

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА  
ДО КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ  
НА ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР

на тему:

Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві

---

---

---

Філімонова Єлизавета Олексіївна

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача повністю)

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Інженерних систем та екології

(факультет)

Теплотехніки

(назва випускової кафедри)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри

„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_ року

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

Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві

(назва)

Виконала Філімонова Єлизавета Олексіївна

(прізвище, ім'я та по батькові повністю)

192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(спеціальність)

ОПП «Теплогазопостачання та вентиляція»

(освітня програма)

Група зТВс-21

Керівник Швачко Н.А.

(прізвище та ініціали)

К.Т.Н., доцент

(вчене звання, науковий ступінь)

*Ідентичність підтверджую*

Київ 2024 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет: Інженерних систем та екології

Випускова кафедра: Теплотехніки

Освітній ступінь: Бакалавр

Спеціальність 192«Будівництво та цивільна інженерія»

Освітня програма: ОПП «Теплогазопостачання та вентиляція»

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Декан факультету

\_\_\_\_\_ року  
„\_\_\_” \_\_\_\_\_ 20\_\_

**З А В Д А Н Н Я**

**ДО ВИКОНАННЯ КВАЛІФІКАЦІЙНОЇ РОБОТИ НА  
ЗДОБУТТЯ ОСВІТНЬОГО СТУПЕНЯ БАКАЛАВР**

(бакалавра, магістра)

Філімонова Єлизавета Олексіївна

(прізвище, ім'я та по батькові здобувача)

1. Тема роботи Теплопостачання житлової забудови по бульвару  
Кольцова в м. Києві

затверджена наказом ректора КНУБА № 850/2 від «29» 05 2024 року

2. Керівник роботи

Швачко Наталія Анатоліївна, к.т.н., доцент

(прізвище, ім'я та по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

3. Строк подання здобувачем роботи до захисту \_\_\_\_\_

4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

P. 1. Характеристика теплопостачання житлової забудови

P. 2. Визначення теплових потоків

P. 3. Регулювання теплових потоків

P. 4. Розрахунок витрат теплоносія

P. 5. Гідравлічний розрахунок

P. 6. Розрахунок теплової ізоляції трубопроводів

- Р. 7. Розрахунок навантаження на безканалні трубопроводи
  - Р. 8. Вибір обладнання для теплового пункту
  - Р. 9. Організація монтажних робіт
  - Р. 10. Технологія монтажних робіт
  - Р. 11. Автоматизація
  - Р. 12. Охорона праці
5. Графічний матеріал за розділами
- Р. 1. Генплан
  - Р. 2. Повздовжній профіль теплової мережі
  - Р. 3. Монтажна схема трубопроводів
  - Р. 4. Принципова схема ІТП
  - Р. 5. План ВТ-1, ВТ-2, ТК-500/2
  - Р. 6. Організація монтажних робіт

Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1. Характеристика тепlopостачання житлової забудови	17.04.24
Розділ 2. Визначення теплових потоків	26.04.24
Розділ 3. Регулювання теплових потоків	03.05.24
Розділ 4. Розрахунок витрат теплоносія	07.05.24
Розділ 5. Гідравлічний розрахунок	10.05.24
Розділ 6. Розрахунок теплової ізоляції трубопроводів	23.05.24
Розділ 7. Розрахунок навантаження на безканалні трубопроводи	27.05.24
Розділ 8. Вибір обладнання для теплового пункту	01.06.24
Розділ 9. Організація монтажних робіт	06.06.24
Розділ 10. Технологія монтажних робіт	10.06.24
Розділ 11. Автоматизація	14.06.24
Розділ 12. Охорона праці	17.06.24
Остаточне оформлення роботи	23.06.24
Направлення роботи для перевірки на плагіат	25.06.24
Попередній захист роботи на випусковій кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

## Консультанти розділів кваліфікаційної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.	Характеристика теплопостачання житлової забудови		
Розділ 2.	Визначення теплових потоків		
Розділ 3.	Регулювання теплових потоків		
Розділ 4.	Розрахунок витрат теплоносія		
Розділ 5.	Гідравлічний розрахунок		
Розділ 6.	Розрахунок теплової ізоляції трубопроводів		
Розділ 7.	Розрахунок навантаження на безканалні трубопроводи		
Розділ 8.	Вибір обладнання для теплового пункту		
Розділ 9.	Організація монтажних робіт		
Розділ 10.	Технологія монтажних робіт		
Розділ 11.	Автоматизація		
Розділ 12.	Охорона праці		

Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Зав. кафедри \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Керівник \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

Здобувач \_\_\_\_\_  
(підпис) (прізвище, ініціали)

<b>РЕЗЮМЕ (SUMMARY)</b> до кваліфікаційної роботи здобувача:		Філімонова Єлизавета Олексіївна Filimonova Yelyzaveta (ПІБ здобувача українською та англійською)	
ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві Heat supply to the living oblivion along Koltsova Boulevard in Kiev		
Освітній ступінь	Бакалавр		
Факультет	Інженерних систем та екології		
Випускова кафедра	Теплотехніки		
Спеціальність	192 «Будівництво та цивільна інженерія»		
Освітня програма	Теплогазопостачання та вентиляція		
Керівник	Швачко Наталія Анатоліївна		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка, стор.	розділів	креслень формату А1
	98	12	6
Розділ 1	Характеристика теплопостачання житлової забудови		
Розділ 2	Визначення теплових потоків		
Розділ 3	Регулювання теплових потоків		
Розділ 4	Розрахунок витрат теплоносія		
Розділ 5	Гідравлічний розрахунок		
Розділ 6	Розрахунок теплової ізоляції трубопроводів		
Розділ 7	Розрахунок навантаження на безканалні трубопроводи		
Розділ 8	Вибір обладнання для теплового пункту		
Розділ 9	Організація монтажних робіт		
Розділ 10	Технологія монтажних робіт		
Розділ 11	Автоматизація		
Розділ 12	Охорона праці		
Висновки по роботі:			
Ключові слова: Keywords:	теплопостачання, гаряче водопостачання, житлові будинки, гідравліка, теплові мережі heat supply, hot water supply, residential buildings, hydraulics, heat networks		

Здобувач: \_\_\_\_\_ /Філімонова Є.О./

Керівник: \_\_\_\_\_ /Швачко Н.А./

“ \_\_\_ ” \_\_\_\_\_ 2024

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9	
РОЗДІЛ 1	ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ.....	13
	1.1. Вихідні дані до проєкту.....	14
	1.2. Вибір схеми теплопостачання.....	15
РОЗДІЛ 2	ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ.....	17
	2.1. Розрахунок теплових потоків.....	18
	2.2. Теплові потоки протягом опалювального періоду.....	22
	2.3. Річні витрати теплоти .....	23
РОЗДІЛ 3	РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ.....	24
	3.1. Центральне якісне регулювання теплових потоків по навантаженню на опалення.....	25
	3.2. Регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання.....	27
	3.3. Якісне регулювання теплових потоків на вентиляцію.....	28
РОЗДІЛ 4	РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ.....	30
РОЗДІЛ 5	ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	33
	5.1. Основні задачі і розрахункові залежності.....	34
	5.2. Кінцева частина розрахунку.....	36
	5.3. Графік тисків теплової мережі.....	36
РОЗДІЛ 6	РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВІДІВ...	38
	6.1. Тепловий розрахунок при безканальному прокладанні теплових мереж .....	39
	6.2. Розрахунок неізольованих трубопроводів прокладених безканально.....	42
РОЗДІЛ 7	РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ НА БЕЗКАНАЛЬНІ ТРУБОПРОВІДИ.....	44
	7.1. Навантаження на безканальні трубопроводи.....	45
	7.2. Методи прокладки попередньоізольованих труб.....	50
РОЗДІЛ 8	ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ.....	52
	8.1. Вихідні дані.....	53

	8.2. Планувальні та конструктивні рішення.....	53
	8.3. Приєднання систем теплоспоживання до теплової мережі.....	53
	8.4. Підбір обладнання ІТП. Залежна система опалення.....	54
	8.5. Системи гарячого водопостачання.....	54
РОЗДІЛ 9	ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ.....	55
	9.1. Проєкт виробництва робіт.....	56
	9.2. Вибір методу організації будівельно-монтажних робіт...	56
	9.3. Будівництво зовнішніх теплових мереж .....	56
	9.4. Складання календарного плану монтажних робіт.....	57
	9.5. Коротка характеристика будівництва й умов його здійснення.....	59
РОЗДІЛ 10	ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ.....	65
	10.1. Будівництво заглиблених в ґрунти теплофікаційних камер та дренажних колодязів.....	66
	10.2. Монтаж трубопроводів теплових мереж.....	70
РОЗДІЛ 11	АВТОМАТИЗАЦІЯ.....	76
	11.1. Загальна частина.....	77
	11.2. Система аварійної сигналізації теплових мереж.....	81
	11.3. Автоматизація і контроль в ІТП.....	84
	11.4. Пояснення до схем автоматики і КВП ЦТП.....	85
РОЗДІЛ 12	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	89
	12.1. Аналіз проєкту по небезпечним та шкідливим факторам на період будівництва систем теплопостачання.....	90
	12.2. Заходи профілактики виявлених факторів в інших розділах проєкту.....	91
	12.3. Розробка інженерних рішень щодо охорони праці.....	93
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	97

# ВСТУП

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є.О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
					КНУБА зТВс-21		

Післявоєнна відбудова України є вагомим етапом для розвитку нашої держави. Тільки за перші місяці повномасштабної війни було зруйновано сотні тисяч помешкань, оскільки війна триває, їх кількість на превеликий жаль буде збільшуватися. Попри це, керівництво країни спільно з міжнародними партнерами вже активно шукає найефективніші шляхи для відновлення зруйнованої інфраструктури та житлових будинків. В процесі відбудови важливо враховувати досвід європейських країн та світову практику [1].

Оскільки будівництво не завершено, і на даний період тільки 3 будинки з 9 запланованих добудовані, варто впроваджувати сучасні методи енергомодернізації та використовувати інноваційні проєкти енергоефективної архітектури, що дозволить створити безпечний та гармонійний житловий комплекс.

Одним із головних завдань сучасної енергетичної політики України в житловому секторі є підвищення енергоефективності. Підприємства житлово-комунального господарства щороку споживають більше 8 мільярдів кВт електроенергії та 10 мільярдів кубометрів природного газу. Тому, щоб заощадити енергоресурси в житловому фонді, необхідно в першу чергу зосередитися на поліпшенні експлуатаційних характеристик будинків, проведення їхньої теплової санації та модернізації інженерного обладнання.

Особливу увагу слід приділити міській системі теплозабезпечення, яка включає комунальні теплопостачальні організації та тепломережі. Головними споживачами тепла є житлові будівлі. Значна частина систем теплопостачання в Україні була введена в експлуатацію ще за радянських часів і зараз потребує заміни, модернізації та реконструкції.

Підвищення енергоефективності цих систем не лише сприятиме економії енергії, але й підвищить комфорт та безпеку для мешканців.

Суттєві втрати тепла та ресурсів відбуваються під час експлуатації інженерних систем та обладнання. Основною причиною високого теплоспоживання є низька енергоефективність старих систем опалення. Багато з

них спочатку проєктувалися з надмірними витратами тепла, які значно перевищують сучасні потреби. Ці системи часто є морально і технічно застарілими: теплові пункти не відповідають сучасним стандартам, гідравлічні системи часто розбалансовані через несанкціоноване втручання користувачів (наприклад, заміна радіаторів або трубопроводів). Крім того, засмічені трубопроводи і відсутність теплоізоляції в неопалюваних підвалах лише погіршують ситуацію. Все це призводить до великих втрат тепла та неефективного використання енергоресурсів.

Для покращення ситуації необхідно не тільки оновлювати старі системи, а й впроваджувати сучасні рішення в сфері теплопостачання, що дозволить значно знизити енергоспоживання і підвищити загальну ефективність систем опалення [2].

Реконструкція системи централізованого теплопостачання спрямована на заміну застарілих технічних рішень та обладнання на сучасні та ефективніші варіанти. Існує кілька основних підходів та принципових схем для вирішення цієї проблеми [3]:

1. Залежна схема теплопостачання з обліком спожитого тепла та автоматичним обмеженням витрати теплоносія. У цій схемі система обліку тепла фіксує кількість спожитого тепла, а автоматичні регулятори обмежують витрати теплоносія з теплової мережі. Це дозволяє знизити надмірне споживання тепла.

2. Залежна схема теплопостачання з обліком спожитого тепла та автоматичним регулюванням витрати теплоносія з урахуванням реальної потреби будинку. В даному випадку система враховує не тільки спожите тепло, але й автоматично регулює подачу теплоносія відповідно до поточних потреб будинку в теплі. Це забезпечує більш точне і ефективне керування теплопостачанням.

3. Незалежна схема теплопостачання з розмежуванням контуру теплової мережі та системи опалення будинку через Індивідуальний Тепловий Пункт (ІТП). Цей підхід включає встановлення ІТП, які відокремлюють теплову мережу від внутрішньої системи опалення будинку. Така схема дозволяє краще

контролювати подачу тепла в будівлю, знижуючи теплові втрати та підвищуючи загальну ефективність системи.

4. Реконструкція системи опалення будинку. Це може включати модернізацію внутрішньої системи опалення будівлі, наприклад, заміну радіаторів, трубопроводів та впровадження сучасних систем регулювання. Така реконструкція значно підвищує ефективність опалення та комфорт для мешканців.

Кожен з цих підходів спрямований на те, щоб зменшити втрати тепла, знизити витрати на енергоресурси та підвищити загальну енергоефективність системи централізованого тепlopостачання.

# 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ТЕПЛОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВОЇ ЗАБУДОВИ

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
					КНУБА зТВс-21		

У цьому проєкті передбачено забезпечення теплопостачання житлових будинків в місті Києві за адресою: бульвар Кольцова. В даному проєкті передбачена централізована схема подачі теплоносія за допомогою водяних мереж. Джерелом теплопостачання є існуюча магістраль теплових мереж з параметрами теплоносія 150-70°C з тиском в подавальному трубопроводі 16.0 кгс/см<sup>2</sup> (1,6 МПа ) у зворотному 4.5 кгс/см<sup>2</sup> (0,441 МПа ).

Регулювання відпуску тепла – якісне.

У рамках цього проєкту передбачається прокладання теплових мереж підземно з використанням попередньо ізольованих труб з тепло- та гідроізоляцією. Також мережі будуть розміщені в наявних прохідних каналах. У випадку обмеженого простору, тепломережі будуть прокладені в каналах на ковзних опорах з метою компенсації температурних подовжень використовуватимуться повороти траси.

Трубопроводи теплових мереж будуть виготовлені з попередньо ізольованих труб, захищених поліетиленовою оболонкою відповідно до галузевих стандартів. Системи гарячого водопостачання будуть підключені незалежно через водяні підігрівачі, які працюватимуть за двоступеневою змішаною схемою.

### **1.1. Вихідні дані до проєкту**

Даним проєктом вирішується питання теплопостачання житлових будинків бульвар Кольцева в місті Києві, джерелом теплопостачання є існуюча теплова мережа.

- ✓ тривалість опалювального періоду .....187 діб;
- ✓ розрахункові температури мережної води:
  - подавального трубопроводу .....150 °С;
  - зворотного трубопроводу.....70 °С;
- ✓ система теплопостачання .....закрита;
- ✓ метод регулювання теплових потоків .....0;
- ✓ розрахункова температура на опалення .....- 22 °С;

- ✓ таблиця стояння температур зовнішнього повітря

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

- ✓ середня температура опалювального періоду .....- 1,1 °C;
- ✓ нормативна глибина промерзання ґрунту .....- 0,9 м;
- ✓ ситуаційний план місцевості з схемою існуючих теплових мереж та вказаною точкою врізки згідно проєкту
- ✓ об'єми основних та допоміжних приміщень:
  - житловий будинок № 1 .....57365 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 2 .....57365 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 3.....57365 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 4 .....28333,8 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 5 .....56548,8 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 6 .....23500,8 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 7 .....56548,8 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 8 .....28333,8 м<sup>3</sup>;
  - житловий будинок № 9 .....41115,6 м<sup>3</sup>.

## 1.2. Вибір схеми теплопостачання

Для теплопостачання системи використовується вода з температурними параметрами 150-70°C. Джерелом теплоти слугує існуюча магістральна тепломережа.

Теплові мережі, що забезпечують подачу тепла від теплопункту до житлових будівель, організовані за двотрубною схемою: Т1 - трубопровід для подачі теплоносія, Т2 - зворотній трубопровід.

Проєкт передбачає прокладання теплових мереж підземно та в прохідних каналах з використанням попередньоізольованих труб. Ці труби створюють

комплексну систему, де основна труба, теплоізоляція та зовнішня захисна оболонка взаємодіють, що забезпечує надійність та ефективність тепlopостачання.

Конструкція забезпечує компенсацію теплових подовжень сталеві труби за допомогою поліуретанової піни, що передає ці подовження на зовнішню захисну трубу при зміні температури теплоносія.

Це дозволяє значно зменшити теплові подовження в підземних мережах порівняно з традиційними каналними або повітряними системами, де труби можуть вільно подовжуватися. Сила тертя між зовнішньою оболонкою труби та ґрунтом обмежує переміщення цього комплексу.

## 2. ВИЗНАЧЕННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ

### Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві.	БР		
Керівник	Швачко Н.А.					Лист	Листів
					КНУБА зТВс-21		

## 2.1. Розрахунок теплових потоків

Розрахункові залежності

Визначення теплового потоку на опалення будівель [4]:

$$Q'_{\text{опал}} = a_i \cdot q_{\text{оп}} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o), \quad (2.1)$$

де  $t_e$  – середня температура внутрішнього повітря будівлі, °С. Для всіх приміщень даного масиву приймаємо  $+18$  °С,  $t'_o$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення, °С. Для м. Київ  $t'_o = -22$  °С,  $q_{\text{оп}}$  – питома теплова характеристика на опалення, Вт/(м<sup>3</sup>· °С). Визначається в залежності від призначення будівлі та її об'єму;  $V_3$  – об'єм будівлі за зовнішніми обмірами, м<sup>3</sup>;  $\beta_t$  – температурний коефіцієнт, який враховує різні кліматичні зони та використовується, коли розрахункова температура зовнішнього повітря відрізняється від  $-30$  °С. При  $t'_o = -22$  °С приймаємо  $\beta_t = 1,125$ ,  $a_i$  – коефіцієнт, який враховує витрату теплоти на підігрівання зовнішнього повітря, яке надходить в будівлю за рахунок інфільтрації через нещільності в огородженнях. Приймають рівним  $1,05 - 1,1$ .

Визначення теплового потоку на вентиляцію будівель:

$$Q'_{\text{вент}} = q_v \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o), \quad (2.2)$$

де  $q_v$  – питома теплова характеристика будівлі на вентиляцію, Вт/(м<sup>3</sup>· °С). Визначається в залежності від призначення будівлі та її об'єму.

Визначення середнього теплового навантаження на гаряче водопостачання для громадських будівель:

$$Q_{hm} = q_h \cdot m, \quad (2.3)$$

де  $q_h$  – укрупнений показник середнього теплового потоку на гаряче водопостачання на одну людину, Вт. Для будинків даного об'єму приймаємо  $305$  Вт,  $m$  – кількість мешканців.

Визначення середнього теплового навантаження на гаряче водопостачання для громадських будівель:

$$Q_{hm} = \frac{1,2 \cdot m \cdot c \cdot (a_n + b_n) \cdot (55 - t_c)}{24 \cdot 3,6}, \quad (2.4)$$

де  $m$  - кількість осіб, які проживають (відвідувачів);  $c$  - теплоємність води, приймається як  $4,187$  кДж/(кг·°С);  $a_n$  - норма споживання гарячої води за добу при температурі  $55^\circ\text{C}$  на одну особу, яка проживає (відвідує) будівлю з системою гарячого водопостачання, залежно від її комфортності або призначення, у літрах;  $b_n$  - норма витрати гарячої води в громадських будівлях при температурі  $55^\circ\text{C}$ ;  $1,2$  - коефіцієнт, який враховує тепловтрати трубопроводів системи гарячого водопостачання;  $t_c$  - температура холодної (водопровідної) води в опалювальний період, приймається як  $5^\circ\text{C}$ .

Максимальний тепловий потік на гаряче водопостачання:

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} \quad (2.5)$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 1:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,07 \cdot 0,4 \cdot 1,125 \cdot 57365 \cdot (18 - (-22)) = 1104849,9 \text{ Вт} = 1104,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 508 = 1697722 \text{ Вт} = 169,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 169,7 = 407,28 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 2:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,07 \cdot 0,4 \cdot 1,125 \cdot 57365 \cdot (18 - (-22)) = 1104849,9 \text{ Вт} = 1104,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 508 = 1697722 \text{ Вт} = 169,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 169,7 = 407,28 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 3:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_g - t'_o) = 1,07 \cdot 0,4 \cdot 1,125 \cdot 57365 \cdot (18 - (-22)) = 1104849,9 \text{ Вт} = 1104,8 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 508 = 1697722 \text{ Вт} = 169,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 169,7 = 407,28 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 4:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,07 \cdot 0,42 \cdot 1,125 \cdot 28333,8 \cdot (18 - (-22)) = 572994,437 \text{ Вт} = 573 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 223 = 74482 \text{ Вт} = 74,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 74,5 = 178,8 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 5:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,07 \cdot 0,4 \cdot 1,125 \cdot 56548,8 \cdot (18 - (-22)) = 1089129,888 \text{ Вт} = 1089,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 592 = 197728 \text{ Вт} = 197,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 197,7 = 474,48 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 6:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,07 \cdot 0,43 \cdot 1,125 \cdot 23500,8 \cdot (18 - (-22)) = 486572,31 \text{ Вт} = 486,6 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 184 = 61456 \text{ Вт} = 61,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 61,5 = 147,6 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 7:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,07 \cdot 0,4 \cdot 1,125 \cdot 56548,8 \cdot (18 - (-22)) = 1089129,888 \text{ Вт} = 1089,1 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 592 = 197728 \text{ Вт} = 197,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 197,7 = 474,48 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 8:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,07 \cdot 0,42 \cdot 1,125 \cdot 28333,8 \cdot (18 - (-22)) = 572994,437 \text{ Вт} = 573 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 223 = 74482 \text{ Вт} = 74,5 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 74,5 = 178,8 \text{ кВт}$$

Теплове навантаження на житловий будинок № 9:

$$Q'_{o\max} = a_i \cdot q_{on} \cdot \beta_t \cdot V_3 \cdot (t_e - t'_o) = 1,07 \cdot 0,41 \cdot 1,125 \cdot 41115,6 \cdot (18 - (-22)) = 811683,617 \text{ Вт} = 811,7 \text{ кВт}$$

$$Q_{hm} = q_h \cdot m = 334 \cdot 486 = 162324 = \text{Вт} = 162,2 \text{ кВт}$$

$$Q_{h\max} = 2,4 \cdot Q_{hm} = 2,4 \cdot 162,2 = 389,28 \text{ кВт}$$

### Сумарне теплове навантаження

- ✓ на опалення .....7937,1 кВт
- ✓ на гаряче водопостачання середнє .....1609,2 кВт
- ✓ на гаряче водопостачання максимальнє .....3862,08 кВт

Результати розрахунку заносимо в таблицю 1.

Таблиця 1

Значення розрахункових теплових потоків

№	Теплові потоки, кВт				
	$Q'_{o\max}$	$Q_{hm}$	$Q_{h\max}$	$Q_{\Sigma m}$	$Q_{\Sigma\max}$
1. ЖБ № 1	1104,8	169,7	407,28	1274,5	1512,08
2. ЖБ № 2	1104,8	169,7	407,28	1274,5	1512,08
3. ЖБ № 3	1104,8	169,7	407,28	1274,5	1512,08
4. ЖБ № 4	573	74,5	178,8	647,5	751,8
5. ЖБ № 5	1089,1	197,7	474,48	1286,8	1563,58
6. ЖБ № 6	486,6	61,5	147,6	548,1	634,2
7. ЖБ № 7	1089,1	197,7	474,48	1286,8	1563,58
8. ЖБ № 8	573	74,5	178,8	647,5	751,8
9. ЖБ № 9	811,7	162,3	389,28	974	1200,98
<b>Всього по житлових будинках</b>	<b>7937,1</b>	<b>1609,2</b>	<b>3862,08</b>	<b>9546,30</b>	<b>11799,18</b>

## 2.2. Теплові потоки протягом опалювального періоду.

Для будь якої температури зовнішнього повітря  $t_h$  в діапазоні  $t_o$   $t_{нк}$  теплові потоки на опалення дорівнюють:

$$Q_o(t_h) = Q'_{o\max} \bar{Q}_o = Q'_{o\max} \frac{t_i - t_h}{t_i - t'_o}, \quad (2.6)$$

де  $t_i$  – температура внутрішнього повітря, дорівнює  $18^\circ\text{C}$ ;  $t'_o$  – розрахункова температура зовнішнього повітря на опалення,  $^\circ\text{C}$ . Для м. Гостоміль приймається  $-22^\circ\text{C}$ .

$$Q_o(-10) = 7937,1 \cdot \frac{18 - (-10)}{18 - (-22)} = 7937,1 \cdot 0,71 = 5669,36 \text{ кВт}$$

Теплові потоки на гаряче водопостачання (середній і максимальний) протягом опалювального періоду приймаються постійними.

Середній тепловий потік на гаряче водопостачання в неопалювальний період, МВт:

$$Q_{hm}^S = Q'_{hm} \frac{t_h - t_c^S}{t_h - t_c} \beta, \quad (2.7)$$

де  $t_c, t_c^S$  – відповідно температури водопровідної води, які дорівнюють в опалювальний період  $+5^\circ\text{C}$ , а в неопалювальний період  $+15^\circ\text{C}$ ;  $t_h$  – температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, дорівнює  $55^\circ\text{C}$ ;  $\beta$  – коефіцієнт, враховуючий зміну середньої витрати гарячої води в неопалювальний період порівнюючи з опалювальним періодом; для житлово-комунального сектора  $\beta=0,8$ .

$$Q_{hm}^S = 1,6 \cdot \frac{55 - 15}{55 - 5} \cdot 0,8 = 1,024$$

За результатами розрахунків складають таблицю 2, на основі якої будують графіки зміни теплових потоків у залежності від температури зовнішнього повітря.

## Розрахунок теплових потоків

Температура	$t_o = -22^\circ\text{C}$	$t_n = -10^\circ\text{C}$	$t_n = 0^\circ\text{C}$	$t_n = 4,6^\circ\text{C}$	$+8^\circ\text{C}$	Літо
Відносний тепловий потік, $\bar{Q}_0$ <i>МВт</i>	1,8	0,71	0,48	0,36	0,29	-----
Витрата теплоти на опалення, $Q_o$ <i>МВт</i>	7937,10	5669,36	3779,57	2857,36	2267,74	-----
Середня витрата теплоти на гаряче водопостачання, $Q_{hm}$ <i>МВт</i>	1609,20	1609,20	1609,20	1609,20	1609,20	1609,20
Макс. витрата теплоти на гаряче водопостачання, $Q_{hmax}$ <i>МВт</i>	3862,08	3862,08	3862,08	3862,08	3862,08	3862,08
Середня сумарна витрата теплоти $\Sigma Q_m = Q_o + Q_v + Q_{hm}$ <i>МВт</i>	9546,30	7278,56	5388,77	4466,56	3874,94	
Максимальна сумарна витрата теплоти $\Sigma Q_{max} = Q_o + Q_v + Q_{hmax}$ <i>МВт</i>	11799,18	9531,44	7641,65	6719,44	6129,82	

## 2.3. Річні витрати теплоти

Річні витрати теплоти на опалення, ГДж:

$$Q_o^p = k \cdot n_o \cdot Q'_{o\max} \cdot \frac{t_i - t_{om}}{t_i - t'_o}, \quad (2.8)$$

де  $t_i$  – розрахункова температура внутрішнього повітря,  $^\circ\text{C}$ ;  $t_{om}$  – середня температура опалювального періоду,  $^\circ\text{C}$ ;  $n_o$  – тривалість опалювального періоду, год.;  $k$  – коефіцієнт переведення одиниць;

$$Q_o^p = 3,6 \cdot 4488 \cdot 7,937 \cdot \frac{18 - (-1,1)}{18 - (-22)} = 61232,939 \text{ ГДж}$$

Річні витрати теплоти на гаряче водопостачання:

$$Q_{hm}^p = k \left( Q'_{hm} \cdot n_o + Q_{hm}^s \cdot (8400 - n_o) \right) \quad (2.10)$$

де 8400 – кількість годин роботи системи тепlopостачання за рік.

$$Q_{hm}^p = 3,6 \cdot (1,6 \cdot 4488 + 1,024 \cdot (8400 - 4488)) = 40272,08 \text{ ГДж}$$

Сумарна річна витрата теплоти:

$$Q_\Sigma^p = Q_o^p + Q_{hm}^p = 61232,939 + 40272,08 = 101505,019 \text{ ГДж}$$

### 3. РЕГУЛЮВАННЯ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ

#### Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
					КНУБА зТВс-21		

### 3.1. Центральне якісне регулювання теплових потоків по навантаженню на опалення

Температура мережної води при температурі зовнішнього повітря  $t_H$ :  
в подавальному трубопроводі:

$$\tau_{10}(t_H) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau'_{10} - \tau'_{np}) \bar{Q}_o; \quad (3.1)$$

після системи опалення:

$$\tau_{20}(t_H) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} - (\tau'_{np} - \tau'_{20}) \bar{Q}_o; \quad (3.2)$$

перед системою опалення:

$$\tau_3(t_H) = t_i + (\tau'_{np} - t_i) \bar{Q}_o^{0,8} + (\tau'_3 - \tau'_{np}) \bar{Q}_o; \quad (3.3)$$

де  $\tau'_{np}$  – розрахункова середня температура опалювального пристрою, °C;  
 $\tau'_3$  – температура води після змішуючого насоса системи опалення, при розрахунковій температурі зовнішнього повітря на опалення (приймається 100 °C)

$$\tau'_{np} = 0,5(\tau'_3 + \tau'_{2,0}) \quad (3.4)$$

$$\tau'_{np} = 0,5(\tau'_3 + \tau'_{20}) = 0,5(95 + 70) = 82,5 \text{ } ^\circ\text{C} \quad (3.5)$$

$\bar{Q}_o$  - відносний тепловий потік:

$$\bar{Q}_o = \frac{t_i - t_H}{t_i - t'_o} = \frac{18 - (-10)}{18 - (-22)} = 0,70; \quad (3.6)$$

$$\tau_{1,0}(-10) = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,71^{0,8} + (150 - 82,5) \cdot 0,71 = 115,96^\circ\text{C} > 70^\circ\text{C};$$

$$\tau_{2,0}(-10) = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,71^{0,8} - (82,5 - 70) \cdot 0,71 = 58,82^\circ\text{C};$$

$$\tau_3(-10) = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,71^{0,8} + (95 - 82,5) \cdot 0,71 = 76,68^\circ\text{C};$$

Для побудови температурного графіка перераховуємо температуру мережної води при  $t_H = +8^\circ\text{C}$  :

$$\tau_{1,0}(+8) = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,29^{0,8} + (150 - 82,5) \cdot 0,29 = 62,23^\circ\text{C} < 70^\circ\text{C};$$

$$\tau_{2,0}(+8) = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,29^{0,8} - (82,5 - 70) \cdot 0,29 = 39,37^\circ\text{C};$$

$$\tau_3(+8) = 18 + (82,5 - 18) \cdot 0,29^{0,8} + (95 - 82,5) \cdot 0,29 = 46,51^\circ\text{C};$$

Оскільки,  $\tau_{1,0}(+8) < 70^{\circ}\text{C}$ , то слід визначити ту температуру зовнішнього повітря, при якій якісне регулювання роботи системи тепlopостачання є неможливим (температуру зрізки температурного графіка). Визначити дане значення температури ми можемо лише після побудови температурного графіка.

Витрата мережної води на опалення, кг/с:

$$G_0(t_H) = \frac{Q_0(t_H)10^3}{c(\tau_{10}(t_H) - \tau_{20}(t_H))}; \quad (3.7)$$

$$G_0(-22) = \frac{7937,10 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (150 - 70)} = 23678,699 \text{ кг/с};$$

$$G_0(-10) = \frac{5669,36 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (113,87 - 57,87)} = 24161,95 \text{ кг/с};$$

$$G_0(0) = \frac{3779,57 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (82,62 - 46,62)} = 25056,81 \text{ кг/с};$$

Результати заносять в таблиці 3, за результатами розрахунку будують графік температур і витрат мережної води на опалення в залежності від температури зовнішнього повітря. За графіком температур визначаємо температуру зрізки температурного графіку.

Таблиця 3

Результати розрахунку графіка регулювання теплових потоків на опалення

Позначення	Одиниця вимірювання	Температура і витрата мережної води при				
		$t'_o = -22^{\circ}\text{C}$	$t'_{оп} = -10^{\circ}\text{C}$	$t'_H = 0^{\circ}\text{C}$	$t''_z = 4,6^{\circ}\text{C}$	$t_H = +8^{\circ}\text{C}$
$T_{1,0}$	$^{\circ}\text{C}$	150,00	115,96	86,67	70,00	62,23
$T_{2,0}$	$^{\circ}\text{C}$	70,00	58,82	48,57	43,66	39,37
$T_3$	$^{\circ}\text{C}$	95,00	76,68	60,48	52,94	46,51
$G_0$	кг/с		0,0030	0,0030	0,0034	0,0030

Визначаємо питомий тепловий потік при температурі злому графіку:

$$\overline{Q}_0 = \frac{t_i - t_H^{\parallel}}{t_i - t_0} = \frac{18 - 4,6}{18 - (-22)} = 0,335; \quad (3.)$$

$$\tau_{10}(3.8) = 18 + (85 - 18) \cdot 0,335^{0,8} + (150 - 85) \cdot 0,335 = 67,7^{\circ}\text{C}$$

Звідси визначаємо витрату теплоносія на опалення після злому температурного графіку:

$$G_0(+4,6) = \frac{2857,36 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70,00 - 43,66)} = 25890,18 \text{ кг/с};$$

$$G_0(+8) = \frac{2267,74 \cdot 10^3}{4,19 \cdot (70,00 - 39,37)} = 17669,82 \text{ кг/с}.$$

### 3.2. Регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання

В закритій системі теплопостачання підігрівачі гарячого водопостачання підключають по двоступінчатій змішаній схемі.

Задача розрахунку полягає у визначенні витрати мережної води на другий ступінь підігрівача гарячого водопостачання і температури мережної води після першого та другого ступеня.

Витрату води на гаряче водопостачання, кг/с, визначаємо за формулою:

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c \cdot (\tau_{1,0}'' - \tau_{2,0}'')} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c} + 0,2; \quad (3.8)$$

де  $t'$  - температура водопровідної води після першого ступеню підігрівача,  $t' = \tau_{2,0} - (5 \div 10) \text{ } ^\circ\text{C}$ ;  $t_h$  - температура гарячої води в системі гарячого водопостачання, приймаємо  $55^\circ\text{C}$ .

За результатами розрахунку будуємо графік залежності витрат мережної води на другий ступінь підігрівача системи гарячого водопостачання від температури зовнішнього повітря. Результати розрахунку заносимо до таблиці 4.

Таблиця 4

Результати розрахунку графіка регулювання теплових потоків на гаряче водопостачання

Позначення	Одиниця вимірювання	Температура і витрата мережевої води при				
		$t'_o = -22^\circ\text{C}$	$t'_{оп} = -10^\circ\text{C}$	$t'_н = 0^\circ\text{C}$	$t''_з = 4,6^\circ\text{C}$	$t_н = +8^\circ\text{C}$
$T_{1,0}$	$^\circ\text{C}$	115,00	90,96	70,00	60,37	52,23
$T_{2,0}$	$^\circ\text{C}$	70,00	58,82	47,45	43,59	39,59
$T_з$	$^\circ\text{C}$	95,00	76,68	60,48	50,94	46,51
$G_0$	кг/с		0,0053	0,0035	0,0028	0,0021

### 3.3. Якісне регулювання теплових потоків на вентиляцію.

Задача розрахунку полягає у визначенні витрати мережної води на вентиляцію і температури мережної води після калориферу. При наявності зрізки температурного графіка визначають два характерних діапазони.

1) Діапазон температур зовнішнього повітря менших ніж  $t_H''$ .

При змінних температурі мережної води в подаючому трубопроводі і тепловому потоці на вентиляцію температура мережної води після калориферів визначається за формулою:

$$\tau_{2,B} = \tau_1 - (\tau_{1,0}^I - \tau_{2,0}^I) \cdot \frac{(t_i - t_H)}{(t_i - t_0^I)} \quad (3.9)$$

Температуру мережної води в подаючому трубопроводі приймають відповідній температурі при регулюванні по навантаженню опалення:

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

2) Діапазон зрізки температурного графіка.

При стабільній температурі мережної води перед калорифером і змінному тепловому потоці на вентиляцію, температуру мережної води після калорифера можна розрахувати за допомогою наступної формули:

$$\frac{(\tau_1'' + \tau_{2,B}) - (t_H + t_i) \cdot (\tau_1'' - \tau_{2,B})^{0,15}}{(\tau_1'' + \tau_{2,B}) - (t_H'' + t_i) \cdot (\tau_1'' + \tau_{2,B})^{0,15}} = \frac{(t_i - t_H)^{0,85}}{(t_i - t_H'')^{0,85}} \quad (3.10)$$

Витрату мережної води на вентиляцію для першого та другого діапазонів, визначаємо за формулою:

$$G_V(t_H) = \frac{Q_V(t_H)}{c \cdot (\tau_1(t_H) - \tau_{2,B}(t_H))} \quad (3.11)$$

Результати розрахунків зводимо до таблиці.

## Результати розрахунку регулювання теплових потоків на вентиляцію

Позначення	Одиниця вимірювання	Температура і витрата мережевої води при				
		$t'_o = -22^\circ\text{C}$	$t'_{оп} = -10^\circ\text{C}$	$t'_н = 0^\circ\text{C}$	$t''_з = 4,6^\circ\text{C}$	$t_н = +8^\circ\text{C}$
$T_{1,0}$	$^\circ\text{C}$	95,00	76,43	60,09	52,54	46,11
$T_{2,0}$	$^\circ\text{C}$	60,00	51,43	43,43	39,54	36,11
$T_з$	$^\circ\text{C}$	95,00	76,43	60,09	52,54	46,11
$G_0$	кг/с		0,0068	0,0046	0,0035	0,0027

$$\frac{(95 + 46,11) - (8 + 18) \cdot (95 - 36,11)^{0,15}}{(95 + 36,11) - (4,6 + 18) \cdot (95 + 46,11)^{0,15}} = \frac{(18 - 8)^{0,85}}{(18 - 4,6)^{0,85}} = 0,509058 \approx 0,51$$

# 4. РОЗРАХУНОК ВИТРАТ ТЕПЛОНОСІЯ

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.					Лист	Листів
					КНУБА зТВс-21		

Визначення витрат теплоносія для систем тепlopостачання ґрунтується на різних розрахункових залежностях, що залежать від характеру теплового навантаження:

а) витрата теплоносія на опалення:

$$G_{o\max} = \frac{Q_{o\max}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \quad (4.1)$$

б) витрата теплоносія на вентиляцію:

$$G_{V\max} = \frac{Q_{V\max}}{c \cdot (\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \quad (4.2)$$

ґ) У закритих системах тепlopостачання на гаряче водопостачання середня схема приєднання підігрівачів є змішаною.

$$G_{hm} = \frac{Q_{hm}}{c(\tau'_{1,0} - \tau'_{2,0})} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c}; \quad (4.3)$$

ґ) максимальна при змішаній схемі приєднання підігрівачів:

$$G_{h\max} = \frac{Q_{h\max}}{c(\tau'_{10} - \tau'_{20})} \cdot \frac{t_h - t'}{t_h - t_c}; \quad (4.4)$$

Сумарні розрахункові витрати мережної води в двотрубних теплових мережах при якісному регулюванні змінюються в залежності від типу системи тепlopостачання — відкритої або закритої, кг/с:

$$G_d = G_{o\max} + G_{v\max} + k_3 \cdot G_{hm}. \quad (4.5)$$

Коефіцієнт  $k_3$ , який враховує частку середньої витрати води на гаряче водопостачання, дорівнює 1,0. Витрату теплоносія визначають для кожного будинку і результат вносять до Таблиці 6.

Розрахункова витрата води в двохтрубних водяних теплових мережах в неопалювальний період, кг/с:

$$G_d^S = \beta \cdot G_{ih\max} = 0,8 \cdot G_{ih\max}; \quad (4.6)$$

Таблиця 6

## Розрахункові витрати теплоносія

№ будинку	Розрахункова витрата теплоносія, кг/с				
	$G_{\text{max}}$	$G_{\text{hm}}$	$k_3 G_{\text{hm}}$	$G_d$	$G^s_d$
1	3,29	0,51	0,41	3,70	0,41
2	3,29	0,51	0,41	3,70	0,41
3	3,29	0,51	0,41	3,70	0,41
4	1,71	0,22	0,18	1,89	0,18
5	3,25	0,59	0,47	3,72	0,47
6	1,45	0,18	0,14	1,59	0,14
7	3,25	0,59	0,47	3,72	0,47
8	1,71	0,22	0,18	1,89	0,18
9	2,40	0,48	0,38	2,78	0,38
Всього:	23,64	3,81	3,05	26,69	3,05

# 5. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
				Вступ		КНУБА зТВс-21	

## 5.1. Основні задачі і розрахункові залежності.

Проектуючи теплові мережі основною метою гідравлічного розрахунку є встановлення оптимальних діаметрів трубопроводів., котрі забезпечують ефективне транспортування теплоносія з мінімальними енергетичними втратами. Отримані результати гідравлічного розрахунку формують основу для створення п'єзометричних графіків, вибору оптимальних схем теплових пунктів, підбору насосного обладнання та прийняття інших технічних рішень.. Під час переносу теплоносія через трубопроводи втрати тиску включають втрати на тертя вздовж трубопроводу  $\Delta P_T$  і втрати тиску в місцевих опорах.  $\Delta P_M$ :

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M, \quad (5.1)$$

Втрати тиску на тертя,  $\Delta P_T$ , по довжині трубопроводу визначають за формулою:

$$\Delta P_T = Rl, \quad (5.2)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску по довжині,  $\text{Па/м}$ ;  $l$  – геометрична довжина ділянки трубопроводу,  $\text{м}$ .

Для розрахунку втрат тиску в місцевих опорах можна використовувати концепцію еквівалентної довжини, яка відображає загальні втрати тиску на тертя по всій ділянці трубопроводу. Це досягається шляхом визначення такої довжини, при якій втрати тиску на тертя у ділянці дорівнюють втратам тиску через місцеві опори. Еквівалентну довжину  $l_e$  для розрахункової ділянки визначають як суму еквівалентних довжин всіх місцевих опорів (засувки, компенсаторів, відводів та інших елементів), розташованих на цій ділянці. Формула для визначення еквівалентної довжини місцевих опорів має вигляд:

$$l_e = A_l \cdot \sum \xi \cdot d^{1,25} \quad (5.3)$$

де  $\sum \xi$  – сума коефіцієнтів місцевих опорів, встановлених на ділянці;  $\xi$  – безрозмірна величина, що залежить від характеру опору;  $A_l$  – коефіцієнт, що залежить від типу теплоносія та абсолютної еквівалентної шорсткості трубопроводу,  $\text{м}^{-0,25}$ . Для теплоносія води та металевих труб  $A_l = 60,7 \text{ м}^{-0,25}$ .

Так втрати тиску в місцевих опорах визначаються за формулою:

$$\Delta P_M = R l_e, \quad (5.4)$$

Таким чином гідравлічний розрахунок трубопроводів теплових мереж виконують за методом еквівалентної довжини, тому повні втрати тиску на ділянці визначають за формулами:

$$\Delta P = \Delta P_T + \Delta P_M = R \cdot l_{np}, \quad (5.5)$$

де  $R$  – питомі втрати тиску по довжині,  $Pa/m$ ,  $l_{np}$  – приведена довжина ділянки трубопроводу,  $m$ .

$$l_{np} = l + l_e \quad (5.6)$$

Сумарні втрати тиску в магістралі або відгалуженні  $\Sigma \Delta P$ , визначають як суму втрат тиску всіх ділянок, що з'єднанні послідовно за формулою:

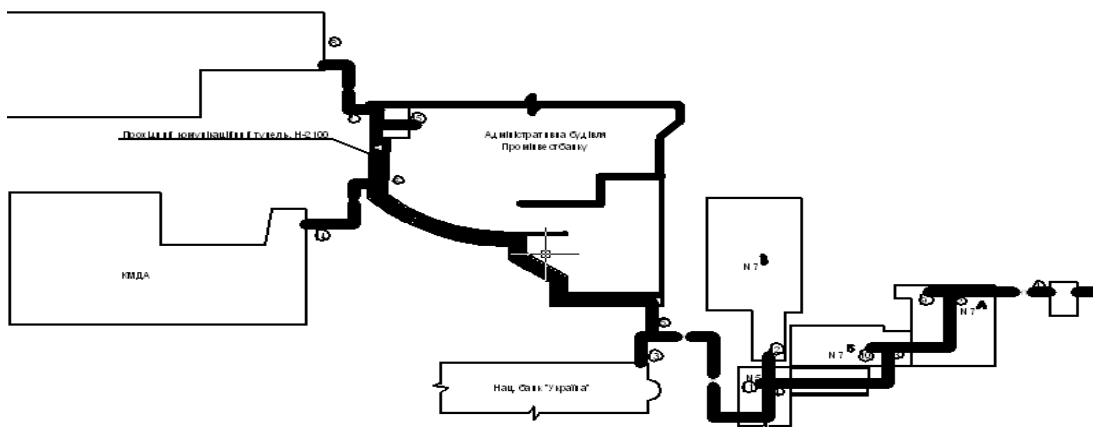
$$\Sigma \Delta P = \Sigma (R l_{np}). \quad (5.7)$$

Відгалуження розраховують за наявним тиском  $\Delta P_n$ , який визначають з умови рівності втрат тиску в відгалуженні та в магістралі за точкою приєднання відгалуження за формулою:

$$\Delta P_n = \Sigma R l_{np}. \quad (5.8)$$

В ідеальному випадку втрати тиску від джерела теплоти до кожного споживача повинні бути рівні.

### Розрахункова схема системи теплопостачання



## 5.2. Кінцева частина розрахунку.

Враховуючи вищезнайдені величини  $l_e$  для кожної ділянки, проводимо гідравлічний розрахунок трубопроводів теплової мережі. Результати розрахунку заносимо до таблиці.

Таблиця 7

### Результати гідравлічного розрахунку теплової мережі

№ ділянки	Розрахункова витрата теплоносія G, кг/с	Діаметр трубопроводу, D*s, мм	Геометрична довжина L, м	Еквівалентна довжина $l_e$ , м	Приведена довжина $l_{пр}$ , м	Швидкість м/с	Питомі втрати тиску, Па/м	Втрати тиску на ділянці, кПа	Сумарні втрати тиску, м	Витрата тиску на ділянці, м
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
ТК-500/1-ВТ1	11,10	159*5	173,40	225,64	399,04	0,63	37,60	15,00	1,53	0,16
ВТ1-ЖБ3	3,70	108*3,5	6	62,88	68,88	0,45	31,6	2,18	0,22	0,02
ВТ1-ВТ2	2,47	108*3,5	56,5	58,74	115,24	0,25	9,7	1,12	0,11	0,01
ВТ2-ЖБ2	2,10	108*3,5	103,7	140,62	244,32	0,3	14	3,42	0,35	0,04
ВТ2-ЖБ3	3,70	108*3,5	59,8	91,04	150,84	0,45	31,6	4,77	0,49	0,05

## 5.3. Графік тисків теплової мережі.

Для аналізу режиму тиску в тепловій мережі та абонентських установках використовують графік тисків, який формується на основі результатів гідравлічного розрахунку. Цей інструмент візуально відображає допустимі межі тиску і їх фактичні значення в усіх компонентах системи. Такий графік дозволяє визначити потрібні технічні характеристики обладнання, яке забезпечує необхідний рівень тиску в трубопроводах та інших елементах мережі, враховуючи рельєф місцевості.

Побудова графіка тисків включає такі важливі аспекти:

1. Тиск в абонентських вводах для систем опалення з чавунними радіаторами не повинен перевищувати 0,6 МПа, а для систем з конвекторами - 1 МПа.

2. Максимальний тиск у подавальному трубопроводі з урахуванням рельєфу місцевості не повинен перевищувати 1,6 МПа.

3. Динамічний режим теплової мережі вимагає підтримання достатнього тиску, щоб уникнути скипання води при максимальній температурі. Це стосується всіх точок подаючого трубопроводу та обладнання споживачів.

4. Тиск в зворотному трубопроводі має залишатися не менше 0,05 МПа, щоб уникнути потрапляння повітря в систему та порушення циркуляції теплоносія.

5. Запобігання кавітації передбачає, що тиск на всмоктувальному патрубку насосів повинен бути не менше 0,05 МПа.

6. Різниця тисків між подаючим і зворотним трубопроводами на абонентському вводі має складати не менше 0,15 МПа для точок з елеваторним змішуванням та 0,2 - 0,25 МПа для двоступеневих підігрівачів гарячої води.

7. Статичний тиск у системі тепlopостачання повинен забезпечувати повне заповнення водою всіх абонентських систем.

Під час побудови профілю теплової мережі з урахуванням гідравлічного розрахунку важливо відобразити контур землі та визначити місця розташування будівель у вузлових точках. Цей процес також включає креслення лінії холодної стативи та визначення лінії нескипання. Графіки ліній тисків у зворотному та подавальному трубопроводах дозволяють відобразити тиск в кінцевих споживачах та визначити параметри мережних та живильних насосів для забезпечення стабільності системи в обох режимах роботи.

# 6. РОЗРАХУНОК ТЕПЛОВОЇ ІЗОЛЯЦІЇ ТРУБОПРОВОДІВ

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата	Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.				БР		
Керівник	Швачко Н.А.				Лист	Листів	
				Вступ	КНУБА зТВс-21		

### 6.1. Тепловий розрахунок при безканалъному прокладанні теплових мереж.

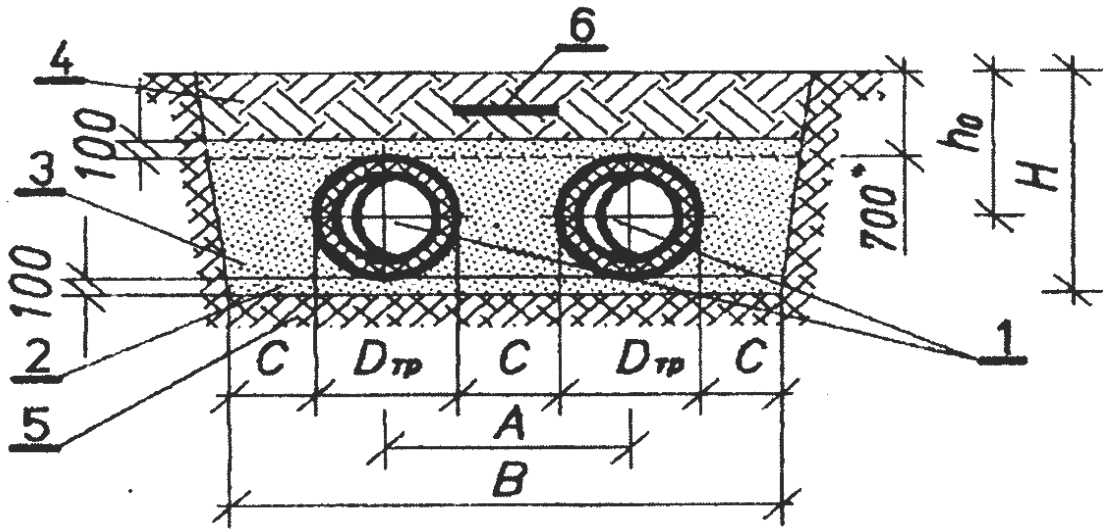


Рис. 6.1. Безканалъне прокладання попередньо ізольованих труб.

- 1 попередньо ізольована труба
- 2 підсипка піском
- 3 засипка піском
- 4 засипка ґрунтом
- 5 основний ґрунт
- 6 стрічка сигнальна

Вихідні дані:

$$d_y = 50 \text{ мм}; \quad d_3 = 57 \text{ мм}; \quad S = 3,5 \text{ мм};$$

- захисна труба поліетиленова, оцинкована:

$$D = 125 \text{ мм}; \quad S = 2,5 \text{ мм};$$

Вага виробу = 6,70 кг/м.п.

$$\lambda_{\text{ґрунту сухого}} = 1,5 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)};$$

$$\lambda_{\text{ґрунту вологого}} = 3 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)};$$

$\lambda_{\text{із}} = 0,035 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$  – теплопровідність ізоляції із спіненого пінополіуретану;

$$\lambda_{\text{пе}} = 0,43 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$$
 – теплопровідність поліетилену високої густини;

$$t_{\text{под}} = +90^\circ\text{C}; \quad t_{\text{зв}} = +50^\circ\text{C}; \quad t_{\text{ґр}} = +5^\circ\text{C};$$

Термічний опір одного метру одиничного попередньоізолюваного трубопроводу, який прокладено безканалъно, можна визначити за формулою [6]:

$$r = r_k + r_{sp}, \quad \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.1)$$

де  $r_k$  і  $r_{zp}$  – відповідно термічні опори конструкції трубопроводу і ґрунту,

Оскільки опір стінки сталевий провідної труби настільки малий, що не впливає на розрахунки, то опір конструкції можна звести тільки до опору шару ізоляції і опору стінки поліетиленової захисної труби [6].

$$r_k = r_{iz} + r_{ne}, \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.2)$$

Термічний опір однорідного циліндричного шару:

$$r_i = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_i} \cdot \ln \frac{d_{2i}}{d_{1i}}, \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.3)$$

де  $\lambda_i$  – теплопровідність матеріалу шару, Вт/(м · °С),

$d_{1i}$  і  $d_{2i}$  – внутрішній і зовнішній діаметри шару, м,

Термічний опір ґрунту:

$$r_{zp} = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot h_0}{D_{mp}} + \sqrt{\frac{4 \cdot h_0^2}{D_{mp}^2} - 1} \right], \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.4)$$

де  $\lambda_{zp}$  – теплопровідність ґрунту, Вт/(м · °С),

Умовний додатковий термічний опір, який враховує взаємний вплив сусідніх труб при двохтрубному прокладенні:

$$r_0 = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot \lambda_{zp}} \cdot \ln \sqrt{1 + \left( \frac{2 \cdot h_0}{A} \right)^2}, \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.5)$$

де  $A$  – відстань між осями труб-275мм,

Питомі втрати подаючого і зворотного трубопроводів при двохтрубному прокладанні:

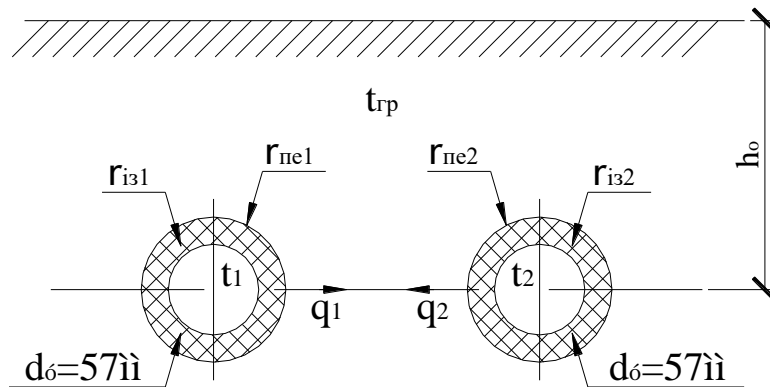
$$q_1 = \frac{(t_1 - t_{zp}) \cdot r_2 - (t_2 - t_{zp}) \cdot r_0}{r_1 \cdot r_2 - r_0^2}, \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.6)$$

$$q_2 = \frac{(t_2 - t_{zp}) \cdot r_1 - (t_1 - t_{zp}) \cdot r_0}{r_1 \cdot r_2 - r_0^2}, \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}} \quad (6.7)$$

де  $t_1$ ,  $t_2$  – температури теплоносія в подавальному і зворотному трубопроводах, °С,

$t_{zp}$  – температура ґрунту на глибині залягання осі трубопроводу, °С,

$r_1$  і  $r_2$  – термічні опори (ізоляція і ґрунт) подавального і зворотного трубопроводу,  $\text{м} \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ,



$$r_{iz} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,035} \cdot \ln \frac{0,120}{0,057} = 3,38 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір поліетиленової плівки дорівнює:

$$r_{пе} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 0,43} \cdot \ln \frac{0,125}{0,2120} = 0,015 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір конструкції дорівнює:

$$r_k = 3,38 + 0,015 = 3,395 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$r_{\text{сухого ґрунту}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 1,26}{0,125} + \sqrt{\frac{4 \cdot 1,26^2}{0,125^2} - 1} \right] = 0,39 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$r_{\text{вологого ґрунту}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 1,26}{0,125} + \sqrt{\frac{4 \cdot 1,26^2}{0,125^2} - 1} \right] = 0,19 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Термічний опір одного метру одиничного попередньоізольованого трубопроводу дорівнює:

$$r_{\text{сухого ґрунту}} = 3,395 + 0,39 = 3,785 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

$$r_{\text{вологого ґрунту}} = 3,395 + 0,19 = 3,591 \frac{\text{м} \cdot ^\circ\text{C}}{\text{Вт}}.$$

Умовний додатковий термічний опір, який враховує взаємний вплив сусідніх труб при двохтрубному прокладенні визначаємо за формулою (6.5):

$$r_{\text{о сухого ґрунту}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,26}{0,275}\right)^2} = 0,23 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$r_{\text{о вологого ґрунту}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln \sqrt{1 + \left(\frac{2 \cdot 1,26}{0,275}\right)^2} = 0,118 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Питомі втрати подавального і зворотного трубопроводів при двоохтрубному прокладанні визначаємо за формулами(6-6)(6-7) – для сухого ґрунту :

$$q_1 = \frac{(90 - 5) \cdot 3,785 - (50 - 5) \cdot 0,23}{3,785 \cdot 3,785 - 0,23^2} = 21,66 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$q_2 = \frac{(50 - 5) \cdot 3,785 - (90 - 5) \cdot 0,23}{3,785 \cdot 3,785 - 0,23^2} = 10,56 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

– для вологого ґрунту :

$$q_1 = \frac{(90 - 5) \cdot 3,591 - (50 - 5) \cdot 0,118}{3,591 \cdot 3,591 - 0,118^2} = 23,28 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$q_2 = \frac{(50 - 5) \cdot 3,591 - (90 - 5) \cdot 0,118}{3,591 \cdot 3,591 - 0,118^2} = 11,76 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

## 6.2. Розрахунок неізольованих трубопроводів прокладених безканально

$$r_{\text{сухого ґрунту}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 1,5} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 1,26}{0,057} + \sqrt{\frac{4 \cdot 1,26^2}{0,057^2} - 1} \right] = 0,476 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$r_{\text{вологого ґрунту}} = \frac{1}{2 \cdot 3,14 \cdot 3} \cdot \ln \left[ \frac{2 \cdot 1,26}{0,057} + \sqrt{\frac{4 \cdot 1,26^2}{0,057^2} - 1} \right] = 0,238 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

Умовний додатковий опір:

$$r_{\text{о сухого ґрунту}} = 0,23 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

$$r_{\text{о вологого ґрунту}} = 0,118 \text{ м} \cdot \text{°C} / \text{Вт}.$$

$$r_1 = r_2 = r_{\text{ґр}}.$$

Питомі втрати подавального і зворотного трубопроводів при двотрубному прокладанні:

– для сухого ґрунту:

$$q_1 = \frac{(90 - 5) \cdot 0,47 - (50 - 5) \cdot 0,23}{0,47 \cdot 0,47 - 0,23^2} = 173,37 \frac{\text{м} \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}.$$

$$q_2 = \frac{(50-5) \cdot 0,47 - (90-5) \cdot 0,23}{0,47 \cdot 0,47 - 0,23^2} = 10,76 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm}$$

– для вологого ґрунту:

$$q_1 = \frac{(90-5) \cdot 0,238 - (50-5) \cdot 0,118}{0,238 \cdot 0,238 - 0,118^2} = 349,25 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm}.$$

$$q_2 = \frac{(50-5) \cdot 0,238 - (90-5) \cdot 0,118}{0,238 \cdot 0,238 - 0,118^2} = 15,91 \frac{M \cdot ^\circ C}{Bm}.$$

Коефіцієнт ефективності ізоляції:

$$\eta = \frac{Q_n - Q_i}{Q_n} \cdot 100 \% ; \quad (6.8)$$

$$\eta_{\text{сухого ґрунту}} = \frac{174,37 - 21,66}{173,37} \cdot 100 \% = 87,5 \% .$$

$$\eta_{\text{вологого ґрунту}} = \frac{349,25 - 23,28}{349,25} \cdot 100 \% = 93,3 \% .$$

За результатами розрахунків встановлено, що коефіцієнт ефективності ізоляції труб, прокладених у сухому ґрунті, є нижчим, ніж у труб, розміщених у вологому ґрунті. Нормативні значення ефективності ізоляції складають 93 – 97%. Таким чином, ізоляція попередньоізольованих трубопроводів у вологому ґрунті відповідає цим стандартам, тоді як у сухому ґрунті — ні. Тому рекомендується збільшити товщину ізоляційного шару попередньоізольованих труб під час їх виробництва на заводі [6].

# 7. РОЗРАХУНОК НАВАНТАЖЕННЯ НА БЕЗКАНАЛЬНІ ТРУБОПРОВОДИ

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробив	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
				Вступ			КНУБА зТВс-21

## 7.1. Навантаження на безканалні трубопроводи.

Трубопровід викладається різними навантаженнями, які можна умовно розділити на основні та додаткові.

Основним навантаженням є внутрішній тиск.

До додаткових відносяться такі, які виникають при компенсації теплових розширень (з урахуванням тертя між трубою та ґрунтом, тиск власної ваги оточуючого ґрунту та тиск ґрунту під час тимчасових навантажень від наземного транспорту), а також тиск власної ваги трубопроводу та сили пружної деформації, викликані компенсаторами або реакцією сильфонного компенсатора.

### 1. Тиск власної ваги оточуючого ґрунту.

Нормативний тиск ґрунту визначаємо за формулами:

- вертикальний тиск:

$$P_v = C_v \cdot \gamma_n \cdot h, \text{ кН} / \text{м}^2, \quad (7.1)$$

- горизонтальний (боковий) тиск:

$$P_h = \gamma_n \cdot h_0 \cdot \tau_n, \text{ кН} / \text{м}^2, \quad (7.2)$$

де  $\gamma_n$  – нормативна питома вага ґрунту, ( $\gamma_n = 17,7 \text{ кН/м}^3$ );  $h$  – висота засипки від верху дорожнього покриття підшви рейок або рівня землі до верху труби ( $h = 1,4 \text{ м}$ );  $h_0$  – те ж, до осі трубопроводу, м;  $c_v$  – коефіцієнт вертикального тиску, який при ґрунтових (нескальних) основах дорівнює 1;  $\tau_n$  – коефіцієнт нормативного бокового тиску ґрунту засипки, який визначаємо по формулі:

$$\tau_n = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{\varphi_n}{2} \right), \quad (7.3)$$

$\varphi_n$  – нормативний кут внутрішнього тертя ґрунту ( $\varphi_n = 30^\circ$ ),

$$\tau_n = \text{tg}^2 \left( 45 - \frac{30}{2} \right) = 0,33. \quad (7.4)$$

Враховуючи, що:

$$h_0 = h + \frac{D_{mp}}{2} = 1,4 + \frac{0,2}{2} = 1,5 \text{ м},$$

$$P_h = 17,7 \cdot 1,5 \cdot 0,33 = 8,76 \text{ кН} / \text{м}^2.$$

$$P_v = 1 \cdot 17,7 \cdot 1,4 = 24,78 \text{ кН/м}^2.$$

Нормативний тиск власної ваги оточуючого ґрунту, який рівномірно розподілений по поверхні трубопроводу, можна визначити по формулі

$$P_{сер}^{zp} = \gamma_f \cdot \left( \frac{P_v + P_h}{2} \right), \text{ кН / м}^2, \quad (7.5)$$

де  $\gamma_f$  – коефіцієнт надійності по навантаженню ( $\gamma_f = 1,3$ )

$$P_{сер}^{zp} = 1,3 \cdot \left( \frac{24,78 + 8,76}{2} \right) = 21,801 \text{ кН / м}^2.$$

### 2. Тиск власної ваги трубопроводу.

Тиск власної ваги трубопроводу визначаємо за формулою:

$$P_{mp} = \frac{g_{mp}}{\pi \cdot D_{mp}}, \text{ кН / м}^2, \quad (7.6)$$

де  $g_{mp}$  – вага попередньоізолюваної труби з водою, кН/м. Для трубопроводу  $d_y = 100$  мм згідно каталогу  $g_{mp} = 0,221$  кН/м.

Отже:

$$P_{mp} = \frac{0,221}{3,14 \cdot 0,2} = 0,352 \text{ кН / м}^2.$$

### 3. Сумарні (еквівалентні) навантаження.

Сумарне (еквівалентне) навантаження, яке діє на трубопровід, що укладений в ґрунт (без впливу наземного транспорту), визначаємо за формулою:

$$P = P_{сер}^{zp} + P_{mp}, \text{ кН / м}^2; \quad (7.7)$$

$$P = 21,801 + 0,352 = 22,153 \text{ кН / м}^2.$$

### 4. Сила тертя між ґрунтом і трубопроводом.

Пересування попередньоізолюваної труби у ґрунті через термічні розширення при зміні температури теплоносія створює силу тертя між поверхнею трубопроводу і навколишнім ґрунтом, яка дорівнює:

$$F_{mp}^L = \pi \cdot D_{mp} \cdot P \cdot L \cdot \mu, \text{ кН} \quad (7.8)$$

де  $L$  – довжина ділянки, м.

$\mu$  - коефіцієнт тертя між засипкою і захисною оболонкою, ( $\mu = 0,2 \dots 0,5$ ).

Приймаємо  $\mu = 0,3$ .

При перерахунку для 1п.м. трубопроводу формула має інший вигляд:

$$F_{mp} = \pi \cdot D_{mp} \cdot P \cdot \mu, \text{ кН / м}, \quad (7.9)$$

$$F_{mp} = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 22,153 \cdot 0,45 = 6,26 \text{ кН / м}.$$

### 5. Напруження від внутрішнього тиску.

Середнє осьове напруження від внутрішнього тиску:

$$\sigma_{pz} = \frac{P_p \cdot D_{\text{вн}}^2}{4 \cdot (D_{\text{вн}} + S) \cdot S \cdot \varphi_w}, \text{ МПа}, \quad (7.10)$$

де  $D_{\text{вн}}$  – внутрішній діаметр провідної труби, м;  $S$  – номінальна товщина стінки;  $P_p$  – робочий тиск, МПа;  $\varphi_w$  – коефіцієнт міцності зварного шву.

Приймаємо рівним одиниці.

$$\sigma_{pz} = \frac{1,6 \cdot 0,1^2}{4 \cdot (0,1 + 0,004) \cdot 0,004 \cdot 1} = 9,62 \text{ МПа}.$$

Середнє окружне напруження від внутрішнього тиску:

$$\sigma_{\varphi} = \frac{P_p \cdot D_{\text{вн}}}{2 \cdot S \cdot \varphi_w}, \text{ МПа}. \quad (7.11)$$

$$\sigma_{\varphi} = \frac{1,6 \cdot 0,1}{2 \cdot 0,004 \cdot 1} = 20 \text{ МПа}.$$

Враховуючи, що для труб, як для тонкостінних циліндричних оболонок, співвідношення між товщиною стінки і діаметром досить мале:

$$\sigma_{pz} = \frac{P_p \cdot D_{\text{вн}}}{4 \cdot S \cdot \varphi_w}, \text{ МПа}, \quad (7.12)$$

$$\sigma_{pz} = \frac{1,6 \cdot 0,1}{4 \cdot 0,004 \cdot 1} = 10 \text{ МПа}.$$

Як видно із попередніх формул:

$$\sigma_{pz} = 0,5 \cdot \sigma_{\varphi}, \text{ МПа}. \quad (7.13)$$

Проте важливо відзначити, що напруження виникають лише на ділянках, де відбуваються зміни напрямку траси, такі як кути повороту або використання

гнучких компенсаторів. У випадку трас з осьовими компенсаторами або без змін напрямку траси  $\sigma_{pz} = 0$ .

До того ж, окружні напруження, відповідно до теорії Губера, викликають осьові напруження рівні за величиною:

$$\sigma_{nz} = \nu \cdot \sigma_{\varphi}, \text{ МПа}, \quad (7.14)$$

де  $\nu = 0,3$  – коефіцієнт Пуассона (для сталі);  $\sigma_{nz}$  - приведене осьове напруження від окружного напруження, МПа

$$\sigma_{nz} = 0,3 \cdot 20 = 6 \text{ МПа}.$$

Середнє радіальне напруження від дії внутрішнього тиску:

$$\sigma_r = -\frac{P_p}{2} = -\frac{1,6}{2} = -0,8 \text{ МПа}. \quad (7.15)$$

#### 6. Напруження від осьової сили.

Середнє осьове напруження від осьової сили:

$$\sigma_{zz} = \frac{F_z}{A_i \cdot \varphi_w}, \text{ МПа} \quad (7.16)$$

де  $F_z$  – Осьове навантаження від вагових навантажень або від впливу вагових навантажень і сили автокомпенсації, Н; площа поперечного перерізу стінки труби при номінальній товщині,  $\text{мм}^2$  ( $\text{м}^2$ ); коефіцієнт міцності зварного з'єднання,  $\pm 1$ ;

$$A_i = \frac{\pi \cdot d^2}{4}, \text{ мм}^2; \quad (7.17)$$

$$A_i = \frac{3,14}{4} \cdot (0,108^2 - 0,1^2) = 0,001306 \text{ м}^2.$$

Із залежності  $\left| \frac{F_z}{A_i \cdot \varphi_w} \right| \leq 1,1[\sigma]$  знаходимо  $F_z$ :

$$F_z = 1,1 \cdot [\sigma] \cdot A_i \cdot \varphi_w = (135 \cdot 0,001306 \cdot 1) \cdot 1000 = 176,31 \text{ кН}. \quad (7.18)$$

Звідси знаходимо максимальну відстань між опорами:

$$L_{\max} = \frac{F_z}{F_{mp}^L}, \text{ м}; \quad (7.19)$$

де

$$F_{mp}^L = F_{mp} = 6,26 \text{ кН / м};$$

$$L_{\max} = \frac{176,31}{6,26} = 28,164 \text{ м.}$$

Тоді сила тертя між оточуючим ґрунтом і зовнішньою поверхнею трубопроводу, ми можемо визначити за формулою:

$$F_{mp}^L = \pi \cdot D_{mp} \cdot P \cdot L \cdot \mu = 3,14 \cdot 0,2 \cdot 22,153 \cdot 28,164 \cdot 0,45 = 138,69 \text{ кН.} \quad (7.20)$$

Звідси :

$$\sigma_{zz} = \frac{138,69}{0,001306 \cdot 1} = 106,19 \text{ МПа} \leq 135 \text{ МПа.}$$

### 7. Напруження від тертя.

Попередньоізолювана труба через адгезія теплоізоляції до поверхні провідної сталеві та захисної поліетиленові оболонки, відноситься до труб з монолітними оболонками. При температурних видовженнях труби у ґрунті сила тертя між ґрунтом і трубою виникає на зовнішній поверхні захисної оболонки, що призводить до напружень в стінці провідної сталеві труби.

$$\sigma_{mp} = \frac{F_{mp} \cdot L_i}{A_i}, \text{ МПа} \quad (7.21)$$

де  $L_i$  – довжина ділянки від нерухомого пункту до “ $i$ ”-розрізу, яка розраховується, м;  $A_i$  – площа перерізу стінки труби в “ $i$ ”-розрізі, мм<sup>2</sup>;  $F_{mp}$  – сила тертя для 1 п.м. , кН/м.

$$\sigma_{mp} = \left( \frac{6,26 \cdot 28,164}{0,001306} \right) = 134,96 \text{ МПа.}$$

### 8. Напруження від росту температури.

У випадку якщо в трубопроводі, який укладений в ґрунт і підданий нагріву, відсутня компенсація температурних деформацій, то в стінці труби виникають напруження:

$$\sigma_1 = \alpha \cdot E \cdot \Delta t, \text{ МПа,} \quad (7.22)$$

де  $\alpha$  - середній коефіцієнт лінійного видовження при нагріві від 0 до максимальної температури теплоносія, °С<sup>-1</sup>. Для даних умов приймаємо

$\alpha=1,25 \times 10^5 \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$ ,  $E$  - модуль поздовжньої пружності (при максимальній температурі теплоносія). Для даних умов ми приймаємо  $E=18,93 \times 10^{10} \text{ Па}$ ,  $\Delta t = t_1 - t_{\text{монт}}$  – різниця температур між максимальною температурою теплоносія і температурою трубопроводу при монтажних роботах.

$$\sigma_1 = 1,25 \cdot 10^{-5} \cdot 18,93 \cdot 10^{10} \cdot 145 = 343,1 \text{ МПа.}$$

Оскільки  $343 > 135$ , потрібно використати попередній підігрів.

## 7.2. Методи прокладки попередньоізольованих труб.

По принципу компенсації теплових видовжень можна виділити такі методи безканальної прокладки трубопроводів:

- безкомпенсаційний метод (метод № 1);
- прокладка із радіальною (гнучкою) компенсацією (метод № 2);
- прокладка із осьового компенсацією (метод № 3).

Методи № 1 і 2 можуть застосовуватись як з попереднім підігрівом, так і без попереднього підігріву трубопроводів. Метод № 3 застосовується тільки без попереднього підігріву.

### Попередній підігрів трубопроводів при монтажі

Попереднє нагрівання трубопроводу перед його закладанням полягає в підвищенні його температури до значення, що є середнім між температурою монтажу та максимальною робочою температурою теплоносія.

Температуру попереднього підігріву визначається за формулою:

$$t_n = t_{\text{монт}} + \frac{t_{\text{max}} - t_{\text{монт}}}{2}, \text{ } ^\circ\text{C} \quad (7.23)$$

де  $t_{\text{max}}$  – максимальна розрахункова температура теплоносія,  $^\circ\text{C}$ ;

$t_{\text{монт}}$  – температура монтажу трубопроводу,  $^\circ\text{C}$ .

Оскільки при розрахунку теплотрас (за умови відсутності врахування впливу тиску у трубі на напруження стиску), осьові напруження приймаються на рівні допустимого нормативного напруження, то виходячи із формули (7.22):

$$\Delta t_{1,2} = \frac{[\sigma_z]}{E \cdot \alpha} \quad (7.24)$$

Попередній підігрів можна здійснити за допомогою:

- водяної пари;
- електроенергії;
- води.

#### Безкомпенсаційний метод (метод 1)

Метод без компенсації передбачає прокладання прямих довгих ділянок трубопроводів без використання компенсуючих елементів, що дозволяє уникнути температурних деформацій на цих відрізках. Навіть для зовнішніх трубопроводів централізованого гарячого водопостачання, де розрахункова температура теплоносія становить 75 °С, безкомпенсаційний метод без додаткових заходів може виявитися недостатньо ефективним.

Один з методів зниження таких напружень може полягати в попередньому підігріві трубопроводу до певної температури перед його засипкою, що називається «стаціонарною температурою» або «температурою стабілізації»  $t_n$ . Головне, щоб напруження, які виникають при зміні температури, не перевищували допустимі межі.

Для прокладання трубопроводів без використання компенсаційного методу необхідно вжити заходів для стабілізації напружень розтягу у трубопроводі після його підігріву до температури стабілізації перед засипкою. Існують три основні способи забезпечення цієї вимоги:

- застосування «разових компенсаторів»;
- бетонування фізичних нерухомих опор під час розтягування трубопроводу;
- засипка трубопроводу ґрунтом під час розтягування.

Ці заходи спрямовані на забезпечення стабільності трубопроводу та запобігання можливих напружень від температурних деформацій.

## 8. ВИБІР ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ТЕПЛОВОГО ПУНКТУ.

### Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
					КНУБА зТВс-21		

### **8.1. Вихідні дані.**

Розрахунок індивідуального теплового пункту

Джерело теплопостачання – котел

Тиск теплоносія на ввіді в тепло пункт:

- в подавальному теплопроводі – 1,13 МПа;
- в зворотному трубопроводі – 0,43 МПа.

Параметри теплоносія на ввіді в тепло пункт:

- температура води в подавальному трубопроводі –  $T_1=150^{\circ}\text{C}$ ;
- температура води в зворотному трубопроводі –  $T_2=70^{\circ}\text{C}$  .

Витрата тепла на теплопостачання житлового будинку:

Максимальна –  $Q = 2,1$  МВт

Максимальна витрата тепла на опалення –  $Q_o = 1,38$  МВт

Максимальна витрата тепла на ГВП –  $Q_{hmax} = 0,72$  МВт

### **8.2. Планувальні та конструктивні рішення.**

Індивідуальний тепловий пункт розташовано у підземному приміщенні будівлі. Вихід з ІТП веде через коридор на вулицю, а також передбачено аварійний вихід з теплового пункту. Висота приміщення ІТП становить 3 метри.

### **8.3. Приєднання систем теплоспоживання до теплової мережі.**

Системи підключення місцевих систем теплоспоживання до теплових мереж прийняті:

- опалення приміщень здійснюється за залежною схемою з використанням підмішувального насосу, що має автоматичне регулювання витрати теплоносія в залежності від температури зовнішнього повітря.

- гаряче водопостачання будинку забезпечується за двоступеневою змішаною схемою, використовуючи водопідігрівачі ГВП з автоматичним контролем температури гарячої води у системі ГВП.

## 8.4. Підбір обладнання ІТП. Залежна система опалення.

### *Циркуляційні насоси.*

Витрата води в системі опалення

$$G'_{o\max} = \frac{Q_o}{(t_1 - t_2) \cdot 1.163} = \frac{1380}{(95 - 70) \cdot 1.163} = 47,46 \text{ т/год} = 49,33 \text{ м}^3/\text{год} \quad (8.1)$$

Продуктивність насоса:

$$G_{\text{нас}} = 1,1 \cdot G'_{o1\max} = 47,46 \cdot 1,1 = 54,2 \text{ м}^3/\text{год} \quad (8.2)$$

Напір насоса:

$$H_{\text{нас}} = H_{\text{с.о.}} + 3 = 5,0 + 3 = 8,0 \text{ м вод. ст.}$$

Приймаємо насос Wilo-IPn 100/180-2,2/4 – один робочий, один резервний [7].

## 8.5. Система гарячого водопостачання.

### *Теплообмінник.*

Враховуючи максимальну годинну витрату води на гаряче водопостачання, вибираємо пристрій магнітної обробки води АМО-25 УХЛ4 з блоком управління, що регулює продуктивність..

### *Пристрій електрохімічного захисту.*

Приймаємо установку «Щит-4» з продуктивністю до 30 м<sup>3</sup>/год.

### *Водопостачання*

Продуктивність насосу приймаємо по циркуляційній витраті в системі :

$$q_{\text{ц}} = 6,1 \text{ м}^3/\text{год}$$

Напір насоса:

$$H_{\text{ц}} = \Delta h_{\text{мз}} \cdot \left(\frac{q_{\text{ц}}}{q_{\text{в}} - q_{\text{ц}}}\right)^2 + \Delta h_{\text{т1}} + \Delta h_{\text{т4}} \cdot \left(\frac{q_{\text{ц}}}{q_{\text{в}} - q_{\text{ц}}}\right)^2 + 1 \quad (8.3)$$

$$H_{\text{ц}} = 7 \cdot \left(\frac{1,7}{5,38 - 1,7}\right)^2 + 5 + 1,4 \cdot \left(\frac{1,7}{5,38 - 1,7}\right)^2 + 1 = 6,5 \text{ м вод. ст.}$$

Приймаємо насос Wilo-TOP-S 50/10 – один робочий, один резервний [8, 9].

При витраті води 6,1 м<sup>3</sup>/год насос створює напір 7,8 м вод. ст. Потужність електродвигуна – N=0,88 кВт, кількість обертів за хвилину - n= 2700 об/хв.

# 9. ОРГАНІЗАЦІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ.

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата	Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.				Вступ	БР	
Керівник	Швачко Н.А.			Лист		Листів	
					КНУБА зТВс-21		

Організація будівельного процесу означає застосування комплексу технічних, технологічних та організаційних рішень для забезпечення коректного виконання робіт і своєчасного забезпечення будівельного об'єкта необхідним технологічним обладнанням, будівельними матеріалами і робочими ресурсами [10, 11]. Основною метою організації будівельного виробництва є ефективне поєднання робочого процесу, інструментів та матеріалів для досягнення максимальної продуктивності. На сучасному етапі будівництва це представляє собою складну і динамічну систему, і успішне забезпечення всіх її аспектів можливе лише за умови використання наукових підходів та методик у плануванні, організації та керівництві будівництвом.

### **9.1. Проєкт виробництва робіт.**

Для забезпечення своєчасного і систематичного виконання будівельно-монтажних робіт розробляється проєкт організації робіт. Основними вихідними даними для цієї роботи є проєктно-кошторисна документація, затверджені терміни виконання робіт, чинні нормативи та розрахунки для виробництва монтажних робіт і вимоги щодо охорони праці. Проєкт виробництва робіт розробляється монтажною організацією на основі робочих креслень. В проєкті виробництва робіт встановлюються такі параметри:

- послідовність виконання робіт;
- терміни виконання робіт;
- методи виробництва;
- потреба в матеріалах;
- терміни їх поставки;
- потреба в робочій силі і транспортних засобах.

### **9.2. Вибір методу організації будівельно-монтажних робіт.**

Організація монтажних робіт може проводитись за послідовним, паралельним і поточним методами.

**Послідовний метод** передбачає, що кожен наступний вид робіт розпочинається лише після завершення попереднього. Однак недоліком цього методу є збільшення строків будівництва.

**Паралельний метод** полягає у виконанні робіт одночасно з будівництвом. В такому випадку комплекс робіт розбивається на самостійні ділянки - захватки, які можуть проводитись незалежно одна від одної.

**Поточний метод** передбачає розподіл об'єктів на захватки і поділ комплексу робіт на цикли однакової трудоемності. Кожна бригада виконує свій цикл і переходить до наступної захватки. Цей метод ефективний для будівництва великих комплексів.

### **9.3. Будівництво зовнішніх теплових мереж.**

Номенклатура робіт при прокладанні попередньо ізольованих теплопроводів [12]:

#### **I. Земляні роботи:**

1. Розробка траншей екскаватором;
  - у відвал,
  - з завантаженням на автосамоскиди.
2. Планування дна та відкосів траншей вручну.
3. Встановлення огорожі траншей.

#### **II. Монтажі роботи**

1. Монтаж залізо-бетонних конструкцій теплофікаційних камер.
2. Монтаж нерухомих опор із збірних залізобетонних конструкцій.

#### **III. Монтаж трубопроводів.**

1. Збірка труб в ланцюги на бровці траншей.
2. Закладання ланцюгів труб в траншею.
3. Зварювання ланцюгів труб між собою.
4. Встановлення засувок.

#### **IV. Гідравлічні випробування трубопроводів.**

## V. Теплова ізоляція трубопроводу.

### 1. Ізоляція:

- стиків;
- відводів.

## VI. Земляні роботи.

1. Присипання траншей вручну.
2. Засипання траншей бульдозером.
3. Демонтаж огорожі.

### **9.4. Складання календарного плану монтажних робіт.**

Календарний план будівельно-монтажних робіт складається з двох частин [13, 14]:

лівої – розрахункової,

правої – графічної.

Порядок розробки календарного плану:

- визначають номенклатуру та об'єм робіт по робочим кресленням, методи виробництва кожного виду робіт та обирають механізми, необхідні для їх виробництва;

- розраховують в людино-днів трудоємність робіт; встановлюють кількість змін;

- виявляють технологічну послідовність та тривалість кожного виду робіт;

- визначають склад бригад, ланцюгів;

- встановлюють процент виконання норм вироботки;

- складають праву частину плану.

Номенклатуру робіт складають в технологічній послідовності їх виконання, при цьому окремі менші завдання групуються, а їх трудоємність сумуються і показуються однією лінією. Вибір типу та потужності машин для будівництва зовнішніх теплових мереж здійснюється з урахуванням обсягів робіт, умов і термінів будівництва. Графік робіт (права частина календарного

плану) є лінійним зображенням технологічного процесу монтажу, починаючи з підготовчих робіт до введення в експлуатацію. Кожній окремій роботі або групі робіт відповідає лінія, довжина якої відповідає терміну виконання відповідної роботи. Над кожною лінією вказують кількість працівників, зайнятих у виконанні робіт. Загальний відсоток виконання норм будівельно-монтажних робіт також враховується:

$$V_0 = Q_{\text{норм}} / Q_{\text{план}} 100\% \quad (9.1)$$

де:  $Q_{\text{норм}}$  – нормативна трудоємкість, визначають підсумком даних, люд/діб;

$Q_{\text{план}}$  – планувальна трудоємкість по календарному графіку руху працівників, люд/діб. (Кількість днів помножують на кількість працівників).

Моделі календарного плану у вигляді циклограм дозволяють відтворити хід будівельних процесів у часі і просторі, а також вказують на технологічні зв'язки всіх видів робіт.

### **9.5. Коротка характеристика будівництва й умов його здійснення.**

Прокладка трубопроводів в цьому проєкті виконується підземно, без використання каналів, з використанням заводсько виготовлених теплоізольованих трубних секцій.

Проєкт передбачає основні схеми та методи проведення робіт з реконструкції тепломагістралі, які обов'язково враховуються в проєкті виконання робіт.

У рамках проєкту передбачений демонтаж існуючих конструкцій теплових мереж (каналів і камер) та заміна їх на заводсько виготовлені попередньоізольовані трубні секції для безканальної прокладки. Процес безканальної прокладки включає попереднє підсипання місцевим ґрунтом товщиною 300-400 мм з пошаровим ущільненням, а також підсипання піщаної підготовки товщиною 100 мм з грубозернистого піску з коефіцієнтом фільтрації не менше 20 м/доба. Після монтажу теплопроводів вони обсыпаються піском до

рівня, що перевищує верх поліетиленової оболонки на 100 мм. Пісок повинен бути ретельно ущільнений і вільний від органічних речовин, глини, щебеню та інших твердих включень з гострими гранями.

Для розміщення спускних пристроїв та пристроїв для випуску повітря замість камер з бетонних блоків передбачений пристрій колодязів із збірних елементів серії 3.900-3. Нерухомі опори виконуються з монолітного залізобетону.

#### *Інженерно-геологічні і гідрогеологічні умови будівництва*

Рельєф ділянки має плановий характер. У геологічній будівлі, що розробляється до глибини 10 метрів, присутні середнечетвертичні озерно-льодовикові супесі та суглинки грубопісчані, які щільно підстилаються флювіогляціальними пісками дрібними, середньої щільності та водонасиченими на глибинах 4,0-6,0 метрів.

З поверхні четвертинні відкладення покриті насипними ґрунтами та ґрунтово-рослинним шаром товщиною 1,7-2,0 метри.

Рівень ґрунтових вод фіксується на глибині 3,05-3,50 метрів, що відповідає абсолютним оцінкам від 173,00 до 173,30 метрів. Розрахунковий рівень ґрунтових вод забезпеченості на рівні 2% встановлений аналітичним методом і становить 174,00 метри. Води не мають агресивних властивостей щодо бетонів марки W4 з точки зору водонепроникності.

Структура організацій, що здійснюють будівництво, визначається відповідно до потреб проєкту та вимог технічних умов.

#### *Ізоляційні роботи*

Місця з'єднання попередньо ізольованих трубних секцій забезпечуються звареними муфтами згідно з технологією, описаною у довіднику компанії «Logstor Ror», Данія. На даний момент вже має бути проведений контроль якості з'єднань. Інформація щодо конструкції теплопроводів, антикорозійного захисту,

теплової ізоляції та покривного шару наведена у розділі технологічної частини пояснювальної записки.

Роботи з теплоізоляції технологічного обладнання та трубопроводів повинні виконуватися відповідно до вимог Держстандарту. Після завершення будівельно-монтажних робіт трубопроводи обов'язково піддаються остаточним (приймальним) випробуванням на міцність і герметичність. Ці випробування включають тиск, еквівалентний 1,25 робочого. Испит і промивання трубопроводів проводяться згідно з вказівками, викладеними в ДБН "Теплові мережі" та правилами виробництва і приймання робіт.

#### *Техніка безпеки. Загальні питання.*

Виробництво будівельно-монтажних робіт повинно відповідати вимогам Правил проведення робіт (ППР) із впровадженням спеціальних заходів, які регламентуються відповідними розділами ДБН "Техніка безпеки в будівництві" і відповідними інструкціями з техніки безпеки для виконання конкретних видів робіт.

На об'єкті повинні бути розташовані аптечки з медикаментами, комплект фіксуючих шин та інші засоби для надання першої допомоги. Будівельні машини, механізми, устаткування та інструменти повинні перебувати в робочому стані. Рухомі частини машин і механізмів, які знаходяться в місцях доступу для людей, повинні бути обгороджені.

Заборонено залишати без нагляду працюючі машини і механізми. Керівники робіт не повинні допускати до роботи осіб без відповідного спецодягу, взуття та засобів індивідуального захисту, а також необхідного інструктажу з техніки безпеки та виробничої санітарії.

Організація будівельного майданчика передбачає, що зона будівельно-монтажних робіт повинна бути обгороджена інвентарним огороженням і позначена відповідними попереджувальними знаками. Робочі місця та проїзди вночі мають бути освітлені відповідно до "Указівок по проектуванню електричного освітлення будівельних майданчиків". Використання прожекторів

для освітлення робочих місць з уникненням сліпучих ефектів на робітників є обов'язковим.

Для тимчасового проїзду міського транспорту передбачена об'їзна дорога зі збірних залізобетонних плит, покладених на ґрунтову підставу. Місця переходу через траншеї мають бути обладнані перехідними містками шириною не менше 0,6 м і з поручнями висотою 1 м.

Для запобігання затопленню котлованів поверхневими водами вони повинні бути обгороджені бетонними валиками, а під час прокладки теплотраси через вулиці - встановлені бетонні блоки та обсипані зовнішньою стороною бетоном.

Зберігання конструкцій і матеріалів передбачає, що труби мають бути складені у стопках не більше трьох рядів "у сідло" з прокладками, а нижній ряд труб повинен бути покладений на прокладки й закріплений кінцевими упорами. Бітум зберігається в щільних тарах, що запобігає його розливанню. Балони зі стиснутими газами слід зберігати в спеціальних провітрюваних приміщеннях, ізольованих від джерел відкритого вогню і місць зварювання. Заборонено зберігати в одному приміщенні барабани з карбідом кальцію і балони зі стиснутими газами, а також мастильні матеріали, балони з киснем, ацетиленом і іншими вибухонебезпечними і пальними газами.

Металеві частини будівельних машин і механізмів з електроприводом, що знаходяться поруч з трансформаторами, кожухами рубильників, повинні бути заземлені.

Особливу увагу слід звертати при виконанні робіт у місцях, де проходять діючі комунікації, особливо електрокабелі. Траси електрокабелів мають бути позначені на місцевості, і роботи поблизу них виконуються за участю представників кабельних мереж.

Для забезпечення комфортних умов для працюючих на будівництві передбачаються пересувні побутові приміщення.

### *Протипожежні заходи*

При проведенні будівельно-монтажних робіт необхідно дотримуватися ряду вимог, виконання яких має на меті попередження можливості виникнення пожежі.

З цією метою необхідно обмежити на будівельному майданчику кількість пиломатеріалів і вчасно видаляти пари олій, розчинників та інших легко запальних рідин, що утворюються під час виконання різних видів робіт.

Для запобігання самозаймання на будівельному майданчику не допускається скупчення матеріалів, які мають властивість самозайматися (наприклад, дошки, обтиральні матеріали тощо).

У зв'язку з попередженням пожеж від електроустановок необхідно забезпечити надійність ізоляції проводів і уникати попадання струмопровідних предметів на неізольовані проводи, що може призвести до короткого замикання та виникнення пожеж.

Комплекс заходів щодо протипожежної безпеки повинен бути розроблений відповідно до вимог Правил пожежної безпеки і виробництва зварювальних та інших вогневих робіт на об'єктах народного господарства, а також вимог ДСТ 12.1.004-76.

### *Геодезичне забезпечення будівництва*

Розміщення траси теплових мереж здійснюється відповідно до вимог ДБН "Геодезичні роботи в будівництві" з урахуванням місцевих умов.

Виконання геодезичних робіт під час будівництва, включаючи контроль точності геометричних параметрів об'єкта та виконання виконавчих зйомок, є обов'язком підрядника.

Замовник зобов'язаний забезпечити геодезичну розбивочну основу і не пізніше, ніж за 10 днів до початку будівельно-монтажних робіт передати підряднику технічну документацію і позначити на майданчику знаки для розбивки тепломережі.

У процесі будівництва необхідно здійснювати геодезичний контроль геометричних параметрів споруджень тепломережі. Методи геодезичного контролю, порядок та обсяг визначаються проектом проведення робіт (ППР).

# 10. ТЕХНОЛОГІЯ МОНТАЖНИХ РОБІТ

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист	Листів	
				Вступ	КНУБА зТВс-21		

## **10.1. Будівництво заглиблених в ґрунті теплофікаційних камер та дренажних колодязів.**

Теплофікаційні камери складаються з колодязів для установки запірної арматури та повітряних вентилів, а також з дренажних колодязів, які виготовляються з типових збірних залізобетонних виробів для круглих колодязів, вироблених промисловим шляхом [9]. Люки колодязів, де розташована запірна арматура та повітряні вентиля, оснащені додатковими внутрішніми запірними кришками.

Поверхні залізобетонних конструкцій, що контактують з ґрунтом, обробляються мазаною бітумною ізоляцією двічі.

Земляні роботи з прокладання теплових мереж з попередньоізольованих труб виконуються з дотриманням чинних нормативних документів і правил земляних робіт. Всі роботи виконуються з дотриманням вимог техніки безпеки.

### *Розміри траншей.*

Мінімальні розміри траншей для прокладання трубопроводу з попередньоізольованих труб залежать від:

- зовнішнього діаметра захисних труб;
- кількості труб, вкладених в одну траншею;
- глибини прокладання трубопроводу;
- розмірів компенсаційної зони;
- ґрунтових умов.

Після визначення мінімальних розмірів траншей, необхідно оцінити ґрунтово-водні умови території на місці прокладення трубопроводу.

При розрахунку розмірів траншей для мережі з більшою кількістю труб, ніж дві, базою є розрахунок розмірів траншей для двотрубної мережі, з внесенням корекцій на кількість труб.

Трубопровід з попередньоізольованих труб укладається в траншею на піщану подушку товщиною не менше 0,1 м.

При дренажі траншей дренажні труби прокладаються на глибині не менше один метр від нижнього краю захисної труби трубопроводу.

На рисунку 10.1 наведено декілька прикладів розрахунку поперечного перерізу траншей для двотрубної мережі без врахування місцевих умов прокладання.

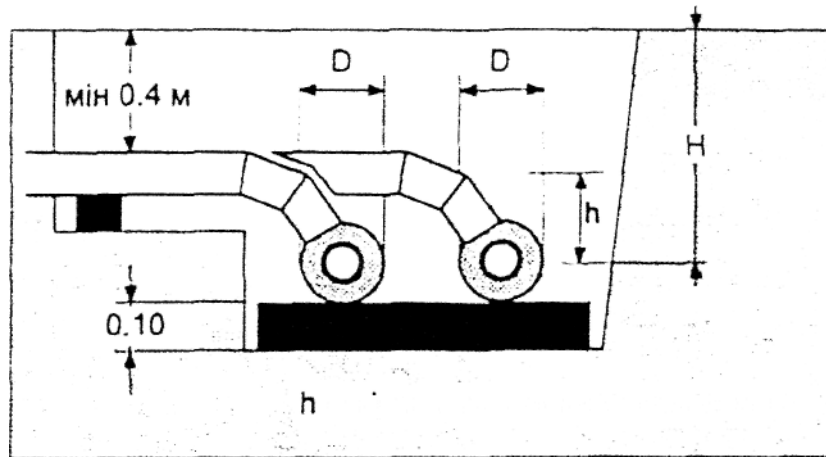


Рис. 10.1. Розміри траншеї на місцях відгалуження від мережі (В - діаметр захисної труби. Н - глибина прокладки)

На місцях з'єднання попередньоізольованих труб і елементів трубопроводів необхідно забезпечити розширення і поглиблення траншеї для проведення зварювальних та теплогідроізоляційних робіт зварних з'єднань.

#### *Засипання трубопроводів*

Засипання піском трубопроводів із попередньоізольованих труб має виконуватися після завершення всіх монтажних робіт і очищення від виробничих відходів та сміття. Цей етап є критичним для забезпечення надійної експлуатації теплової мережі. Властивості матеріалу для засипання, такі як зернистість, вологість, наявність включень і твердість шару, суттєво впливають на здатність труби витримувати напруження під час експлуатації.

Роботи з засипання трубопроводу поділяються на три етапи:

1. Вирівнювання піщаної подушки товщиною не менше 0,10 м під трубопроводом і одночасне видалення монтажних дерев'яних підставок.

2. Насипання першого шару на висоту 0,10 м від верхнього краю захисної труби трубопроводу.

3. Насипання наступних шарів до запроєктованої висоти. Ці шари насипаються ґрунтом, який був вибраний з траншеї.

Перед засипанням ґрунт обов'язково очищається від каменю та сміття. Щільність насипаного ґрунту повинна відповідати щільності ґрунту біля траншеї.

Якість піску для засипання важлива. Рекомендується використовувати круглозернистий пісок із середньою зернистістю до 4 мм. Вміст дрібних зерен діаметром менше 0,25 мм не повинен перевищувати 8 %.

Два шари піску необхідно трамбувати вручну до досягнення показника твердості 0,95 одиниць. У межах компенсаційної зони, незалежно від розміщення, показник твердості повинен бути в діапазоні 0,85-0,9 одиниць.

На рис. 10.2 наведено схематичний поперечний переріз засипаної двохпровідної мережі трубопроводів у місці встановлення компенсаційних подушок.



Рис. 10.2. Поперечний переріз засипаної двохпровідної мережі трубопроводу в місці встановлення компенсаційних подушок

Товщина засипання трубопроводів повинна становити не менше 0,50 м від верхнього краю захисної труби, яка прокладена вище. У випадку, якщо трубопровід прокладається під дорогами, необхідно виміряти відстань від дна твердого шару дороги до найвищого місця дотику верхнього краю захисної труби трубопроводу.

При прокладці теплової мережі на глибині менше 0,50 м необхідно використовувати розвантажувальні конструкції. У цьому випадку товщина шару

піску між верхнім краєм захисної труби та нижньою поверхнею плити має становити не менше 0,15 м.

#### *Сигнальна стрічка*

Під час третього етапу засипання траншеї, коли досягнуто товщини засипання не більше 0,15 м над трубопроводом, по всій його довжині розгортається сигнальна стрічка з поліетилену (див. рис. 10.2). Ця стрічка виготовлена з поліетилену, доступна в рулонах завдовжки від 200 до 300 м та шириною 250 мм.

#### *Спеціальна прокладка*

У особливих випадках, коли проект теплової мережі передбачає зменшення коефіцієнту тертя між захисною оболонкою трубопроводу та засипаним шаром, на відповідних відрізках проекту необхідно додатково обгорнути зовнішню поверхню захисної труби поліетиленовою плівкою (див. рис. 10.3). Ця плівка повинна щільно прилягати до поверхні захисної труби, покриваючи мінімум 90 % її поверхні. Обгортання слід виконати перед початком другого етапу засипання трубопроводу.

Поліетиленова плівка, яка використовується для обгортання, повинна бути щільною і мати перекриття в місцях з'єднань не менше 0,50 м. Після обгортання плівкою захисної труби трубопроводу, наступні шари піску необхідно насипати дуже обережно, щоб не пошкодити поліетиленову плівку.

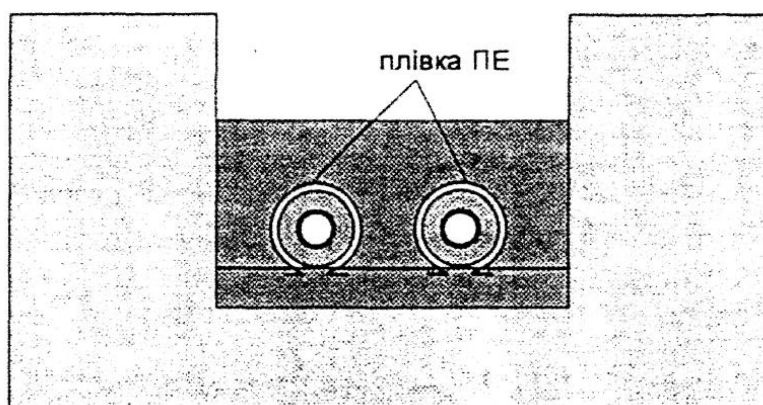


Рис. 10.3. Зменшення коефіцієнту тертя між захисною трубою та матеріалом засипання

Монтажна схема формується на основі обраної траси, використання обраного теплоносія та взаємного розташування трубопроводів. Розробка монтажною схемою включає розташування нерухомих опор, компенсаторів, камер та запірної арматури.

Подавальний трубопровід на схемі розміщується праворуч у напрямку руху теплоносія від джерела тепlopостачання, а зворотний - ліворуч. Відстань між камерами розбивають на нерухомі опори, що створюють компенсаційні ділянки. При підземному прокладанні у містах для трубопроводів діаметром менше 100 мм використовують компенсатори типу Г, П.

Всі природні повороти траси з кутом менше  $120^\circ$  використовуються для автоматичної компенсації температурних деформацій трубопроводів, а повороти з кутом більше  $120^\circ$  фіксуються нерухомими опорами.

На всіх відгалуженнях від магістралі до споживачів обов'язково встановлюється запірна арматура.

Схема розробляється в горизонтальній площині в масштабі 1:5000. На ній позначаються ділянки природної компенсації та розташування камер у місцях відгалужень від магістралі та підключення споживачів. Нерухомі опори розміщують у камерах підключення споживачів. Відстані між камерами розбиваються на компенсаційні ділянки з використанням нерухомих опор. Камери розміщують у місцях установки сальникових компенсаторів.

На схемі вказуються: позначення трубопроводів (подавальний Т1 і зворотній Т2), арматура, компенсатори, нерухомі опори, кути повороту, камери (вузли теплофікації), точки дренажу трубопроводів, маркування кожного елемента для зручності монтажу та обслуговування.

## **10.2. Монтаж трубопроводів теплових мереж.**

### *Загальні положення*

Один з ключових етапів, який має велике значення для надійної експлуатації теплової мережі, – це з'єднання попередньоізольованих труб та

елементів трубопроводів. Монтаж таких систем вимагає висококваліфікованої бригади і виконання робіт за сприятливих атмосферних умов відповідно до проекту монтажу. Усі роботи повинні здійснюватися з дотриманням правил техніки безпеки, рекомендацій виробника попередньоізолюваних труб та елементів, а також вимог проектної документації теплової мережі.

### *Підготовчі роботи*

Перед початком монтажних робіт з попередньоізолюваними трубами та елементами теплових мереж персонал повинен детально ознайомитися з проектом теплової мережі, монтажною схемою, переліком матеріалів і технічною документацією на спеціалізовані види робіт. Необхідно перевірити наявність та відповідність всіх матеріалів і комплектуючих відповідно до вимог проекту. У разі непорозумінь слід звертатися до постачальника для узгодження комплектації. Необхідно затвердити план земляних робіт з відповідними організаціями, зокрема:

- підготувати будівельні майданчики для зберігання попередньоізолюваних труб і елементів та площадки для зварювання прямих ділянок трубопроводів на місцях прокладання теплових мереж;

- забезпечити необхідні допоміжні будівельні матеріали для монтажних робіт на кожному відрізку;

- здійснити доставку будівельних механізмів відповідно до графіка виконання робіт;

- забезпечити доставку комплектуючих та матеріалів для ізоляції зварних з'єднань і з'єднання системи аварійної сигналізації.

### *Укладання трубопроводів*

Після завершення земляних робіт і підготовки траншеї розпочинається монтаж і укладання трубопроводу в траншею.

Монтаж трубопроводу може виконуватися паралельно з земляними роботами. Прямі ділянки трубопроводів певної довжини, після монтажу на площадці, переміщуються в підготовлену траншею за допомогою піднімальних

механізмів з дотриманням вимог до розвантаження і навантаження попередньоізольованих труб і елементів.

Переміщення попередньоізольованих труб і елементів на будівельному майданчику може виконуватися вручну (з дотриманням правил переміщення вантажів), за допомогою піднімальних механізмів або обережним перекочуванням.

Перед зварюванням попередньоізольованих труб і елементів, згідно з монтажною схемою, на кінці труб слід встановити поліетиленові муфти, кінцеві нероз'ємні термоусадкові ковпаки, гумові кільця та інші деталі, передбачені проектом, встановлення яких стане неможливим після зварювання труб і елементів. Використання поліетиленових нероз'ємних муфт повинно обмежуватися однією муфтою на кожному зварному з'єднанні.

Під час монтажу труб та елементів теплових мереж на площадці або в траншеї, під труби необхідно розміщувати дерев'яні бруски чи мішки з піском (див. рис. 10.4) згідно з вимогами розділу "Транспортування і складування".

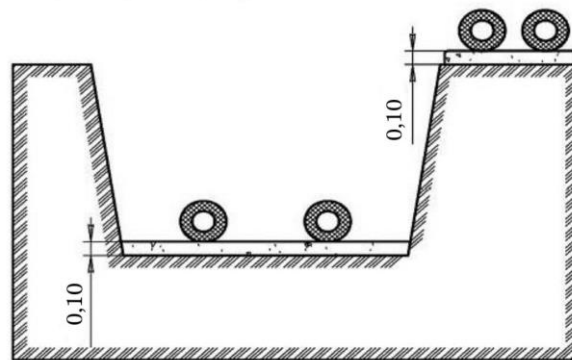


Рис. 10.4. Установлення трубопроводів на дерев'яні бруски чи мішки з піском висотою 0,10 м

Трубопроводи діаметром до 89 мм зі сталеві труби ефективно монтувати на площадці поруч з траншеєю і опускати у траншею великими відрізкамі на підготовлену піщану подушку. При прокладці трубопроводів з сигналізаційними провідниками, важливо забезпечити їхнє краще з'єднання, розмістивши провідники над сталеві трубою у положенні "за десять друга" (див. рис. 10.5).

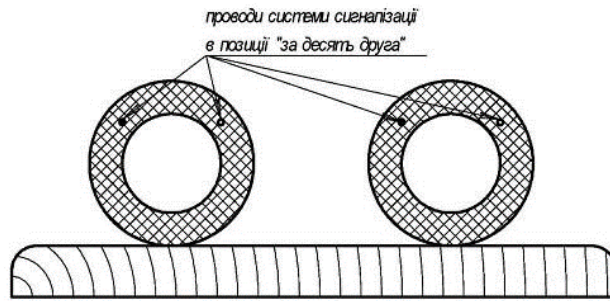


Рис. 10.5. Монтаж трубопроводів із сигнальними провідниками

У здебільшого при монтуванні трубопроводів необхідно розрізати попередньоізолювану трубу.

Попередньоізолювані труби можна розрізати на відрізки будь-якої довжини, але не менше 1,0 м. (див. рис. 10.6).

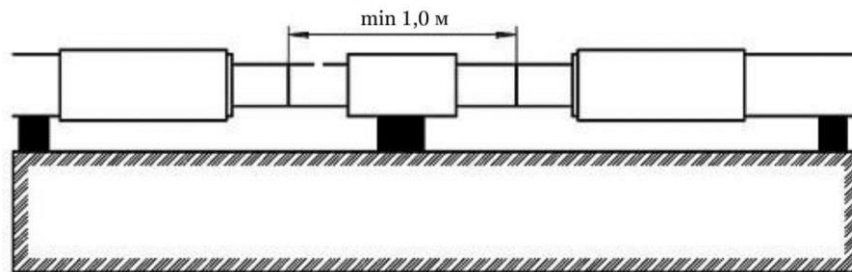


Рис. 10.6. Мінімальні припустимі розміри монтованого елемента

Розрізування попередньоізолюваної труби виконується наступним чином:

- точно заміряти необхідну довжину відрізка і позначити лінію розрізу сталеві труби на захисній поліетиленовій оболонці;
- відміряти на захисній оболонці в обидві сторони від лінії розрізу сталеві труби довжину (L) неізолюваних кінців для даного типорозміру (див. рис. 10.7).

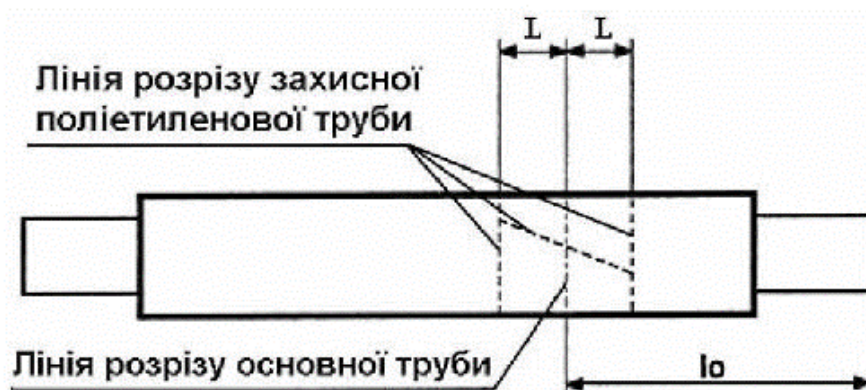


Рис. 10.7. Підготовка до розрізання попередньоізолюваної труби

По лінії розрізу необхідно пилюкою прорізати захисну трубу:

- розрізання провести обережно, щоб не пошкодити сигнальних дротів;
- зробити поздовжній розріз на ділянці, яка вирізається для зняття частини захисної труби;
- зняти частину захисної труби і обережно, не пошкодивши сигнальних дротів, зняти пінополіуретанову ізоляцію;
- посередині ділянки розрізати сигнальні дроти;
- розрізати сталеву трубу (див. рис. 10.8) і підготувати торці до зварювання.

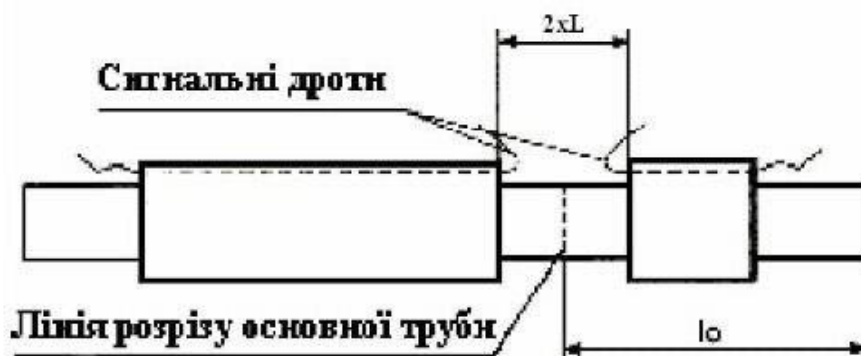


Рис. 10.8. Розрізання попередньоізольованої труби

#### *Зварне з'єднання попередньо ізольованих елементів*

Перед початком зварювальних робіт незахищені кінці сталевих труб потрібно ретельно очистити від пилу, бруду та знежирювати. При здійсненні газозварювальних або паяльних операцій необхідно захищати торці пінополіуретанової ізоляції та сигналізаційні провідники від впливу високих температур за допомогою спеціальних захисних щитків. При нагріванні пінополіуретанова ізоляція може розкладатися, що призводить до виділення токсичних речовин.

Зварювальні роботи з сталевими трубами повинні виконуватися кваліфікованим зварником з дотриманням всіх вимог з техніки безпеки. Під час зварювання слід враховувати марку сталі та товщину стінок труб, які з'єднуються. Контроль над зварним швом та відповідність його вимогам технічної документації також є обов'язковим.

Після завершення зварювальних робіт необхідно здійснити 100 % перевірку зварних швів згідно з проектною документацією, включаючи гідравлічні випробування та радіографічний/ультразвуковий контроль. У випадку виявлення дефектів швів проводиться їх усунення та повторний контроль зварних з'єднань.

Профіль теплових мереж відображається у вигляді розгорнень по осях трас і включає таку інформацію:

- проектну та натурну поверхню землі;
- рівень ґрунтових вод;
- перетин підземних і надземних комунікацій і споруд, які мають вплив на прокладання мереж;
- канали, тунелі, камери, естакади та інші споруди та конструкції;
- місця розташування нерухомих опор.

Профіль супроводжується таблицею, що вказує на вибрану форму прокладання мереж - підземно чи надземно. Мережі позначаються у характерних точках перетину з дорогами, інженерними комунікаціями та спорудами, що мають вплив на їх прокладання. Довжини відрізків мереж вказуються у метрах з двома десятковими знаками, а ухили - у про мілях, для точного відображення геометричних характеристик трас.



## 11.1. Загальна частина

Системи теплопостачання є складними комплексами, що ускладнює ручне керування ними через потребу великої кількості персоналу. Використання автоматизації у таких системах сприяє зниженню чисельності персоналу, покращує теплові процеси, підвищує економічність і коефіцієнт корисної дії, а також забезпечує стабільну і ритмічну роботу системи. Прилади автоматизації для санітарної техніки повинні бути надійними, малорозмірними і простими у обслуговуванні.

У цьому проєкті використовуються серійно виготовлені прилади, регулятори та інші пристрої промислового виробництва. Особлива увага приділяється підвищенню ефективності теплопостачання шляхом розробки нових удосконалених конструкцій обладнання та їхньої автоматизації, а також комерційного обліку теплової енергії та води.

Необхідність загальної автоматизації енергосистеми обумовлена можливістю зменшення споживання енергії на 10-20%. Крім того, важливою задачею автоматизації є забезпечення охорони праці через автоматичне обслуговування, що дозволяє уникнути аварій та нещасних випадків у разі неможливості людини вжити необхідних заходів.

В сучасному світі автоматизація також ставить перед собою завдання з охорони навколишнього середовища, включаючи створення автоматичних систем для керування очисними спорудами та фільтрами.

Отже, автоматизація промислових процесів сприяє економії сировини та електроенергії, підвищує продуктивність праці, захищає обладнання від пошкодження під час аварійних ситуацій, підвищує якість продукції та оптимізує процеси промислових робіт. Комплекс інженерних систем теплопостачання призначений для виробництва теплової енергії, транспортування гарячої води через теплові мережі та забезпечення потрібних параметрів теплоносія споживачам.

Централізована система теплопостачання включає генератор теплової енергії (ТЕЦ або котельню) та теплові мережі, які призначені для постачання тепла. Автоматизація водяних систем теплопостачання допомагає підтримувати задані гідравлічні і теплові режими у різних точках системи. Вирішення цих завдань забезпечується встановленням автоматичного регулювання та автоматичного захисту.

В проєкті розроблено функціональну схему автоматизації введення незалежної системи опалення в індивідуальному тепловому пункті. Ця система є складним комплексом пристроїв, які взаємодіють між собою. Без автоматизації управління такою системою стає надзвичайно складним і вимагає значної кількості обслуговуючого персоналу.

Автоматизація представляє собою галузь науки і техніки, що охоплює теорію регулювання та комплекс технічних засобів, які звільняють людину від безпосереднього управління виробничими процесами.

За своєю будовою і призначенням прилади можуть бути показуючими, реєструючими (самозаписуючими), інтегруючими, сигналізуючими, а також поєднувати різні функції. Показуючі прилади відображають значення вимірюваної величини за положенням стрілки чи іншого вказника на шкалі. Реєструючі систематично фіксують результати вимірювань у вибраних одиницях вимірюваної величини у вигляді діаграм або цифрових даних. Інтегруючі прилади (лічильники) автоматично сумують значення вимірюваної величини за будь-який часовий інтервал. Регулюючі призначені для автоматичного контролю параметрів чи їх змін у визначених залежностях, без участі людини. Часто вони поєднують кілька функцій (показувачі, реєстрація та інше). Сигналізуючі при досягненні заданого значення вимірюваної величини видаватимуть світловий або звуковий сигнал.

Для оперативного контролю параметрів технологічного процесу вимірювальні прилади розміщують на технологічному обладнанні. Ці прилади включають чуттєві і перетворювальні елементи, вимірювальні механізми і

відлікові пристрої, що розташовані в одному корпусі. Прилади з функцією дистанційної передачі показників обладнані вимірювальним перетворювачем та вторинним вимірювальним блоком, що дозволяє оператору контролювати основні параметри обладнання віддалено через центральні щити.

Управління охоплює процеси запуску, зупинки, перемикання та підтримки робочих режимів приводів, механізмів і регулюючих органів відповідно до технологічних вимог. При розробці схем управління автоматизованим обладнанням враховуються електромеханічні характеристики електричних машин, що обладнані механізмами і регулюючими органами. Також схема управління повинна відповідати конкретним вимогам, що стосуються реалізації технологічних принципів автоматизації обладнання [6, 15].

Умовні позначення приладів і засобів автоматизації подаються у відповідності до вимог ГОСТ 21.404-85 (110). Цей стандарт передбачає основні буквені позначення для вимірювальних величин і функцій, що виконуються приладами: Д — густина; Е — будь-яка електрична величина; Р — витрата; Х — розмір, положення, переміщення; К — час, часова програма; а — рівень; М — вологість; Р — тиск, вакуум; Q — величина, що характеризує якість (склад, концентрація і т.п.); S — швидкість, частота; Т — температура.

Для повного визначення приладів або засобів автоматизації їх графічне умовне зображення у формі круга або овалу (у верхній частині) містить буквене позначення, що точно визначає їх призначення, виконувані функції та характеристики роботи. Розміщення букви у цьому зображенні визначає її значення.

На полі під знаком розміщення вказують позиційне позначення цього приладу у конкретній схемі вимірювання, регулювання, сигналізації або управління. Спочатку записують позначення основної вимірювальної величини і, за потреби, її уточнення. Далі вказують функціональні особливості приладу, які, у разі декількох, також фіксуються у строгій послідовності: реєстрація - К; регулювання, управління - С; включення, відключення, перемикання - S;

показники - I. В умовних позначеннях приладів використовуються лише ті буквені символи, які необхідні для конкретної схеми.

Для побудови та інтерпретації схеми пристроїв, крім умовних позначень приладів і засобів автоматизації, необхідно знати також умовні графічні позначення елементів системи відповідно до чинних стандартів.

Компоненти окремих елементів системи взаємодіють у певній послідовності та перетворюють одну фізичну величину у іншу, дотримуючись встановленої послідовності перетворень. Для кожного елемента можна визначити математичну залежність між цими величинами, де вхідна є причиною, а вихідна - наслідком.

Основними функціональними елементами системи автоматичного регулювання є датчики, які сприймають вимірювані величини (наприклад, тиск, температуру, рівень, витрату), нормуючі перетворювачі, додаючі елементи, порівняльні механізми, регулятори, підсилювачі та виконавчі механізми. Датчики перетворюють фізичні параметри в сигнали, придатні для подальшої обробки. Якщо сигнал датчика потребує нормування для використання у порівнянні, використовується нормуючий перетворювач, який адаптує сигнал до необхідного стандарту.

Регулятори температури прямої дії призначені для підтримання певної температури в приміщеннях. Вони включають рідинні манометричні термобалони та регулюючі органи.

Прилади прямої дії типу РР використовуються як регулятори перепаду тиску (витрати) і тиску "до себе" (підпору), а також як клапани (разом із датчиками ТРБ-2) для регулювання температури води у системі гарячого водопостачання. Регулятори тиску прямої дії типу 21ч10(12)нж встановлюються на трубопроводах для підтримання постійного тиску "після себе" і "до себе" при температурі до 200°C і тиску до 1,6 МПа.

Для вимірювання тиску рекомендується використовувати манометри, а для вимірювання витрати рідини – діафрагмові камерні ДК і безкамерні ДБ. Вони

використовуються разом з мембранними і безшкальними дифманометрами з можливістю дистанційного передавання.

На листі подано схему автоматизації центрального теплового пункту, де використовується незалежна схема автоматизації для підключення системи опалення до теплової мережі та двоступінчасте послідовне підключення підігрівачів гарячого водопостачання. Регулятори витрати прямої дії типу РР стабілізують витрату мережної води через систему опалення, а також стабілізують тиск у зворотньому трубопроводі.

Регулятор температури в цій схемі підтримує задану температуру гарячої води після підігрівача і може бути використаний разом з регуляторами типу РТ.

## **11.2. Система аварійної сигналізації теплових мереж.**

*Імпульсна система сигналізації.*

### Характеристика.

Імпульсна система аварійного сигналізуваня призначена для моніторингу і локалізації дефектів в трубних системах з використанням сигнальних провідників, незалежно від умов їх укладання. Вона забезпечує швидке та надійне виявлення та точну локалізацію дефектів у теплоізоляції передізольованих труб і компонентів за допомогою спеціальних пристроїв [16]. Контрольні пристрої імпульсної системи аварійного сигналізуваня здатні виявляти до 98 % усіх дефектів, що виникають у процесі експлуатації передізольованих труб і компонентів. Ця система дозволяє точно локалізувати дефекти в місцях підвищеної вологості пінополіуретанової ізоляції, визначати місце обриву сигнальних провідників за допомогою дублювання сигнальних ліній і має високий рівень захисту від перешкод. Система дозволяє розширювати мережу без обмежень за модульним принципом, використовувати розподіл мереж на етапі проектування та інтегрувати її в централізовані системи нагляду, як існуючі, так і нові мережі.

Імпульсна система аварійної сигналізації складається з двох частин:

а) трубна технічна частина:

- два сигнальних провідника;
- комплект частин для з'єднання провідників;
- кабель для підведення до приладів.

б) прилади сигналізації та локалізації ушкоджень, які комплектуються кабелями, клемовими коробками і т.д. відповідно до інструкції виробника.

Функції системи сигналізації полягають у контролі стану поліетиленової захисної оболонки шляхопроводів, які умовно встановлюються і заливаються пінополіуретаном на заводі. На будівельному майданчику для кожної труби (прямої та зворотної) створюється вимірювальна петля, в якій провідники з'єднуються у кожному муфтовому з'єднанні згідно з інструкціями виробника системи сигналізації. Відводи трубопроводу підключаються до вимірювальної петлі згідно зі схемою з'єднання та виводяться на пульт локального або централізованого контролю [17].

#### *Опис системи сигналізації*

##### Провідники:

- сигнальний провідник – мідний без ізоляції;
- зворотній провідник – мідний, луджений, без ізоляції.

##### Сполучні елементи:

- з'єднувачі – для з'єднання провідників;
- матеріали для з'єднання провідників;
- з'єднання багатожильних кабелів у клемовий вузол;
- дистанційний власник – для підтримки сигнальних провідників.

##### Елементи для з'єднання:

- дво жильний кабель призначений для водонепроникного і термостійкого подовження та виведення сигнальних провідників на кінцях труб;
- чотирьохжильний кабель для термостійкого виведення сигнальних провідників на виході;
- розподільча коробка, призначена для з'єднання кабелів та пристроїв контролю.

### Інструменти:

- кусачки для відрізання ізоляції – призначені для точного відрізання ізоляції без пошкодження сигнальних провідників;
- обпресувальні кліщі – призначені для механічного обжиму обжимних з'єднувачів сигнальних провідників і штифтових кабельних наконечників;
- монтажно-контрольний прилад – призначений для систематичного контролю вимірювальної петлі та стану ізоляції під час монтажних робіт.

### *Технологія монтажу системи сигналізації*

Технологія встановлення імпульсної системи аварійної сигналізації включає [18]:

- монтаж з'єднання сигнальних провідників;
- контрольні виміри під час монтажу з'єднання сигнальних провідників;
- метод закінчення вимірювальної петлі в будівлях і під землею;
- встановлення та підключення з'єднання провідник-кабель;
- монтаж і підключення кабель-вимірювальна або розподільча коробка;
- складання протоколу виміру вимірювальної петлі.

Перелік необхідних компонентів, елементів, інструментів та пристроїв для встановлення імпульсної системи аварійної сигналізації подається у технологічній інструкції для системи сигналізації кожного конкретного виробника. Перед монтажем пристроїв сигналізації необхідно завершити встановлення трубної технічної системи контролю шляхом підключення вимірювальної петлі в розподільних коробках.

Після закінчення монтажних робіт повинен бути складений протокол вимірів, підписаний представником монтажної організації.

Перед заливанням пінополіуретаном зварних з'єднань попередньоізольованих труб проводиться з'єднання сигнальних провідників згідно з технологічною інструкцією.

Для забезпечення надійної роботи вимірювальної петлі під час монтажу необхідно здійснювати постійний контрольний вимір за допомогою спеціальних

приладів, що дозволяють виявляти збільшення вологості та виявляти дефектні з'єднання провідників.

#### *Принцип дії системи*

Перевага використання сигнальної системи та моніторингу полягає в тому, що вона надає попереджувальний сигнал до того, як волога потрапить всередину оболонки попередньоізолюваної труби, що може призвести до корозії та пошкодження робочої труби. Електронний прилад реєструє відстань до місця протікання, що вказує точне місце для проведення земляних робіт та ремонту.

Принцип роботи пристрою ґрунтується на здатності відбивати імпульс, який реєструється на контрольній ділянці тепломережі.

Локалізатор аварії працює на основі радіолокації, постійно посилюючи імпульси високої частоти через провідники аварійної сигналізації. Якщо на провідниках відсутність вологи, механічного пошкодження або обриву контуру, імпульси передаються без перешкод і випираються на кінцівці.

При виникненні течі прилад або вказує точне місце на ділянці, де вона сталася, або активує сигнал тривоги. Система може бути розширена і вдосконалена, щоб об'єднати всі ділянки трубопроводу до центрального вузла контролю. Точність виміру системи становить припустиму похибку  $\pm 1\%$  порівняно з реальною відстанню від точки виміру до місця течі.

### **11.3. Автоматизація і контроль в ГТП.**

Автоматизація теплового пункту забезпечує [19]:

- підтримку заданої температури води в системі ГВП;
- регулювання подачі теплоносія в системах опалення в залежності від параметрів зовнішнього повітря з метод підтримки заданої температури повітря в приміщеннях, які опалюються;
- автоматичне зменшення температури внутрішнього повітря в неробочий час в офісних приміщеннях;

- підтримку потрібного перепаду тиску води в подавальному і зворотному трубопроводах систем опалення;
- захист систем теплоспоживання від підвищення тиску в трубопроводах цих систем;
- блокування включення резервного насоса при відключенні робочого;
- автоматичне включення циркуляційних насосів систем ГВП по реле часу: з 7 до 22 години при падінні температури циркуляційної води до 46,5 °С і відключення при досягненні температури 55 °С;
- з 22 до 7 години – насоси працюють постійно;
- контроль параметрів систем теплопостачання.

#### **11.4. Пояснення до схем автоматики і КВП ЦТП.**

Планується автоматизація трьох пожежно-гідравлічних насосів, двох циркуляційних насосів для гарячого водопостачання та двох підживлювальних циркуляційних насосів для системи опалення.

##### *Пожежно-господарські насоси.*

Передбачено автоматику і контроль трьох насосів, які можуть працювати в двох режимах: господарсько-підвищувальному чи пожежному:

а) режим.

Керування насосами відбувається за допомогою команд двох електроконтактних манометрів 4КМ-ПХ і 5КМ-ПХ. Манометр 4КМ-ПХ розміщується у верхній точці трубопроводу холодного водопостачання в житловому будинку з розширювальним баком системи опалення. Він відповідає за включення першого робочого насоса за відповідною командою. Манометр 5КМ-ПХ встановлюється на вході міської водопровідної мережі і автоматично відключає робочий насос при досягненні чи перевищенні розрахункового тиску.

Третій насос є резервним і автоматично активується в разі виходу з ладу одного з основних насосів.

Система передбачає вибір порядку роботи насосів за допомогою універсального перемикача 4УП-ПХ. У випадку падіння тиску в міській водопровідній мережі до 0,5 кгс/см<sup>2</sup> і менше, схема автоматично відключає пожежно-гідравлічні насоси в господарсько-підвищувальному режимі та циркуляційні насоси ГВП.

#### б) Пожежний режим

У цьому режимі два насоси активуються через пускові кнопки, розташовані в шафах пожежних кранів житлових будинків, обслуговуваних КЕТБ. Включення насосів відбувається послідовно з певною затримкою часу у 15 секунд для зниження пускового струму.

Третій насос є резервним і автоматично активується при виході з ладу одного з робочих насосів. При включенні насосів у пожежному режимі відбувається відкриття електрифікованої засувки водоміра.

#### *Циркуляційні насоси гарячого водопостачання.*

Провідне використання автоматики і контролю роботи двох насосів, які можуть функціонувати як основні або резервні, організоване за допомогою універсального перемикача ЗУП-ЦГ. Вибір основного насоса здійснюється вручну.

Включення і відключення основного насоса залежить від температури води в циркуляційному трубопроводі гарячого водопостачання, що зберігається в межах +45°C - +65°C. Резервний насос автоматично включається у випадку відмови основного.

#### *Циркуляційні насоси системи опалення.*

Передбачено автоматику і контроль роботи двох насосів, що працюють весь опалювальний період, кожний з яких може бути робочим чи резервним. Вибір робочого насоса виконується вручну за допомогою універсального перемикача ЗУП-ЦО.

Резервний насос включається при виході з ладу робочого.

### *Насоси підживлення опалення.*

Передбачено автоматизацію і контроль роботи двох насосів, кожен з яких може функціонувати як основний або резервний. Вибір основного насоса здійснюється вручну за допомогою універсального перемикача ЗУП-ПО.

Включення і відключення основного насоса здійснюється в залежності від рівня у розширювальному баці системи опалення. Під час включення основного насоса автоматично відкривається електрифікована засувка на лінії живлення системи опалення. Резервний насос автоматично активується у разі відмови основного насоса. У процесі реконструкції передбачено встановлення насосів з частотним регулюванням.

### *Сигналізація.*

Призначити подачу робочих і аварійних сигналів через сигнальні лампи і табло, що встановлені на щиті типу ВУБ – 9Н. Програмується можливість перевірки функціонування сигналізації. Для розділення ланцюгів сигналізації використовуються кремнієві діоди. У випадку коли персонал неprisутній в котельні робоча сигналізація автоматично вимикається, залишаючи увімкненою лише аварійну сигналізацію.

### **Тепловий контроль**

Призначити такий тепловий контроль для навантажень, який входить до І групи обліку, відповідно пункту 31 "Інструкції з обліку відпуску тепла в теплових мережах": а) вимір і фіксація температури води в подаючих і зворотних трубопроводах теплових мереж, зокрема у трубопроводах гарячого водопостачання (після другого бойлера), системи опалення (після бойлера системи опалення) і холодного водопостачання через термометрів опору; б) вимір і фіксація витрати води в зворотному трубопроводі теплових мереж через ультразвукових датчиків.

### **Компонування апаратури**

Апаратура управління насосами розміщується на вводно-розподільному щиті ВУБ-9Н. На місцевості в КЕТБ застосовуються встановлення

електроконтактні манометри і термометри. У житловому будинку з найбільшою кількістю поверхів, який обслуговується даною КЕТБ, встановлюють регулятор і сигналізатор рівня типу ЕРСУ-2 для управління підживлювальними насосами та електроконтактний манометр типу ЭКМ-IV (4КМ-ПХ) для контролю роботи пожежно-господарських насосів в господарсько-підвищувальному режимі

### Специфікація

Позиція (марка)	Найменування	Кількість, шт.
TE	Перетворювач термоелектричний, термометр опору мідний ТСМ 1088	4
FE	Витратомір - сітчастий електромагнітний МР 400 – Э	2
TI	Термометр технічний показуючий рідинний Т Т Ж П 5260105	12
PI	Манометр показуючий М П 4 – У Х 1.0 Верхня межа. 1МПа	29
PiS	Манометр електроконтактний Д М 2010 С г	1
NSA	Магнітний пускач	4
HS	Ключ ( перемикач )управління	9
H	Кнопка управління	10
YA	Клапан відсічний електричний “КИАРМ”	2
HL	Арматура світлосигналізуюча	6
UIYT	Тепловимикач Л В Т Е - 3	1
TC	Регулятор температури пропорціональний В Т П Р – 02	1
PDC	Регулятор постійності витрати подаючої дії У Р Р Д - М	1
PDS	Датчик перепаду тисків Д М 202. Перепади тиску 0,2...0,4 МПа	4
αSA	Регулятор сигналізатор рівня Э Р С У – К 2	1
HA	Клапан регулювання електромагнітний 25 ч 939 н ж	1

# 12. Охорона праці.

## Бакалаврська робота

	Прізвище	Підпис	Дата		Літера	Маса	Мірило
Розробила	Філімонова Є. О.			Теплопостачання житлової забудови по бульвару Кольцова в м. Києві	БР		
Керівник	Швачко Н.А.						
					Лист		Листів
					КНУБА зТВс-21		

**12.1. Аналіз проєкту по небезпечним та шкідливим факторам на період будівництва систем теплопостачання.**

№ п\п	Небезпечні та шкідливі виробничі фактори	Джерело, види робіт	Кількісні оцінки	Норматив
1	Обвалення ґрунту	Земляні роботи.	Ґрунт супісок. Глибина траншеї $h=3,0\text{м}$ Рівень ґрунтових вод $8,3\text{м}$ .	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
2	Падіння людей з висоти	Земляні роботи.	$H=3,0\text{м}$	ДБН А.3.2-2-2009 Р.10
3	Падіння предметів з висоти	Монтажні роботи.	$H=3,0\text{м}$	ДБН А.3.2-2-2009 Р.14
4	Електричний струм	Електрозварювальні машини.	$U=220\text{В}$	ДСТУ ГОСТ 12.1.013-78 ПУЕ НПАОП 40.1-1.21-98
5	Вантажопідіймальні машини	Переміщення матеріалів, конструкцій тощо.	Небезпечна зона роботи трубоукладчика $R_{н.з}=11.5\text{м}$	ДБН А.3.2-2-2009 р. 8
6	Шум	Експлуатація машин і механізмів.	Рівень $<80\text{ дБ}$	ГОСТ 12.1.003-83 ДСН 3.3.6.037-99
7	Освітлення	Освітлення ІТП	2 лк	ДБН В.2.5-28-2006 ГОСТ 12.1.046-85
8	Незадовільні параметри мікроклімату	Монтаж, експлуатація систем	Температура $t=16-18^{\circ}\text{C}$ , вологість, $f=40-60\%$ , рухливість повітря, $v=0,3\text{м/с}$	ГОСТ 12.1.005-88 ДСН 3.3.6.042-99
9	Атмосферна електрика	Захист від блискавки	$K_{кат.}$	ДСТУ Б В.2.5-38:2008

## **12.2. Заходи профілактики виявлених факторів в інших розділах проєкту.**

Під час виконання будівельно-монтажних робіт застосовуються наступні заходи безпеки [20]:

1. Для запобігання зсувам ґрунтових мас під час їх розробки і наступних робіт у траншеях для прокладання трубопроводу використовуються відкоси. Якщо установка відкосів неможлива через наявність поблизу підземних комунікацій, перевіряється можливість розробки траншеї без відкосів та кріплень з вертикальними стінками. Рух транспортних засобів відбувається за межами призми зсуву ґрунту.

2. Для виділення ділянки будівельно-монтажних робіт встановлюються захисні огорожі висотою 1,6 метра.

3. Для безпечного проведення такелажних робіт використовуються стропи, які унеможливають падіння або ковзання навантаження. Вимагається дотримання умов експлуатації вантажопідйомних механізмів, а також стропів та спеціальних вантажозахватних пристроїв.

4. Для безпечного проведення навантажувально-розвантажувальних робіт застосовуються такі вимоги: а) роботи виконуються відповідно до технологічних карт і проєкту виконання робіт; б) місця проведення робіт обладнуються знаками безпеки; в) рух транспортних засобів у місцях виконання робіт організовується за затвердженою схемою; г) стропування вантажів виконується відповідно до вимог; д) на майданчику для вкладання вантажів позначаються межі штабелів, проходів та проїздів.

5. Для запобігання опікам під час ізоляційних робіт з гарячими бітумними мастиками застосовується спеціальне обладнання, а роботи виконуються у спеціальному одязі.

6. Для індивідуального захисту працівників під час ізоляційних робіт використовується спеціальний одяг та ватно-марлеві пов'язки.

7. Для зниження обсягів та складності робіт, які виконуються в умовах небезпеки, застосовується автоматичне зварювання в плеті на бровці траншеї.

8. Для запобігання пошкодженню дихальних шляхів ізоляційні матеріали подаються до місця роботи у контейнерах або пакетах.

9. Робота виконується в одну зміну, тому освітлення будівельного майданчику не передбачається.

10. По всій довжині траншеї в потрібних місцях встановлені містки для забезпечення обслуговування персоналу відповідно.

11. Для вкладання труб використовуються трубокладачі типу ТО-1224.

12. Для запобігання отруєння шкідливими речовинами під час ізоляційних робіт влаштовується вентиляція теплофікаційних камер за допомогою пересувних пристроїв.

13. Для організації робочих місць з застосуванням технічних засобів безпеки застосовується автоматичне зварювання.

14. Після завершення робіт не передбачено видалення відходів будівельних матеріалів та сміття. Однак після завершення робіт проводяться заходи з планування укриття і відновлення зеленого покрову.

15. Санітарно-побутові приміщення (пересувні вагончики) та майданчики для відпочинку працівників розташовані за межами небезпечних зон.

*Навантажувально-розвантажувальні роботи:*

- Для уникнення зрушення пакету труб встановлюються стропові опори. Монтаж здійснюється за допомогою трубокладача ТО-1224.

- Для запобігання травм проєкт передбачає встановлення огорожі по всьому периметру. В зоні монтажу обов'язкове використання захисних касок.

- Для уникнення перекидання трубокладача при максимальному навантаженні на стрілу, було проведено розрахунок стійкості під цим навантаженням.

*В період експлуатації об'єкту:*

1. Елементи обладнання та пристрої для підземного прокладання, які потребують регулярного огляду, розташовані у спеціальних теплофікаційних камерах, доступних для обслуговування персоналу відповідно до документу № 6.

2. Для забезпечення можливості обслуговування теплофікаційних камер, ширина бокових проходів камер складає не менше 600 мм, а висота камер не менше 2000 мм, згідно з вимогами документу № 6.

3. Для забезпечення доступу до обслуговування арматури, що знаходиться на висоті понад 1,5 м, передбачені прохідні майданчики та драбини з обох боків майданчику. Для переходу над або під трубами відстань від зовнішньої поверхні до перекриття становить 700 мм або більше.

4. Для забезпечення вентиляції під час обслуговування устаткування та арматури в камерах використовуються люки.

5. Прискорювач на подавальних та зворотних трубопроводах теплоізоляційного шару зменшує тепловтрати та підтримує температуру повітря навколо 33°C протягом розрахункового періоду року.

6. Для відведення конденсату та ґрунтових вод з теплофікаційних камер використовуються пристрої для попутного дренажу.

7. Для відкачування ґрунтових вод та мережної води під час їх видалення з системи встановлюються приямки.

### **12.3. Розробка інженерних рішень щодо охорони праці.**

*Визначення стійкості трубоукладчика.*

Згідно до правил влаштування та безпечної експлуатації вантажопідйомних робіт кранів Держтехнагляду № 82 при розрахунку кранів на стійкість треба визначити:

1. Коефіцієнт вантажної стійкості без розрахунку додаткових навантажень:

$$K_{\text{вант. стійк.}} = MG/MQ > 1,4$$

2. Коефіцієнт вантажної стійкості з розрахунком додаткових навантажень:

$$K_{\text{вант.стійк.}} = ((MG - (M_w^K + M_w^r M_y + M_u * M_y^r + M_y^L)) / MQ) > 1,15$$

3. Коефіцієнт власної стійкості:

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

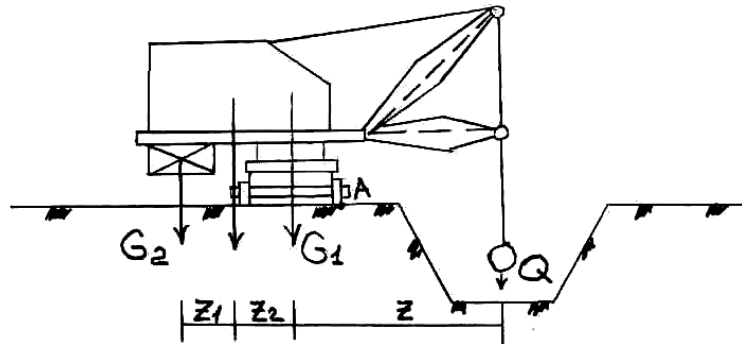


Рис. 12.1.

I. Визначення допустимого навантаження на стрілу при Кван.ст. < 1,4 без розрахунку додаткового навантаження.

Вихідні дані:

$$G_1 = 19200 \text{ кг}$$

$$G_2 = 1600 \text{ кг}$$

$$Z = 6,5 \text{ м} \quad \text{Трубоукладчик типу ТО 1224}$$

$$Z_1 = 2,3 \text{ м}$$

$$Z_2 = 0,9 \text{ м}$$

З формули отримуємо:

$$MG/MQ = 1,4 - \text{або } ((Z_1 G_1 + (Z_1 + Z_2) G_2)) / Z Q = 1,4$$

$$\text{Звідки } Q < ((0,9 * 19,2 * 10^3 + (2,3 + 0,9) * 1600)) / 1,4 * 6,5 = 2461 \text{ кг}$$

Розрахунок виконується при максимальному вильоті стріли.

II. Визначається допустиме навантаження Q при розрахунку додаткових навантажень.

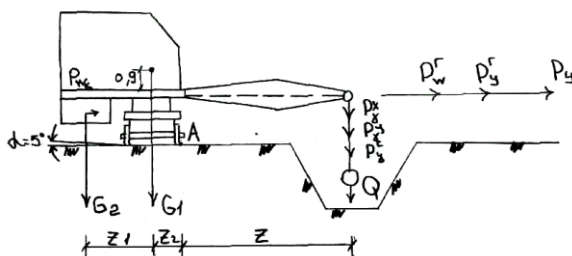


Рис. 12.2.

де: т.А - точка опрокинення;

$P_w^k$  - вітрове стандартне навантаження.

$P_y^k$  - додаткове зусилля.

$P_w^r$  - вітрове стандартне навантаження, яке діє перпендикулярно ребру опору і паралельно площі, на якій встановлений трубоукладчик;

MG - вага крану, кг;

MQ - вага найбільшого робочого вантажу, кг;

$Z_1$  - відстань від осі обороту до додаткового вантажу, м;

$Z_2$  - відстань від осі обороту трубоукладчика до ребра опору.

Вихідні дані:

$$Z = 6,5 \text{ м} \quad G_1 = 19200 \text{ кг}$$

$$Z_1 = 2,3 \text{ м} \quad G_2 = 1600 \text{ кг}$$

$$Z_2 = 0,9 \text{ м} \quad P_w^k = 200 \text{ кг}$$

Визначаємо моменти:

$$MG = G_1 + Z_2 * \cos\alpha + G_2 - (Z_1 + Z_2) * \cos\alpha$$

$$MG = 19200 * 0,9 * \cos\alpha + 1600 - (2,3 - 0,9) * 0,1 = 3328 \text{ кг*м}$$

$$M_w^k = P_w^k + h_{yt} = 200 * 0,9 = 180 \text{ кг*м}$$

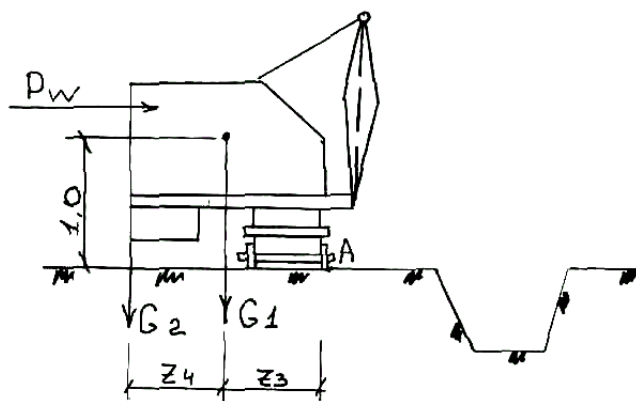


Рис. 12.3.

$$1,15 = (3328 - 180 - 108) / Z * Q;$$

$$\text{звідки } Q = 3040 / 1,15 * 6,5 = 406,68 \text{ кг}$$

III. Визначаємо власну стійкість:

Вихідні дані:

$$P_w = 200 \text{ кг} \quad Z_3 = 0,9 \text{ м}$$

$$G_1 = 19200 \text{ кг} \quad Z_4 = 1,0 \text{ м}$$

$$G_2 = 1600 \text{ кг} \quad h_{yt} = 1,0 \text{ м}$$

$$K_{вл.ст} = ((G_1 * Z_3 + (Z_3 + Z_4) * G_2)) / P_w * h_{yt} ;$$

$$K_{вл.ст} = ((19200 * 0,9 + (0,9 + 0,1) * 1600)) / 200 * 1,0 = 1,02 > 1,15$$

*Висновок:*

Таким чином, ми зясували, щодопустиме навантаження при максимальному вильоту стріли для трубоукладчика типу ТО 1224 складає 3400 кг.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Апатенко Т. М., Безлюбченко О. С. Формування енергоефективної житлової забудови в контексті відновлення українських міст. Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ МІСТО. ХХІ СТОЛІТТЯ» 10 - 11 листопада 2022 р. Одеса, 2022 р. С. 5–9.
2. Фоц А. В., Фоц М. В. Ефективна реконструкція систем тепlopостачання багатоквартирних житлових будинків Матеріали міжнародної науково-практичної конференції «ЕНЕРГОЕФЕКТИВНЕ МІСТО. ХХІ СТОЛІТТЯ» 10 - 11 листопада 2022 р. Одеса, 2022 р. С. 100–102.
3. Гаврись О. М. Оптимізація систем тепlopостачання із використанням економіко-математичного моделювання : монографія / за заг. Ред. О. М. Гаврися – Харків : НТУ «ХП», 2015. 209 с.
4. Єнін П.М., Швачко Н.А. Є 63 Тепlopостачання (частина I “Теплові мережі та споруди”). Навчальний посібник. – К.: Кондор, 2007, – 244 с.
5. Система труб та деталей трубопроводів теплових мереж з тепловою ізоляцією з поліуретану і захисною оболонкою. Каталог виробів та рекомендації з використання і проектування. ВАТ “Завод сантехнічних заготовок”. 160 с.
6. ДБН В.2.5-39:2008 «Теплові мережі». Інженерне обладнання будинків і споруд. Зовнішні мережі та споруди. Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 56 с.
7. ДБН В.2.6-31: 2006 «Теплова ізоляція будівель»: МБАЖКГУ. К. – 2006. – 68 с.
8. Каталог насосного обладнання „Wilо” для систем опoплення. – 2000-2001 г.
9. Фіалко Н. М., Тимченко М. П. Особливості систем централізованого тепlopостачання України. Міжнародний науковий журнал «Інтернаука». 2023. № 3. 9 с.
10. ДБН В.2.5-64:2012. “Внутрішній водопровід та каналізація“ – Київ:

Укрархбудінформ, 2013 – 105 с.

11. Організація і планування будівництва. В.М. Майданов та ін. – К.: Урожай, 1993. – 432 с.

12. ДНАОП 0.00 – 1.03 – 02. Правила будови і безпечної експлуатації вантажопідіймальних кранів. – Харків: ”ФОРТ”, 2002

13. ДНАОП 0.00 – 1.21 – 98. Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів. – К., 1998

14. Закон України № 2633-IV „Про теплопостачання”. 2005.

15. Методичні вказівки до курсового проекту “Теплопостачання мікрорайону” для студентів спеціальності 7.092108 “Теплогазопостачання і вентиляція” факультету підвищення кваліфікації і перепідготовки спеціалістів. / Укл. Єнін П. М., Приймак О., – Київ : КНУБА, 2000. – 47 с.

16. Методические указания к выполнению курсового проекта “Разработка проекта производства работ (ППР), специализированной строительной–монтажной организацией”, Степанов Н.В. – К. КИСИ, 1985 г.

17. Правила технічної експлуатації систем теплопостачання комунальної енергетики України. / А. М. Тугай, П. М. Єнін, Г. Г. Шишко та інші – Київ, 1999. – 200 с.

18. Правила користування тепловою енергією. / П. М. Єнін, Г. Г. Шишко, В.С. Матусевич та інші – Київ, 1999. – 75 с.

19. Технічна експлуатація інженерних мереж: навч. посібник / О. В. Якименко, Н. Г. Морковська; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2021. – 289 с.

20. ДБН А.3.2-2-2009 "Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення".