Wesom». Зв'язок між контролером, модулями введення/виводу, панеллю оператора та частотними перетворювачами здійснюється за протоколом ModBus за допомогою інтерфейсу RS-485.

Підключення теплових лічильників також здійснюється через інтерфейс ModBus, але протокол залежить від моделі лічильника (застосовувався ТЕМ-104). Для запобігання впливу стрибків напруги в системі живлення у щиті автоматизації передбачено встановлення джерела безперебійного живлення. Організація та підтримка захищеного каналу зв'язку з диспетчерською здійснюється маршрутизатором «TL-MR3220» фірми «TP-Link». Для передачі даних каналами GSM застосовуються USB модеми.

При побудові комплексу проводиться розробка повного комплексу проектної документації з прив'язкою безпосередньо до обраного об'єкту.

						Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Технічні рішення, прийняті у робочих кресленнях, відповідають вимогам екологічних, санітарно-гігієнічних, протипожежних та інших норм, та забезпечують безпечну для життя та здоров'я людей експлуатацію об'єкта за дотримання передбачених кресленнями заходів.

Кабелі прокладаються під стелею, стінами, кабельними конструкціями. Електроустаткування та матеріали, що застосовуються під час монтажу, мають сертифікати відповідності нормативним документам.



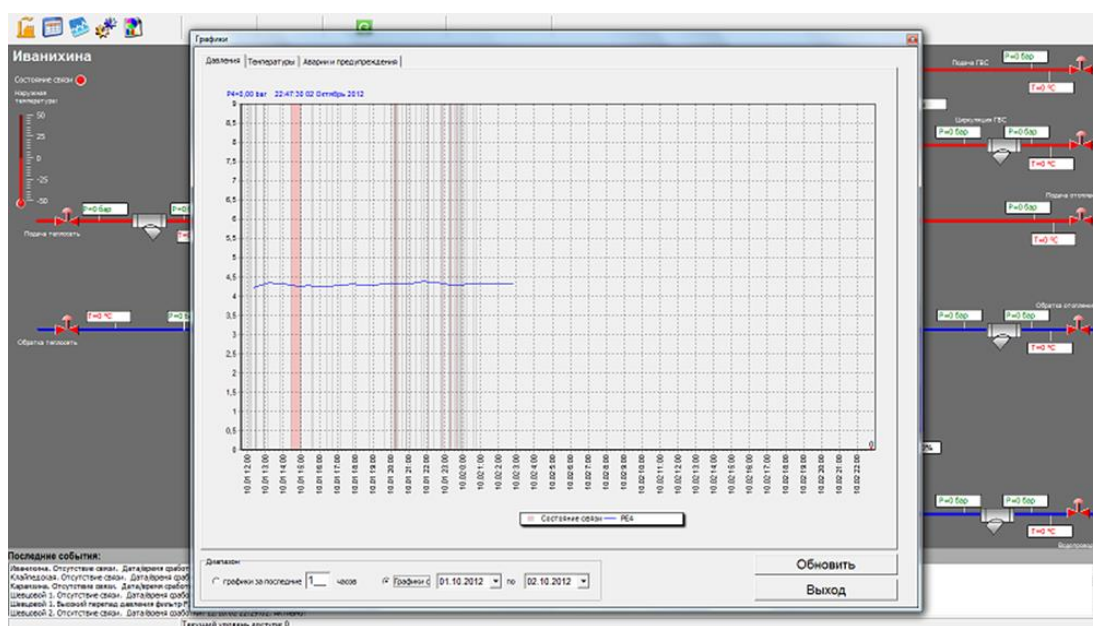
### **Програмна частина комплексу**

Структуру програмного забезпечення можна розбити на три рівні:

- Програмне забезпечення контролера, забезпечує роботу регуляторів та блокувань ЦТП, відпрацювання аварійних ситуацій, збирання та оцифрування вимірювальної інформації, обробку інформації з теплового лічильника та перетворювачів частоти, взаємодію з оператором за допомогою місцевої панелі управління.
- Серверне програмне забезпечення, організує канали зв'язку з ЦТП, забезпечує прийом і обробку даних, веде базу даних архівних параметрів, організує канали зв'язку з клієнтським програмним забезпеченням і надає йому доступ до поточних та архівних параметрів.
- Клієнтська частина забезпечує відображення поточної інформації по кожному ЦТП у вигляді мнемосхеми і таблиць параметрів, відображає

						Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

архівні дані у вигляді таблиць і графіків, формує звіти і передає змінені параметри на сервер.



Кожен тепловий пункт автоматично встановлює захищене VPN з'єднання з сервером для передачі даних та отримання команд, що не вимагає виділених IP адрес для теплового пункту і дозволяє використовувати звичайний GPRS/3G USB модем для зв'язку.

Клієнт-серверна архітектура програмного забезпечення дозволяє організувати роботу диспетчера з будь-якої точки земної кулі за наявності стабільного доступу до Інтернету. Серверна частина системи вільно розширюється і підтримує не обмежену кількість підключень клієнтів, обмеження накладаються тільки пропускнуою здатністю каналів зв'язку.

Передбачено розширені можливості роботи користувачів із системою. Три рівня доступу до змін груп параметрів і необмежену кількість користувачів системи дозволяють гнучко контролювати доступ персоналу до змін налаштувань. Будь-які зміни завдань та параметрів фіксуються в базі даних і відображаються у звітах роботи системи з ім'ям користувача, найменуванням зміненого параметра, зміненим значенням та часом збереження.

Можлива реалізація клієнтського програмного забезпечення у вигляді інтернет-сайту з необхідним обмеженням доступу та розмежуванням прав користувачів.

									Арк.
									64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					



**РОЗДІЛ 6.  
ОХОРОНА ПРАЦІ**

						Арк.
						66
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

**6.1. Аналіз проекту по небезпечним та шкідливим факторам на період монтажу системи теплопостачання**

№	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело, види робіт	Кількість, оцінка	Норматив
1	2	3	4	5
1	Обвалення ґрунту	Земляні роботи	ґрунт - супісок. Глибина траншеї h=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
2	Падіння людей з висоти	Земляні роботи	H=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
3	Падіння предметів з висоти	Монтажні роботи	H=3,0м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.14
4	Електричний струм	Електрозварювальні машини, робоче освітлення	U=380В/220В	ДСТУ Б А.3.2-13:2011 НПАОП 40.1-1.21-98
5	Вантажопідіймальні машини	Переміщення матеріалів, конструкцій, тощо	небезпечна зона роботи трубоукладчика R <sub>н.з</sub> =16м	ДБН А.3.2-2-2009 Р.8
6	Шум	Експлуатація машин і механізмів	Рівень <85 дБ	ГОСТ 12.1.003-83 ДСН 3.3.6.037-99
7	Освітлення	Освітлення ІТП	2 лк	ДБН В.2.5-28-2018
8	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	Температура t=16-18°C, вологість, φ=40-60%, рухливість повітря, v=0,3м/с	ДСН 3.3.6.042-99
9	Атмосферна електрика	Блискавко-захист	Середнє число ударів на 1км <sup>2</sup> – 5,5, категорія II	ДСТУ Б В.2.5-38:2008
10	Термічний фактор	Зварювальні роботи	tзварки=1200°C	ДБН А.3.2-2-2009
11	Пожежна безпека	Котельня	Категорія пожежо-небезпечності – В	ДБН В.1.1-7:2016 ДБН В.1.2-7:2008 ДСТУ Б.В.1.1-36:2016

						Арк.
						67
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

## 6.2. Заходи з профілактики виявлених шкідливих та небезпечних факторів

Робітники будівельних та монтажних організацій, виконавці, майстри, інспектори з охорони праці та техніки безпеки мають створити безпечні умови для проведення робіт.

Згідно ДБН, заборонено виконання будівельно-монтажних робіт без затвердженого проекту організації будівництва та проекту виробництва робіт.

Згідно з ДБН "Організація будівельного виробництва" та "Техніка безпеки в будівництві", проекти виробництва робіт мають включати рішення щодо охорони праці та безпеки, які потребують проектування у вигляді технічних рішень та основних організаційних заходів для безпеки виробництва. Організації, які беруть участь у будівництві, повинні здійснювати строгий контроль за виконанням усіх заходів, передбачених проектом виробництва робіт. Проекти виробництва робіт передбачають:

- забезпечення послідовності будівельних та монтажних робіт;
- зменшення обсягів та складності робіт у безпечних умовах виробництва;
- безпечне розташування машин та механізмів на об'єктах будівництва.

Організації, які приймають участь у будівництві, мають забезпечити відповідальний контроль за додержанням всіх заходів, передбачених проектом виробництва робіт.

На будівельному майданчику обов'язково мають бути обладнані приміщення для забезпечення нормальних санітарно-побутових умов будівельників. Також потрібно виділити місця для розміщення аптечок з медикаментами, фіксуючих шин, носилок, та інших засобів для надання першої допомоги постраждалим.

На будівельному майданчику всі особи зобов'язані носити захисні каски. Робітники без захисних касок та інших засобів індивідуального захисту не мають права приступати до виконання робіт.

						Арк.
						68
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Перед початком роботи всі робітники повинні пройти позачерговий інструктаж на робочому місці з питань техніки безпеки та виробничої санітарії. Особи без відповідного спецодягу, взуття та засобів індивідуального захисту не допускаються до роботи.

Робочі місця і проїзди на будівельному майданчику в темний час повинні бути належним чином освітлені відповідно до "Вказівок по проектуванню електричного освітлення будівельних майданчиків". Не допускається сліпуча дія світла на робітників при використанні прожекторів для освітлення робочих місць. Котловани і траншеї повинні бути обгороджені відповідними знаками та обладнані сигнальним освітленням для безпеки на будівельному майданчику.

Організація ділянок робіт, проїздів транспортних засобів та будівельних машин, робочих місць, обов'язково потрібно встановлювати, огорожувати та позначати небезпечні зони для перебування людей за допомогою відповідних попереджувальних написів.

Виконання земляних робіт у зоні діючих підземних комунікацій необхідно проводити під безпосереднім керівництвом виконроба або майстра. У випадку охоронних зон кабелів під напругою та діючих газопроводів, додатково до цього варто забезпечити нагляд співробітників електро- та газового господарства.

Проведення будівельно-монтажних і спеціальних робіт при прокладанні підземних мереж і комунікацій повинно виконуватись з дотриманням правил охорони навколишнього середовища.

Скидання мережної води з трубопроводів під час дренажу передбачається окремо з кожної труби в спеціальні дренажні колодязі з наступною відкачкою в існуючу дощову каналізацію. Дренажні трубопроводи укладаються безканально. Температура води, що скидається, повинна бути знижена до 40°C за рахунок охолодження в системах споживачів. Вода, що дронується, шкідливих домішок не містить.

У аварійних ситуаціях схема теплових мереж дозволяє відключити ушкоджену ділянку. Спуск води здійснюється через дренажну систему у дощову каналізацію.

						Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дат		

При експлуатації і будівництві теплових мереж викиди шкідливих речовин в атмосферу відсутні.

Наявність системи контролю герметичності трубопроводів і можливість періодичної перевірки їхнього стану під час нормальної експлуатації забезпечує підвищення надійності експлуатації. Зменшення числа аварій на теплових мережах, а отже, зменшення викидів теплоносія на ґрунт і в атмосферу, повинно призвести до поліпшення екологічного стану в місті.

Для безпечної транспортування важких вантажів необхідно використовувати інвентарні стропи та спеціальні пристрої для захвату вантажу. Способи стропування повинні запобігати ковзанню і випаданню вантажу. Важливо уникати стропування вантажів, які покриті землею або знаходяться в нестійкому положенні, а також уникати підтягування стропованих вантажів.

Під час перерви в роботі необхідно забезпечити опускання елементів конструкцій. Перевірку міцності та герметичності трубопроводів, їх продування та промивання слід проводити відповідно до технологічних схем, які встановлюють правила безпеки в процесі виконання робіт.

Дефекти, виявлені під час гідравлічних випробувань трубопроводів, можуть бути усунені лише після зниження тиску до нуля та відключення компресора. Металеві частини будівельних машин та механізмів з електроприводом, понижуючі трансформатори та кожухи рубильників повинні бути заземлені [27].

У проекті виробництва робіт (ПВР) необхідно розробити комплекс заходів з охорони праці та техніки безпеки. Під час виконання будівельно-монтажних робіт, таких як прокладання теплової мережі, всі роботи можуть бути класифіковані:

**Атмосферна електрика** може створювати серйозні загрози.

Небезпека від блискавки полягає у пожежі, механічних пошкодженнях, травмах та загибелі людей, а також пошкодженні електричного та електронного обладнання.

Удар блискавки може викликати вибухи та виділення небезпечних

					Арк.
					70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

продуктів. Система блискавкозахисту для будівель та споруд включає захист від прямого удару блискавки (зовнішня блискавкозахисна система) та захист від вторинних дій блискавки (внутрішня блискавкозахисна система).

Якщо на будівлі або споруді є спеціальні газовідвідні труби для відведення газів у повітря, то зона захисту системи відведення блискавки повинна включати зону над відгалуженням труби, обмежену півкулею з радіусом 5 метрів. Зовнішня блискавкозахисна система може бути окремою від споруди або встановленою на самому об'єкті. Зовнішня блискавкозахисна система, в цілому, складається з блискавкоприймачів, відвідників струму та заземлення. [24, 25, 29].

**Пожежна безпека.** Для досягнення пожежної безпеки та вибухозахисту об'єктів використовуються наступні методи: - правильний вибір ступеня вогнестійкості об'єкта; - визначення меж вогнестійкості окремих елементів та конструкцій; - обмеження поширення вогню у разі пожежі; - застосування систем активного придушення вибуху та протидимового захисту; - використання легкоскридних конструкцій; - встановлення засобів пожежної сигналізації та сповіщення; - організація пожежної охорони об'єкта.

Для безпеки будинків і споруд, де розміщені котельні, важливо мати протипожежне водопостачання та засоби виявлення та гасіння пожежі. У котельні також передбачено автоматичне відключення подачі газоподібного та рідкого палива в разі виникнення несправностей [28].

### 6.3 Визначення стійкості трубокладчика

Виконуємо розрахунок кранів на стійкість:

Розраховуємо коефіцієнт вантажної стійкості без розрахунку додаткових навантажень:

$$K_{\text{вант. стійк.}} = MG/MQ > 1.4 \quad (6.1)$$

						Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розраховуємо коефіцієнт вантажної стійкості з розрахунком додаткових навантажень:

$$K_{\text{вант.стійк.}} = ((MG - (Mw^K + Mw'^2 My + Mu \cdot My^2 + My^L) / MQ) > 1.15 \quad (6.2)$$

Розраховуємо коефіцієнт власної стійкості:

$$K_{\text{вл.стійк.}} = (MG' / MW') > 1.15 \quad (6.3)$$

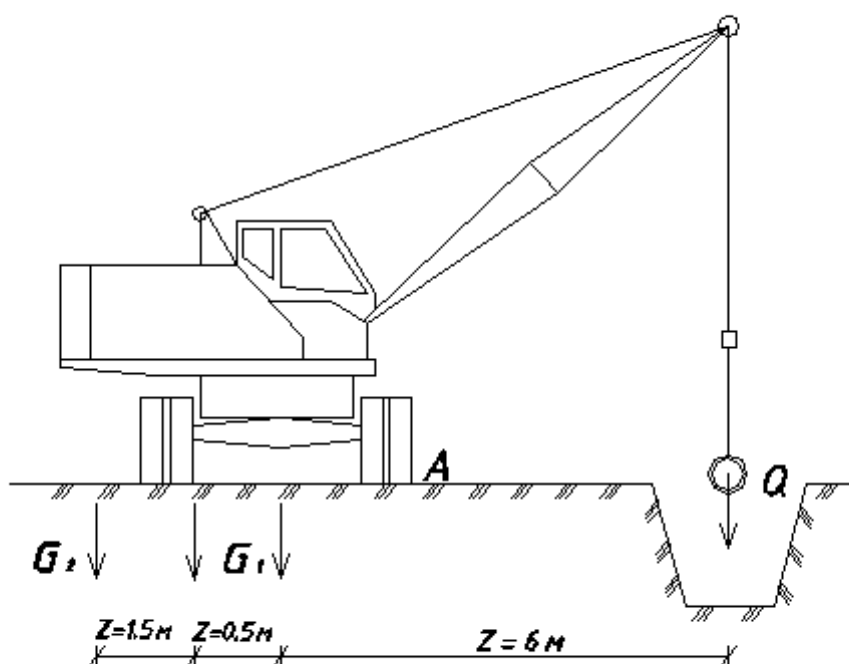


Рис. 6.1 Навантаження при роботі трубокладчика

Розраховуємо допустиме навантаження на стрілу при  $K_{\text{вант.ст.}} < 1,4$  без розрахунку додаткового навантаження:

Вихідні дані:  $G_1 = 10500 \text{ кг}$ ;

$G_2 = 630 \text{ кг}$ ;

$Z = 6,0 \text{ м}$  ;

Трубокладчик типу ТГ-61  $Z_1 = 1,5 \text{ м}$ ;  $Z_2 = 0,5 \text{ м}$ .

					Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	72

$$MG/MQ=1,4 - \text{або } ((Z_1G_1+(Z_1+Z_2) G_2))/Z \cdot Q =1,4 \quad (6.4)$$

$$Q < ((0,5 \cdot 10,5 \cdot 10^3 + (1,5 + 0,5) \cdot 630)) / 1,4 \cdot 6 = 775 \text{ кг}$$

Розраховуємо допустиме навантаження Q при розрахунку додаткових навантажень. Розрахунок проводимо при максимальному вильоті стріли.

Вихідні дані:  $Z = 6,0 \text{ м}; G_1 = 10500 \text{ кг}$ .

$Z_1 = 1,5 \text{ м}; G_2 = 630 \text{ кг}$ .

$Z_2 = 0,5 \text{ м}; Pw^* = 200 \text{ кг}$ .

$$MG = G_1 + Z_2 \cdot \cos \alpha + G_2 - (Z_1 + Z_2) \cdot \cos \alpha \quad (6.5)$$

$$MG = 10500 \cdot 0,5 \cdot 0,1 + 630 - (1,5 + 0,5) \cdot 0,1 = 1154,8 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$Mw^* = Pw^* + h_{ym} = 200 \cdot 0,5 = 100 \text{ кг} \cdot \text{м}$$

$$1,15 = (1154,8 - 100 - 88) / Z \cdot Q$$

$$Q = 966,8 / 1,15 \cdot 6 = 140 \text{ кг}$$

Розраховуємо власну стійкість:

Вихідні дані:  $Pw = 200 \text{ кг}; Z_3 = 0,5 \text{ м}$ .

$G_1 = 10500 \text{ кг}; Z_4 = 1,0 \text{ м}$ .

$G_2 = 630 \text{ кг}; h_{ym} = 1,0 \text{ м}$ .

$$K_{вл.ст} = ((G_1 \cdot Z_3 + (Z_3 + Z_4) \cdot G_2)) / Pw \cdot h_{ym}; \quad (6.6)$$

$$K_{вл.ст} = ((10500 \cdot 0,5 + (0,5 + 1,0) \cdot 630)) / 200 \cdot 1,0 = 1,19 > 1,15$$

Після розрахунків можна зробити висновок, що допустиме навантаження при максимальному вильоті стріли для трубоукладчика типу ТГ-61 складає 2200 кг.

Наступним важливим етапом є визначення небезпечної зони під час роботи вантажопідійомних машин. Ця зона вважається простором, де можуть рухатись машини та вантажі, з урахуванням максимально можливого відльоту останніх у разі їх падіння.

						Арк.
						73
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розміри небезпечної зони залежать від технічних характеристик трубоукладчика (виліт стріли, висота підйому), розмірів конфігурації шляхів його переміщення, а також від габаритів вантажів, що переміщуються [26].

Розраховуємо для трубоукладчика розмір небезпечної зони:

$$R_{неб.з.} = R_{max} + n + S \quad (6.7)$$

де:  $n$  – півдовжини труби,

$R_{max}$  – максимальний виліт стріли, м

$S$  – відліт елемента що монтується, при висоті підйому, до 10 м.

Небезпечна зона для нашого прикладу складає:

$$R_{неб.з.} = 6 + 5 + 5 = 16 \text{ м.}$$

					Арк.
					74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	

## Список використаної літератури

1. ДБН В.2.5 – 39:2008 “Теплові мережі”, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2009 – 56с.
2. ДСТУ Н.Б.В.2.5-66:2012 «Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості теплових мереж».
3. Основні вимоги до проектної та робочої документації. ДСТУ Б А. 2.4 – 4: 2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 74 с.
4. ДСТУ – Н Б В.1.1-27:2010 Будівельна кліматологія, – Київ: Мінрегіонбуд України, 2011. –123с.
- 5.ДБН В.2.5-64:2013 «Внутрішній водопровід і каналізація. Основні положення проектування.
6. Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів. ДСТУ Б А. 2.4 – 11 – 95. – Київ : Держбуд України, 1996. – 14 с.
- 7.Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів. ДСТУ Б А.2.4 – 10:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 5 с.
8. ДБН В.2.3-14:2006. Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проектування.
9. Єнін П. М. Теплопостачання (частина I «Теплові мережі і споруди») / П.М.Єнін, Н.А.Швачко // – Київ: Кондор, 2007. – 241с.
10. Централізоване теплопостачання міста: Методичні вказівки до курсового проекту/Уклад.: Худенко А.А., Швачко Н.А, Лисицький М.Ф., Приймак О.В. – К.: КНУБА, 2003. – 52с.
11. Алексахін О. О. Теплові розрахунки мікрорайонних систем теплопостачання монографія / О. О. Алексахін; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х. : ХНАМГ, 2010. – 138 с. ISBN 978-966-695-172-7
12. Степанова Н. Д. Теплові мережі : навчальний посібник. / Н. Д. Степанова, Д. В. Степанов. – Вінниця : ВНТУ, 2009. – 135 с.

						Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

13. Мережі теплові (тепломеханічна частина). Робочі креслення. ДСТУ Б А. 2. 4 – 28: 2008.– Київ : Мінрегіонбуд України, 2008. – 13 с.
14. Ковальчук В. А. Теплопостачання: Навчальний посібник./ В.А.Ковальчук, Т.С.Мацнєва // – Рівне: НУВГП, 2013. –300с.
15. Закон України № 2633-IV „Про теплопостачання” від 02.06.2005 р.
16. Правила виконання робочої документації теплової ізоляції обладнання і трубопроводів. ДСТУ Б А. 2. 4 – 9:2009. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 12 с.
17. Методичні вказівки до виконання курсового проекту та практичних занять з навчальної дисципліни «Теплопостачання» для здобувачів вищої освіти першого бакалаврського рівня за освітньо-професійною програмою «Теплогазопостачання та вентиляція» спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» усіх форм навчання. Частина 1. [Електронне видання] / Новицька О. С., Кізеєв М. Д. – Рівне : НУВГП, 2021. – 36 с..
18. Каталог виробів, рекомендації з проектування та технічні характеристики попередньоізольованих труб «Logstor».
19. Каталог виробів, рекомендації з проектування та технічні характеристики попередньоізольованих труб ТОВ «Перший трубний завод».
20. Енергозбереження в теплопостачанні: текст лекцій для студентів спеціальності “Теплоенергетика” [Електронний ресурс] / Автор М.Ф. Боженко. Вид. 2-е, перероб. і доп. – Київ : НТУУ «КПІ», ТЕФ, 2015. - 225 с.
21. Ратушняк Г. С. Енергозбереження та експлуатація систем теплопостачання : навч. посібн. / Г. С. Ратушняк, Г. С. Попова. – Вінниця : ВДТУ, 2009. – 120 с.
22. Petitjean R. Total hydronic balancing: A handbook for design and troubleshooting of hydronic HVAC systems.– Gothenburg: TA AB, 1994. – 530 p
23. Пирков В.В. СУЧАСНІ ТЕПЛОВІ ПУНКТИ. АВТОМАТИКА І РЕГУЛЮВАННЯ.–К.: П ДП «Такі справи», 2008.– 252 с.: іл.

						Арк.
						76
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

24. Інженерні рішення з охорони праці при розробці дипломних проектів інженерно-будівельних спеціальностей. Навчальний посібник. За редакцією В.В. Сафонова - К.: Основа, 2011. - 480с

25. ДБН В. 1.1-7-2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва.

26. ДНАОП 0.00-1.03.02. Правила устрою і безпечної експлуатації вантажно-підйомних кранів.

27. НПАОП 0.00-1.30-01. Правила безпечної роботи з інструментом та пристроями.

28. НПАОП 0.00-1.81-18. Правила охорони праці під час експлуатації обладнання, що працює під тиском.

29. ДБН А.3.2-2-2009 Охорона праці і промислова безпека у будівництві, – Київ.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2012. – 94с.

						Арк.
						77
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

# ДОДАТКИ

						Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документу, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса однинці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>1</b>	<b>Трубопроводи, арматура і фасонні деталі</b>							
1.1	Труба пряма (L = 11,5 м)		01-19-1-1-11-1	ВАТ "Завод сапелієвних заготовок"	ШТ	1		
1.2			01-17-1-1-11-1	-/-	ШТ	5		
1.3	Труба пряма (L = 9,0 м)		01-17-1-1-09-1	-/-	ШТ	1		
1.4			01-11-1-1-09-1	-/-	ШТ	14		
1.5			01-09-1-1-09-1	-/-	ШТ	38		
1.6	Труба пряма (L = 6,0 м)		01-17-1-1-06-1	-/-	ШТ	2		
1.7			01-11-1-1-06-1	-/-	ШТ	2		
1.8			01-09-1-1-06-1	-/-	ШТ	3		
1.9	Коліно кругозагнуте 90°		02-2-17-1-1-90-1	-/-	ШТ	2		
1.10			02-2-11-1-1-90-1	-/-	ШТ	6		
1.11			02-2-09-1-1-90-1	-/-	ШТ	12		
1.12	Опора нерухома пряма		06-1-09-1-1-02-1	-/-	ШТ	4		
1.13	Компенсатор осьовий		08-09-1-1-100-1	-/-	ШТ	2		
1.14	Комплект теплоізоляції стиків		13-01-17-1-1-1	-/-	ШТ	10		
1.15			13-01-11-1-1-1	-/-	ШТ	24		
1.16			13-01-09-1-1-1	-/-	ШТ	66		
1.17	Ковпак кінцевий термоусадковий		11-02-19	-/-	ШТ	12		
1.18			11-02-17	-/-	ШТ	4		
1.19			11-02-11	-/-	ШТ	10		
1.20			11-02-09	-/-	ШТ	16		
1.21	Кільце гумове ущільнюоче		12-19	ВАТ "Завод сапелієвних заготовок"	ШТ	6		
1.22			12-17	-/-	ШТ	4		
1.23			12-11	-/-	ШТ	14		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.24	З'єднання PEX - метал під зварювання Ø63/100	Ізопрофлекс-А			шт	5		
1.25	Ø50/90	-/-			шт	13		
1.26	Ø40/75	-/-			шт	8		
1.27	Муфта з'єднання PEX - PEX нерж.	-/-			шт	1		
1.28	Муфта з'єднання PEX - PEX нерж.	-/-			шт	1		
1.29	Насувана гільза нерж.	-/-			шт	2		
1.30	Насувана гільза нерж.	-/-			шт	2		
1.31	Комплект ізоляції стику	-/-			шт	1		
1.32	Комплект ізоляції стику	-/-			шт	1		
1.33	Сигнальна стрічка	-/-			м.п.	320,0		
1.34	Регулятор тиску "до себе" фланцевий RCRUB Ø40 2.5 - 7.0 бар	Теттел			шт	1		
1.35	Клапан запобіжний для води Ø25 мм	ICMA тип 254			шт	1		
1.36	Кран шаровий муфтовий внутр./зовн. різьба Ø15	IVR тип 956			шт	1		
1.37	Кран стальний шаровий приварний з ручкою PN40 Ø15	284 403		NAVAL	шт	4		
1.38	Ø32	284 407		-/-	шт	4		
1.39	Ø40	284 408		-/-	шт	6		
1.40	Ø50	284 409		-/-	шт	14		
1.41	Кран стальний шаровий приварний з ручкою PN25 Ø65	284 410		-/-	шт	6		
1.42	Ø80	284 411		-/-	шт	1		
1.43	Ø100	284 412		-/-	шт	2		
1.44	Кран стальний шаровий приварний з редуктором PN25 Ø125	284 473		-/-	шт	3		
1.45	Ø150	284 474		-/-	шт	2		
1.46	Кран стальний шаровий фланцевий з ручкою PN40 Ø25			-/-	шт	22		
1.47	Ø40			-/-	шт	8		
1.48	Водоструйний елеватор №5	ТУ-400-28-168-91			шт	1		
1.49	Труба сталевая водогазопровідна Ø115x2,8	ГОСТ 3262-75			м.п.	7,0		
1.50	Ø25x3,2	-/-			м.п.	44,0		
1.51	Ø40x3,5	-/-			м.п.	26,0		
1.52	Труба сталевая водогазопровідна оцинкована Ø32x3,2	-/-			м.п.	4,0		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документу, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.53	Труба сталевая водогазопровідна оцинкована Ø40x3,5	-/-			м.п.	9,0		
1.54	Труба сталевая електроварна Ø57x3,5	ГОСТ 10704-91 С13 сп5ГОСТ 10705-80			м.п.	16,0		
1.55	Ø76x3,5	-/-			м.п.	17,0		
1.56	Ø133x4,0	-/-			м.п.	6,0		
1.57	Ø159x4,5	-/-			м.п.	18,0		
1.58	Труба сталевая електроварна оцинкована Ø57x3,5	-/-			м.п.	4,0		
1.59	Ø76x3,5	-/-			м.п.	2,0		
1.60	Ø89x3,5	-/-			м.п.	7,0		
1.61	Ø108x4,0				м.п.	4,0		
1.62	Труба сталевая електроварна оцинкована Ø133x4,0	-/-			м.п.	15,0		
1.63	Труба сталевая електроварна оцинкована Ø159x4,5	-/-			м.п.	2,0		
1.64	Відвід 90° сталевий гнучий Ø15	ГОСТ 3262-75			шт	6		
1.65	Ø25	-/-			шт	25		
1.66	Відвід 90° сталевий кругозагнутий Ø45x2,5	ГОСТ 17375-83			шт	14		
1.67	Ø57x3,0	-/-			шт	12		
1.68	Ø76x3,5	-/-			шт	12		
1.69	Ø133x4,0	-/-			шт	2		
1.70	Ø159x4,5	-/-			шт	2		
1.71	Відвід 90° сталевий кругозагнутий оцинкований Ø45x2,5	-/-			шт	5		
1.72	Ø57x3,0	-/-			шт	2		
1.73	Ø89x3,5	-/-			шт	2		
1.74	Ø108x4,0	-/-			шт	4		
1.75	Ø133x4,0				шт	2		
1.76	Ø159x4,5				шт	10		
1.77	Відвід 45° сталевий кругозагнутий оцинкований Ø45x2,5	-/-			шт	1		
1.78	Ø57x3,0	-/-			шт	1		
1.79	Ø76x3,5	-/-			шт	2		
1.80	Трійник сталевий Ø76x3,5/57x3,0	ГОСТ 17376-83			шт	2		
1.81	Трійник сталевий оцинкований Ø57x3,0/40x2,5	-/-			шт	1		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.82	Перехід К 76х3,5 - 57х3,0	ГОСТ 17378-83			шт	2		
1.83	Перехід К 89х3,5 - 45х2,5 оцинкований	-/-			шт	2		
1.84	Перехід К 89х3,5 - 57х3,0	-/-			шт	4		
1.85	Перехід К 108х4,0 - 76х3,5	-/-			шт	2		
1.86	Перехід К 159х4,5 - 133х4,0	-/-			шт	2		
1.87	Перехід К 45х2,5 - 38х2,0 оцинкований	-/-			шт	1		
1.88	Перехід К 57х4,0 - 38х2,0 оцинкований	-/-			шт	2		
1.89	Перехід К 57х4,0 - 45х2,5 оцинкований	-/-			шт	1		
1.90	Перехід К 76х3,5 - 45х2,5 оцинкований	-/-			шт	2		
1.91	Перехід К 89х3,5 - 45х2,5 оцинкований	-/-			шт	1		
1.92	Перехід К 89х3,5 - 57х3,0 оцинкований	-/-			шт	1		
1.93	Перехід К 89х3,5 - 76х3,5 оцинкований	-/-			шт	1		
1.94	Перехід К 108х4,0 - 89х3,5 оцинкований	-/-			шт	1		
1.95	Перехід К 133х5,0 - 108х4,0 оцинкований	-/-			шт	1		
1.96	Перехід К 219х6,0 - 133х4,0 оцинкований	-/-			шт	1		
1.97	Фланець 1-25-25 ст.20	ГОСТ 12820-80			шт	44		
1.98	Фланець 1-40-25 ст.20	ГОСТ 12820-80			шт	18		
1.99	Ізольючий фланець Ø25 (комплект)				шт	22		
1.100	Ізольючий фланець Ø40 (комплект)				шт	8		
1.101	Сальник набивний L=300 мм для Ø25	Серія 5.905-26.08, вип.1			шт	11		
1.102	Сальник набивний L=300 мм для Ø40	-/-			шт	4		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>2</b>	<b>Метал для кріплення тросопроводів</b>							
2.1	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 42.3	ГОСТ 14911-82			шт	2		
2.2	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 48	-/-			шт	2		
2.3	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 57	-/-			шт	4		
2.4	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 76	-/-			шт	3		
2.5	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 89	-/-			шт	1		
2.6	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 108	-/-			шт	2		
2.7	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 133	-/-			шт	2		
2.8	Опора рухома безжорстка із награвляємим хомутом ОПЕ2 - 159	-/-			шт	2		
2.9	Опора рухома безжорстка ОПБ1 - 33.5				шт	5		
2.10	Опора рухома безжорстка ОПБ1 - 48				шт	6		
2.11	Кутик 50x50x5	ГОСТ 8509-93 ГОСТ 535-2005 ГОСТ 19903-74			м.п.	14,0		
2.12	Лист S=5 мм	Ст3 сп3 ГОСТ 14837-89			м²	1,0		
2.13	Хомут без штоку з гайкою М8 Ø15				шт	10		
2.14	Хомут без штоку з гайкою М8 Ø50				шт	8		
2.15	Анкер забивний М8				шт	18		
2.16	Шпилька М8 (L = 2000 мм)				шт	4		
<b>3</b>	<b>Ізоляційні матеріали</b>							
3.1	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø42.3	ГОСТ 23208-83			м.п.	4,0		
3.2	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø48	-/-			м.п.	10,0		
3.3	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø57	-/-			м.п.	14,0		
3.4	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø78	-/-			м.п.	21,0		
3.5	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø89	-/-			м.п.	8,0		
3.6	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø108	-/-			м.п.	14,0		
3.7	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø133	-/-			м.п.	15,0		
3.8	Циліндри теплоізоляції із мінеральної вати ламіновані фольгою (товщ. 60мм) Ø159	-/-			м.п.	21,0		
3.9	Ізол				м²	83,0		
3.10	Мастика холодна			МРБ-ХТ15	кг	50,0		
3.11	Скотч алюмінієвий армований				шт	6		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	<b>Будівельні конструкції та матеріали</b>							
4.1	Плита КП-2	Серія ТРЕСТ "Київорбуд"			шт	2		
4.2	Плита КП-4	-/-			шт	6		
4.3	Плита КПд-4	-/-			шт	10		
4.4	Плита днища ПН 10	ГОСТ 8020-90			шт	4		
4.5	Плита перекриття ПП10				шт	4		
4.6	Кільце стінове КС 7.3				шт	1		
4.7	Кільце стінове КС 7.6				шт	9		
4.8	Кільце стінове КС 10.9				шт	12		
4.9	Кільце опорне КО-6				шт	20		
4.10	Люк чавунний тип "Л"				шт	4		
4.11	Люк чавунний з подвійною кришкою із закріпним пристроєм, тип "Л"				шт	14		
4.12	Арматура Ø18А 400С для сходових скоб	ДСТУ 3760-98			м.п.	13,0		
4.13	Драбина Н=2700 мм				шт	4		
4.13.1	Куттик Б-50х50х5 ГОСТ 8509-72 L=2700 мм БСНП2 ГОСТ 535-79				шт	8		
4.13.2	Арматура Ø18А 400С L=480 мм	ДСТУ 3760-98			шт	36		
4.14	Драбина СГ-22	Серія 1.450.3-3, в.2, ч.2			шт	14		
4.15	Лоток КП 120-60-8				м.п.	9,00		
4.16	Нерухома збірна щитова опора на зусилля до 15т. для Ду 50	Серія 313.ТС.-008.021			шт	2		

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обладнання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>5</b>	<b>Демонтаж</b>							
5.1	Трубопроводи	Ø50			м.п.	215,00		
		Ø65			м.п.	136,00		
		Ø80			м.п.	560,00		
		Ø100			м.п.	144,00		
		Ø125			м.п.	362,00		
		Ø150			м.п.	33,00		
5.2	Лоток КЛ 90-65-8				м.п.	206,00		
5.3	Лоток КЛ 60-45-8				м.п.	475,00		

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

Арк.

85

Позиція	Найменування і технічна характеристика	Тип, марка, позначення документа, опитувального листа	Код обкладання, виробу, матеріалу	Завод - виробник	Одиниця виміру	Кількість	Маса одиниці, кг	Примітка
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1.24	Кільце гумове ущільнюоче Ø57x3,5/125		12-09	-/-	шт	24		
1.25	Мати компенсаційні для Ø125		17-03	-/-	шт	60		
1.26	Мати компенсаційні для Ø140		17-04	-/-	шт	32		
1.27	Мати компенсаційні для Ø225		17-07	-/-	шт	12		
1.28	Стрічка сигнальна Ø159x4,5/250		15-19	-/-	м	5,0		
1.29	Стрічка сигнальна Ø133x4,0/225		15-17	-/-	м	40,0		
1.30	Стрічка сигнальна Ø76x3,5/140		15-11	-/-	м	70,0		
1.31	Стрічка сигнальна Ø57x3,5/125		15-09	-/-	м	200,0		
1.32	Труба Ø140/180	Ізопрофлекс-А			м.п.	5,7		
1.33	Труба Ø110/145	-/-			м.п.	48,8		
1.34	Труба Ø90/125	-/-			м.п.	43,1		
1.35	Труба Ø63/100	-/-			м.п.	74,5		
1.36	Труба Ø50/90	-/-			м.п.	278,4		
1.37	Труба Ø40/75	-/-			м.п.	204,1		
1.38	Кінцевий запобіжник термоусадковий Ø140/180	-/-			шт	2		
1.39	Кінцевий запобіжник термоусадковий Ø110/145	-/-			шт	4		
1.40	Кінцевий запобіжник термоусадковий Ø90/125	-/-			шт	2		
1.41	Кінцевий запобіжник термоусадковий Ø63/100	-/-			шт	5		
1.42	Кінцевий запобіжник термоусадковий Ø50/90	-/-			шт	13		
1.43	Кінцевий запобіжник термоусадковий Ø40/75	-/-			шт	8		
1.44	Стіновий ущільнювач Ø140/180	-/-			шт	2		
1.45	Стіновий ущільнювач Ø110/145	-/-			шт	4		
1.46	Стіновий ущільнювач Ø90/125	-/-			шт	2		
1.47	Стіновий ущільнювач Ø63/100	-/-			шт	5		
1.48	Стіновий ущільнювач Ø50/90	-/-			шт	13		
1.49	Стіновий ущільнювач Ø40/75	-/-			шт	8		
1.50	З'єднання РЕХ - метал під зварювання Ø140/180	Ізопрофлекс-А			шт	2		
1.51	З'єднання РЕХ - метал під зварювання Ø110/145	-/-			шт	4		
1.52	З'єднання РЕХ - метал під зварювання Ø90/125	-/-			шт	2		